Université des Sciences et Technologies de Lille

Centre Université-Economie d'Education Permanente

Laboratoire Trigone

THESE

pour l'obtention du doctorat de l'Université de Lille 1
Discipline : SCIENCES DE L'EDUCATION

présentée et soutenue publiquement par
Françoise Duquesne-Belfais
le 4 décembre 2007

ACTIVITE ET LANGAGES DANS LA CONCEPTUALISATION MATHEMATIQUE
Des apprentissages des élèves sourds à la formation de leurs enseignants

Directeur de thèse : Daniel Poisson
Professeur des Universités. Lille1

JURY

M. Gérard Vergnaud Professeur émérite du CNRS
M. Bernard Pechberty Professeur à l'Université Paris V
M. Christian Cuxac Professeur à l'Université Paris VIII
M. Daniel Poisson Professeur à l'Université Lille I

Remerciements

J'exprime toute ma gratitude à toutes les personnes sans qui ce travail n'aurait pu être mené à son terme.

A Gérard Vergnaud tout d'abord pour la confiance qu'il m'a accordée et les encouragements qu'il m'a prodigués si souvent et avec tant de chaleur. Je le remercie particulièrement pour les échanges fructueux que j'ai eus avec lui et qui ont inspiré une grande partie de ma réflexion et de mon engagement professionnel. Je lui emprunte des concepts théoriques qui sont pour moi fondamentaux et qui m'ont servi de fil conducteur tout au long de ce travail.

A Daniel Poisson, mon directeur de thèse, qui m'a aidée à trouver ma place de chercheur-praticien au milieu des nombreuses postures que j'assume.

L'avancée de ma réflexion a bénéficié de l'apport des grandes compétences de mes collègues du Département Surdité de l'INS HEA : les formateurs, qu'ils soient entendants ou sourds, les interprètes, forment une équipe soudée au sein de laquelle nous avons toujours réfléchi et travaillé dans un climat de confiance et de respect mutuel. J'ai appris beaucoup également de chercheurs comme Cyril Courtin, Ivani Fusellier ou Clarine Tranchant à l'occasion de notre collaboration pour concevoir les colloques « Conceptualisation et Surdité ».

Je suis très reconnaissante également envers tous les stagiaires que j'ai eu la chance d'accompagner dans leur formation et dont les questionnements ont considérablement enrichi ma réflexion dans ce domaine.

La plupart des observations sur les élèves sourds rapportées dans ma thèse ont été réalisées auprès de l'Institut Gustave Baguer (Asnières, 92), de la CLIS et de l'UPI Laurent Clerc (Champ sur Marne, 77) et de l'Ecole Intégrée Danièle Casanova (Argenteuil, 95). Que tous les enfants et adolescents sourds qui y sont scolarisés ainsi que leurs enseignants qui m'ont accueillie dans leurs classes, trouvent ici ma gratitude pour leur coopération. Je pense tout particulièrement à Gulyaine Fréguis, professeur des écoles à Argenteuil que je remercie d'avoir toujours su être disponible et enthousiaste pour s'impliquer dans mes projets.

Je remercie également Fabrice Bertin et François Boule pour leur relecture amicale et attentive.

Un grand merci aussi à ma famille, à mon mari et à mes enfants, à qui j'ai volé des instants précieux de notre vie pour me consacrer à ce travail.

A Lola, Laurine & Théo.

SOMMAIRE

INTRODUCTION----------6

Une histoire de vie professionnelle----------10

PREMIERE PARTIE. ***Des repères théoriques pour mieux comprendre la complexité des besoins de formation en mathématiques des enseignants pour élèves sourds***----------18

CHAPITRE I. LE TRAVAIL D'ENSEIGNANT---------- -19

I-1 Les enjeux d'une formation des enseignants----------20

I-2 Les processus d'acquisition des connaissances ou de développement des compétences----------26

I-3 Les compétences nécessaires à une meilleure professionnalisation des enseignants----------43

I-4 La professionnalisation de la formation des enseignants----------67

CONCLUSION DU CHAPITRE I----------80

CHAPITRE II. LES MATHEMATIQUES ET LES ENJEUX DE LEUR ENSEIGNEMENT----------83

II-1 Les besoins de formation en mathématiques des enseignants----------85

II-2 Des repères théoriques pour enseigner les mathématiques ----------128

CONCLUSION DU CHAPITRE II----------191

CHAPITRE III. LA SCOLARISATION DES ELEVES SOURDS ET LEURS MODES D'APPRENTISSAGE ----------194

III-1 L'école et le handicap----------194

III-2 Les enjeux de la loi de 2005 pour la formation des enseignants----------201

III-3 La scolarisation des enfants et adolescents sourds----------205

III-4 Les modes d'apprentissage des enfants et adolescents sourds----------221

CONCLUSION DU CHAPITRE III----------238

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE ET PROBLEMATIQUE----------241

Synthèse ----------241

Problématique---------- 244

Hypothèses----------246

Méthodologie----------249

DEUXIEME PARTIE. ***Les places respectives de l'activité et du langage dans les apprentissages mathématiques***----------255

CHAPITRE IV. LES ENSEIGNANTS FACE AUX APPRENTISSAGES MATHEMATIQUES DE LEURS ELEVES SOURDS : UN ETAT DES LIEUX DE LEURS REPRESENTATIONS----------256

IV-1 Une méthodologie pour recueillir les représentations des enseignants----------256

IV-2 La population d'enseignants concernée----------257
IV-3 Les résultats ----------258
IV-4 Concevoir un scénario de formation----------267
IV-5 Une rapide présentation des scénarios ----------271
CONCLUSION DU CHAPITRE IV----------274

CHAPITRE V. UN PREMIER SCENARIO DE FORMATION : L'APPRENTISSAGE PAR LA RESOLUTION DE PROBLEMES----------275
V-1 La problématique et les hypothèses élaborées dans le premier scénario----------275
V-2 Les différentes phases du scénario----------277
V-3 Résoudre un problème mathématique dans plusieurs environnements linguistiques----------278
V-4 Une mise à l'épreuve dans une situation effective de résolution de problème----------296
CONCLUSION DU CHAPITRE V----------305

CHAPITRE VI. UN DEUXIEME SCENARIO DE FORMATION : L'APPRENTISSAGE PAR LA CONCEPTUALISATION---------- 307
VI-1 La problématique et les hypothèses élaborées dans le deuxième scénario----------307
VI-2 Les différentes phases du scénario----------309
VI-3 L'élaboration du concept mathématique de *groupe* ----------311
VI-4 L'analyse réflexive pour conceptualiser la démarche----------335
VI-5 La transposition de la démarche pour mettre en scène un autre concept----------344
VI-6 Le réinvestissement des connaissances dans la pratique réelle d'une classe----------349
CONCLUSION DU CHAPTRE VI----------351

CHAPITRE VII. SYNTHESE ET DISCUSSION. FORMER *A* ET *PAR* LA CONCEPTUALISATION, QUELLE PERTINENCE ?----------353
VII-1 Une synthèse des résultats----------353
VII-2 Une évaluation des effets attendus des scénarios de formation----------360
VII-3 Former *à et par* la conceptualisation----------363
VII-4 Des perspectives de recherches et d'actions----------365

CONCLUSION GENERALE----------373

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES----------376
TABLE DES MATIERES ----------392
INDEX DES FIGURES ET DES TABLEAUX----------400
GLOSSAIRE----------401
ANNEXES

INTRODUCTION

Aujourd'hui, à la veille d'un important renouvellement du corps enseignant, il semble pertinent d'approfondir notre réflexion sur le métier, sur son évolution et sur les représentations de son évolution. Alors que la généralisation de la scolarisation des enfants en situation de handicap se développe, le métier d'enseignant évolue. Le principe de l'école pour tous, promu par la loi du 11 février 2005, implique l'obligation de scolariser les élèves handicapés dans leur école de quartier. De ce fait, tout enseignant est appelé à être confronté à l'accueil et à l'enseignement d'un ou de plusieurs élèves en situation de handicap. Le législateur place donc les enseignants dans une posture professionnelle nouvelle. D'où un véritable défi pour le système éducatif : chaque enseignant, de la maternelle au bac, doit pouvoir s'adresser à tous ses élèves, quelle que soit leur situation, avec des besoins particuliers ou non. Il est question d'*enseignement adapté* : il s'agit ni d'une pédagogie spéciale pour certains, ni d'une pédagogie unique pour tous, ni d'une pédagogie complètement individualisée, mais d'une adaptation de chaque enseignement, dans chaque discipline, à chacun des élèves, pour garantir l'accessibilité de tous les savoirs à tous les élèves. Il existe donc un enjeu fort au niveau de la formation des enseignants.

Il est alors nécessaire de repenser les contenus de formation mais aussi les dispositifs de formation des enseignants comme ceux de formation de formateurs. Même si les IUFM ont été amenés à refondre le cahier des charges de la formation initiale, la masse des enseignants en poste dès à présent, leur accompagnement nécessaire au quotidien, et les contraintes budgétaires qui ne permettent pas de développer des moyens en grande quantité, impliquent une stratégie de formation en « pomme d'arrosoir ».[1] Les formations spécialisées en direction des enfants en situation de handicap doivent développer chez les stagiaires non seulement des compétences pour enseigner à des élèves à besoins particuliers, mais aussi des compétences de futurs formateurs pour démultiplier, à leur tour, les acquis de la formation et devenir des personnes ressources pour leurs collègues.

C'est de cette question de la professionnalisation des enseignants que nous entendons traiter. Nous avons situé cette question dans le contexte particulier de l'enseignement des mathématiques à des élèves sourds.

Nos motivations pour entreprendre ce travail sont réunies autour de deux pôles. Notre intérêt pour le problème de la conceptualisation en mathématiques vient tout naturellement de notre formation et de nos préoccupations initiales. La rencontre avec des élèves présentant des atteintes comme la surdité,

[1] Pierre-François Gachet, Chef du bureau « Adaptation scolaire et scolarisation des élèves handicapés » à la Direction générale des enseignements scolaires, discours d'ouverture au colloque inaugural de l'INS HEA à Suresnes, 20 et 21 octobre 2006.

les dysphasies[2] ou la dyspraxie[3], avec des enfants en grandes difficultés ou avec des adultes en situation d'illettrisme, nous a conduite à nous interroger sur les places respectives de l'activité et du langage dans les apprentissages mathématiques.

Nous avons choisi le thème de la surdité car ce handicap nous semble représenter un bon exemple pour illustrer le croisement des différents champs théoriques mis en jeu dans l'adaptation des enseignements aux enfants en situation de handicap, et la complexité d'en tenir compte pour enseigner. En effet, dans la surdité, en plus de tous les facteurs liés au déficit sensoriel, celui de la communication, les aspects culturels, tiennent une place très importante : les enfants sourds français qui apprennent le monde, sont confrontés à deux langues : une langue première, la Langue des Signes Française (LSF) et la langue française qui est apprise bien souvent comme une langue seconde. L'appartenance à deux univers ayant chacun leur propre langue les situe ainsi dans une position de biculturalisme qui influe de façon non négligeable sur leurs apprentissages.

L'objectif principal de ce travail est de démêler la complexité de la question de la formation des enseignants et plus particulièrement de ceux qui enseignent les mathématiques à des enfants ou adolescents handicapés. Notre recherche est orientée par l'activité professionnelle, c'est-à-dire qu'elle vise à accéder à de nouvelles compréhensions du monde de l'éducation, en proposant à la communauté scientifique un autre accès à ce monde professionnel, à travers le prisme de l'enseignement des mathématiques et celui de la surdité. Elle vise à mieux comprendre l'intrication des multiples facteurs qui constituent ce micro système en formulant et explicitant des compréhensions plus ou moins intuitives et empiriques. Elle tend ensuite à faire émerger des dynamiques d'expérimentation et d'action réflexive sur le terrain, et à dégager quelques pistes d'action pour mieux faire, pour faire autrement. Enfin, ce travail aspire également à renouveler nos connaissances personnelles, à développer un nouveau rapport au métier et à nous redéfinir dans une nouvelle identité professionnelle.

Notre choix épistémologique repose sur une double posture de praticien et de chercheur. De par cette approche compréhensive et praxéologique, notre posture relève du paradigme constructiviste. Le terrain de la recherche est celui de notre activité professionnelle en tant que formateur dans un institut de formation pour enseignants se spécialisant dans la compréhension des besoins particuliers des enfants en situation de handicap en vue de concevoir des enseignements adaptés à ces besoins.

Les questions qui ont suscité notre engagement dans cette opération, ont été axées dans un premier temps sur la nature d'un accompagnement des enseignants en formation qui leur permette de construire des connaissances singulières relatives à l'enseignement des mathématiques, à

[2] Une dysphasie est un trouble spécifique du langage oral

l'accessibilité de ces savoirs par des élèves sourds, tout en tissant des liens entre expériences, réflexions, actions et relations à l'environnement professionnel.

Pour aborder ces questions générales, nous interrogeons les modes d'apprentissage des élèves sourds en mathématiques et les modèles de formation pour leurs enseignants en évaluant la pertinence à supposer un parallélisme entre les modes de fonctionnement, les difficultés, les blocages, les représentations, en bref le rapport aux savoirs mathématiques des uns et des autres. En quoi les processus de conceptualisations des notions mathématiques sont–ils congruents entre les enseignants en formation et leurs élèves sourds ? En quoi le ou les langages interviennent dans ce processus chez les uns et les autres, et à quel niveau ? En quoi l'expérimentation de situations pour conceptualiser les mathématiques par les enseignants en formation peut-elle favoriser la conception de dispositifs d'apprentissage adaptés à la conceptualisation mathématique chez des élèves sourds ? En quoi des actions situées en formation et une réflexion sur ces actions, c'est-à-dire une problématisation à partir des conceptions des stagiaires et des possibilités d'action dans un contexte singulier, leur permettent-elles d'intégrer à leur propre façon des savoirs transférables dans leurs classes ? En quoi l'accompagnement des enseignants dans leurs pratiques effectives conduit-il les apprenants à oser construire et penser leur propre parcours ?

La structuration de notre travail pour mener à bien cette recherche, est exposée ici en trois points principaux. Le caractère impliqué de cette recherche suppose que le chercheur fasse partie de l'expérience. C'est pourquoi dans un premier temps nous, nous (ré) interrogeons notre histoire professionnelle personnelle dans un processus autoréflexif, pour la situer par rapport à l'évolution de notre positionnement professionnel. L'engagement dans l'activité d'écriture nous invite à la réfléchir avec le projet de la relier à des savoirs théoriques et à d'autres expériences. Nous nous présenterons donc en tant qu'auteur.

Dans une première partie nous posons les cadres théoriques que nous avons choisis pour « lire » la situation de l'enseignement des mathématiques aux élèves sourds. Nous abordons d'abord la question du travail de l'enseignant, du développement de ses compétences et de ses besoins en formation. Nous étudions ensuite, les enjeux de l'enseignement des mathématiques dans notre société, les représentations des enseignants sur cette discipline et sur son enseignement, pour aboutir à la place de l'activité et des systèmes de signifiants dans la conceptualisation en mathématiques. Enfin, nous analysons les conditions de scolarisation des enfants et adolescents sourds au regard de leurs modes de fonctionnement cognitif et d'apprentissage ; nous présentons plus précisément les différents chemins possibles pour développer leurs compétences mathématiques.

[3] Une dyspraxie est un trouble de l'organisation du geste. La population sur laquelle j'ai le plus travaillée concerne les enfants présentant une dyspraxie visuo-spatiale. Ces derniers sont pour la plupart peu performants pour agir physiquement sur le monde mais possèdent généralement un niveau de langage tout à fait correct sur le quel ils s'appuient pour comprendre et conceptualiser leur environnement.

C’est à la fin de cette première partie que nous serons en mesure d’expliciter notre questionnement et d’émettre des hypothèses de recherches et d’actions pour y répondre.

La deuxième étape de notre travail consiste à mettre nos hypothèses à l’épreuve de deux situations d’investigations : la résolution de problèmes mathématiques et la conceptualisation d’un objet mathématique. Dans chacune de ces situations de formation, choisies pour leur caractère déstabilisant et leur propriété de congruence avec des élèves sourds, nous analysons les effets de ces facteurs déclenchants sur la prise de conscience de la part des stagiaires des besoins des élèves sourds et sur la conceptualisation d’une démarche pédagogique adaptée à ces besoins.

Notre conclusion portera la discussion sur la pertinence de tels scénarios de formation et sur les bénéfices qu’il y a à prolonger une telle prise de conscience par un accompagnement renforcé des stagiaires et à envisager la conceptualisation sur une longue durée.

UNE HISTOIRE DE VIE PROFESSIONNELLE : LE BESOIN DE FORMALISER UNE PRATIQUE

Comprendre pour faire, faire pour comprendre (Piaget)

Le choix d'écrire cette thèse s'enracine dans un processus autoréflexif et réflexif porté sur mon parcours professionnel. Un chercheur est un acteur social « ordinaire » et un citoyen « ordinaire », porteur de sa vision du monde et de ses valeurs. En entreprenant une recherche, je suis donc engagée comme une femme, avec une expérience personnelle de la société animée par des valeurs, avec celle d'une professionnelle de terrain, enseignante et formateur, et avec celle d'un chercheur praticien. D'autre part, ce méta processus est promu par l'action de me relier collectivement à d'autres chercheurs praticiens et théoriciens. En effet, je partage avec C. Gérard l'idée que « se comprendre soi-même dans le lien exercé collectivement avec autrui m'apparaît fondateur du sens de nos actions, de nos réflexions et de ce que nous concevons » (Gérard, 2005). Personnellement, c'est dans cet esprit que j'ai récapitulé les étapes de mon parcours de recherche et mes préoccupations.

La narration de ce parcours a le projet de décrire les savoirs issus de mon expérience personnelle et de les situer par rapport à la présente recherche pour les relier aux savoirs issus des modèles théoriques produits par d'autres. Elle m'amène à conscientiser mon action en même temps qu'elle me conduit à me projeter sur de nouvelles actions. En cherchant à théoriser ces *faire*, pour moi-même et pour les autres, ils peuvent faire sens. En cherchant à les relier à des savoirs théoriques, ils renforcent mon engagement. L'intelligibilité que je construis sur mon action constitue le moteur de mon engagement dans d'autres actions. En m'invitant dans un premier temps à réfléchir sur mon histoire personnelle, ce projet me conduit à comprendre, à apprendre et à entreprendre.

A - Aux origines, une conception des mathématiques et de l'apprendre

Nommée professeur de mathématiques en 1977, mes premières expériences m'ont conduite tout d'abord à vouloir partager avec mes élèves le plaisir de penser. Ce désir m'a amenée à concevoir dès le début de ma carrière des adaptations pour que mes élèves soient motivés par cette discipline. Je leur ai proposé des situations qui se voulaient peu ennuyeuses : par leur aspect ludique, par une forme de travail qui les rendaient actifs, ou par l'introduction de l'ordinateur dans la classe. J'ai eu la chance d'enseigner dans un établissement qui fonctionnait en cours du soir avec un GRETA[4] et qui avait fait l'acquisition d'un matériel informatique. J'ai spontanément investi ce nouvel outil qui a été un moteur extraordinaire dans mes classes les plus difficiles.

[4] Groupement d'établissements publics (locaux d'enseignement)

Déclencher le goût de *faire* des maths

J'ai également pensé que la première source de motivation pour mes élèves de région parisienne résidait dans la réussite, et donc dans des activités suffisamment riches pour attiser la curiosité et le désir de relever un défi, mais suffisamment proches de leurs connaissances stabilisées. C'est à cette époque, avant qu'il ne soit question de pédagogie différenciée, que j'ai organisé, au niveau de l'établissement, en co-élaboration avec une autre collègue, un dispositif auprès des 6^{e} que nous avions appelé « les groupes de niveau » : tous les emplois du temps étaient alignés pour que les élèves aient cours de maths dans les mêmes créneaux horaires. Chaque semaine, nous abordions un ensemble de propriétés liées à une notion avec une évaluation diagnostique très courte, nous établissions une répartition des élèves selon leur réussites ou leurs difficultés sur trois groupes de niveaux différents, puis nous travaillions les propriétés de la notion dans des activités, différentes d'un groupe à l'autre ; en fin de semaine, une nouvelle évaluation déterminait d'autre groupes pour la semaine suivante consacrée à des reprises, de l'entraînement ou des approfondissements, selon le cas. Ces deux semaines constituaient un module et l'année s'est déroulée de module en module. Ce dispositif avait l'avantage de façonner des groupes de niveau peu figés, mais il était très lourd à gérer et m'a demandé un travail tel que nous l'avons limité à deux classes l'année suivante. Avec le recul, je réalise que j'étais déjà dans une position d'enseignant concepteur, construisant une action avec des pairs. De fait, l'entreprise de cette action nouvelle me conduisait à la réfléchir et à la dire au travers des échanges que j'ai eus avec la direction et les autres collègues pour « défendre » le projet.

C'est cette pratique professionnelle, redevable aux courants de la pédagogie active (Freinet, Decroly, Dewey) et du GFEN (groupe français d'éducation nouvelle) qui a dévoilé en moi une posture d'enseignant et d'apprenant fondée sur l'action-recherche.

B- Une situation d'alternance entre la classe et l'institut de recherche dans l'enseignement des mathématiques (IREM)

Le travail que j'avais engagé autour de l'utilisation des ordinateurs dans ma classe de mathématiques m'a naturellement poussée à entrer en relation avec d'autres expériences et des enseignants plus impliqués dans l'action-recherche. C'est vers l'IREM de Paris-Nord que je me suis tournée en 1979, et que j'ai commencé avec d'autres collègues, par programmer des logiciels pour étayer nos cours de maths (ou plutôt des didacticiels mais ce terme n'était pas utilisé alors). Cette activité m'a monopolisée pendant un an en dehors de mes activités professionnelles avant d'intégrer l'équipe d'abord détachée pour quelques heures puis à mi-temps. C'est donc une vraie situation d'alternance que j'ai vécue pendant 7 ans avec bonheur. J'ai toujours été enchantée de cette formule qui m'a permis à la fois d'agir sur mon terrain de professeur et à la fois de pouvoir prendre de la distance par rapport à

cette action. C'est cette pratique professionnelle qui a installé en moi la conviction des bénéfices d'une véritable articulation entre théorie et pratique.

Une recherche-action avec Logo[5]

Nous avons eu alors l'occasion de réfléchir en équipe sur des projets qui étaient devenus une vraie recherche-action. C'est dans ce cadre que j'ai collaboré à une entreprise très intéressante et qui m'a profondément fait progresser, autour de l'utilisation du langage informatique et du micro-monde Logo. Cette expérience professionnelle signe ma première participation à une situation de recherche : notre petit groupe avait des conceptions à remettre en cause (celle de penser qu'il suffisait de mettre des élèves devant des ordinateurs pour qu'ils acquièrent les connaissances programmées dans les logiciels), des hypothèses constructivistes (comme proposer aux élèves un environnement de résolution de problèmes, développer leur autonomie et leur créativité), des expérimentations que nous mettions en place dans nos classes respectives et au final des savoirs produits puisque nous avons collectivement écrit deux ouvrages sur l'utilisation « pédagogique » de Logo en classe de mathématiques (1984, 1986).

Ainsi, j'ai glissé d'une posture de praticien qui réfléchit et cherche à comprendre ce qu'il fait, à celle d'un chercheur-praticien qui conçoit des outils et les expérimente sur le terrain.

C- La découverte du handicap et une position de formateur

En 1987, je choisis de changer de posture en exerçant le métier de formateur au Cnefei[6]. Dans le cadre de mes missions à l'IREM, j'avais déjà endossé cette identité puisque les travaux que nous menions sous forme de recherches-actions m'avaient conduite à réinvestir les résultats obtenus dans la formation des enseignants de mathématiques aux nouvelles technologies. L'importance de la contribution des enseignants à la réussite des élèves m'a amenée à interroger les conditions d'une formation pertinente pour atteindre cet objectif. Mais au Cnefei, la rencontre avec le handicap a mis l'accent sur des difficultés d'apprentissages en mathématiques spécifiques ou plutôt, sur des difficultés spécifiquement amplifiées. J'ai travaillé sur les situations des enfants handicapés moteurs, en particulier ceux qui sont atteints de dyspraxies, sur celles des enfants dysphasiques et dyslexiques, et enfin sur celles des enfants sourds. L'activité de formation en direction de ces publics a exigé de ma part de construire des connaissances approfondies qui ont dépassé le cadre des mathématiques et de la didactique auquel j'avais eu recours jusque là. Je me suis donc retrouvée à la croisée de différents champs disciplinaires : neurologie, neuropsychologie, psychologie, sciences de l'éducation.

[5] Le Logo est un langage de programmation réflexif et fonctionnel. Il a été adapté du Lisp dans les années 60 au Massachusetts Institute of Technology (MIT) par Wally Feurzeig et Seymour Papert. Le logo est aujourd'hui surtout connu pour la fameuse tortue graphique, mais est également capable de manipuler des listes, des fichiers et des entrées/sorties, ce qui en fait un langage adapté à l'enseignement des concepts de l'algorithmique.

[6] Cnefei : Centre national d'études et de formation pour l'enfance inadaptée.

A travers ces domaines et déficiences apparemment distincts, j'ai réussi à établir des liens et en tisser des fils conducteurs pour mes activités de formateur et de recherche. De façon synthétique, les difficultés en mathématiques des enfants dyspraxiques tiennent en partie de leur limitation au niveau de l'action sur le réel qu'ils sont nombreux à pouvoir compenser grâce à l'efficacité de leurs compétences langagières. De façon tout aussi raccourcie, les difficultés en mathématiques des enfants sourds ou dysphasiques proviennent majoritairement de leurs déficits linguistiques, difficultés qui peuvent être réduites grâce à leurs possibilités de tirer profit de leur activité. C'est alors que j'en suis venue à interroger ces facteurs communs qui interviennent dans les apprentissages mathématiques : l'activité du sujet et les langages.

Des pratiques d'action-formation-recherche

Les expériences professionnelles qui m'ont permis de prendre conscience de ces liens entre langage et action dans les apprentissages mathématiques s'articulent autour de deux situations : une étude sur l'évaluation des compétences numériques des enfants Infirmes Moteurs Cérébraux (IMC) qui s'est étendue à d'autres situations de handicap, et la responsabilité de journées d'études sur le thème de la conceptualisation chez les enfants sourds.

Ces moments extrêmement forts dans mon parcours professionnel m'ont donné l'occasion de participer à des travaux de recherche avec des partenaires universitaires et la chance de travailler avec des chercheurs qui m'ont directement beaucoup apporté. Je pense particulièrement à Claire Meljac, Françoise de Barbot, Gérard Vergnaud et Camilo Charron pour le travail d'élaboration de tests d'évaluation des compétences numériques. Et c'est à Cyril Courtin, Ivani Fusellier, Marie-Anne Sallandre, également à Gérard Vergnaud ainsi qu'à mes collègues du département surdité, que je dois d'avoir appris autant sur le fonctionnement cognitif des enfants sourds, sur leur langue et leur culture. Ces actions m'ont inscrite dans un courant de recherche, celui d'action-formation-recherche.

D- Une ouverture sur la prise en charge des enfants en situation de handicap dans d'autres pays

Grâce au caractère national des missions de l'INS HEA[7] (anciennement Cnefei) et ses implications internationales, j'ai eu la chance de découvrir d'autres systèmes éducatifs dans d'autres pays, d'autres cultures qui appréhendent le handicap autrement. Cet établissement a une tradition de professionnalité au niveau de la formation initiale et continue des différents personnels spécialisés dans le champ du handicap et de la grande difficulté scolaire. Depuis qu'il est devenu INS HEA, outre celles de recherche qu'autorise son nouveau statut universitaire, ses missions de formation se sont élargies à celle de formation de formateurs et se situent sous le signe du partenariat : la professionnalité moderne exige un travail avec les autres et de nombreuses collaborations avec des partenaires étrangers ont été renforcées.

[7] INS HEA : Institut national supérieur de formation et de recherche pour l'éducation des jeunes handicapés et les enseignements adaptés.

Des pratiques de formateur-concepteur

J'ai pu travailler dans les territoires d'outre mer comme la Guadeloupe ou la Martinique, en Irlande du Nord, en Russie, au Portugal, en Suisse et à l'île Maurice. Cet enrichissement a rendu possible une mise à distance de mes activités à plusieurs niveaux. Au niveau mathématique, j'ai pu apprécier comment l'universalité des mathématiques peut être cachée par des données culturelles. Au niveau du handicap, selon les histoires des pays, j'ai pu mesurer la place que la société réserve aux personnes en situation de handicap ; j'ai pu approcher d'autres conceptions et d'autres systèmes pour prendre en compte les différences inter individuelles, des plus médicales aux plus tolérantes en passant par les plus focalisées sur les déficits. Enfin, au niveau de la formation des enseignants, j'ai eu l'occasion de contribuer à l'élaboration de plans de formations pour des systèmes éducatifs différents de celui de la France. J'ai aussi participé à la formation de responsables des systèmes éducatifs tunisiens et marocains, ce qui m'a donné un angle de vue plus institutionnel. Ces actions m'ont obligée à m'ajuster aux problématiques de nos partenaires sans plaquer des cadres trop propres à notre situation, pour comprendre quels sont leurs besoins spécifiques de formation.

Ces expériences m'ont offert l'occasion de prendre encore un peu plus de recul par rapport à mon action de formation et m'ont poussée dans la posture de formateur- concepteur. Cette nouvelle posture s'est concrétisée au final par une nouvelle responsabilité qui m'a été attribuée, celle d'assurer la coordination de la formation des enseignants du second degré dans le domaine de la surdité.

E- Des responsabilités dans des partenariats de recherche

La mise en place de l'analyse de pratiques professionnelles dans les nouvelles formations en alternance des enseignants dans le premier et second degré, a incité notre établissement à s'engager dans une réflexion visant à délimiter le cadre théorique dans lequel cette pratique de formation s'inscrit et à dégager des caractéristiques propres au champ du handicap. Mon implication dans la prise en charge de cette réflexion à propos de l'analyse des pratiques professionnelles m'a portée à coordonner la formation des formateurs de l'INS HEA en collaboration avec l'université Paris X et la personne de Suzanne Nadot. Cette coopération doit déboucher prochainement sur la coordination de l'écriture d'une quinzaine d'articles dans un dossier consacré aux effets de l'analyse de pratiques sur la professionnalité des stagiaires en formation comme sur celle des formateurs de l'institut. Cette démarche de formalisation de nos pratiques dans le cadre d'un partenariat de recherche m'invite à adopter une position de concepteur-formateur-chercheur dans le sens où une recherche de type action se voit valorisée en tant que travail scientifique. D'une action-formation a émergé une réflexion d'un autre niveau donnant naissance à une action-formation-recherche.

Au départ, mon positionnement professionnel d'enseignante de mathématiques me situe de façon pragmatique au niveau du micro système, le niveau de l'ingénierie pédagogique et donc de la relation

directe enseignement-apprentissage (Poisson, 2002). Puis ma fonction de formatrice, me place à un méso niveau, celui de l'ingénierie de formation lié à l'établissement. Avec ma posture de concepteur de plans de formation, mon point de vue s'élargit pour aborder ce système à un macro niveau, celui de l'ingénierie éducative : plus la distance augmente et plus je peux espérer une amélioration de la compréhension des phénomènes complexes de l'enseignement des mathématiques à des publics d'enfants en situation de handicap.

La complexité des situations éducatives

Au sens premier, est complexe ce qui est composé d'une multiplicité d'éléments différents. Mais la complexité peut se définir aussi par d'autres caractéristiques : les liens qui unissent les différents éléments de l'ensemble ou les antagonismes qui émergent de leurs interactions. De ces divers points de vue, les situations d'enseignement sont bien des situations complexes.

Par définition, une situation éducative présente un caractère de **multi référentialité**. Elle fait intervenir une multitude de variables liées, aux élèves formant une classe, à chacun d'entre eux en particulier, à l'enseignant, au cadre spatio-temporel de la classe, au projet de classe, à l'environnement socio-culturel et économique de l'école…

L'étroite association qui existe entre les éléments qui composent la situation éducative participe de cette complexité. Rendre son action d'enseignement plus pertinente c'est d'abord comprendre les liens qui unissent les élèves, les savoirs mathématiques et les enseignants. Par exemple, pour comprendre pourquoi un élève sourd échoue ou réussit, il est alors nécessaire d'envisager plusieurs facteurs explicatifs qui ne sont pas indépendants les uns des autres et en référence à divers champs théoriques. Les difficultés d'apprentissages des élèves sourds en mathématiques peuvent tenir à une communication difficile avec l'enseignant ou avec ses pairs, à la discipline elle-même, à des fonctionnements cognitifs peu exploités habituellement en classe ordinaire, à des comportements socio-affectifs liés à une construction particulière de leur identité. Une bonne grille de lecture d'une situation d'enseignement à des élèves sourds ne saurait se limiter à des connaissances relevant de tel ou tel domaine.

L'apparition d'antagonismes au cœur des situations éducatives représente un autre des aspects importants de la complexité. Ces dernières peuvent être des lieux de conflits entre méthodes pédagogiques ou théories éducatives différentes : éduquer ou instruire, développer des capacités de raisonnement, augmenter des connaissances ou maîtriser des savoir-faire, favoriser la diversité ou l'unicité, individualiser ou au contraire différencier en s'appuyant sur le groupe.

Plus particulièrement **dans l'ASH**[8], les différences de pratique et de culture professionnelle des multiples personnels intervenant auprès des enfants (médical, paramédical, éducatif) peuvent accroître des oppositions relatives aux choix pédagogiques. Privilégie-t-on une démarche de rééducation en cherchant à « réparer » un manque ou un déficit ou vise-t-on à s'appuyer sur des capacités préservées pour atteindre des objectifs d'apprentissage communs à tous les enfants ? A-t-on les mêmes exigences ou aménage-t-on les conditions d'apprentissage ? A un niveau plus général, les conceptions véhiculées par rapport au handicap sont susceptibles de provoquer aussi des conflits. Quelle image a-t-on d'une personne handicapée et de sa place dans la société ? A-t-on choisi de privilégier l'adaptation de la personne ou celle de la société ? Acceptons-nous la différence en la banalisant ou en la stigmatisant ?

Dans le monde de la surdité, certaines positions sont encore plus exacerbées parce qu'elles concernent la communication. En effet, les divers modes de communication utilisés par les personnes sourdes, induisent des choix culturels et des modèles de société différents qui peuvent aller jusqu'à véhiculer de véritables conflits. Les personnes sourdes doivent-elles choisir entre une langue des signes confortable et une langue française orale qui ne leur permet pas toujours de s'exprimer facilement ? Doivent-elles vivre entre elles avec leur langue et leur culture ou vivre au milieu de personnes entendantes qui ne reconnaissent pas leurs différences ni leurs besoins ?

A l'école, ces antagonismes se cristallisent sur le choix d'une langue véhiculaire, choix effectué par les parents des enfants sourds mais que les professionnels et les enseignants, en tant que citoyens, ne partagent pas nécessairement, tout en étant contraints de les respecter. Ce choix revient à développer chez un enfant, de façon privilégiée, un mode de communication oral en français ou en langue des signes française (LSF) tout en lui enseignant le français écrit (loi sur le bilinguisme). Si la langue privilégiée dans l'éducation par les parents est le mode oral, un professionnel peut avoir un avis différent quant à la pertinence de ce choix, au regard du confort de l'élève, de sa fatigabilité pour développer ses apprentissages. Et à l'inverse, en ce qui concerne le choix de la LSF par les parents, certains professionnels peuvent craindre et mettre en avant des arguments opposés en rapport avec l'intégration sociale et l'autonomie de l'élève. Il peut donc y avoir opposition entre les conceptions et choix des parents et ceux des enseignants ou professionnels.

Ces positions sociales divergentes peuvent avoir des répercussions dans les situations d'enseignement : par exemple, conflits entre des personnes de la communauté Sourde[9], des associations, (de sourds ou/et de parents d'enfants sourds) et d'autres personnes, dites « entendantes » par opposition avec les premières.

[8] ASH : Adaptation scolaire et scolarisation des élèves handicapés.

[9] Le S majuscule dans le terme « Sourd », pour reprendre un usage établi par ailleurs, fait référence à une communauté culturelle et à l'usage de la LSF. Il ne s'agit pas d'une connotation sémantique mais de préciser ce à quoi il est fait référence.

Au final, la gestion de toutes ces orientations a priori antagonistes contribue à rendre particulièrement complexe une situation d'enseignement dans l'ASH. Penser la complémentarité plutôt que l'opposition constitue une position plus pertinente qui a motivé une partie de notre travail, mais pas pour autant plus simple.

F- Le passage d'une recherche-innovation à une recherche impliquée

Complexe aussi est mon positionnement professionnel. Au final, qui suis-je ? Professeur, praticien, formateur, concepteur, responsable, chercheur ? Un peu tout : je suis dans une posture multifonctionnelle et le défi qui m'est donné consiste, dans une posture réflexive, à intégrer toutes ces identités pour penser mes expériences, pour les transformer en sciences, avec conscience, c'est-à-dire pour les rendre à la fois plus légitimes et actionnables dans le but de les enseigner. Il s'agit de partager mes expériences en me posant les questions autour de « Former qui ? A quoi ? Pour apprendre à faire quoi» ? Ce principe de « *je fais et je réfléchis à l'expérience du faire* » qui guide mon action depuis le début de ma vie professionnelle, aussi bien avec les élèves qu'avec les enseignants-stagiaires, j'essaie maintenant de l'appliquer à moi-même. C'est une manière pour moi de renouveler mes connaissances et ma pratique professionnelle. Selon D. Poisson, il y a au moins deux grandes approches pour effectuer cette actualisation : « soit par consommation d'un savoir, soit par production d'un savoir » (Poisson, 2007). C'est plutôt la deuxième approche que j'ai choisie m'appuyant pour cela sur une démarche d'autoformation.

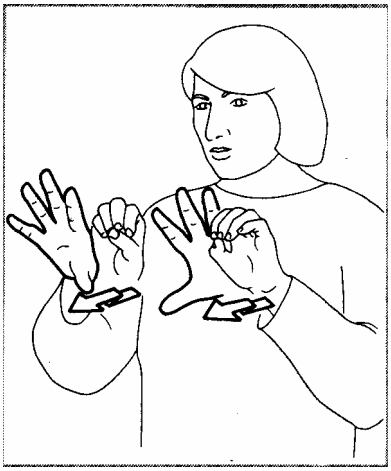
La première étape de cette démarche a été d'envisager le moyen de partager avec la communauté scientifique le questionnement et les hypothèses empiriques que j'avais pu élaborer au cours de mon expérience : c'est par le biais d'une VAE (validation des acquis de l'expérience) que nous avons sollicité le jugement et la reconnaissance de nos pairs. Ce désir d'institutionnalisation de mon itinéraire a enclenché une première distanciation, formalisée par une écriture qui m'a engagée à poursuivre en tant qu'auteur à part entière dans le travail présenté ici.

PREMIERE PARTIE. ***Des repères théoriques pour mieux comprendre la complexité des besoins de formation en mathématiques des enseignants pour élèves sourds***

CHAPITRE I
LE TRAVAIL D'ENSEIGNANT

CHAPITRE II
LES MATHEMATIQUES ET LES ENJEUX DE LEUR ENSEIGNEMENT

CHAPITRE III
LA SCOLARISATION DES ELEVES SOURDS ET LEURS MODES D'APPRENTISSAGE



Enseigner

Apprendre

(extraits de IVT, 1986)

CHAPITRE I. LE TRAVAIL D'ENSEIGNANT

La complexité de la formation et la formation à la complexité sont une invitation à sans cesse inventer dans le domaine de la formation (J.-L. Le Moigne, 2003)

L'activité d'enseignement est souvent perçue comme approximative. Ses démarches, ses outils et ses méthodes sont l'objet de débats difficiles. Sa multiréférentialité rend complexe une définition précise de son champ. Mon travail s'inscrit donc à la croisée de différents cadres théoriques ; ce qui ne signifie pas qu'il y a confusion et superposition des concepts mais démarquer clairement les différents champs disciplinaires me permettra une approche en complémentarité.

En tant que *professeur de mathématiques*, la référence à la didactique est nécessaire car mon travail porte sur un projet d'enseignement et d'apprentissage de la discipline scolaire que sont les mathématiques. Les rapports entre savoir mathématique codifié et connaissances des élèves sourds à propos de cette discipline sont au centre de mes intérêts.

Autour de ce noyau, en tant que *pédagogue*, je m'intéresse aux conditions à mettre en place par l'enseignant pour faciliter les démarches d'apprentissage et d'enseignement. Je me réfère donc au champ de la psychologie et des divers travaux étudiant les processus d'apprentissage en m'appuyant plus particulièrement sur les théories constructivistes et socioconstructivistes. Le public des apprenants concernés étant celui des élèves sourds, je convoquerai les travaux effectués sur ce thème plus particulièrement en psychologie et en pédagogie.

En tant que *formatrice*, je suis obligée d'élargir encore mes cadres de réflexion à ceux de la didactique professionnelle et des théories de l'ingénierie de formation dans les sciences de l'éducation. D'après Plaisance et Vergnaud (1993, p. 56), « la didactique peut être définie comme l'étude des processus d'apprentissage et d'enseignement relatifs à un domaine de connaissance particulier : d'une discipline ou d'un métier, par exemple ». Il m'est donc nécessaire d'étudier à la fois les processus d'apprentissage et d'enseignement des mathématiques au niveau du micro système des élèves sourds mais aussi ces processus didactiques dans le cadre des apprentissages du métier d'enseignant à un niveau supérieur que certains auteurs nomment le méso système (Poisson, 2007).

I-1 Les enjeux de la formation des enseignants

La question de l'offre et de la qualité des enseignants est un sujet de préoccupation important dans l'ensemble des pays. En 2005, l'OCDE[10] a publié *Le rôle crucial des enseignants : attirer, former et retenir des enseignants de qualité*, qui examine les politiques suivies à l'égard des enseignants dans 25

[10] OCDE : organisation de coopération et de développement économique.

pays. Dans l'observateur de l'OCDE[11], R. B. Schwartz analyse que : « *Même les pays dispensant une formation solide reconnaissent que les nouveaux venus ont fortement besoin d'un soutien et d'une formation. Les recherches montrent que durant leurs toutes premières années devant une classe, les enseignants rencontrent tous les mêmes problèmes : conduire la classe, gérer les différences entre élèves, évaluer leur travail, motiver les élèves, interagir avec les collègues et communiquer avec les parents*. » (Robert B. Schwartz, 2007).

D'autre part, en France, le Ministère de l'Education nationale dresse un bilan en 2006 de la formation actuelle des enseignants dans deux notes : « *une formation assez sévèrement jugée* » par les professionnels du premier degré : « *Interrogés sur l'adéquation entre la formation universitaire reçue et le concours d'enseignement, une nette majorité d'enseignants (69%) sont d'avis qu'elle n'existe pas vraiment* ». [12] Quant aux professeurs du secondaire, ils sont 52% à ne pas avoir eu de formation du tout et « s*i trois quarts des professeurs des écoles jugent leur deuxième année de formation à l'IUFM très insuffisante ou insuffisante, les professeurs des lycées et collèges ne sont que 54% à partager cet avis. Les enseignants de mathématiques se montrent plus critiques* »[13], puisque 69% d'entre eux considèrent que leur formation est insuffisante. De façon générale, les enseignants pointent l'insuffisance « *de conseils pour gérer les situations difficiles* » à 63 % dans le second degré contre 58 % dans le premier degré. Cet état des lieux peu satisfaisant des attentes en formation des enseignants de l'école obligatoire en regard des besoins de la société actuelle, justifie, semble-t-il, notre investissement et notre étude pour tenter de mieux ajuster les besoins en formation aux conditions effectives du travail enseignant.

I-1-1 Le travail enseignant

Le travail enseignant peut être décrit comme une tâche complexe : il nécessite simultanément une gestion du savoir et des connaissances didactiques sur ce savoir, et la gestion pédagogique des élèves et du groupe classe. Nous appelons complexité ce que Morin désigne comme un ensemble constitué d'une multiplicité d'éléments différents, avec des liens entre les éléments de l'ensemble, des antagonismes et des interactions entre ces éléments, auxquels peut s'ajouter une instabilité des situations. L'enjeu de ce travail d'explicitation de la complexité est de mieux comprendre les situations d'enseignement des mathématiques à des élèves sourds afin de mieux agir dans la mission de formation de leurs professeurs. Enseigner à des jeunes handicapés exige de conjuguer la connaissance de leurs besoins éducatifs particuliers avec l'analyse des concepts à enseigner, des tâches qui permettent leur construction et des capacités qu'ils requièrent. Former des enseignants à la

[11] Magazine de l'organisation internationale : www.observateurocde.org

[12] Note d'information du Ministère de l'Education nationale et de la Recherche, du 17 mai 2006, *Les enseignants des écoles publiques et la formation*, http://www.education.gouv.fr/cid2759/les-enseignants-des-ecoles-publiques-et-la-formation.html.

[13] Note d'information sur les enseignants des lycées et collèges publics et la formation, du 26 septembre 2006, http://www.education.gouv.fr/cid3961/les-enseignants-des-lycees-et-colleges-publics-et-la-formation.html.

conception et à la gestion de ces mises en scène pédagogiques nécessite aussi une analyse des situations qu'ils rencontrent et de l'activité qu'ils mettent en œuvre pour les résoudre.

Une définition

Pour définir le travail enseignant, nous reprenons la définition proposée par M. Altet :

> *« Les chercheurs ont montré que le travail enseignant consiste à construire une situation pédagogique et à gérer un système de tension entre des contraintes de fonctionnement d'un contexte et des choix pédagogiques à articuler, à combiner des logiques d'action diverses pour atteindre un certain équilibre dans l'action : une logique pédagogique de communication, une logique didactique, celle du contrat didactique, une logique épistémique des savoirs en jeu, la logique psychologique, le degré de motivation des individus et le degré d'acceptabilité du fonctionnement du groupe classe et une logique sociale, celle de la paix et du climat de groupe. »* (Altet, 2004, p. 161).

Un système complexe

Ajoutons à cette liste déjà fournie, les compétences qui ont trait à la surdité et la complexité n'en sera que plus grande encore. On se propose de considérer successivement ces facteurs de complexité pour voir dans quelle mesure ils sont présents dans les situations d'enseignement des mathématiques aux élèves sourds. Dans les éléments constituant de ce système, on considèrera les personnes : les enfants et adolescents sourds d'un côté et les enseignants de l'autre. Mais interviennent aussi les objets de savoirs, ici les mathématiques et les modes d'expression des personnes et des savoirs, donc les langages.

La complexité réside aussi dans l'instabilité de certaines composantes du système. Les situations d'enseignement ne sont pas figées. Un enfant n'est pas le même selon la progression de ses apprentissages ou sa maturation psychologique. En ce qui concerne la surdité, le passage à l'adolescence provoque des retentissements à l'école et dans les apprentissages. Par exemple, les relations de ces élèves aux adultes évoluent : vis-à-vis de leurs parents et du choix qu'ils ont faits concernant leur mode de communication privilégié (certains rejettent alors le mode oral pour se tourner vers la LSF). De même leurs relations aux adultes et avec leurs pairs (entendants et sourds) vont changer en fonction du niveau d'acceptation de leurs différences, de la qualité de la projection d'eux-mêmes en tant qu'adultes dans la société et de la construction de leur propre identité en tant que sourds.

En parallèle, nous considérerons les interactions et les antagonismes à gérer lorsqu'on est enseignant dans cette situation. Interactions entre les personnes par exemple, comme les représentations qu'ont les enseignants du handicap, des personnes handicapées et plus particulièrement de la surdité, ou encore interactions entre les différents partenaires qui interviennent dans l'éducation et la scolarisation comme les parents, le personnel médical et paramédical. On envisagera aussi les interactions des

personnes avec les savoirs c'est-à-dire les rapports qu'entretiennent les enseignants comme les élèves sourds avec les mathématiques et les divers modes de communication utilisés dans le champ de la surdité (français oral ou langue des signes). De plus les interactions entre les objets de savoirs sont des variables qui participent aussi de la complexité de la situation : on mettra en relation les divers systèmes de signifiants utilisés en mathématiques et on s'interrogera sur la place du français ou d'un autre mode de communication et sur leurs rôles dans les apprentissages en mathématiques.

Nous illustrons les interactions de système d'enseignement des mathématiques aux élèves sourds dans le schéma suivant (voir figure 1) :

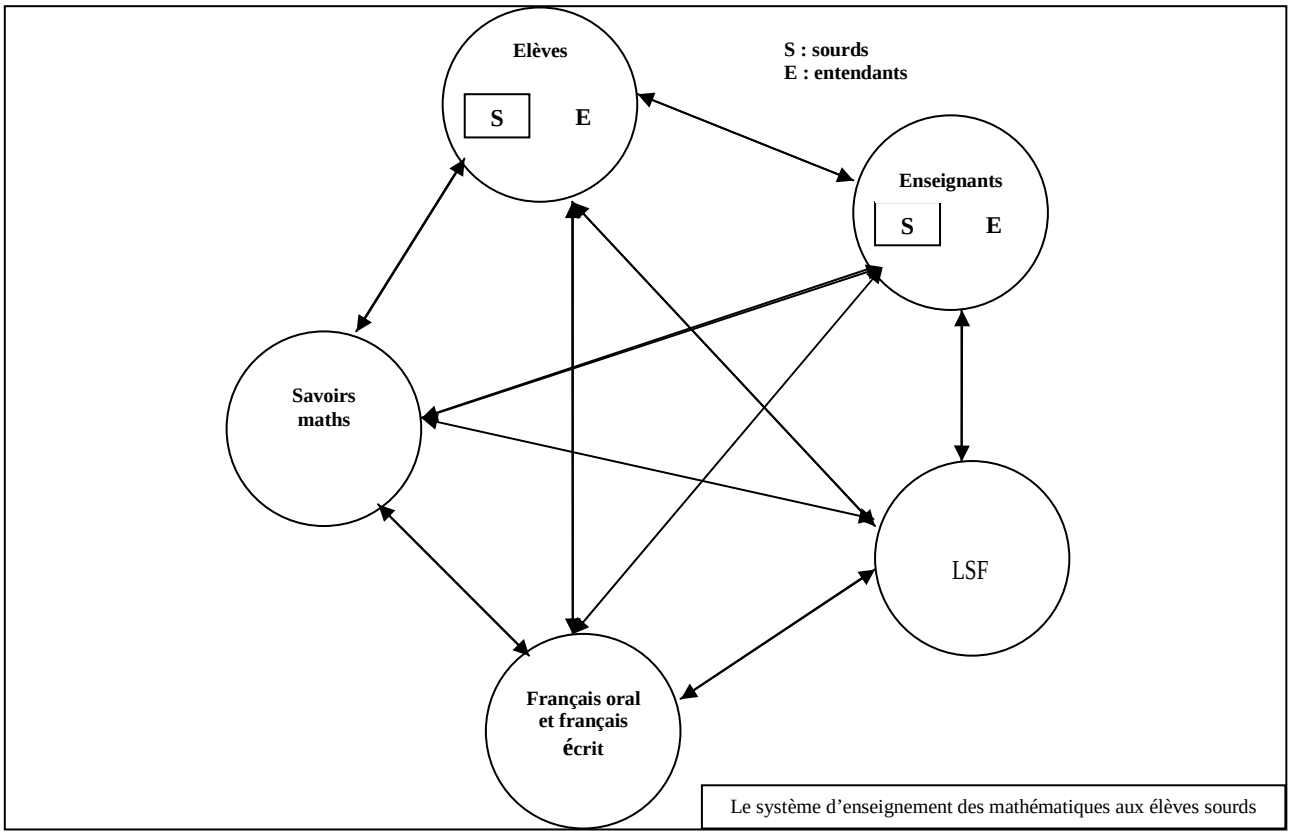


Figure 1 : Le système d'enseignement des mathématiques aux élèves sourds

I-1-2 Les savoirs enseignants

Si nous tentons de distinguer, parmi la variété des savoirs, ceux qui définissent le travail de l'enseignant de mathématiques pour des élèves sourds, nous adoptons une classification inspirée des travaux de M. Altet (*ibid*., p. 162) avec d'une part des savoirs théoriques produits par la recherche et d'autre part des savoirs pratiques issus de l'expérience des enseignants eux-mêmes. Il s'agit :

- des savoirs *à* enseigner : ce sont les savoirs académiques mathématiques qui font l'objet d'une transposition didactique (Chevallard, 1985) pour devenir les savoirs enseignés à différents niveaux d'enseignement.

- des savoirs *pour* enseigner : ce sont les savoirs didactiques et les savoirs pédagogiques élaborés par les sciences de l'éducation dont le but est d'aider les enseignants à comprendre le processus enseignement/apprentissage.

- des savoirs *sur* enseigner : ces savoirs proviennent de la formalisation de la pratique par distance et retour réflexif sur l'action. Ils sont une conceptualisation des savoirs utilisés en situation et caractérisent le « praticien réflexif » (Schön, 1994).

- des savoirs *du* travail d'enseigner : ces savoirs d'expérience peuvent être mis en mots ou implicites et tiennent leur pertinence de leur opérationnalité dans l'action ; certains les nomment aussi savoirs « pragmatiques » (Pastré, 1999).

Nous essaierons d'objectiver nos connaissances sur chacun de ces registres du travail enseignant afin de mieux en comprendre les enjeux dans une formation professionnalisante.

I-1-3 Former pour faire évoluer les pratiques enseignantes

« *Se contenter de donner des instructions à un enseignant pour suivre une formation ne suffit pas à changer sa pratique dans la classe, si l'intéressé n'est pas convaincu que c'est une manière efficace de devenir un meilleur enseignant* ». Qu'on soit ou non critique sur ses orientations politiques, ce discours de l'OCDE[14] résume bien le problème : la société change, donc l'Ecole doit changer, et la formation s'adapter. Le paradoxe vient évidemment de l'ambiguïté du « changement » à produire. Là encore, l'OCDE dit tout : « La globalisation de l'Economie (…) avec l'accroissement de la concurrence (…) fait qu'il est difficile à un pays de maintenir les éléments de son système éducatif traditionnel » quand les élèves manquent de « la souplesse et l'adaptation exigées par l'économie moderne ». On mesure ici les tensions auxquelles les enseignants sont confrontés dans leur rapport au métier : leur demande-t-on d'évoluer pour mieux faire réussir les élèves les plus en difficulté au nom d'un principe d'équité sociale, ou pour mieux les adapter à une société qu'on voudrait plus concurrentielle?

Sans répondre à cette question, ce préalable peut nous permettre de mieux comprendre combien les injonctions de « changement » posent problème aux enseignants et l'importance de reconsidérer les compétences nécessaires à l'exercice d'un métier en mutation, comment elles s'acquièrent et comment en organiser le développement chez les enseignants en formation.

[14] L'Ecole à la page, formation continue et développement professionnel des enseignants, OCDE, Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement, 1998.

I-1-3-1 L'évolution des différentes conceptions de l'enseignant

Les métiers de l'enseignement existent depuis longtemps et on peut identifier différentes conceptions du travail d'un enseignant et des formations qui y étaient liées. Selon Altet (1994), on retrouve en France quatre modèles de professionnalités enseignantes qui ont été dominants à certaines époques

- *l'enseignant magister* : ce modèle est issu de l'antiquité et considère le maître comme celui qui sait. Avec le temps, l'enseignant est devenu celui qui maîtrise les savoirs et la formation a pour but essentiel d'améliorer ses connaissances des disciplines qu'il a à enseigner. Le modèle de formation est centré sur les savoirs ;

- *l'enseignant technicien* : ce deuxième modèle a été introduit avec les Ecoles Normales qui proposaient une formation par observation et imitation des pratiques d'un enseignant chevronné. Cette conception se retrouve dans la place prédominante accordée à la pratique et à l'acquisition de savoir-faire. Le modèle de formation privilégie les stages sur le terrain ;

- *l'enseignant ingénieur* : dans ce modèle, l'enseignant essaie de rationaliser son action en appliquant les théories scientifiques des sciences humaines. La formation est alors centrée sur les théories pédagogiques et didactiques ;

- *l'enseignant praticien réfléchi* : c'est un modèle qui valorise chez les professionnels de l'enseignement l'analyse de leurs propres pratiques, la résolution de problèmes et l'invention de stratégies pour faire face à des situations toujours uniques et nouvelles. Le modèle de formation correspondant vise à articuler théorie et pratique pour construire chez l'enseignant des capacités d'analyse de pratiques dans le but de les théoriser et de les réinvestir à nouveau dans sa pratique avec plus d'efficacité.

L'évolution de ces conceptions du métier reflète une évolution des compétences professionnelles reconnues et valorisées par le système et ses institutions. Depuis la mise en place de la nouvelle loi d'orientation sur l'éducation en 1989 qui place « l'élève au centre du système éducatif » (ministère Savary), la plupart des thèmes, portés jusque là par les chercheurs en sciences humaines et plus particulièrement dans les sciences de l'éducation, sont devenus omniprésents dans la littérature officielle comme dans le langage des formateurs. La création des IUFM, l'importance donnée à la formation continue et aux MAFPEN[15], correspondent à une volonté institutionnelle de développer une « *véritable formation professionnelle* » pour tous (Bancel, 1989). Depuis, la commission Pietryk du 2 février 2006 et Gilles de Robien le ministre de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, ont élaboré en novembre 2006 un nouveau cahier des charges de la formation des

[15] MAFPEN : Missions Académiques à la Formation des Personnels (créées en 1982 et supprimées en 1999).

maîtres[16] : les plans de formation sont fondés sur le principe de l'alternance entre les approches théoriques sous la responsabilité des IUFM intégrés dans les universités et l'expérience pratique du métier acquise sur des lieux de stages effectués dans les établissements scolaires.

Une transformation identitaire

C'est donc bien le dernier modèle du *praticien réfléchi* qui a cours actuellement et la formation, initialement destinée à donner aux enseignants la maîtrise disciplinaire des contenus à enseigner, se préoccupe de plus en plus des méthodes supposées apprendre à apprendre. Cependant, comme nous avons pu le rencontrer au cours de notre propre pratique professionnelle et l'avons décrit plus haut, la figure professionnelle traditionnelle reste encore prégnante sur le terrain. Des compétences professionnelles qui étaient des points d'appui peuvent devenir des nœuds de blocage. Des compétences reconnues par une qualification acquise perdent leur statut de référence et se voient remises en cause par une conception valorisée de la souplesse et de l'adaptabilité à des contextes changeants. Ces processus qui affectent les compétences professionnelles s'accompagnent de transformations identitaires des enseignants comme des formateurs. Accompagner la transformation nécessaire des rôles et statuts actuellement attribués à l'enseignant dans un contexte évolutif est un enjeu de la formation et une condition de la professionnalisation des métiers de l'enseignement.

I-1-3-2 Les différentes conceptions de l'élève

« Le choix d'une pédagogie véhicule inévitablement une conception du processus de l'apprentissage et de celui qui apprend » (Bruner, 1996). L'évolution du métier d'enseignant renvoie ainsi à celle du métier d'élève. Au sens étymologique, *élève* est synonyme d'élevage, on parle d'*élève* de vers à soie par exemple, ou encore une *élève* est un plan provenant de semis (Astolfi, 2003, p. 29). Nous retrouvons une conception de l'élève qui fait écho à celle de l'enseignant *magister*. Dans un fonctionnement standard de l'école, l'élève écoute avec attention la parole du maître qui va s'imprimer sans qu'une mobilisation personnelle soit nécessaire. A partir de la Renaissance puis de la philosophie des Lumières, avec Rousseau et son Emile notamment, une conception humaniste s'est développée. L'enfant a été de plus en plus conçu comme déterminant lui-même ses apprentissages.

Cette conception incarnée dans les mouvements pédagogistes du XXe siècle, a été enrichie et modifiée par le développement de la psychologie et des théories de l'apprentissage. L'élève devient ainsi un apprenant comme le maître devient médiateur, déclencheur et organisateur de conditions d'apprentissage. Le formateur qu'il soit au centre ou sur le terrain, représente aussi cet élément déclencheur de l'apprentissage du stagiaire. « La compétence professionnelle que les enseignants ont à acquérir est au service d'une certaine conception de l'apprentissage qu'ils ont à installer avec leurs

[16] Mise en œuvre du cahier des charges de la formation des maîtres, C. n° 2007-045 du 23-2-2007, BO n°9 du 1e mars 2007.

élèves » (Develay, 1994, p.46). La compréhension des phénomènes d'apprentissage est ainsi une ressource pour l'action de formation.

Nous retenons que le champ de la formation se doit donc d'incorporer les résultats de recherches dans toutes les disciplines qui peuvent prétendre l'irriguer et contribuer à la compréhension des processus de l'apprentissage : la psychologie cognitive (ce qui se passe dans le cerveau de celui qui apprend), la sociologie (les difficultés posées par la distance entre la culture de l'école et celle de la famille), la psychologie sociale (les interactions entre les individus vivant en groupe), la didactique (la difficulté spécifique pour apprendre tel ou tel contenu disciplinaire, à un âge donné), l'ergonomie et la psychologie du travail (la difficulté pour un travailleur à mettre en oeuvre la prescription qui lui est faite), la pédagogie (les valeurs éducatives que la société privilégie dans l'enseignement)…

Nous présentons rapidement les différentes conceptions de l'apprentissage et les différentes formes d'enseignement qui s'y rapportent pour pouvoir y situer notre travail. Nous définirons ensuite ce que nous entendons par compétence et par compétences professionnelles à la lumière des travaux en sciences de l'éducation et de la didactique professionnelle. Nous examinerons ensuite quelles sont les spécificités de la profession enseignante et comment elles peuvent s'acquérir.

I-2 Les processus d'acquisition des connaissances ou de développement des compétences

Les différentes approches de l'apprentissage et les différentes formes d'enseignement qui s'y rapportent sont le reflet d'hypothèses sur celui qui apprend. Les modèles sont construits à partir de théories générales bien connues que nous évoquerons de façon succincte : l'empirisme, le behaviorisme, le cognitivisme, le constructivisme et les approches interactionniste et historico-culturelle. Ces courants de la psychologie ont joué ou jouent encore implicitement un rôle dans le champ de l'éducation.

I-2-1 L'empirisme

Le principe de l'intuition est le fondement de l'enseignement traditionnel directement influencé du courant empiriste des XVIIIe et XIXe siècles. Pour permettre l'acquisition des connaissances, on fournit à l'apprenant des données sensibles qui sont observées, copiées ou décrites afin de créer des impressions durables dans l'esprit de celui qui apprend. David Hume (1711-1776) pensait que nos idées sont des « copies » des représentations d'impressions sensibles. Il avait résumé le mécanisme d'acquisition d'une connaissance en prenant l'exemple de la chaleur : d'abord une impression frappe nos sens et nous fait percevoir le chaud ou le froid ; de cette impression, l'esprit prend une copie qui persiste après que l'impression ait cessé et qui est appelée une idée. La conception de l'apprentissage dans cette approche décrit le processus d'abstraction comme un passage des sens aux images et des images à la notion générale. L'aptitude à extraire les éléments communs aux différentes images est appelée « faculté d'abstraction ».

Historiquement, l'enseignement intuitif a constitué un progrès réel par rapport à l'enseignement verbaliste du moyen-âge et de la renaissance. L'élaboration de concepts à partir de supports comme des illustrations, des figures géométriques ou des objets semble plus accessible qu'au moyen de la rhétorique au travers de supports uniquement langagiers. Mais se borner à présenter des objets ou à effectuer des démonstrations, au sens de « monstrations », les unes après les autres (de peur qu'une impression n'efface l'autre) permet à l'enfant de prendre une succession de copies sans pouvoir effectuer de relations entre les connaissances rencontrées de façon isolée.

Les conséquences dans les pratiques actuelles des enseignants

Les thèses empiristes sous-tendent encore souvent les pratiques des enseignants. Par exemple, face à des élèves qui ne comprennent pas une situation mathématique, la pratique pédagogique par ostension est encore fréquemment utilisée : elle consiste à montrer le savoir ou la technique à l'élève en espérant qu'il saura de lui-même en repérer les caractéristiques pertinentes à retenir. L'élève est placé en situation de croire le professeur plutôt qu'à apprendre et savoir. Sa responsabilité dans l'apprentissage n'est pas engagée.

> En voici un exemple relevé au collège ; un professeur cherche à aider un élève à représenter graphiquement une fonction en 3e *: « tu vois, tu as 2 nombres ? Le 1e tu le mets là sur l'axe des abscisses et le 2e tu le mets là, tu comprends ??? Et tu traces tes 2 segments, horizontaux et verticaux, comme ça, et tu obtiens un point. C'est un point de la courbe. Voilà, allez, continue ».*

Au final, la stratégie d'ostension pour pallier les difficultés est basée principalement sur l'imitation par les élèves en difficulté du savoir que le tuteur vise de leur faire acquérir : les élèves faibles finiront, à force d'imprégnation, par reproduire la situation dans d'autres situations semblables ; le maître dit comment faire ou fait dire ou montrer par un élève plus performant.

Un point de vue personnel

Notre expérience professionnelle nous invite à donner notre avis sur ce point en tant qu'auteur. L'influence de ce courant est encore bien présente dans l'enseignement aux élèves sourds. D'une part, la difficulté pour un enseignant à communiquer avec ses élèves sourds, peut le conduire, pour prescrire une tâche, à montrer ce qu'il faut faire à partir d'une situation prototype et inviter ses élèves à reproduire la procédure dans d'autres tâches choisies pour leur similitude. D'autre part, du fait de l'importance de la prise d'informations visuelles pour un enfant sourd, grande est la tentation pour les enseignants de croire que l'image est le seul support pédagogique efficace. Or, **l'utilisation excessive de la visualisation dans les adaptations pédagogiques ne suffit pas à créer des conditions propices à l'élaboration des concepts abstraits.** Le processus de symbolisation ne peut se réduire à l'image ou au « montrer ». C'est la prise de distance par rapport aux images qui permet l'évocation et le symbolisme.

Nous retenons de ce courant, par rapport à l'enseignement aux enfants sourds, l'intérêt de proposer une amorce des apprentissages mathématiques à l'aide de supports concrets et visuels dans les limites évoquées précédemment. Cette démarche s'oppose à une entrée fondée sur le langage et ce, particulièrement lorsque l'enseignant et ses élèves ne partagent pas le même mode de communication, ce qui est bien souvent le cas. On ne pose pas en préalable à l'apprentissage d'une notion mathématique, la compréhension d'énoncés comme les définitions ou les propriétés, l'apprentissage du vocabulaire qui lui correspond, le tout accompagné d'explications orales, alors que les élèves maîtrisent généralement mal la langue française.

I-2-2 Le behaviorisme

L'approche behavioriste met l'accent sur les différentes formes de « conditionnement » qui permettent aux individus de modifier durablement leurs comportements en fonction des situations auxquelles ils sont confrontés (le réflexe de Pavlov). Le behavioriste analyse le comportement humain en s'intéressant à ses réactions objectivement observables aux stimulations externes : les stimuli. Ce courant tente d'expliquer les processus mentaux supérieurs par des processus élémentaires comme les réflexes ou les renforcements « mettant entre parenthèses la représentation comme un épiphénomène qu'il était inutile d'étudier » (G. Vergnaud, 2003b).

Au niveau pédagogique, l'apprentissage consiste à établir une relation stable entre la réponse que l'on souhaite obtenir et les stimulations de l'environnement, à l'aide de renforcements. B. Skinner (1904-1990) propose une démarche pédagogique qui s'efforce d'éviter les situations conduisant les apprenants à faire des erreurs : on multiplie les liaisons stimuli/réponses jusqu'à assimilation de la notion. La qualité de l'enseignement consiste à fournir aux élèves des situations stimulantes, des renforcements adaptés, des rétroactions correctrices : motivation, répétitions et renforcements positifs de la bonne réponse sont les ingrédients indispensables à tout apprentissage.

Les conséquences dans les pratiques actuelles des enseignants

L'enseignement programmé représente l'application la plus connue de cette conception de l'apprentissage mais cette approche influence encore grandement les pratiques pédagogiques. Idée que l'on retrouve par exemple dans de nombreux logiciels pour l'enseignement.

L'une des influences sans doute la plus visible a été de favoriser, dès les années 50, l'élaboration de programmes en fonction d' « objectifs d'apprentissage ». Cette approche consiste à définir des étapes à franchir par l'élève pour atteindre un but donné. Les tâches sont organisées dans un ordre linéaire. Cette approche est d'autant plus présente devant des enfants en grande difficulté d'apprentissage, par exemple lorsqu'elle fait référence à l'aide individualisée ou aux parcours diversifiés. Un programme d'enseignement est mis en place à partir d'une segmentation des connaissances en petites unités.

L’écueil réside dans la tentation de découper à l’excès cette progression : plus les unités sont petites et plus elles sont nombreuses.

Un point de vue personnel

Or, l’atomisation du savoir rend difficile toute possibilité d’établir des liens entre elles. D’autre part, le choix de ne pas « mettre en difficulté » les enfants incite certains professeurs à leur proposer des situations qu’ils savent résoudre plutôt que de les « déstabiliser » face à des situations nouvelles et éviter leurs erreurs.

De même, la croyance qu’une tâche complexe se réduit à la composition d’une multitude de tâches simples et que l’acquisition séquentielle de ces petites unités garantit l’acquisition de l’ensemble, relève aussi de cette conception. En mathématiques, cette idée peut se traduire chez certains enseignants par la réduction de l’apprentissage d’un concept à la connaissance de sa définition et de ses propriétés ou la connaissance d’une procédure réduite à une suite de pas élémentaires. La maîtrise des savoir faire et une technologisation des démarches risquent d’être privilégiées au détriment de l’utilisation des savoirs dans les situations variées qu’ils permettent de résoudre.

Plus particulièrement, l’enseignement spécialisé adopte souvent une démarche excessivement analytique : l’intrication des troubles associés au handicap et les connaissances de plus en plus précises révélées par la médecine et la neuropsychologie conduisent à isoler les divers facteurs déterminants dans les difficultés d’apprentissage. Une des conséquences dans l’apprentissage est la fragmentation des savoirs par les enseignants pour répondre à la diversité de ces fonctionnements cognitifs. Séparer les mécanismes mentaux de l’expérience qui les fait naître fait obstacle à leur compréhension.

Nous retenons de cette approche le rôle de l’environnement sur l’apprenant. En ce qui concerne les enfants sourds, nous questionnerons la nécessité de tenir compte des caractéristiques de fonctionnement des élèves sourds dans le but d’adapter les situations d’enseignement au plus près de leurs besoins.

I-2-3 Le cognitivisme

Le cognitivisme a pour but de rendre compte de la mobilisation de connaissances acquises dans la résolution de problèmes : comment s’y prend un élève pour lire un énoncé, pour comprendre une consigne, pour effectuer une opération… Les approches cognitives de l'apprentissage s'efforcent de mettre en évidence les opérations cognitives ou les processus mentaux par lesquels s'effectue l'apprentissage. Les études sur le développement sont ainsi mises au second plan au profit des études sur le fonctionnement en situation. Ce courant, en relation avec le développement des modèles informatiques, appréhende l’esprit humain comme un système dont il est possible de rendre compte

par des modèles. Les théories cognitives se différencient par les caractéristiques des modèles proposés. Dans le cognitivisme d'origine anglo-saxonne, l'esprit humain est vu comme un système de traitement de l'information, système modulaire constitué de modules spécialisés qui assurent le traitement et le stockage de l'information, comme la mémoire à long terme, la mémoire de travail..., ou système constitué de réseaux dans le modèle connexionniste. Comme le souligne A.Weil-Barais, «à côté de ces conceptions mécanistes du psychisme, on trouve des modèles qui mettent en avant les significations (et pas seulement l'information) c'est pourquoi ils sont parfois qualifiés d'humanistes : ils considèrent des unités cognitives qui intègrent des aspects fonctionnels, symboliques et sémantiques (voir la théorie des champs des conceptuels) » (Weil-Barais, 2004, p.23).

Les théories cognitivistes axées sur le traitement de l'information distinguent plusieurs types de connaissances : déclaratives, procédurales et conditionnelles. Les connaissances déclaratives correspondent à une forme propositionnelle des informations mémorisées, des savoirs donnés (savoir « que »), comme le traitement des nombres, les algorithmes arithmétiques ou les résultats des faits numériques ; elles sont indépendantes de l'action. Les connaissances procédurales permettent de résoudre des problèmes (le savoir « comment ») ; elles portent sur le « savoir faire » et sont étroitement liées à l'action : comment planifier l'organisation des différentes tâches à mettre en oeuvre pour effectuer une division, par exemple. Les connaissances conditionnelles (le savoir « quand » et « où ») indiquent à quel moment et pourquoi on doit faire appel à elles. Différentes stratégies d'apprentissage destinées à mieux intégrer l'information ont été recensées par les chercheurs cognitivistes : stratégies d'énumération, d'élaboration, organisationnelles, de contrôle, de maîtrise de ses émotions etc. Ces modèles de type mécaniste cherchent à modéliser des procédures de traitement : ils tentent de simuler certains aspects précis et plutôt réduits des conduites des apprenants face à des tâches d'apprentissage. « Dans ce cadre les connaissances sont traitées comme des entités cognitives autonomes, stockables, empilables, indexables et récupérables » (Jonnaert, 2003).

Les conséquences dans les pratiques actuelles des enseignants

Les courants cognitivistes ont renouvelé les approches de la mémoire, de l'attention ou du raisonnement : par exemple, ils ont mis l'accent sur les limites de capacités de traitement d'une tâche dues aux limites de capacité de la mémoire de travail. Puisque les connaissances sont vues comme les seules responsables des performances, les difficultés d'apprentissage sont imputables à l'apprenant et envisagées en termes de troubles liés à des dysfonctionnements de modules de traitement de l'information ou à des dysfonctionnements cérébraux.

Ce courant a une influence particulière dans le domaine du handicap : les causalités d'ordre physique ou biologique sont souvent privilégiées au détriment d'autres facteurs comme par exemple l'analyse conceptuelle de la tâche. Pourtant la magie de l'imagerie cérébrale n'épuise pas la compréhension des opérations mentales. Cette remarque se trouve d'autant plus justifiée dans le cas où le handicap

s'accompagne d'atteintes neurologiques. Par exemple, dans le cas d'enfants présentant une infirmité motrice cérébrale, la typologie des tableaux cliniques et des troubles associés se caractérise par une très grande diversité. Nous n'en citons que quelques uns : localisation quadriplégique, diplégique et hémiplégique ; syndromes spastique, athétosique et ataxique ; troubles de la reconnaissance (agnosie), troubles neuro-visuels et troubles de la parole, troubles cognitifs spécifiques… Ces catégories habituellement décrites dans le cas de l'infirmité cérébrale, quoique de nature et de degré différents selon les sujets, sont très nombreuses. Elles représentent donc autant de facteurs pouvant s'avérer déterminants dans la réussite ou l'échec des apprentissages d'un enfant atteint de ce type de troubles. Pour comprendre pourquoi un enfant échoue, il est alors difficile de ne négliger aucun de ces facteurs sans pour autant focaliser son attention sur les seules capacités ou limites de capacités de l'enfant. Dans ces conditions d'enseignement particulièrement complexes, il est tentant pour un professeur de vouloir simplifier la situation en se limitant à la prise en compte des troubles instrumentaux et en tentant de les compenser par l'apprentissage de procédures technicisées, évacuant ainsi, entre autres paramètres, les concepts et l'analyse didactique de la tâche.

Un point de vue personnel

Nous avons, pour notre part, souligné et regretté la prédominance de ce type de causalité pour interpréter des difficultés dans les premiers apprentissages numériques dans un sens qui réduit la pensée « à un ensemble de formules déclarativisées, vides de tout signification » (Duquesne, Meljac, 2007). Notre analyse a porté sur une étude de E. Stern (1993). S'interrogeant sur les difficultés de compréhension de problèmes additifs simples [17] ce dernier invoque le langage et sa flexibilité : la procédure et le concept qui la gouverne sont purement et simplement remplacés par le langage et les automatismes qu'il permet d'engendrer. Comme J. Bruner, nous déplorons la conception qui aborde le cerveau comme un super ordinateur et selon laquelle le traitement de l'information a remplacé la construction de la signification (Bruner, 1991).

Nous retenons de cette approche, alors que l'école a longtemps favorisé les connaissances déclaratives, les théories cognitives de l'apprentissage ont mis l'accent sur l'importance d'enseigner les stratégies et les procédures. Le cognitivisme contribue à accorder à l'activité de l'apprenant une place essentielle que nous retrouvons aussi dans le constructivisme : cette préoccupation est la nôtre aussi bien avec des élèves sourds qu'avec des enseignants en formation.

[17] Le point étudié par E. Stern est celui de savoir pourquoi l'énoncé : Jean a 7 œufs, il a 4 œufs de plus que Pierre. Combien d'oeufs Pierre a-t-il ? est plus difficile que le suivant : Jean a 7 œufs, Pierre en a 4 de moins que Jean. Combien d'œufs Pierre a-t-il ?

I-2-4 Le modèle constructiviste

Les fondements théoriques du constructivisme ont été établis dans les années 30-40 par les travaux de Jean Piaget (1896-1980) et de Lev Vygotski (1896-1934). Ce sont également des conceptions cognitives puisqu'elles proposent un modèle de l'esprit humain.

I-2-4-1 Piaget : une théorie de l'activité

Piaget suggère une hypothèse à propos des processus de construction des connaissances par le sujet : l'esprit humain n'est pas vu comme un « ordinateur » mais comme une structure qui évolue au cours du développement de l'individu. Selon l'hypothèse constructiviste de Piaget, la connaissance ne se trouve ni dans l'objet ni dans le sujet, elle se développe dans leurs interactions. « *L'intelligence ne débute ni par la connaissance du moi ni par celle des choses comme telles, mais par celles de leur interaction, et c'est en s'orientant simultanément vers les deux pôles de cette interaction qu'elle organise le monde en s'organisant elle-même* » (Piaget, 1936, 311).

D'après Piaget, l'enfant, pour favoriser son développement, fabrique des structures de compréhension du réel pour pouvoir agir sur lui : il s'adapte aux situations du réel en mettant en place progressivement des schèmes qui organisent sa conduite en fonction des situations qu'il rencontre. Contrairement aux béhavioristes pour lesquels l'individu est modelé par son environnement, Piaget considère que l'apprentissage est le résultat d'une interaction, d'un processus dynamique de recherche d'équilibre entre le sujet et son environnement, appelé assimilation/accommodation. L'assimilation correspond à l'intégration d'un objet ou d'une situation à la structure du sujet sans la modifier. Lorsque l'objet ou la situation « résistent » car ils sont nouveaux ou perturbants, c'est le processus d'accommodation qui intervient en modifiant la structure de l'individu de façon à permettre l'incorporation des objets d'apprentissage. Selon cette approche, il y a construction progressive des structures de la connaissance avec apparition progressive de relations entre les schèmes et donc constitution de nouveaux schèmes qui vont entraîner un réaménagement de la structure.

La mise en œuvre de ce processus implique un déséquilibre qui conduit à un « conflit cognitif » régulé ensuite par une « rééquilibration majorante ». Le sujet qui apprend est donc conditionné par les aspects structuraux de sa pensée mais ses actions constituent un puissant levier de l'apprentissage, leur validité résultant de leur adéquation aux contextes rencontrés.

Ce qui, selon nous, est important dans le modèle piagétien, ce n'est plus seulement l'accroissement des connaissances comme dans le behaviorisme mais l'évolution dans l'organisation des connaissances.

Les conséquences dans les pratiques actuelles des enseignants

Selon le modèle piagétien, l'enseignement a pour but de confronter l'apprenant à des situations riches et diversifiées de façon à créer des interactions propices au développement cognitif. Cependant, en

référence à Jonnaert (2007), nous soulignons que le constructivisme n'est ni une théorie pédagogique, ni une approche didactique, ni un courant en sciences de l'éducation, bien que son approche ait été largement reprise par les discours pédagogiques. Par exemple, elle fonde les méthodes d'éducation actives de Claparède, Decroly ou encore de Dewey. Dans l'enseignement des mathématiques, l'importance de l'action propre de l'élève et d'une pédagogie centrée sur la découverte a été mise en avant dans des situations comme celles développées par Papert autour des micro-mondes informatiques (Logo) : nous en avons été une actrice convaincue. On peut citer de même, la démarche des Ateliers de raisonnement logique (ARL) qui vise à restaurer une activité cognitive chez le sujet par une décentration et une prise de conscience de son activité cognitive. Nous avons utilisé ces modèles dans notre pratique pour former des enseignants.

En adhérant avec un point de vue constructiviste, nous considérons qu'une personne connaît à travers ses propres expériences, c'est-à-dire que chacun est responsable de ses constructions : « il n'est pas nécessaire d'explorer très profondément la pensée constructiviste pour se rendre compte qu'elle mène inévitablement à l'affirmation que l'être humain, et l'être humain seulement, est responsable de sa pensée, de sa connaissance, et donc de ce qu'il fait » (Von Glasersfeld, 2004, 13).

Nous retenons de ce courant, principalement pour notre propos, le rôle essentiel attribué à l'expérience de l'apprenant et aux interactions entre lui et les situations d'apprentissage. Le constructivisme met l'accent sur le rôle central de l'apprenant dans le processus d'appropriation des savoirs et sur la prise en compte de la logique des apprentissages qui n'est pas réductible à la logique des savoirs. Nous considérons le constructivisme comme un cadre de référence pour notre conception de situations d'apprentissage en mathématiques aussi bien en direction d'élèves sourds que d'adultes en formation.

. I-2-4-2 Vygotski : une théorie de la médiation

L'approche historico-culturelle proposée par L. Vygotski est le seul courant théorique qui se soit donné comme objet d'étude les rapports entre l'enseignement et le développement intellectuel. Vygotski s'intéresse de près à l'enseignement et à l'apprentissage des concepts scientifiques. Dans ce courant, l'enseignement est un processus de transmission culturelle qui engendre le développement de capacités mentales, non encore maîtrisées par les élèves et qu'ils construisent par un apprentissage d'outils spécifiques de l'activité humaine, au premier rang desquels figure le langage.

I-2-4-2-1 Les concepts scientifiques et quotidiens

Du fait que Vygotski s'intéresse à l'éducation, il étudie et cherche à comprendre le développement cognitif au travers de l'enseignement et des apprentissages scolaires. C'est dans l'étude consacrée au développement des *concepts scientifiques* (les savoirs enseignés) et des *concepts spontanés* (ou quotidiens), qu'il étaye sa position par rapport à l'apprentissage scolaire. Les concepts spontanés se

construisent à travers l'expérience pratique, sont peu abstraits, de portée limitée et ne forment pas de système. Au contraire, les concepts scientifiques sont des produits de l'activité humaine, organisés en système, de portée générale et transmis par le langage. Pour relier entre eux les deux processus de développement des concepts spontanés et des concepts scientifiques, Vygotski introduit la notion de prise de conscience. « Prendre conscience d'une opération, c'est en effet la faire passer du plan de l'action à celui du langage, et la réinventer en imagination pour pouvoir l'imprimer en mots » (Vygotski, 1934-1998, p. 303). Pour Vygotski, passer des concepts spontanés aux concepts scientifiques revient à passer des concepts non conscients aux concepts conscients. C'est seulement lorsqu'il est intégré dans un système qu'un concept enfantin non conscient peut devenir conscient : c'est l'intellectualisation et plus particulièrement l'école qui permettent ce passage. Comme le souligne G. Vergnaud, développement et apprentissage des concepts scientifiques ne forment pas deux processus indépendants mais un seul et il existe entre eux des rapports complexes : « Le rapport entre développement et apprentissage est évidemment au cœur du processus d'élaboration des concepts. » (Vergnaud, 2000, pp. 19-20).

Concernant le développement des concepts scientifiques, Vygotski le conçoit plutôt comme une transmission de la société et de l'école en particulier, véhiculée par le langage alors que les concepts spontanés naissent de la vie quotidienne et de l'expérience : les travaux en didactique ont montré depuis, que cette opposition n'est pas aussi fondée : « La pédagogie et la didactique s'appuient largement aujourd'hui sur la mise en scène des concepts scientifiques dans des situations susceptibles de susciter l'activité des enfants ; de ce fait, on peut dire que les concepts scientifiques aussi peuvent s'appuyer sur l'expérience » (Vergnaud, 2000, p. 30).

I-2-4-2-2 La zone de proche développement et la médiation de l'adulte

Alors que pour Piaget c'est le développement qui permet l'apprentissage, pour Vygotski, l'apprentissage précède et accélère le développement. Pour autant, l'apprentissage ne coïncide pas avec le développement : l'intermédiaire entre les deux, c'est la zone proximale de développement. Pour trouver la relation entre développement et possibilité d'apprentissage, Vygotski détermine deux niveaux : le niveau de « développement actuel de l'enfant » et un niveau de développement potentiel. Le premier niveau correspond à ce que l'apprenant peut apprendre et accomplir seul, la zone proximale de développement correspond ce qu'il peut apprendre et réaliser avec l'appui de l'adulte, pour atteindre le deuxième niveau, celui de développement potentiel.

En ce qui concerne l'enseignement des savoirs constitués, la médiation de l'adulte peut accélérer le développement cognitif de l'enfant et pour être efficace, elle doit tenir compte de la zone proximale de développement de l'apprenant. C'est dans cette zone que le médiateur gère à la fois la continuité des apprentissages et leur rupture pour entraîner l'élève au-delà de ce qu'il sait faire tout seul.

I-2-4-2-3 La médiation sémiotique

Outre les fonctions de médiation et de tutelle assurées par l'adulte dans l'apprentissage, la théorie vygotskienne met en avant un processus important, minimisé, voire ignoré, par les autres courants, la médiation par les instruments psychologiques : « les instruments psychologiques sont des élaborations artificielles ; ils sont sociaux par nature et non pas organiques ou individuels ; ils sont destinés au contrôle des processus du comportement propre ou de celui des autres… » (Vygotski in Vergnaud, 2000, p. 33). Ce sont des produits de l'activité humaine, historiquement datés et culturellement transmis, principalement par l'école à qui est largement dévolue l'apprentissage de ces systèmes de signes. Il en donne lui-même quelques exemples : le langage, les diverses formes de comptage et de calcul, les symboles algébriques, les œuvres d'art, l'écriture, les schémas, tous les signes possibles….

I-2-4-2-4 Le langage constitué

Parmi ces instruments, le langage joue un rôle prépondérant et le langage constitué amène progressivement l'enfant à structurer sa pensée et à se développer. Vygotski souligne la place que tient l'adulte dans ce développement : l'enfant doit s'approprier les signes et systèmes de signes socialement élaborés qui lui viennent de l'extérieur, des adultes. Lorsque l'adulte s'adresse à l'enfant, il utilise des mots qui ne recouvrent pas la même signification pour les deux interlocuteurs : « les mots pour l'enfant coïncident avec ceux de l'adulte dans leur référence concrète, c'est-à-dire qu'ils indiquent les mêmes objets, qu'ils se réfèrent au même cercle de phénomènes, mais qu'ils ne coïncident pas dans leur signification » (Vygotski, 1934-1937, p.186). L'adulte présente à l'enfant des termes qui expriment une généralisation, une conceptualisation : ce sont des instruments de pensée culturellement situés qui correspondent au signifié. L'enfant élabore des conceptions (des *pseudo-concepts*) qui accordent aux mots une fonction de référence à l'objet et qui correspondent plutôt au signifiant. C'est avec l'aide de l'adulte que l'enfant va progressivement faire coïncider ces deux aspects de la signification.

I-2-4-2-5 Le langage intérieur

Vygotski a apporté une contribution essentielle concernant le langage intérieur. Pour Vygotski, la fonction initiale du langage est la fonction de communication : l'enfant est d'abord et avant tout un être social et son premier langage est social. Sur cette base sociale apparaît le langage égocentrique qui en s'en détachant se transforme ensuite en langage intérieur : « … l'enfant se met à parler à lui-même exactement comme il le faisait auparavant avec les autres, lorsqu'il commence, tout en se parlant, à penser à haute voix là où la situation le lui impose. » (Vygotski, 1934-1937, pp.105-106). J. P. Bronckart, grand spécialiste de Vygotski, résume cet héritage fondamental de la théorie de Vygotski : il a démontré « le caractère premier des dimensions *interpsychologiques* ; le fonctionnement humain est d'abord collectif ; il s'organise en activités régulées par le langage, qui est

lui-même porteur des significations et connaissances élaborées par les générations antérieures » (Bronckart, 1999). Sous l'effet des interventions formatives de l'environnement, exploitant les zones de développement proche, les procédés appris font l'objet d'une intériorisation en chaque personne singulière (dimension *intrapsychique*). Enfin, les enchaînements verbaux intériorisés se transforment en opérations de pensée consciente.

Par cette position, Vygotski s'oppose aux théories traditionnelles et à Piaget pour qui la succession est inverse : pensée non verbale, langage et pensée égocentriques puis langage socialisé et pensée logique. Si Piaget met l'accent sur le poids de l'interaction sujet/objet, c'est l'interaction adulte/enfant que privilégie Vygotski en prenant comme référence le langage.

Les conséquences dans les pratiques actuelles des enseignants

La thèse que le développement va du social à l'individuel justifie l'idée que l'intelligence est éducable. Puisque l'acquisition des instruments de la pensée dépend de la qualité des interactions éducatives et de la médiation sociale des apprentissages, ces savoir-faire cognitifs sont éducables, et rééducables. Cette conception a ouvert la voie à tous les dispositifs d'aide ou de remédiation cognitive que l'on a vu se développer et, plus généralement, au champ de l'éducation cognitive qui s'intéresse à la transmission des outils du fonctionnement intellectuel. Le slogan « *apprendre à apprendre* » peut malheureusement quelquefois avoir des effets pervers sur la tentation de reléguer les savoirs disciplinaires au second plan en faveur d'une focalisation sur la médiation ou sur le développement de capacités cognitives générales. Par exemple, le Programme d'Enrichissement Instrumental (PEI) cherche à mettre en place des modalités qui assurent le développement des opérations mentales en proposant des médiations pour lesquelles sont créés différents types d'instruments. Nous avons nous-même travaillé selon ces conceptions dans nos premières expériences de formatrice.

Un point de vue personnel

L'idée qu'il existe un écart entre le niveau actuel et le niveau potentiel est une formidable incitation à l'action pédagogique. Elle encourage à ne pas se satisfaire de constats, à se méfier des prédictions définitives que certains enseignants sont tentés de formuler à partir de ce qu'ils savent des capacités actuelles de l'enfant ; en somme elle conduit à bien distinguer l'efficience intellectuelle et le potentiel intellectuel.

Nous retenons : Les travaux de Vygotski nous conduisent à insister davantage sur le caractère contextualisé des apprentissages et sur le rôle central des interactions sociales, en particulier le rôle médiateur que peut exercer un sujet plus compétent auprès d'un sujet moins compétent, dans le processus d'acquisition de connaissances nouvelles. La portée de l'œuvre de Vygotski est très grande et c'est l'apport concernant l'importance du langage, de ses aspects communicationnels et de la médiation par le signe dans la formation des concepts, que nous retenons principalement pour notre

sujet. Nous considérons que la notion de partage de significations contribue à mieux analyser aussi bien la place de l'adulte dans l'apprentissage des mathématiques aux enfants sourds que celle du formateur dans la formation de leurs enseignants. Nous utilisons aussi son point de vue sur le phénomène de la prise de conscience : « *conscience avant/conscience après*, qui recouvre cette idée qu'il faut bien être conscient de certaines propriétés des objets pour agir efficacement mais que la prise de conscience peut poursuivre son chemin après l'action, dans une sorte de retour réflexif » (Vergnaud, 2000, p. 84).

I-2-4-3 L'approche socioconstructiviste

La théorie de Vygotski a donné naissance au courant de l'interactionnisme social et de l'approche socioconstructiviste. Les travaux conduits dans le cadre socioconstructiviste menés en particulier par A. N. Perret-Clermont (1979) et par W. Doise et G. Mugny (1981), ont mis en évidence que si tout apprentissage fait effectivement intervenir l'activité cognitive de celui qui apprend, il ne s'effectue pas dans un vide social : l'interaction avec des pairs permet d'agir sur le développement cognitif. Le réel résistant à l'apprenant est pour lui l'occasion de développer des coopérations avec les autres par des verbalisations, de gérer des conflits (le *conflit sociocognitif*) et d'analyser des procédures. Alors que pour Vygotski, une interaction sociale susceptible de favoriser les apprentissages de l'élève s'établit avec un adulte (donc plus avancé dans son développement), pour Perret-Clermont, l'interaction peut avoir lieu avec des pairs, de même niveau de développement, à condition qu'ils présentent des points de vue différents par rapport à l'objet d'apprentissage. La dimension historico-culturelle apportée par Vygotski sera reprise par J. Bruner (1991). Ce dernier développe une théorie de la *psychologie culturelle* dans laquelle l'apprentissage humain est construction de sens la vie toute entière.

Nous retenons de ce rapide tour d'horizon des théories de l'apprentissage, dans la perspective d'étayer théoriquement nos positions concernant l'apprentissage des enfants sourds et la formation de leurs enseignants, la conception que la connaissance se construit à partir des interactions entretenues par l'apprenant avec son environnement physique, social et culturel. Dans cette perspective, si l'apprentissage est bien le résultat d'une construction interne, effectuée par l'apprenant, celle-ci n'est pas seulement individuelle et cognitive, mais sociale et affective. Nous utilisons ce point de vue théorique pour qualifier l'activité des élèves entre eux et de façon conjointe, celle de l'enseignant avec ses élèves mais aussi, comme nous aurons l'occasion de le développer plus loin, de façon congruente, l'activité des stagiaires entre eux et avec le formateur dans les séances de formation.

Dans la formation d'adultes, les aspects socioconstructivistes se développent à propos de sujets comme l'autoformation (Carré et *al*, 1997 ; Poisson, 2004) ou celui de dispositifs de formation ouverte (Haeuw, 2004) ou encore de la formation par la production collective d'outils pédagogiques (Oudard, 2004). D'autre part, les contraintes d'une différenciation pédagogique, vont conduire les enseignants à travailler en réseaux et en coopération avec d'autres. Par exemple dans notre domaine lié au

handicap, nous sommes confrontée de plus en plus à des demandes de ce type de la part des stagiaires en formation à l'INS HEA.

Il nous manque encore des outils pour comprendre et analyser l'activité du sujet : l'activité des élèves entre eux et de façon conjointe, celle de l'enseignant avec ses élèves. Nous ferons pour cela appel à la théorie des champs conceptuels de G. Vergnaud et à la didactique : didactique des mathématiques et didactique professionnelle. En effet, il nous semble nécessaire de redonner aux savoirs disciplinaires toute leur place dans les processus d'apprentissage et pour nous, en l'occurrence, aux savoirs mathématiques. Nous aborderons cet aspect dans le chapitre suivant.

I-2-5 La théorie des champs conceptuels

C'est une théorie cognitiviste qui vise à fournir un cadre cohérent pour étudier le développement et l'apprentissage des compétences. La théorie des champs conceptuels n'est pas spécifique des mathématiques mais elle a été développée par G. Vergnaud (1990) initialement à propos des apprentissages dans le domaine des sciences et des techniques. Ce cadre théorique permet d'intégrer les perspectives piagétiennes, vygotskiennes et celles issues du courant axé sur le traitement de l'information. C'est une théorie à orientation cognitiviste, développementaliste et interactionniste. « Cognitiviste parce que l'étude de l'activité appelle l'analyse des conceptualisations et des opérations de pensée ; développementaliste parce que la longue durée est essentielle à la formation des compétences, chez l'adulte comme chez l'enfant ou l'adolescent ; interactionniste parce que l'interaction avec des situations et avec autrui est une condition de l'apprentissage et de l'expérience. » (Vergnaud, 2003b). Il introduit des concepts comme ceux de schème, de théorème-en-acte et de champ conceptuel pour éclairer les relations entre procédure de traitement et représentation du réel, les relations entre signifiant, signifié et référent, et les relations entre fonctionnement et développement. G. Vergnaud retient du constructivisme piagétien le caractère adaptatif de la connaissance : la transformation des structures cognitives résulte de l'activité du sujet. Il y adjoint, en référence à Vygotski, le registre des représentations symboliques (langage naturel, schémas, langage mathématique…). Par représentation, il entend à la fois, *système de catégories de pensée et système de rapports signifiants/signifiés*. En situant *la représentation comme la clef du psychisme et de l'organisation des conduites du sujet*, G. Vergnaud s'oppose radicalement aux thèses behavioristes et à certains modèles cognitivistes : « la représentation est le domaine du psychisme dans lequel il faut penser en priorité l'organisation de la conduite, et c'est dans les phénomènes de représentation, consciente ou inconsciente, qu'on trouve les clefs les plus importantes pour comprendre les conduites et les activités de pensée. » (Vergnaud, 2003b).

I-2-5-1 Les schèmes et connnaissances-en-acte

Le but poursuivi par G. Vergnaud, est de saisir les constituants les plus essentiels de l'activité humaine, non seulement dans les activités scientifiques mais aussi artistiques, langagières et ordinaires : il prend comme exemples les gestes, les interactions sociales et affectives. Dans tous ces cas, il identifie une caractéristique de l'activité comme étant à la fois répétition et variation : « On ne répète pas sans système et sans règles, on ne s'adapte pas à la contingence, à la variété et à la nouveauté sans catégories de pensée pour prendre et traiter l'information pertinente » (Vergnaud, 2003b). Ce dernier introduit alors le concept de schème pour représenter cette unité de base de la pensée. L'activité est définie en termes de schèmes qui produisent des compétences : savoir résoudre un problème est une compétence, le faire de telle manière est un schème. Un schème est ce qu'il y a de transposable d'une situation à une autre. Il existe ainsi des schèmes pour tous les domaines de l'activité humaine. Le schème permet de catégoriser les situations en en repérant les différences et en regroupant dans une même classe celles qui se ressemblent.

D'où la définition du schème comme une *organisation invariante de la conduite pour une classe de situations donnée* (Vergnaud, 1990, p. 136). Mais invariance ne signifie pas rigidité. Au contraire le schème est une organisation dynamique et flexible qui s'adapte aux particularités des situations.

Cette adaptabilité s'explique du fait qu'il est constitué de plusieurs catégories d'éléments tous indispensables :

- un but, des sous-buts et anticipations qui lui donnent sa fonctionnalité ;
- des règles d'action, de prise d'information et de contrôle dont la fonction est de générer des conduites et donc l'activité ;
- des invariants opératoires, concepts-en-acte et théorèmes-en-acte, qui permettent de sélectionner l'information pertinente et de la traiter en évoquant des règles d'action pertinentes compte tenu du but ;
- des inférences liées aux caractéristiques de la situation rencontrée qui permettent au sujet de reconnaître une classe de situations bien identifiées.

Les schèmes permettent au sujet d'agir dans des situations connues et familières tout autant que dans des situations nouvelles en se décomposant et recomposant entre eux : agir c'est essentiellement mobiliser et coordonner plusieurs schèmes.

Ces schèmes sont organisés, les plus élémentaires s'intégrant aux plus complexes, afin de pouvoir organiser des activités de plus en plus complexes : par exemple, en mathématiques, dénombrer une collection est un schème élémentaire qui s'intègre avec d'autres dans les schèmes de calcul arithmétique, eux-mêmes étant intégrés dans ceux du calcul algébrique.

Les schèmes se développent en interaction les uns avec les autres et forment des répertoires qui s'adressent à des domaines divers : par exemple, G. Vergnaud a étudié le répertoire des problèmes de type additif. Il a montré que, pour cette classe de situations, les schèmes supposent des conceptualisations comportant des aspects différents : les transformations diffèrent des compositions qui elles-mêmes diffèrent des comparaisons etc. De plus, ces niveaux de conceptualisation diffèrent par leurs domaines de validité. Si on prend l'exemple, d'une transformation positive, elle est identifiée par un jeune enfant à une addition. Ce théorème-en-acte est valide lorsque c'est l'état final qui est attendu et le jeune enfant est d'abord familiarisé avec ces situations. Par contre, lorsqu'il doit rechercher l'état initial, l'addition qu'il met en œuvre n'est plus une action valide. Ainsi la même relation (une transformation) n'est pas pensée simultanément par un sujet dans tous ses aspects. La catégorisation des situations pertinentes, soit pour l'exemple proposé, la conceptualisation des différentes structures additives, se développe sur une très longue période.

Nous retenons cette caractéristique essentielle de la longue durée dans la formation des compétences non seulement au niveau micro du système d'apprentissage des élèves mais aussi à celui méso de la formation des enseignants. Les processus de professionnalisation s'inscrivent dans des formes de temporalités que l'on retrouve à différents niveaux d'activités formatives et professionnelles. (Roquet, 2004).

I-2-5-2 Les champs conceptuels

C'est pourquoi, selon G. Vergnaud, il est pertinent d'aborder les apprentissages en étudiant un ensemble de situations et un ensemble de concepts, c'est-à-dire un *champ conceptuel :* c'est un ensemble hétérogène de problèmes, de situations, de concepts, de relations, de structures, d'opérations de pensée reliées entre elles, dont le traitement implique des schèmes *en étroite connexion*. La théorie des champs conceptuels permet ainsi de cerner l'ensemble des situations que les enfants doivent rencontrer pour maîtriser un domaine conceptuel : G. Vergnaud a lui-même étudié les champs des structures additives et des structures multiplicatives. Plus généralement, identifier les champs conceptuels qui organisent la connaissance permet de saisir les principes organisateurs du développement des compétences et des conceptualisations.

I-2-5-3 La prise de conscience

Ce que G. Vergnaud nomme *la forme opératoire de la connaissance*, c'est ce qui permet d'agir en situation. « L'étude des invariants opératoires est de nature à permettre de mieux comprendre la conceptualisation sous-jacente à l'action » (Vergnaud, Vinatier, 1998). La plupart des invariants opératoires sont donc implicites et le sujet peut difficilement les contrôler : d'où l'importance de la prise de conscience effectuée par une mise en mots des connaissances-en-acte. G. Vergnaud démontre qu'il y a un décalage entre la forme opératoire de la connaissance utilisée dans l'action et ce qu'il

appelle la *forme prédicative de la connaissance*, celle qui énonce les propriétés et les relations des objets. Cette forme prédicative ne s'oppose pas aux connaissances académiques classiquement transmises par l'école et l'université, mais il existe un décalage parfois impressionnant entre ce qu'une personne peut faire en situation, et ce qu'elle est capable d'en dire. La forme opératoire de la connaissance est en général plus riche, plus subtile, que la forme prédicative. La relation entre les deux formes, opératoire et prédicative, est complexe : particulièrement en mathématiques dans la mesure où ces dernières s'expriment de façon incontournable au travers de définitions, propriétés et théorèmes et ce dans différents systèmes de signifiants comme le langage écrit et le symbolisme.

Un point de vue personnel

Notre expérience d'enseignante auprès d'enfants sourds, nous a révélé que cette relation entre formes opératoire et prédicative de la connaissance présente une difficulté supplémentaire lorsqu'elle doit être établie par ces derniers ; non pas du fait de la surdité en elle-même mais du fait que la plupart étant natifs de famille entendante, ils n'ont pas accès de façon générale à un mode de communication aisé et structuré dès la petite enfance et donc ne possèdent pas les outils de base pour évoquer les actions et les représenter par une mise en « mots » (ou en signes).

Nous remarquons également, en tant que formatrice, que les stagiaires présentent systématiquement de grandes difficultés à envisager le décalage entre les deux formes de la connaissance identifiées par G. Vergnaud. En effet, nous les trouvons nombreux à penser (ou à appuyer leur pratique professionnelle sur un théorème-en-acte), qu'il suffit d'énoncer une propriété ou la définition d'un concept mathématique, pour que les élèves les répètent et les comprennent. Cet obstacle en formation est encore plus grand avec des enseignants qui se destinent à la scolarisation d'enfants sourds. Cette conception se concrétise par exemple, avec la croyance qu'il suffit de « préparer » les élèves sourds à une séance d'enseignement de mathématiques (ou autre discipline) en leur donnant, à l'avance, le vocabulaire utilisé pour énoncer les caractéristiques de la nouvelle notion. Certains de ces enseignants estiment que la seule formation utile pour adapter leur pédagogie à ce public consiste à acquérir le langage le plus couramment utilisé par leurs élèves sourds, à savoir, la langue des signes. Cependant, si cette condition est absolument nécessaire face à certains élèves, elle est loin d'être suffisante. L'ensemble des théorèmes-en-acte et concepts-en-acte des enseignants à propos du langage illustrent une conception à portée limitée des difficultés des élèves sourds, réduite à leurs seuls déficits langagiers. Il y a plusieurs implicites aussi qui découlent de ces conceptions : d'une part, l'idée que si on connaît le mode d'expression des élèves tout est réglé puisqu'on pourra les faire accéder aux savoirs par l'explication ; d'autre part, de façon plus générale et encore beaucoup plus ancrée, l'idée que la conceptualisation se réduit au langage. Nous étudierons dans la suite, l'importance effective de cette variable langagière tout en essayant de montrer qu'elle n'est pas la seule à influer sur les apprentissages des élèves sourds.

I-2-5-4 Les représentations langagières

Il est nécessaire de mettre en relation les conceptualisations présentes dans l'activité avec les conceptualisations présentes dans les textes ou autres systèmes de signifiants : les enseignants doivent donc gérer aussi bien la mise en mots des actions que la mise en actes à partir d'une connaissance formulée dans un système de signifiants qui peut être du langage naturel (français oral, écrit ou LSF), ou divers systèmes symboliques particulièrement utilisés en mathématiques comme les tableaux, les schémas, les graphiques, les figures etc. Cette difficulté est accrue avec des enfants sourds pour qui la langue française n'est pas la langue maternelle. En effet, comme nous le préciserons plus loin, ces élèves présentent des difficultés particulières à mettre en mots ou en signes leurs actions mais plus encore à comprendre les connaissances rencontrées sous leur forme prédicative.

En résumé, une définition de l'apprentissage

Pour conclure cette partie nous retenons quelques principes pour définir l'apprentissage. D'abord, l'activité du sujet en situation correspond à des intentions pour résoudre des problèmes, formulés plus ou moins consciemment par lui, visant la satisfaction de besoins (physiologiques, affectifs, intellectuels, sociaux...) en fonction des contraintes et des ressources du monde physique et social et de son système cognitif (mécanismes et contenus des représentations mentales). Cette activité met en œuvre, de façon constante et répétée, des schèmes permettant l'émergence de besoins, l'élaboration de finalités, la réalisation d'actions (perceptives, motrices, langagières, cognitives...) et l'évaluation des résultats des actions. Les schèmes régulièrement mobilisés font l'objet de transformations par assimilation/accommodation. La mobilisation répétée des schèmes, est fonction de leurs domaines de validité et de l'acte intentionnel qui attribue des buts à l'action. La transformation des schèmes, quant à elle, est contrainte et forcée par les résistances du réel qui font que le monde, intérieur ou/et extérieur ne se conforme pas toujours aux attentes du sujet. Les modifications des schèmes, leurs combinaisons ou leur renforcement découlent de l'évaluation, juste ou erronée, de l'efficacité d'actions au regard d'une finalité donnée. Cette évaluation est faite par le sujet, seul ou en interaction avec autrui. Elle dépend des capacités physiques, neuronales du sujet autant que des schèmes de compréhension dont dispose l'individu. « La prise en compte des conséquences des actions sur le réel peut conduire le sujet, à tort ou à raison, soit à modifier ses schèmes d'action et de compréhension du monde, soit à changer d'intentionnalité ». (Charron, 2003, p. 462).

Nous retenons des différents courants théoriques que nous avons cités, plusieurs points essentiels que nous appliquons au cas de la formation des enseignants qui scolarisent des élèves sourds. Les processus cognitifs organisent l'activité et le fonctionnement en situation au niveau de la perception, de la représentation, de la conduite et des pratiques ; nous nous appuierons sur cette conception pour analyser, comprendre et concevoir les processus qui organisent l'activité d'un enseignant. Leurs compétences, conceptions et attitudes se forment au cours de l'expérience et la formation. Ils

développent de nouvelles compétences en s'adaptant aux différentes situations plus ou moins nouvelles qui peuvent se présenter à eux et c'est le rôle de la formation que de les y préparer. Nous faisons l'hypothèse que ces enseignants deviendront experts de par la diversité des situations qu'ils rencontreront en enrichissant leurs répertoires d'actions et en élargissant leurs catégories. Nous fondons principalement notre action de formation sur l'action et l'intelligibilité de l'action c'est-à-dire sur la mise en activité des stagiaires et le développement de leur prise de conscience : une réflexion sur l'activité et une formulation des invariants opératoires qui organisent leur activité. Nous distinguons plusieurs niveaux de prise de conscience :

- un premier niveau de type éthique qui concerne les objets constitutifs de leur travail : par exemple, la connaissance de la surdité et de ses incidences sur les apprentissages ou bien des différentes stratégies d'apprentissage et de médiation ;

- un deuxième niveau de type pragmatique qui consiste à leur faire prendre de la distance par rapport à leur activité, à les amener à se regarder « agir » aussi bien comme mathématiciens que comme enseignants afin d'identifier les propriétés de leurs actions et à mettre leur action en « discours » ;

- le troisième niveau, le niveau théorique, réside dans la prise de conscience des relations qui existent entre les objets de leur métier et leur activité, c'est-à-dire la capacité à caractériser la complexité des diverses situations dans lesquelles ils sont amenés à exercer leur profession et à en décliner toutes les variables qui y interviennent et y interagissent.

Nous développerons ces aspects dans le deuxième chapitre de cette partie. Ces différents niveaux de prise de conscience constituent des conceptualisations qui formalisent l'activité professionnelle et permettent aux stagiaires de développer progressivement de nouvelles formes d'organisation de leur activité d'enseignant c'est-à-dire leur capacité à construire de nouvelles compétences professionnelles.

I-3 Quelles compétences pour former des enseignants ?

Aucune formation professionnelle ne saurait ignorer le métier auquel elle est censée préparer. Or, « comment se référer à un métier sans un minimum d'analyse des tâches auxquelles il confronte, des activités effectives qui le caractérisent, des compétences qu'elles mettent en jeu ? » (Perrenoud, 2001). Si l'on définit l'analyse du travail comme une démarche explicite, systématique, rigoureuse, portant sur le travail réel et appuyée sur les outils de la psychologie et de la sociologie du travail, il semble alors que la question la plus pertinente est de réfléchir à la place que tient cette forme pointue d'analyse du travail dans la formation professionnelle.

Nous partons du postulat que pour une même situation de travail, les prises de décisions ne sont pas les mêmes pour tous les enseignants et dépendent des compétences qu'ils sont en mesure de mobiliser

pour les gérer. Mais quelles compétences sont nécessaires pour enseigner les mathématiques à des élèves sourds ? C'est cette question que nous tentons d'explorer en nous référant aux études menées dans les cadres des sciences de l'éducation et de la didactique professionnelle. Nous essaierons de mettre en perspective différents points de vue pour définir la notion de compétence comme celle plus particulière de compétence professionnelle.

L'évolution du concept de compétence

Le concept de compétence a été développé au début du XXe siècle hors du champ de l'éducation : la notion de compétence nous vient de l'entreprise. Dans ce milieu, l'idée de compétence a en effet remplacé, depuis quelques années déjà, l'idée de « qualification ». Au départ, la compétence était liée à l'organisation taylorienne du travail (Le Boterf, 2001, in Jonnaert, 2002). Aujourd'hui, la complexité des situations professionnelles nécessite de se dégager de cette vision instrumentale et d'envisager la notion de compétence comme permettant aux travailleurs de mobiliser les ressources les plus appropriées à la situation complexe qu'ils ont à traiter. L'approche actuelle des spécialistes des sciences du travail, en fusionnant compétence et performance, est articulée à l'action du sujet et inscrite dans des situations. Après avoir remplacé le « faire » par le « savoir-faire », le monde du travail valoriserait maintenant à son tour le « savoir que faire » (De Terssac, 1996) et ferait preuve d'un intérêt renouvelé pour les habiletés d'analyse, de synthèse, de communication, ainsi que pour les capacités d'apprentissage et le jugement critique (Conseil supérieur de l'éducation[18]). « Ce phénomène a sans doute favorisé la transposition en éducation de la notion de compétence car plusieurs y ont vu une façon adéquate de décrire les enjeux de la formation fondamentale » (Caron, 2004).

Du côté des psychologues, l'idée fondamentale est qu'on ne peut pas comprendre ce qu'est une compétence en termes binaires : on sait faire ou on ne sait pas faire. Il y a un processus par lequel une compétence se construit et se développe, qui la fait passer successivement par un certain nombre d'états qu'on doit identifier. Le fait que la compétence ne puisse être saisie qu'à travers une performance ne doit cependant pas conduire à l'assimilation de l'une à l'autre. En effet une pleine appréhension de la compétence doit aller au-delà de la simple liste des actions qu'un individu est capable de réaliser.

I-3-1 Le concept de compétence en sciences de l'éducation

La transposition des différentes approches évoquées au champ de l'éducation ne fait pas l'unanimité. Dans certains programmes, compétences et objectifs sont confondus, dans d'autres les compétences sont étroitement liées aux programmes des savoirs donnés que les apprenants doivent maîtriser en fin de cursus ou de curriculum. On retrouve d'un côté un courant anglo-saxon avec des points de vue

[18] Conseil supérieur de l'éducation (1994), *Pour des apprentissages pertinents au secondaire*, Québec, Direction des communications du Conseil supérieur de l'éducation.

comportementalistes ou cognitivistes et de l'autre, un courant francophone en sciences de l'éducation avec des chercheurs comme Perrenoud (1997), Meirieu (1988), Jonnaert (2002), Masciotra (2006) ou Pallascio (2000). Ces différentes approches se distinguent principalement par la place qu'elles réservent au sujet, aux ressources, à l'action et à la situation. Pour préciser ces différentes perspectives, nous faisons référence à une étude menée par Jonnaert sur un échantillon de définitions relevées dans la littérature francophone à propos du concept de compétence (Jonnaert, 2002, p. 31). Il ressort de son analyse comparative, que certains éléments sont constants et semblent donc constitutifs du concept de compétence :

- « une compétence reposerait sur la mobilisation et la coordination par une personne en situation, d'une diversité de ressources : des ressources propres à la personne et des ressources spécifiques à la situation et à son contexte ;
- une compétence ne se développerait qu'en situation ;
- une compétence ne serait atteinte que dans le cas d'un traitement achevé de la situation. »

Ce qui signifie qu'en sciences de l'éducation, le concept de compétence évoque un ensemble de ressources qu'un sujet mobilise dans une situation pour réussir une action. Il n'est plus fait référence uniquement aux compétences cognitives du sujet c'est-à-dire à son caractère inné puisque d'autres ressources sont mobilisées. Une compétence est inscrite dans une action finalisée et contextualisée. Actuellement, l'OCDE se demande ce qu'est un « bon enseignant » et propose un cadre de référence en décrivant huit « *compétences clés pour l'éducation et l'apprentissage tout au long de la vie :*

> Ces huit compétences clés sont nécessaires à toute personne « *pour son épanouissement personnel, sa citoyenneté civique, son intégration sociale et sa vie professionnelle* » et leur développement est une finalité de la formation tout au long de la vie (OCDE, 2004). Les huit compétences sont :
>
> - Communication dans la langue maternelle
> - Communication dans une langue étrangère
> - Culture mathématiques et compétences de bases en sciences et technologies
> - Culture numérique
> - Apprendre à apprendre
> - Compétences interpersonnelles, interculturelles et compétences sociales et civiques
> - Esprit d'entreprise
> - Sensibilité culturelle

I-3-1-1 Compétence et situation

Au départ, la compétence se définit comme un pouvoir unique, celui de s'adapter aux situations nouvelles. « La connaissance est adaptation : les bébés, les enfants, les élèves et les professionnels apprennent en s'adaptant aux situations rencontrées. Ce qu'ils développent alors ce sont des

compétences**. »** (Vergnaud, 2003b). Pour plusieurs auteurs, le pouvoir de s'adapter à des situations nouvelles correspond à ce qu'ils considèrent comme une intelligence des situations (Le Boterf, 2001; Masciotra, 2006 ; Jonnaert 2006). Cette perspective se réclame à la fois du constructivisme et de la cognition située : le constructivisme postule que toute situation est une construction de la personne et la compétence située renvoie au fait qu'une compétence se comprend par l'action située. De ce point de vue, une compétence se développe et s'exerce par l'action en situation et par la réflexion sur l'action. Les approches situées de l'action constituent une alternative à la psychologie cognitive computationnelle : elles remettent en cause principalement la pertinence de considérer une cognition individuelle et tendent à remplacer une psychologie du sujet par une psychologie de la situation. Par-dessus tout, elles insistent sur la détermination de l'action par les variables situationnelles.

Nous retenons de ces théories de l'apprentissage situé, la prise en compte des contextes matériels et sociaux, non seulement comme une condition de l'action mais aussi comme un élément constitutif de celle-ci.

Par contre, pour P. Beguin et Y. Clot, la théorie de l'action située a tendance à enfermer l'action dans la situation où elle se déroule, à y chercher le contrôle de l'action, tant dans ses contenus que dans sa réalisation (Beguin, Clot, 2004). Ces auteurs pensent qu'il s'agit plutôt d'un déplacement que d'un renversement de la psychologie cognitive traditionnelle car « les théories de l'action située, tout comme les approches les plus cognitives de l'action, ne sont pas assez attentives aux bénéfices qu'on peut tirer de la distinction entre, d'un côté le fonctionnement, étayé par l'invariant, le déjà construit ou le donné, et de l'autre le développement des invariants dans l'activité » (*ibid*., p. 9). Selon eux, les approches situées ont au final, simplement exporté les invariants dans la situation, les ont « socialisés, distribués à l'extérieur du sujet, au risque de faire disparaître l'activité du sujet.» (*ibid*., p.9). On retrouve alors, le débat entre « d'un côté un développement endogène du sujet, mais où l'on voit mal la place des situations, et de l'autre un développement exogène de la situation, mais où l'on voit mal le rôle des sujets » (*ibid*., p.10).

I-3-1-2 Compétence et activité

G. Vergnaud propose de définir cette notion par rapport à des classes de situations relativement circonscrites. Il choisit de définir les compétences en relation avec les différentes situations que peut rencontrer un élève ou un professionnel, dans telle discipline ou dans telle situation professionnelle. Voici les critères qu'il choisit pour montrer que le concept de compétence n'est pas un concept scientifique à lui tout seul (G. Vergnaud, 2003b).

Nous retenons avec lui que :

- est plus compétent celui qui sait faire quelque chose qu'il ne savait pas faire avant (perspective développementale) ou que d'autres ne savent pas faire (perspective différentielle);

- est plus compétent celui qui s'y prend d'une manière plus fiable, plus économique, plus générale, plus élégante, mieux compatible avec le travail des autres...;

- est plus compétent celui qui dispose d'une plus grande variété de procédures pour traiter une classe de situations, en fonction des valeurs particulières prises par les variables de situation ;

- est plus compétent celui qui est moins démuni devant une situation nouvelle, jamais rencontrée auparavant.

Les compétences d'un sujet se définissent comme un ensemble organisé de représentations (conceptuelles, sociales et organisationnelles) et d'organisateurs d'activité (schèmes, procédures, raisonnements, prise de décision, coordination) mobilisables dans le but de réaliser une tâche. Nous pensons avec G. Vergnaud, que le concept de compétence renvoie à l'analyse de l'activité c'est-à-dire, non seulement au résultat de l'activité mais aussi à son organisation elle-même. En cohérence avec le cadre de la théorie des champs conceptuels, le concept de compétence renvoie au concept de schème puisque, comme nous l'avons souligné précédemment, le schème permet d'articuler la dimension invariante de l'activité et sa dimension d'adaptabilité aux situations. Avec P. Pastré, nous postulons « qu'au cœur même des compétences, et donc des schèmes, il existe des concepts organisateurs qui orientent l'action, en assumant notamment le diagnostic de la situation » (Rabardel et Pastré, 2005, p. 2). De même, avec Beguin et Clot, nous pensons que c'est l'activité, chaque fois singulière, qui doit se mesurer avec les situations car « l'action est moins située dans la situation que dans l'activité » (*op. cit.*, p. 11). « Ce sont les obstacles, les discordances, les conflits objectifs, subjectifs ou intersubjectifs rencontrés dans l'activité, qui génèrent une intensité plus ou moins forte de tension, et qui invitent le sujet à mobiliser et développer les invariants » (*op. cit.* , p. 11). De la situation, l'action peut - et souvent doit - sortir. Elle est certes toujours située, mais souvent dans plusieurs situations et dans une histoire et une géographie chaque fois singulière de l'activité. Au total, selon ces auteurs, il faut situer l'action dans le développement de l'activité pour lui conserver les vertus de la créativité et de l'inventivité que l'analyse du travail francophone lui reconnaît.

Cognition située et didactique professionnelle

De son côté, J. Rogalsky, tout en critiquant l'approche de la cognition située, pense que les cadres de l'ergonomie ont pris en compte « l'essentiel des dimensions critiques ayant motivé outre-atlantique le développement de la cognition et de l'action située » (Rogalski, 2004, p. 110). Face à ces positions théoriques, elle démontre que la didactique professionnelle est une alternative pour rendre compte des processus en jeu dans la formation des compétences lors de situations de formation comme dans celles développées au cours de l'activité de travail. Dans l'approche qui fonde la didactique professionnelle, Rogalski souligne l'importance de la conceptualisation qui ne se réduit pas au traitement de

l'information et défend l'intérêt de l'émergence d'un nouveau type de concepts : les concepts pragmatiques (Samurçay, Pastré, 1995).

D'autre part, nos préoccupations concernant les compétences professionnelles nous conduisent à interroger le courant des sciences du travail pour analyser plus finement les compétences que les enseignants doivent développer, au cours de leur formation, par exemple, pour enseigner les mathématiques à des enfants sourds. Cette approche est issue d'une part de l'évolution des pratiques professionnelles qui considère la formation comme un des leviers d'action pour agir sur des situations de travail, et d'autre part, des besoins des milieux de formation qui considèrent de plus en plus la nécessité de concevoir des contenus de formation proches de la réalité du travail.

I-3-2 Le développement de compétences professionnelles

Le rapport Bancel (1989) a initié la distinction profession/métier en précisant que le processus de formation est explicite pour les professions et implicite pour les métiers. Dans le premier des cas, il s'agit d'une éducation rationnelle, dans le second d'une initiation ritualisée et d'un apprentissage par imitation et expérience. En tant que formatrice, nous nous situons dans la première perspective c'est-à-dire avec le but de rendre explicites des compétences pertinentes pour l'action d'enseignement.

La situation de l'enseignant lors de son activité est une situation complexe qui fait intervenir des notions abstraites mais également le réel et les contingences : l'enseignant est confronté à une réalité matérielle et humaine dont il doit tenir compte pour exercer son métier. Le cadre du champ professionnel peut alors être fonctionnel pour appréhender l'activité de l'enseignant. Nous utilisons dans ce qui suit le terme de « compétence professionnelle » pour parler de ce qui permet à un professionnel de répondre aux tâches attendues dans son travail. Dans le cadre de l'ergonomie, cette notion souligne l'importance de l'action professionnelle en tant qu'effectuation face aux conceptions qui la réduisaient à l'exécution d'une prescription.

L'analyse du travail et la formation professionnelle

L'analyse du travail est un outil pour les formés en leur permettant d'acquérir une meilleure compréhension de leur activité et de ses effets : c'est ainsi un facteur de transformation de leurs représentations à propos du travail. Pour favoriser l'élaboration de nouveaux savoirs professionnels et garder la trace de savoirs existants pas toujours explicites, l'ergonomie conçoit des dispositifs pour favoriser les activités réflexives : ces derniers travaux s'appuient sur les apports de Piaget (1974) et de Schön (1994), à propos de la prise de conscience. Elle renvoie aussi à une reconsidération des relations entre le travail et la formation : les effets formateurs du travail sont de plus en plus affirmés, avec notamment en ce qui nous concerne, la mise en place de la formation en alternance. Cette évolution affecte donc le champ de la formation et les dispositifs de formation visent à une meilleure « professionnalisation » des enseignants et au développement de leurs compétences au niveau des

personnes comme des groupes. L'analyse du travail intervient comme un des moyens pour étudier les compétences, leur développement ainsi que pour analyser les situations de formation en vue de leurs transformations ou en fonction de nouvelles conceptions.

I-3-2-1 Le champ de la didactique professionnelle

De façon générale, la didactique a pour but de comprendre et d'agir sur les processus qui relèvent de la transmission et de l'acquisition des savoirs constitués pour les améliorer. La recherche en didactique a pris naissance à partir des problèmes d'enseignement et d'apprentissage des savoirs. Elle a développé des connaissances sur ce que savent les élèves, leurs raisonnements spontanés, comment ils apprennent et construisent des compétences à propos des notions qui leurs sont proposées. Même si dans une première phase, ce sont surtout les relations des élèves aux savoirs dans le cadre de l'enseignement qui ont été abordées, la didactique s'intéresse aujourd'hui au travail de l'enseignant comme acteur essentiel du système de transmission des savoirs et compétences. Elle dispose de concepts (comme ceux de situation didactique, contrat didactique, transposition, institutionnalisation etc.) qui permettent de contrôler en partie des processus d'enseignement de savoirs donnés mais aussi d'analyser des situations réelles d'enseignement. La didactique professionnelle se revendique à la fois comme *professionnelle*, c'est-à-dire prenant en compte le champ du travail et comme *didactique*, c'est-à-dire affirmant l'importance des connaissances dans le développement des compétences.

D'après des auteurs comme R. Samurçay et P. Pastré, d'un point de vue théorique, « la didactique professionnelle vise à répondre aux questions suivantes : De quoi sont constituées les compétences, leur nature et dimension? Comment et par quels mécanismes évoluent-elles? Quels sont les facteurs et les conditions qui influent positivement ou négativement sur cette évolution? » (Samurçay, Pastré, 1998). D'un point de vue pratique, la recherche en didactique professionnelle vise à produire des outils et de l'ingénierie pour la conception, l'analyse, l'évaluation des situations de formation et des situations de travail. La notion de compétence constitue donc le coeur des interrogations de la didactique professionnelle.

Une approche développementale

Le projet de la didactique professionnelle est d'analyser les processus qui sont en jeu dans la formation des compétences : soit dans les situations de formation, soit au cours de l'activité de travail. Ce courant théorique propose une approche développementale des compétences (Pastré, 1997) inspirée des travaux de G. Vergnaud (1990). L'enseignant est un sujet qui agit, transforme le réel et se transforme lui-même en utilisant toutes ses ressources pour fonder et ajuster son activité professionnelle. « Si on entend par activité constructive l'activité par laquelle le sujet se construit comme sujet capable, il faut bien voir que cette activité ne consiste pas d'abord pour lui à construire des connaissances, mais à se transformer lui-même dans un processus de développement » (Rabardel

et Pastré, 2005, p.3). Que ce soit dans le domaine du développement et de l'apprentissage des enfants en situation quotidienne ou dans celui de la constitution des compétences d'un adulte en situation professionnelle, on retrouve des caractéristiques comparables. L'analyse de la tâche est le pendant de l'analyse du savoir disciplinaire, la médiation dans l'acquisition des compétences professionnelles se fait par l'intermédiaire des pairs c'est-à-dire de la communauté de pratique. Les compétences professionnelles sont relatives à des situations et classes de situations, leur développement est le produit de la construction par l'activité propre du sujet. Comme celles d'un enfant, les compétences d'un adulte peuvent être implicites ou explicites. Elles sont aussi organisées en plusieurs niveaux et champs, et cette organisation exprime le fait que la conceptualisation et la structuration de l'action au travail se font à des niveaux différents. Les organisations sont multiples car elles sont liées aux différents champs de l'expérience de l'adulte et aux problèmes qu'il rencontre dans son milieu professionnel. On retrouverait donc différents niveaux de développement en fonction des degrés d'expérience des enseignants. Les questions qui nous préoccupent alors sont : sur quelles dimensions de ces compétences peut-on intervenir par des actions formatives ? Quelles sont les variables didactiques pertinentes pour de telles actions ?

Nous retenons de ce courant, pour la conception ou l'analyse des situations de formation, un modèle proposé par J. Rogalski qui intègre la formation et le développement des compétences professionnelles. Son objectif est de prendre en compte « un système de double détermination de contraintes et ressources » (Rogalski, 2004, p. 115).

Au niveau de l'action, la formation requiert de prendre en compte :

- les pratiques sociales dans le domaine du travail ;
- les connaissances de référence socialement déjà construites ;
- l'ensemble des situations de travail à gérer ;
- l'organisation du travail.

Au niveau de l'activité du sujet, elle requiert de prendre en compte :

- la connaissance opérationnelle déjà acquise ;
- les compétences développées antérieurement ;
- les attentes et les valeurs personnelles.

Un point de vue personnel

Tenir compte de ce système de double détermination pour concevoir des scénarios de formation nous semble intéressant pour améliorer les compétences professionnelles des enseignants dans le cadre de notre mission. Dans notre travail, nous transposons ce modèle élaboré au niveau individuel, aux situations de travail en équipe : la dimension collective de l'enseignement dans ses nouvelles prérogatives et plus particulièrement encore dans le domaine des enseignements adaptés, requiert

d'envisager un système d'action au niveau d'équipes et une activité du groupe dans laquelle s'inscrit celle du sujet. « La formation concerne aussi la construction des moyens d'articulation des activités individuelles dans l'action collective au cours du temps moyen et long de la vie du travail collectif » (*ibid.*, p. 116). En effet, il est nécessaire de prendre en compte dans la formation, les différences, divergences ou complémentarités des connaissances, des compétences et des attentes individuelles des différents partenaires comme des enseignants, des rééducateurs, des médicaux, des interprètes, des codeurs, des parents, des associations de personnes sourdes... De plus, au niveau de l'action, la formation doit tenir compte des pratiques sociales liées à la situation de handicap : par exemple, dans le cas de la surdité, il est incontournable de prendre en compte la diversité des choix possibles concernant les modes de communications pour les enfants sourds. Au niveau des situations de travail dans ce champ, certaines particularités de l'enseignement aux sourds doivent aussi être prises en compte en formation comme les diverses modalités d'intervention possibles avec différents intervenants, sourds ou entendants, ou au sein des différents dispositifs proposés aux familles... De même, l'organisation du travail diffère dans chacune de ces situations : les tâches professionnelles d'un professeur qui enseigne toutes les disciplines à des élèves sourds regroupés momentanément entre eux ou de celui qui accompagne un collégien sourd seul dans sa classe de référence, ne sont pas identiques non plus à celles que doit assumer un professeur qui opère face à un public mixte, élèves sourds et élèves entendants.

Action et conceptualisation dans les situations de travail

Nous retenons enfin, avec Ch. Vidal-Gomel et J. Rogalski, que « un élément essentiel dans le concept de compétence professionnelle est son rapport avec l'accomplissement de l'action dans une situation de travail » (Vidal-Gomel, Rogalski, 2007, p. 54). « Savoir ce qu'il faut faire » et « pouvoir le faire » sont deux aspects distincts des compétences. Le premier aspect renvoie au diagnostic de la situation particulière à traiter et le second, à l'efficacité de l'action engagée. « La théorisation que propose la didactique professionnelle place les concepts pragmatiques et leur développement au cœur des compétences et de leur développement » (*ibid.* p. 54). Les études menées dans ce cadre aboutissent à la conclusion qu'il n'y pas de situations de travail qui ne s'appuient pas sur des conceptualisations. Précisons que parler de conceptualisation à propos de l'activité professionnelle quotidienne de l'enseignant n'est pas abusif si l'on retient que « la conceptualisation est l'outil principal de traitement de l'information, quelque cachée et implicite que soit cette conceptualisation » (Vergnaud, 1998, p. 202)

I-3-2-2 La place de la conceptualisation dans le développement des compétences professionnelles

Le cadre théorique de la didactique professionnelle intègre des éléments des cadres théoriques de Piaget et de Vygotski, et tout particulièrement la place accordée à la conceptualisation dans le

développement. Les notions de concepts quotidiens et concepts scientifiques permettent d'analyser le développement des compétences en articulant les apports de l'expérience en situation et ceux d'une formation centrée sur les savoirs théoriques en référence au métier. Les compétences se construisent à travers l'action et la médiation des professionnels experts ou « anciens » et les savoirs savants liés à la profession, sont conscientisés et formalisés par le formateur ce qui permet leur intériorisation et appropriation par les sujets en formation. Le modèle proposé par Rogalski (2004), permet de prendre en compte les évolutions de la conceptualisation au niveau individuel comme au niveau collectif au cours d'un processus de réflexivité dont l'importance en formation a été soulignée par Pastré (1999). Les activités métacognitives constituent un composant important de l'activité aussi bien dans l'analyse des situations de travail effectif que dans l'étude des situations de formation. Nous fondons nombre de nos situations de formation sur ce postulat, que ce soit dans les séances d'analyse de pratiques qui explicitent l'activité mise en œuvre par les stagiaires dans des situations intégrées au travail ou que ce soit dans les scénarios que les stagiaires expérimentent en centre de formation.

Les concepts pragmatiques

Un composant théorique important de la didactique professionnelle a été développé par P. Pastré avec les notions de *concepts pragmatiques* et de *structure conceptuelle* de la tâche dans la perspective d'aborder la conceptualisation pour l'action (Pastré, 1999). « La structure conceptuelle de la situation est organisée autour de l'action à conduire et repose sur l'élaboration du diagnostic de la situation » (Vidal-Gomel, Rogalski, 2007, p. 52). Elle fait partie des savoirs professionnels de référence dont la mise en évidence est un objectif de formation. Cette structure conceptuelle est le résultat d'un processus de conceptualisation, permettant aux acteurs une représentation mentale de la situation, orientée vers l'action. La notion de concept pragmatique est issue d'un côté de celle de concept-en-acte de Vergnaud, d'un autre côté de la convergence de recherches réalisées dans différents domaines professionnels. P. Pastré (2003, p. 395) explicite la notion comme suit :

- Ce ne sont pas des concepts scientifiques : ils ont une validité locale, par rapport à tel objectif de travail.

- On ne peut pas les réduire simplement à des concepts en acte. Ils ne sont pas seulement construits, ils sont aussi transmis : les concepts pragmatiques ont un nom, et même si on ne les définit pas, on les montre dans l'action, et on les transmet ainsi, des plus anciens aux plus novices.

- Ils ont tous les caractères des invariants opératoires, dans la mesure où ils organisent et structurent l'action en étant à la base du diagnostic, par exemple.

Au final, les concepts pragmatiques sont des invariants opératoires qui, d'une part, structurent l'activité en temps réel, en permettant un lien étroit entre la prise d'informations et les opérations effectuées, d'autre part, ce sont des invariants conceptuels qui permettent aux représentations de « se

structurer en mettant l'accent sur les relations essentielles existant entre les variables de la situation » (Samurçay, Pastré, 1995, p. 16). Ils guident alors la prise d'information sur les variables de la situation en cours afin d'en construire une représentation dans le but d'agir. Les représentations pour l'action sont alors « des réseaux de propriétés, de concepts, de savoirs, de savoir-faire, de croyances, de sensations éprouvées, construites, sélectionnées au cours de l'histoire du sujet, à partir de sa formation, de son expérience, et des besoins de l'action » (Vidal-Gomel, Rogalski, 2007, p.51).

> Par exemple, un enseignant compétent est capable de repérer, en situation, le niveau d'attention des élèves de sa classe : il observe ses élèves avec une attention sélective et dispose ainsi de certains indices qui lui serviront à anticiper des situations « explosives » et à les éviter ou encore à profiter de moments où la concentration est suffisante pour permettre de nouveaux apprentissages. Il se construit une représentation de la situation de sa classe avec toutes les variables qui y sont en jeu, il gère l'incertitude face à certains phénomènes, il raisonne et organise son action pédagogique en fonction des informations qu'il a prélevées : il peut alors prendre des décisions. Les diverses variables dont il doit tenir compte pour agir peuvent être liées à la phase de la journée durant laquelle se déroule son action, au nombre d'élèves impliqués, au niveau de fatigue de chacun, à la difficulté de la tâche prescrite, à la nécessité ou non de mettre en place des échanges entre les élèves …. Il s'agit bien de concepts qualitatifs et non de paramètres pour lesquels existeraient une mesure ou un calcul. Ces concepts pragmatiques ont un caractère global qui permet des prises de décisions pour l'action dans des situations complexes comme les phénomènes qui surviennent dans une classe et dont l'observation est souvent incomplète.

Ainsi, les concepts pragmatiques sont agis et exprimés dans le travail. Ils déterminent des relations entre les situations, les indicateurs de prise d'information et la commande d'action. Ils sont donc, comme les concepts quotidiens, issus de l'expérience mais sont toujours inscrits dans un réseau d'autres concepts. Alors qu'ils présentent un caractère adaptatif à l'action comme les concepts quotidiens ou les concepts-en-acte, leur construction ne vise pas une validation théorique mais l'efficacité pratique. Comme les concepts scientifiques, ce sont des constructions mentales : ils permettent aux acteurs une représentation mentale de la situation orientée vers l'action mais leur domaine de validité est circonscrit à une catégorie de situations de travail dans un domaine professionnel particulier. Ils ne sont pas inscrits dans un champ conceptuel comme les concepts-en-acte mais s'intègrent dans une représentation cohérente qui est la structure conceptuelle de la situation. Enfin, ils sont explicités et transmis par la communauté professionnelle avec le concours du langage.

Cette notion introduit un nouveau cadre de référence pour penser l'organisation des connaissances dans le champ de la formation professionnelle et plus spécifiquement celle des enseignants.

Nous retenons de ce cadre, la théorisation de Samurçay et Pastré qui postulent un modèle dynamique de développement des compétences professionnelles en plusieurs plans :

- à un premier niveau, les compétences commencent à se construire autour des situations prototypiques où la conceptualisation est presque confondue avec les règles d'action car « les situations de travail sont par excellence des situations où l'action et son organisation priment sur toute autre chose » ;

- elles continuent ensuite à se développer par la construction de catégories de situations qui intègrent les variétés rencontrées dans différentes situations de travail. En prélevant sur les situations l'information juste pertinente pour agir, les schèmes s'organisent. Ils dépendent des concepts pragmatiques choisis de façon à ce que les actions soient adaptées aux situations : un répertoire d'actions est ainsi construit ;

- au plan suivant, c'est la prise de distance avec les situations concrètes, les circonstances et le répertoire d'actions qui constitue une étape de plus vers la représentation et la conceptualisation des situations de travail. Ce processus de prise de conscience permet une compétence de niveau supérieur : non seulement on sait faire mais on comprend pourquoi on ne fait pas autrement.

- enfin, une dernière étape consiste à pouvoir se libérer des représentations élaborées dans une classe de situations et à se dégager des répertoires d'actions ainsi crées pour faire face à des situations imprévues (Samurçay, Pastré, 1998).

Au final, le travail de conceptualisation dans le champ de l'analyse du travail, prend ses sources dans l'action et s'appuie sur des mécanismes de prise de conscience : il est d'abord finalisé pour assurer la coordination de l'action (aspect de l'agi) et ensuite pour assurer sa compréhension ou son explication (aspect conceptuel). Les concepts pragmatiques « sont le résultat d'un processus de développement de la conceptualisation dans et pour l'action » (Vidal-Gomel, Rogalski, 2007, p.54). On peut alors dire avec Samurçay et Pastré que « le développement des compétences consiste à conceptualiser des situations, à la condition de bien comprendre qu'il ne s'agit pas d'appliquer simplement des connaissances préalables à une situation pratique, mais de transformer certaines connaissances acquises en des organisateurs de l'activité ». (Samurçay, Pastré, 1998). La conceptualisation permet la construction des invariants de l'action à des niveaux supérieurs en les décontextualisant des situations particulières et grâce à l'extension de ses organisateurs de l'activité le sujet peut construire des classes de situations de plus en plus riches qui lui permettent de traiter la variabilité des situations. Il s'agit d'élaborer un réseau de concepts pour organiser et coordonner l'action. L'expérience joue alors un rôle important dans le développement des compétences. Plusieurs facteurs sont déterminants comme le temps ou la diversité et la densité des situations rencontrées.

Un point de vue personnel

Nous avons constaté, dans notre fonction de formatrice, que certains enseignants savent transformer leurs expériences en compétence : ils tirent parti de leurs erreurs et de leur réussites ; pour d'autres, les situations particulières vécues restent au niveau de phénomènes ou d'épisodes qui ne sont pas articulés

aux invariants déjà construits. Cela signifie que l'expérience ne se construit pas uniquement en cours d'exercice, mais que la capacité du sujet à revenir sur son action pour l'analyser et pour la reconstruire à un autre niveau est nécessaire. C'est-à-dire que nous constatons que le processus par lequel les enseignants réélaborent leurs conduites à un niveau supérieur, est une activité qui ne s'accomplit pas toujours spontanément : outre le fruit d'une appropriation personnelle, c'est certainement par l'intermédiaire d'un apprentissage socialement médiatisé que se construisent les compétences professionnelles. C'est pourquoi nous nous intéressons à la construction d'outils pour analyser ces processus de médiation dans le cadre du développement des compétences professionnelles des enseignants de mathématiques.

I-3-3 Les besoins en formation des enseignants

La formation est un enjeu essentiel du métier d'enseignant, enjeu d'autant plus important que, pendant au moins dix ans, le pays recrutera de 30 à 40 000 nouveaux enseignants par an. Lorsqu'on y songe : un enseignant débutant en 2007 enseignera jusqu'en 2047 et cette année-là, il enseignera à des gens qui seront pour une part encore au travail en 2100. Echouer à construire une formation initiale et continue efficace, ne pas lui donner les moyens de son efficacité, ce serait donc mettre en cause l'enseignement et l'économie du XXIe siècle. Pour pouvoir construire des cursus de formation adaptés à l'évolution de la profession, il importe d'effectuer une analyse fine du travail des enseignants. C'est un des objectifs que nous visons dans l'entreprise de cette étude.

Quand un professeur doit enseigner une discipline comme les mathématiques, par exemple, il effectue une *transposition didactique* des savoirs savants pour les enseigner (Chevallard, 1985). Une première phase le conduit à transposer les savoirs savants aux savoirs à enseigner qui constituent ses objectifs et une deuxième phase va des savoirs à enseigner aux savoirs effectivement travaillés et enseignés en classe. Il reste encore une troisième phase, celle du passage des savoirs enseignés aux savoirs construits par les apprenants. En formation professionnelle, un formateur suit pour une part aussi cette démarche : il élabore les objectifs d'un curriculum de formation à partir des pratiques professionnelles en explicitant, dans un premier temps, les capacités, compétences, attitudes et autres dispositions visées qui constituent ses objectifs de formation. Cependant, comme nous l'avons vu précédemment, il n'y a pas que des savoirs savants à transposer en formation professionnelle. La transposition des savoirs pragmatiques est plus difficile à mettre en œuvre. Non seulement, il faut identifier et tenir compte de ces concepts pragmatiques mais aussi des situations d'apprentissage, des contextes organisationnels, sociaux et culturels dans lesquels ils sont inscrits. De plus, les pratiques sont dans le registre de l'action et, comme nous l'avons souligné, les schèmes qui la sous-tendent sont la plupart du temps implicites alors que les savoirs sont formulés sur le mode discursif. Une transposition d'un autre ordre est alors nécessaire : celle de l'action en savoir formalisé, c'est-à-dire la construction d'une représentation en « mots » de l'action et des organisateurs de l'activité. La question est alors de se

demander comment transmettre en formation des savoirs opérationnels pour l'action d'enseigner et donc utiles à la pratique.

Dans un premier temps, nous essayons de faire un état des lieux des demandes en formation des enseignants pour ensuite les mettre en perspective avec les recommandations officielles et les prescriptions ministérielles. Nous préciserons ensuite vers quels repères théoriques nous nous tournons pour concevoir des cursus de formation qui répondent aux exigences de la réalité du travail d'enseignant.

I-3-3-1 Un état des lieux

Le ministère a publié en 2006 deux « notes d'information » qui tentent de faire le point sur ce que disent les enseignants de la formation. Le jugement des enseignants sur la formation n'est pas forcément flatteur.

I-3-3-1-1 Une attente de formation orientée plus vers la réalité des terrains

Dans le premier degré, les professeurs des écoles sont :

> « *critiques sur la formation reçue en IUFM qu'ils jugent insuffisante du point de vue de la pratique professionnelle, ils reconnaissent pourtant qu'elle ne peut préparer à gérer toutes les situations mais pourrait pallier certains problèmes. « Choisi » pour le contact avec les enfants, leur métier n'est pas à l'abri d'un sentiment de non-reconnaissance qui génère un malaise. Une formation davantage orientée vers la pratique et un plus grand soutien de la communauté éducative seraient à leurs yeux de nature à atténuer ce sentiment de malaise* » (note n° 06-17, 2006)[19].

Ils ne sont qu'un quart à juger suffisante la deuxième année de formation. L'exploitation des stages sur le terrain ou la prise en charge des situations difficiles leur semble les secteurs les plus maltraités. Les besoins de formation qu'ils citent sont, dans l'ordre, les connaissances en sciences humaines, l'apprentissage de la lecture, la conduite de la classe et les savoirs disciplinaires. Pas de surprise non plus chez les plus anciens, qui centrent leurs demandes, selon le ministère, sur l'évaluation, la difficulté scolaire ou (encore) la psychologie de l'enfant.

Dans le second degré, la note rappelle d'abord que moins d'un enseignant sur deux en fonction a bénéficié d'une formation initiale dans les ex-CPR (Centre Pédagogiques Régionaux) ou les IUFM.

> *Les professeurs des lycées et collèges ont un profil d'ancien bon élève voire de très bon élève dans la discipline qu'ils enseignent. Moins critiques que les enseignants du premier degré à juger insuffisante la formation reçue en I.U.F.M., du point de vue de la pratique professionnelle, ils manifestent pourtant le même pragmatisme dans le choix de la formation la plus utile, la conduite de la classe.*

[19] *Les enseignants des écoles publiques et la formation*. Les notes d'information - N°06.17 du 17 mai 2006, [en ligne] http://www.education.gouv.fr/cid2759/les-enseignants-des-ecoles-publiques-et-la-formation.html.

Mais la formation « aux savoirs des disciplines » apparaît de forte utilité au regard de leur identité disciplinaire (note 06-26, 2006).[20].

Ils pointent surtout la carence de « conseils pour gérer les situations difficiles », l'absence d'analyse de pratiques professionnelles, le manque d'échanges avec des titulaires, l'insuffisance de cours sur la psychologie de l'adolescent.

Satisfaits de la préparation aux concours, ils sont moins critiques que leurs collègues du premier degré sur leur formation universitaire, qui leur permet toujours d'enseigner les programmes. Choisi pour l'amour de la discipline, le contact avec les élèves et l'autonomie, leur métier est un peu plus préservé d'un sentiment de non-reconnaissance qui génère un malaise. Des formations davantage orientées vers la pratique au quotidien, un plus grand soutien des parents et un travail en équipe plus important seraient à leurs yeux de nature à atténuer ce sentiment de malaise (*op. cit.*, 2006).

I-3-3-1-2 Une articulation théorie/pratique insuffisante

A la lecture de ces extraits des notes ministérielles, on peut remarquer un parallélisme au niveau d'une demande forte d'une formation plus approfondie en ce qui concerne la pratique professionnelle. Pour tous un malaise est identifié et pour tous une formation davantage orientée vers la pratique professionnelle serait nécessaire pour y remédier. Que ce soit une attente de soutien de la communauté éducative pour les professeurs des écoles, ou un travail en équipe pour les enseignants du second degré, on peut reconnaître dans toutes ces attentes le même besoin de travailler en partenariat rompant ainsi l'isolement traditionnel des enseignants dans leur classe.

De même, dans une enquête sur la polyvalence des professeurs des écoles, E. Prairat et A. Rétornaz, constatent que les professeurs des écoles interrogés accordent une faible valeur à leur formation universitaire dans la perspective de devenir des professionnels experts. « Lorsqu'on les questionne sur l'importance des différents espaces de formation dans la construction des compétences requises par l'exercice du métier, les étudiants de première et deuxième années (PE1 et PE2) plébiscitent le «terrain» : plus de 90% d'entre eux accordent la note maximale aux stages de pratique accompagnée et aux stages en responsabilité, lorsqu'ils ont à rendre compte du degré d'importance qu'ils accordent aux différents espaces de formation (formation primaire et secondaire, formation universitaire, formation générale à l'IUFM, formation disciplinaire à l'IUFM, formation dans les classes en pratique accompagnée, formation dans les classes en responsabilité) » (Prairat et Rétornaz, 2002, p. 602). L'expérience qu'ils valorisent concerne non seulement celle qu'ils se constituent par l'action en situation, mais aussi celle du maître chevronné qu'ils observent et dont ils suivent les conseils et l'exemple. L'idée implicite qu'ils affirment est que le métier s'acquiert, à la fois par la transmission

---

[20] *Les enseignants des lycées et collèges publics et la formation.* Les notes d'information - N°06.26 septembre 2006, [en ligne] http://www.education.gouv.fr/cid3961/les-enseignants-des-lycees-et-colleges-publics-et-la-formation.html.

des savoir-faire des anciens et à la fois par un processus personnel d'essais et d'erreurs propres à constituer des concepts de type pragmatique.

De façon générale, ce qui ressort massivement de ces témoignages comme de ceux que nous entendons dans notre institut de formation, c'est la difficulté à établir des liens entre des savoirs théoriques et la pratique que vivent en alternance les stagiaires : « *ce qu'on nous enseigne ne nous sert pas sur le terrain* ». Lorsque la formation ne travaille pas ce passage, non seulement on prend le risque d'une formation inefficace avec la souffrance qui l'accompagne, mais encore d'un rejet de toute théorie si elle n'apporte pas de réponses opérantes pour la pratique.

I-3-3-1-3 La prise en compte de la diversité des publics

Une autre attente de la formation chez les enseignants du premier comme du deuxième degré concerne les élèves en difficulté. Au-delà du souci démocratique d'une école ouverte véritablement à tous, les professeurs témoignent par cette demande d'une organisation de l'école dans laquelle le professeur est en bout de chaîne par rapport aux problèmes mal ou non résolus de l'insertion scolaire des élèves faibles. Ces mêmes auteurs soulignent que, si la confrontation à des publics fort hétérogènes « dans les conditions actuelles d'exercice de la profession, peut être stimulante, sa perspective génère aussi des difficultés et des appréhensions trop souvent ignorées ou minorées. » (*ibid*., p. 604). Pour ces étudiants en IUFM, l'image du « maître idéal » se partage entre deux habiletés : d'abord celle de savoir gérer la relation avec les élèves en situation d'apprentissage et en deuxième position, celle de pouvoir susciter le désir de savoir et d'apprendre chez les élèves. Ce n'est donc pas dans le registre de la technicité qu'il faut chercher la figure de l'excellence pédagogique ni dans l'expertise scientifique et théorique mais bien dans la capacité à faire face, au quotidien, aux difficultés de l'adaptation des enseignements aux besoins particuliers de chaque élève.

I-3-3-1-4 Une formation à la relation pédagogique

Nous pouvons aussi témoigner de notre expérience professionnelle dans le champ de l'adaptation scolaire, qui nous a fait rencontrer, lors de séances d'analyses de pratiques, par exemple, des difficultés récurrentes chez nos stagiaires. Ces difficultés pratiques, peu abordées dans la formation en général, concernent régulièrement la relation pédagogique, non pas dans ses aspects techniques mais dans l'implication personnelle de l'enseignant et la relation qu'ils établissent d'individu à individu. Par exemple, certains enseignants se sentent démunis face à la souffrance d'un enfant sourd qui ne possède que peu de moyens de communication et adopte divers troubles du comportement en réponse à un besoin essentiel pour un être humain : ils sont touchés ou affectés, obligés de masquer imparfaitement des sentiments naturels mais illégitimes. Ils mobilisent alors des comportements subtils qu'ils disent propres à leur personnalité ou à leur rôle d'adulte et qu'ils ne jugent pas relever du pur professionnalisme. Blanchard-Laville (2001) situe les enseignants « entre plaisir et souffrance ». Ce

sont des sentiments qui renvoient aux activités réelles et à l'investissement subjectif des professeurs dans leur travail. Quelle place adopter ? Quelle distance tenir entre un rôle à remplir et le sujet qui vit dans le professionnel avec sa propre personnalité ?

I-3-3-1-5 Un positionnement professionnel difficile

Nous avons aussi eu affaire à des enseignants qui exprimaient des difficultés à se positionner dans l'institution. Ce sentiment revient très fréquemment avec des enseignants qui effectuent des activités de soutien en itinérance pour des enfants sourds solarisés en milieu « ordinaire » : quel rôle jouer lorsqu'il y a déjà un enseignant référent de la classe et que son intervention est très locale et ponctuelle ? Nombreux sont les enseignants qui se posent la question de leurs obligations et relations vis-à-vis de ces collègues qui peuvent les percevoir comme des intrus dans leur classe ou comme des juges. On retrouve cette difficulté à se positionner quelquefois par rapport aux parents qui préfèrent s'appuyer sur l'enseignant que sur les intervenants médicaux pour vivre au quotidien les difficultés d'assumer un enfant handicapé ou par rapport à d'autres professionnels qui interviennent auprès de ces enfants. C'est le cas, par exemple, des orthophonistes qui sont impliqués dans l'apprentissage de la lecture aux jeunes enfants sourds et peuvent remettre en cause le sentiment d'utilité d'un enseignant débutant à qui incombe la même mission.

Au final, nier les aspects importants du métier d'enseignant ne peut que nourrir le sentiment de solitude, de non reconnaissance, d'impuissance, de non sens qu'expriment nombre d'enseignants aujourd'hui. (Perrenoud, 2001b). Reconnaître ouvertement une facette du travail réel est un pré-requis absolu pour le traiter en formation. « Dès lors qu'on sait et qu'on accepte que, dans une classe, on gère des conflits, on rend la justice, on exerce un pouvoir, on menace et on séduit, on se trompe et on censure, on peut tenter de comprendre les tenants et aboutissants de ces actions et tenter de maîtriser leurs possibles dérives. » (Perrenoud, 2001b). D'où l'intérêt de préparer ouvertement les futurs professionnels à ce qui les attend vraiment. Autrement dit, la prise en compte du travail réel au moment de construire un plan de formation ouvre la voix à l'analyse du travail et des pratiques comme démarche de formation.

Mais comment répond l'institution à ces demandes et attentes ? Quels cadres nous donne-t-elle pour penser une formation professionnalisante ?

I-3-3-2 L'avenir de la profession d'enseignant

Conformément à la Loi d'orientation et de programme pour l'avenir de l'Ecole du 23 avril 2005, suite à l'intégration des IUFM aux universités, le Haut Conseil de l'Education (HCE) a remis ses « recommandations » sur la formation des enseignants au ministre de l'éducation nationale. Il définit des compétences, demande un allongement et une professionnalisation de la formation. Il met en avant l'intérêt de la formation en cours d'emploi, articulant formation initiale et continuée :

«*Dans le passé, la politique de l'éducation privilégiait en général la formation initiale plutôt que la formation en cours d'emploi, mais à présent cette situation s'inverse. La carrière enseignante est de plus en plus considérée dans une optique de « formation tout au long de la vie ».*

Enfin, il souligne que *la formation disciplinaire d'un côté, et la bonne volonté et de réelles qualités humaines de l'autre ne suffisent pas si l'on veut faire réussir tous les élèves.*[21]

I-3-3-2-1 Enseigner est un métier

Pour concilier enseignement de masse et élévation du niveau, le HCE propose de raisonner, comme certains de nos voisins, en termes de compétences professionnelles des enseignants. Sa définition du terme « compétence » est la reprise de celle utilisée à propos du socle commun :

« Une compétence est toujours une combinaison de connaissances, de capacités à mettre en oeuvre ces connaissances, et d'attitudes, c'est-à-dire de dispositions d'esprit nécessaires à cette mise en oeuvre. Ainsi, par exemple, la compétence « Prendre en compte la diversité des élèves », requiert parmi les connaissances, des notions sur les diverses formes d'intelligence et sur le fonctionnement des mécanismes cérébraux ; parmi les capacités, celle de savoir travailler et faire travailler à partir des erreurs des élèves ; parmi les attitudes, celle d'être convaincu que tous les élèves peuvent apprendre. […]. C'est la raison pour laquelle, selon les « Principes européens » (Commission européenne-2005), si l'on veut «améliorer les possibilités d'enseignement et d'apprentissage », la formation des maîtres gagne à s'appuyer sur les résultats de la recherche, qu'il s'agisse de la recherche disciplinaire comme de ce qu'on appelle la «recherche en éducation » (notamment la didactique des disciplines et les méthodes d'évaluation), c'est-à-dire la recherche dans les sciences et disciplines qui concourent à l'efficacité des pratiques didactiques et pédagogiques et à la réussite des élèves » (ibid., 2007).

Dans le débat sur la formation des maîtres, le HCE a choisi une approche qui donne toute sa place aux savoirs professionnels et à la recherche en éducation. Le HCE souligne pertinemment que les connaissances disciplinaires sont nécessaires mais ne sont pas suffisantes et présente dix compétences qui sont difficilement contestables : la compétence disciplinaire, la maîtrise de la langue française, la capacité à concevoir son enseignement, à prendre en compte la diversité des élèves, à gérer une classe, à évaluer les élèves, à travailler en équipe et à coopérer avec les partenaires de l'Ecole, à innover, à agir de façon éthique et enfin à utiliser les TICE.

En définissant la formation des enseignants comme un ensemble de compétences professionnelles, le HCE redéfinit en fait l'exercice même du métier. Il inclut dans le métier des savoirs d'ingénierie éducative, ce qui sera un de nos objectifs de formation. Il fait des enseignants des agents communicants. Il les installe à l'intérieur d'équipes éducatives. C'est à une mutation profonde du métier et de ses conditions d'exercice qu'appelle le HCE.

[21] Recommandations du Haut Conseil de l'Education pour la formation des maîtres, novembre 2007, in Flash du 06-11-2006 du café pédagogique, [en ligne], http://www.cafepedagogique.net/lesdossiers/Pages/formation_index.aspx .

Nous allons essayer de voir quels sont les points de cohérence qui existent entre les demandes du HCE et les positions ministérielles.

I-3-3-2-2 Quelles compétences sont attendues du métier d'enseignant ?

Dans un rapport remis en février 2007 au ministre de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche, Mr Gilles de Robien, une commission[22] présente les objectifs de la formation des enseignants, telle qu'elle devra être mise en oeuvre par les organismes de formation qui vont en être responsables c'est à dire les IUFM intégrés aux universités.

Ce cahier des charges définit les exigences de l'Etat, du point de vue des compétences des enseignants. Des compétences communes sont visées pour tous les enseignants, des premiers et seconds degrés, de manière très prescriptive.

> *« En pleine connaissance des orientations de la Nation en matière d'éducation, ainsi que du projet académique qui les décline, tout professeur doit :*
> *- agir de façon éthique et responsable ;*
> *- maîtriser la langue française pour enseigner et communiquer ;*
> *- maîtriser les disciplines et avoir une bonne culture générale ;*
> *- concevoir et mettre en œuvre son enseignement ;*
> *- organiser le travail de la classe ;*
> *- prendre en compte la diversité des élèves ;*
> *- évaluer les élèves ;*
> *- maîtriser les technologies de l'information et de la communication ;*
> *- travailler en équipe et coopérer avec tous les partenaires de l'École ;*
> *- se former et innover »* (BO n°9 du 1e mars 2007).

Un des premiers principes qui organise ce cahier des charges est d'abord, la mise en place d'un référentiel de compétences.

> *L'État-employeur définit les compétences des personnels d'enseignement, de documentation et d'éducation. Ces compétences sont abordées dès l'université, se construisent progressivement durant l'année de professionnalisation, se développent et se consolident pendant les deux premières années d'exercice puis tout au long de la vie professionnelle.*

Le rapport souligne plusieurs fois que la formation s'inscrit dans le cadre de « l'alternance » entre présence à l'IUFM et sur le terrain. Ce principe d'alternance prévaut aussi bien en formation initiale que continue.

Un troisième principe important et novateur consiste à *veiller à la continuité des apprentissages et prendre en charge la diversité des publics et des situations*. A l'issue de sa formation l'enseignant est

[22] Cahier des charges de la formation initiale des enseignants. Commission Pietryk, 2 février 2006. Gilles de Robien, ministre de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, a transmis le lundi 27 novembre 2006 au Haut Conseil de l'Éducation (H.C.E.) le projet de cahier des charges rénové de la formation des enseignants des premier et second degrés.

en mesure de prendre part à la conception d'un Projet Personnel de Scolarisation (PPS) pour les élèves à besoins particuliers.

> *« La formation initiale et continue permet aux professeurs, aux conseillers principaux d'éducation et aux certifiés de documentation de connaître les dispositifs relevant de l'éducation prioritaire et de contribuer à la prise en charge des élèves à besoins éducatifs particuliers. Conformément à la loi du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, les compétences et les connaissances spécifiques pour l'accompagnement des élèves handicapés doivent être développées » (circulaire n° 2006-119 du 31-7-2006).*

Enfin, la formation s'inscrit dans un continuum avant les concours et la formation professionnelle en IUFM, pendant et après l'année de professionnalisation.

> *« Si les savoirs théoriques déconnectés de la pratique sont inefficaces, l'expérience des professeurs stagiaires n'est pleinement formatrice que si elle est analysée à l'aide d'outils conceptuels et des apports de la recherche universitaire. La formation initiale des enseignants est donc fondée sur une articulation entre des périodes de stage, moments de pratique dans une classe, et des temps de formation hors de la classe » (ibid*., 2006).

Après l'année de professionnalisation, une entrée progressive dans le métier est préconisée et un accompagnement dans le premier emploi *constitue un volet indispensable de la formation professionnelle initiale. Au cours des deux années qui suivent sa titularisation, le nouveau professeur complète sa formation initiale en suivant des actions particulières ou des stages de formation continue.* Parmi les propositions de stages, se trouve le stage d'adaptation scolaire et de scolarisation des élèves en situation de handicap, qui nous concerne directement, puisque c'est dans ce cadre que l'INS propose ses formations.

> *« La loi du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées implique que chaque professeur, au sortir de la formation, dispose d'un bagage minimal lui permettant de prendre en charge les élèves en situation de handicap. Ce stage a pour objectif de familiariser le futur professeur avec les problématiques générales du handicap et de l'intégration scolaire :*
>
> - *mettre en relation les connaissances acquises en IUFM et l'observation du terrain ;*
> - *observer les pratiques et les techniques pédagogiques de remédiation et de compensation;*
> - *connaître les partenaires éducatifs et de soins, les réseaux d'aide ;*
> - *participer à l'élaboration d'un projet personnalisé de scolarisation ;*
> - *connaître et envisager, le cas échéant, les spécialisations destinées aux enseignants qui souhaitent travailler avec des élèves en situation de handicap » (ibid.,* 2006).

I-3-3-2-3 Comment prendre en compte dans la formation l'évolution du métier d'enseignant ?

Nous retrouvons dans les principes fondamentaux du rapport ministériel, la prise en compte de plusieurs variables nouvelles : la notion de compétence professionnelle, la diversité et l'hétérogénéité des élèves, l'appui sur les recherches universitaires, l'intégration à la formation des pratiques professionnelles par le biais de stages, d'une formation continue et d'une alternance entre centre de formation et terrain qui permettent l'articulation des connaissances théoriques universitaires et de la pratique de la classe.

Cependant, si le référentiel des dix compétences professionnelles recommandé par le Haut Conseil de l'Education a été repris dans l'arrêté, nous pensons avec J. L. Auduc (2006), qu'il reste globalement des points ambivalents. Ces propositions ne s'inscrivent pas dans une démarche répondant efficacement aux exigences du métier enseignant. Pour décrire les compétences d'un enseignant, il faut analyser son activité réelle, or cette analyse réelle du travail n'est pas suffisante : il y a encore trop de référence au *travail prescrit* plutôt qu'au travail réel ; on ne peut déduire la réalité du travail de la connaissance des cahiers des charges et des principes pédagogiques de base.

Un métier qui demande plus de collégialité

Avec P. Frackowiak (2006), nous pensons qu'une vraie innovation réside dans l'introduction de la formation au travail d'équipe. « Bien comprise dans ses deux dimensions, la transversalité, au moins pour toute la période de la scolarité obligatoire, pourrait donner davantage de sens et d'efficacité au projet d'école ou d'établissement si ce concept a une chance de survie. Le travail d'équipe ne se décrète pas, il s'apprend et se construit, ce qui nécessite une réorientation de la formation » (Frackowiak, 2006). L'organisation du travail est de plus en plus basée sur les collectifs et la communication, et nécessite donc de nouvelles compétences dans ces champs, notamment dans le contexte de la surdité. Nous essaierons de mieux analyser dans ce contexte particulier les questions qui se posent pour répondre à ce besoin en formation.

Un métier qui demande plus de flexibilité

La formation initiale doit être professionnelle, entend-on, c'est-à-dire qu'elle doit préparer à l'exercice du métier. Nous pensons que l'arrêté ne permet pas de traiter réellement cette question. D'une part, lorsque le modèle pédagogique est implicitement « applicationniste » avec une leçon de mathématiques, un questionnement magistral très fermé et inducteur, définitions et théorèmes, des explications et des exercices d'application ou/et de contrôle, on ne peut pas parler de professionnalisation. En effet, un seul modèle prévaut, universel et éternel, celui que l'on peut être tenté de reproduire car c'est celui qu'on a connu en tant qu'élève. Cette pédagogie ne peut suffire pour répondre à la diversité des publics et en particulier à celle des enfants à besoins particuliers. D'autre

part, il se peut aussi que la formation professionnelle effectuée en stages se réduise à des gestes professionnels de type « trucs et astuces » si aucune réflexion théorique n'est engagée à partir de l'expérience vécue sur le terrain : malheureusement « ce sont des pratiques de formation qui ont toujours cours tant à l'école primaire que dans le second degré » (Frackowiak, 2006). Nous avons comme objectif de chercher comment créer des conditions de formation qui soit professionnelle dans la situation des enseignants pour élèves sourds.

Un métier qui demande plus d'adaptabilité de ses connaissances

Au niveau de l'articulation théorie/pratique, il nous semble en effet, que le **«** caractère successif de la formation est maintenu et même renforcé. Le concours de recrutement est fondé sur la maîtrise des savoirs disciplinaires ; l'année de stage, sur les savoirs faire et les gestes professionnels ; les deux années suivantes sur la connaissance de la diversité des publics scolaires, du système éducatif et de son environnement » (Auduc, 2006). Un tel découpage est traditionnel dans le système français : on reçoit d'abord une formation académique à l'Université, puis, après, une formation professionnelle à l'IUFM.

L'état des lieux montre que les critiques des enseignants portent majoritairement sur l'inefficacité des savoirs acquis en centre de formation : ils ne sont pas directement opérationnels dans leur contexte, l'adaptation et la construction de processus d'adaptation sont trop souvent laissées à leur charge. Effectivement, différents niveaux de savoirs interviennent dans la transmission des savoirs en formation professionnelle : le niveau des savoirs scientifiques et fondamentaux, celui des savoir faire issus de la pratique qui sont problématisés pour les généraliser à une plus grande classe de situations et des gestes professionnels experts liés à la complexité des situations du métier d'enseignant devant s'adapter à tous les publics. Pour éviter un trop grand décalage entre une formation académique ressentie comme inutile et une pratique intuitive qui répond tant bien que mal aux éternels imprévus, une articulation entre les situations vécues (fictives ou réelles) et une théorisation qui tente de les expliquer et de généraliser les processus, nous semble absolument nécessaire. Nous analyserons les questions que pose l'articulation de ces différents niveaux de connaissances dans le cadre plus précis de l'enseignement des mathématiques aux enfants et adolescents sourds. Nous pouvons d'ores et déjà donner un point de vue qui guidera cette analyse : le principe de l'alternance nous semble un enjeu fondamental pour permettre à nos futurs enseignants de se construire une identité professionnelle claire dans leur contexte particulièrement complexe. Or, l'identité professionnelle s'appuie sur des savoirs, des savoir-faire et des gestes professionnels. Nous ferons référence à des travaux en sciences de l'éducation pour tenter de proposer un modèle de scénario pédagogique qui prenne en compte les enjeux de l'alternance dans une conception intégrative plutôt que juxtapositive, pour pouvoir, grâce à une pratique réflexive, articuler théorie et pratique (Clenet, 2003).

Un métier qui demande plus de réflexion sur l'action

En effet, il nous semble qu'un pan de la formation n'est pas explicite dans cet arrêté c'est la place de la prise de conscience pour un enseignant de ses actions pédagogiques. Nous avons envisagé précédemment comment se développent les compétences professionnelles de façon générale et nous y avons analysé la place de la conceptualisation ; il nous reste à transposer ce modèle aux compétences des enseignants. Comment former des enseignants à la complexité de concevoir des situations d'apprentissage adaptées aux besoins particuliers des élèves ? Comment les inciter à conceptualiser leurs actes de médiation tant au niveau des choix des situations qu'à celui des activités d'étayage et de tutelle de leurs élèves ? Comment favoriser leur prise de distance par rapport à leurs pratiques et l'identification des concepts pragmatiques mis en œuvre ? Voilà autant de questions que n'aborde pas explicitement le cahier des charges actuel et que nous nous proposons d'étudier.

Quelles compétences développer pour un enseignant ?

Une première question générale consiste à expliciter la nature des compétences à acquérir par les stagiaires. Nous structurons les compétences théoriques et pragmatiques que nous pensons nécessaires qu'un enseignant expert puisse développer, en nous référant au travail de L. Paquay *et al*. (Paquay, Altet, Charlier, Perrenoud, 2001, p.69) :

- les compétences liées à la classe : celles qui regroupent les actions relatives à l'organisation des tâches dans le temps, l'aménagement de l'espace, la gestion de l'hétérogénéité des élèves, le choix des activités, l'utilisation de ressources variées et adaptées…,

- les compétences liées aux élèves : l'observation et l'évaluation des élèves, de leurs possibilités, de leurs difficultés, de leurs besoins, de la connaissance des remédiations possibles, de la différenciation de leur enseignement, de l'adaptation aux divers besoins particuliers des élèves…,

- les compétences liées à la discipline : l'exigence d'une appropriation des mathématiques, la capacité à décontextualiser les savoirs à enseigner de l'ensemble des savoirs savants pour les recontextualiser dans des situations didactiques à partir des savoirs des élèves, à les enseigner en interdisciplinarité pour favoriser la mise en relation des disciplines et le sens des apprentissages scolaires…,

- les compétences exigées par rapport à la société : comme établir des communications avec les parents, avec les autres enseignants et autres professionnels…,

- les compétences inhérentes à sa personne : comme savoir devenir un enseignant réflexif sur sa propre action et sur sa démarche, gérer sa propre formation continue.

La multi référentialité des compétences listées, requises pour enseigner, démontrent bien la complexité du métier et les difficultés qui en résultent lorsqu'il s'agit d'envisager leur développement.

Comment les compétences professionnelles s'acquièrent-elles ?

La question qui suit alors est de se demander comment s'acquièrent ces compétences. Quelles situations de formation favorisent le développement des compétences professionnelles ? Une réponse spontanée consisterait à reprendre cet ensemble de compétences jugées nécessaires, et à proposer un dispositif de formation qui tente de viser l'acquisition de chacune. Nous pensons avec S. Nadot qu'en voulant trop travailler l'activité à partir de listes exhaustives de compétences, on se prive de travailler sur les conceptualisations sous jacentes (Nadot, 2003, p. 56).

Nous avons retenu précédemment l'hypothèse que les compétences professionnelles se construisent au travers des situations auxquelles un enseignant doit faire face et par rapport auxquelles il doit développer des formes d'organisation de son activité. Par conséquent, il serait tentant de chercher à rapporter chacune des compétences attendues à un contexte dont elles donnent une certaine maîtrise et proposer en formation une étude des diverses situations que le stagiaire sera amené à rencontrer dans sa future vie professionnelle. On pourrait espérer ainsi mettre à sa disposition des réponses efficaces et pertinentes pour chacune de ces situations. Mais ce qui appelle notre réflexion alors touche à la problématique de la transformation de compétences en situation de travail dans un espace aménagé en situation de formation. Et finalement, la question que nous nous posons est de savoir comment apprendre dans et par la situation de travail alors que la formation que nous concevons se déroule en centre c'est-à-dire hors de la situation réelle de travail.

D'autre part, la complexité et la très grande diversité des situations, n'en permettent pas une étude exhaustive. D'autant plus que dans le cadre des enseignements adaptés, les situations sont encore plus complexes et variées que dans l'enseignement classique, comme nous le remarquerons plus loin.

Ainsi, plutôt que d'établir une liste des compétences que les stagiaires sont censés acquérir, ou de situations dans lesquelles ils sont supposés agir de façon pertinente, « il est préférable d'identifier les catégories de situations qui se révèlent poser systématiquement problème … En effet, le caractère critique des situations reflète le caractère critique des compétences à mettre en œuvre. » (Vergnaud, 2003 a, p. 56). Nous nous attacherons donc dans la suite de ce travail à identifier les catégories de situations qui caractérisent l'enseignement des mathématiques à des élèves sourds dans leurs aspects complexes et critiques. Nous choisissons de concevoir les situations de formations qui favorisent l'élaboration d'un modèle mental pragmatique, c'est-à-dire opérationnel pour l'action professorale, intégrant des représentations, des savoirs, des savoir-faire et des connaissances en relation avec leur expérience. Il ne s'agit pas d'appliquer des « méthodes » mais d'inventer des stratégies d'enseignement.

I-4 La professionnalisation de la formation des enseignants

Du fait que le travail réel des enseignants comprend un ensemble de tâches complexes et exige des savoirs expérientiels, le métier d'enseignant s'enseigne dans une relation à cette complexité, que nous essayons d'analyser par ce travail. Un de nos premiers objectifs est d'effectuer une analyse des contextes particuliers dans lesquels les enseignants évoluent et la manière dont ils y évoluent pour contribuer à développer leurs compétences dans la perspective d'une plus grande professionnalisation.

Le développement des compétences professionnelles chez les enseignants repose fondamentalement sur la formation initiale, l'expérience et la formation continue. Nous nous situons à un niveau intermédiaire puisque les enseignants que nous accueillons ont pour la plupart suivi une formation initiale pour enseigner mais, face au handicap, sont souvent « débutants » ou en tout cas, s'ils disposent déjà d'une expérience dans l'éducation spécialisée, ils n'ont pas encore suivi de formation professionnalisante dans ce domaine.

I-4-1 Des situations qui favorisent le développement de compétences professionnelles

La formation a pour but de guider les futurs enseignants dans la résolution des situations complexes auxquelles ils vont être confrontés. Par exemple, les armer pour mieux comprendre les compétences et les difficultés de leurs élèves, pour adapter au plus près leurs réponses pédagogiques à des besoins particuliers d'élèves comme ceux des élèves sourds. Pour résoudre les problèmes qu'ils rencontrent, les enseignants doivent prendre en compte de nombreuses variables qu'il leur faut analyser dans le but de sélectionner les informations pertinentes qui se manifestent à eux. Pour agir de façon adaptée à la situation, la décision d'un enseignant expert n'est pas planifiée selon un algorithme qui conduirait à coup sûr au résultat souhaité. A partir des informations retenues, l'enseignant repère des similitudes entre la situation présente et des situations déjà rencontrées. Il prend ses décisions en fonctionnant, le plus souvent, par associations d'idées. Selon V. Tochon, le mode de raisonnement privilégié reposerait en grande partie sur l'abduction, processus mental se traduisant par une perception directe et intuitive d'hypothèses, globalement, sans recours à la déduction (Tochon, 1993, p. 139). D'où l'importance, pour l'enseignant en formation, d'être confronté à un grand nombre de situations professionnelles, que ce soit directement, lors de stages par exemple, ou indirectement quand il travaille sur des situations rapportées par le formateur, ses pairs ou lui-même, à partir de supports variés : oraux, écrits, vidéos.

Des principes conducteurs

Les hypothèses qui jalonnent notre réflexion s'articulent autour de quelques principes fondamentaux qui fondent notre travail de chercheur-ingénieur-praticien.

- Nous croyons dans le principe d'éducabilité, pour tous et à tous les âges : tous les Hommes ont le droit au développement de leur personne et de leurs compétences de façon à gérer de façon autonome et coopérative leurs projets de formation.

- L'acte d'enseigner est complexe : sa fonction dépasse le cadre d'un cours et la transmission d'informations. L'enseignant doit réaliser des tâches très diversifiées et mettre en œuvre un vaste registre de connaissances et de compétences.

- Enseigner est un acte réflexif : puisqu'il ne se réduit pas à la pure exécution mécanique d'une tâche, il requiert une réflexion dans et sur l'action qui permet l'appropriation et la transformation de l'expérience en savoir.

- C'est aussi un acte interactif : par essence, il est avant tout fait de relations entre des personnes, de rapports humains dans lesquels l'aide, l'accompagnement et la médiation visent le développement des sujets.

Divers types de situations de formation

Outre ces fondements reconnus sur lesquels s'accordent tous les travaux, nous mettrons en avant d'autres repères théoriques pour appuyer notre étude des modalités de formation adaptées aux exigences de professionnalisation actuelles. Par exemple, Samurçay et Pastré identifient trois grandes catégories de situations qui favorisent explicitement le développement des compétences, ces trois formes pouvant coexister pour l'apprentissage d'un même métier :

- « l'exercice direct de l'activité avec un apprentissage sur le tas, par compagnonnage, par le travail collectif, etc.;

- l'alternance, c'est à dire par juxtaposition de formations « théoriques » et « pratiques », la synthèse devant être généralement effectuée par le sujet lui-même ;

- par l'utilisation de situations de travail transposées à des fins didactiques » (Samurçay, Pastré, 1998).

Dans le travail que nous présentons, si les premières et troisièmes catégories de situation ont été expérimentées, l'alternance telle que nous la concevons dépasse le cadre évoqué. En effet, nous avons pratiqué une alternance intégrative en ayant recours à une stratégie de double piste qui place les stagiaires dans une situation d'apprentissage congruente avec celle des élèves sourds et en les accompagnant sur le terrain (voir la paragraphe I-4 de ce chapitre). Nous allons rapidement présenter ces caractéristiques des situations que nous avons conçues pour la recherche présente.

Les caractéristiques des situations choisies pour la recherche

Nous proposons deux scénarios de formation composés de plusieurs situations : un scénario qui a pour but d'étudier la place du langage dans les apprentissages mathématiques des élèves sourds et un deuxième scénario qui vise à approfondir l'intérêt des situations expérentielles dans la construction de concepts mathématiques. A l'occasion de ces deux scénarios, plusieurs types de situations de formation sont expérimentées, hors et en situation de travail :

- des activités de simulation et de réflexion favorisant la distanciation, vécues en groupes, enregistrées sur supports vidéos numériques pour permettre un retour réflexif et collégial, des situations transposées à des fins didactiques, plus ou moins déstabilisantes, des situations problématisées suivies de mises à l'épreuve en classes,

- que ce soit dans des « ateliers de pratique accompagnée » en situation réelle, des situations d'exercice en direct avec l'étayage de la confrontation aux pairs plus ou moins experts, ou dans des situations d'accompagnement sur le terrain des stagiaires dans les classes dont ils ont la responsabilité au cœur de l'alternance.

- Ces situations sont cimentées les unes aux autres par des apports théoriques directement liés à la situation de travail.

L'analyse que nous effectuerons de la mise en place de ces scénarios s'appuie sur des principes qui constituent des enjeux essentiels d'une formation professionnalisante dans notre contexte d'étude. Nous ferons référence à la nécessité d'articuler les connaissances théoriques et l'expérience issue de la pratique professionnelle. Nous choisissons pour nos stagiaires une démarche active, de problématisation des situations que ce soit pour des situations de simulation, au sein de la structure de formation ou dans une activité réelle d'enseignant, au sein d'une classe. Enfin, nous examinerons la place de l'analyse du travail et de l'action comme démarche de formation. Au-delà des dimensions didactique et pédagogique, centrales dans la formation des enseignants, d'autres aspects sont à considérer car la formation est aussi une transformation de la personne et l'occasion de réfléchir sur les enjeux sociaux, politiques et éthiques de l'enseignement

I-4-2 Théorie/pratique : une opposition à dépasser

Parmi les postulats sur lesquels repose une conception courante de la formation, nous en retiendrons essentiellement deux pour les remettre en question. Le premier postulat affirme que la compétence professionnelle s'appuie sur des connaissances fondamentales. Le futur enseignant ne peut mettre en œuvre et maîtriser des habiletés dans sa situation professionnelle qu'après avoir acquis les principes généraux issus de recherches fondamentales existantes. Le deuxième postulat stipule que le futur

enseignant recherche en formation des « recettes » pédagogiques très contextualisées à sa situation professionnelle présente.

I-4-2-1 Des conceptions à remettre en cause

Le premier postulat est battu en brèche au niveau théorique lui-même (Schön, 1994) et la complexité des situations d'enseignement ne permet pas de disposer d'un « prêt-à-porter » pédagogique directement utilisable et parfaitement adapté à tous les contextes d'enseignement comme le laisserait supposer le deuxième postulat. Aucune situation professionnelle ne peut se réduire totalement aux modèles connus et tout particulièrement dans l'ASH ; il est nécessaire de réajuster à une situation toujours singulière et donc bien souvent de réinventer des stratégies d'enseignement. Il n'y a donc pas de possibilité de mettre en œuvre une démarche pédagogique de type déductif à partir de théories préexistantes.

Le deuxième postulat est difficile à respecter, en particulier dans les formations en alternance. Soit les réponses qui tentent d'aider les enseignants stagiaires, en étant très près de situations particulières, sont trop réductrices et donc peu transférables, soit au contraire, en cherchant à les aider à prendre de la distance par rapport à leur contexte particulier d'enseignement, elles peuvent être trop générales et pas assez articulées avec la réalité ni avec leurs besoins immédiats de professionnels pris dans l'urgence d'une gestion d'élèves en difficulté.

De ce fait, l'approche pédagogique proposée dans les centres de formation, en termes d'évaluation et de démarches d'enseignement, tente de résoudre la complexité des pratiques professionnelles par l'apport de connaissances trop générales ou trop réductrices qui ne donnent pas les moyens aux futurs enseignants de prendre en compte toutes les composantes de la complexité de leur situation d'enseignement. Souvent les connaissances proposées en formation éclairent insuffisamment la pratique car elles sont déconnectées de la réalité et ne sont pas reliées entre elles de façon explicite. Nous adhérons totalement au constat de S. Nadot qui souligne que : « A ne pas travailler le lien entre la théorie et la pratique, on prend le risque d'une formation inefficace, d'une pratique déficiente et de la souffrance qui l'accompagne et en même temps du rejet définitif des théories qui apparaissent alors totalement inopérantes pour la pratique » (Nadot, 2003, p.19).

I-4-2-2 Les interactions entre le théorique et le pratique

Nous avons eu l'occasion de souligner que, selon Vygotski, loin de s'opposer, les concepts scientifiques et les concepts quotidiens doivent se féconder mutuellement dans un rapport dialectique. L'opposition théorie/pratique est un faux débat, l'une nourrissant l'autre et réciproquement. F. François le formule ainsi : « il y a au moins deux façons opposées de penser : à partir de l'expérience ou à partir du discours de l'autre » (François, 1989, p.46).

Si nous nous référons au cadre de la didactique professionnelle, la structure conceptuelle d'une situation, est essentiellement organisée autour des concepts pragmatiques de ce domaine. Enseigner dans une classe, mobilise et engendre des concepts pragmatiques d'analyse et de décisions pour agir face à un groupe d'élèves. Cependant, la réalisation de l'activité d'enseigner nécessite d'acquérir au préalable certaines connaissances théoriques comme par exemple un travail sur les représentations de l'enseigner et de l'apprendre, ou des mathématiques, ou encore des apprenants, des personnes handicapées ou sourdes. Tous ces savoirs, il faudra les transformer pour qu'ils soient efficaces dans l'activité professionnelle. Les connaissances théoriques seront alors l'objet d'une *pragmatisation* (Pastré, 1999) en les confrontant aux caractéristiques des situations effectives d'enseignement et deviendront ainsi des outils qui permettent de penser et comprendre pour agir en situation. A l'inverse, l'action professionnelle et la réussite de l'action constituent des connaissances qui peuvent être réinvesties, exclusivement dans le cas où la compréhension de l'action et des conditions de sa réussite est effectuée, c'est-à-dire sans que pèse l'urgence de l'action quotidienne ; l'expérience ne vaut que par la réflexion et les formes qu'elles suggèrent.

Or, une réponse intéressante pour réduire cet écart entre les connaissances théoriques et les situations réelles de terrain est donnée par la formation en alternance.

I-4-3 Une réponse : la formation par l'alternance

Nous avons précédemment noté que la réponse institutionnelle à la demande d'articulation entre théorie et pratique a choisi de fonder la formation sur l'alternance, réponse qui correspond aux besoins et aux choix de beaucoup d'autres pays. Au niveau concret, l'application du principe de l'alternance consiste à juxtaposer deux espaces-temps : la théorie aux universitaires et la pratique aux professionnels dits de terrain. Les nouveaux dispositifs de formation en alternance visent à favoriser les liens entre ces pôles, mais le théorique et le pratique doivent se trouver intégrés dans chacun des domaines de l'alternance : le terrain et l'université. D'une part, la fonction des universitaires ne doit pas se limiter à l'apport magistral décontextualisé et doit être de partager du savoir en privilégiant le tutorat. D'autre part, nous pensons avec C. Alin, que les stages et les situations de travail effectif doivent articuler le théorique et le pratique ; il est illusoire de croire encore au vieux fantasme de la formation sur le tas. L'imitation des « experts » et le terrain ne sont pas les seuls garants d'une professionnalité (Alin, 2006).

I-4-3-1 Des difficultés à organiser l'alternance au niveau des lieux de formation

Les enseignants-stagiaires destinés à scolariser les enfants handicapés sont formés en alternance depuis trois ans maintenant pour répondre à la complexité de leurs nouvelles fonctions. L'expérience

que nous avons dans ces formations, intitulées CAPA-SH[23] et 2CA-SH[24], montre à l'évidence de nombreuses difficultés à organiser cette alternance et l'articulation théorie/pratique qu'elle devrait engendrer.

En effet, **au niveau du premier degré**, les situations sur le terrain sont tellement différentes d'un stagiaire à l'autre qu'il est souvent bien difficile, au sein du centre de formation, de généraliser des réponses applicables à chacune. Plonger les stagiaires dans le bain du handicap doit s'accompagner d'un temps suffisant de préparation didactique et professionnelle, d'accompagnement et de retour réflexif effectué au sein de la structure de formation, sous peine d'exposer les enseignants stagiaires à des difficultés de fonctionnement dans leur travail et à des souffrances identitaires qu'il est malaisé de soulager. De plus, les formateurs des centres de formation et ceux de terrain n'ont que très peu d'occasions de collaborer : dans notre cas, l'éloignement géographique est le principal obstacle. Dans tous les cas, il est souvent difficile d'établir des liens et d'accorder les exigences qui peuvent différer d'un point de vue à l'autre. Enfin, une mauvaise délimitation des rôles de chaque partenaire, ne contribue pas toujours à l'installation d'une reconnaissance réciproque des compétences de chacun. Remettre en cause les territoires d'intervention et les compétences des corps d'inspection sur les terrains d'une part, des formateurs en centre de formation d'autre part, est quelquefois irréalisable ; c'est alors à la charge des étudiants de faire le tri et l'articulation entre les différents domaines d'intervention.

Quant **au niveau du second degré**, l'alternance est encore plus problématique puisque certains professeurs en formation n'ont pas toujours l'occasion d'enseigner à des enfants en situation de handicap en parallèle ; certains, même une fois formés, ne pourront pas réinvestir leur nouvelle expérience si l'institution n'est pas en mesure de leur fournir une classe qui accueille des enfants de la population concernée. Une gestion cohérente des besoins en regard des projets des enseignants et des ressources qu'ils représentent n'est pas encore régularisée…

Quels dispositifs de formation permettent alors d'aider l'adulte en formation à relier entre eux les différents savoirs : expérientiels, théoriques, d'actions, éthiques… ? Pour E. Morin, relier les connaissances, mettre en *reliance*[25], devient un des enjeux formatifs du XXIeme siècle (E. Morin, 1999) et là, est bel et bien un des enjeux majeurs de l'alternance. L'intention fondamentale de l'accompagnement en formation en alternance consiste à aider les apprenants à tisser des liens entre différentes formes de savoirs : expériences, savoirs d'actions, savoirs théoriques et méthodologiques.

[23] CAPA-SH : Certificat d'aptitude professionnelle pour les aides spécialisées, les enseignements adaptés et la scolarisation des «élèves en situation de handicap (premier degré).

[24] 2CA-SH : Certificat complémentaire pour les enseignements adaptés et la scolarisation des élèves en situation de handicap (second degré).

[25] Néologisme qui vient de « relier les connaissances ». F. Kourilsky parle de reliance des sciences, dans les actes du Colloque « Carrefour des sciences » , De l'interdisciplinarité, 02 - 1990, CNRS.(in J. Clenet, 2007).

I-4-3-2 L'alternance pour penser en reliance

Nous faisons référence aux travaux de J. Clenet pour définir avec lui ce que signifie *apprendre par l'alternance* dans la pédagogie pour des adultes (Clenet, 2007). Selon lui, apprendre doit être entendu dans ce contexte comme « s'adapter à l'environnement ». *L'école de l'alternance* se situe comme une articulation entre le modèle de l'*apprentissage naturel* par imitation ou par l'expérience et celui de l'apprentissage des savoirs prescrits et transmis de façon organisée par la société, savoirs le plus souvent théoriques et décontextualisés. De ce fait, il est clair qu'on ne peut « *adapter quelqu'un* » de l'extérieur et par injonction à son environnement ; lui seul peut le décider et le rôle du formateur revient « à créer des situations propices à l'adaptation et à accompagner l'apprenant pour l'aider à apprendre, c'est-à-dire à s'adapter à son environnement » (Clenet, *ibid.*). La formation alors se pose en aide ponctuelle et pertinente, *c'est-à-dire en ressources pour le développement individuel autonomisant.* Cette approche suppose que l'apprenant puisse être aidé dans une triple direction « qui mérite d'être travaillée dans tout cursus de formation :

- pour se connaître lui-même et en relation aux autres,
- pour connaître l'environnement, ses transformations et sa complexité,
- pour connaître et s'approprier les ressources plurielles que l'organisation éducative peut lui proposer : humaines, matérielles, cognitives et pédagogiques » (Clenet, *ibid.*).

Ainsi cette conception est loin de celle qui tend à réduire l'apprentissage à la seule restitution de savoirs décontextualisés ou à la seule maîtrise de méthodes universelles et de recettes évoquées en amont. La formation peut s'acquérir dans ce cas de manière relativement autonome, par appropriation et prise de conscience progressive de soi, des autres et de son environnement pour pouvoir agir sur lui de façon pertinente. Cela suppose la nécessaire prise en compte des projets personnels et des activités des apprenants dans l'organisation de la formation.

I-4-3-3 L'accompagnement de l'alternance

Les recherches sur la qualité en formation alternée que Clenet a conduites montrent que la qualité de l'alternance repose sur des principes assez bien identifiés et que l'on retrouve systématiquement dans toute alternance qui « marche ». Il s'agit principalement :

- de la mobilisation de partenaires autour d'un projet fédérateur, un projet explicité et fondé sur des intentions fortes mises en perspectives dans une coopération. « Un pilotage partenarial de la formation peut constituer un moyen puissant pour concevoir la qualité de la formation » (Clenet, *ibid.*) ;

- de l'invention de nouvelles fonctions formatives, telles que l'accompagnement. Accompagner les apprenants, c'est les reconnaître, les mettre en réflexion et les aider à modéliser leurs pratiques.

D'après les recherches et les pratiques de Clenet sur cette question, cet auteur a montré que, paradoxalement en étant accompagné, l'individu se révélait à lui-même comme un acteur devenant

capable d'oser, de prendre de nouveaux risques, c'est-à-dire d'apprendre en milieu ouvert et non protégé. En milieu ouvert, il n'est pas d'apprentissages réels, c'est-à-dire engageants et transformateurs sans un minimum de prise de risque. C'est précisément à cela que l'accompagnement peut, entre autres, être utile.

Accompagner pour permettre la prise de risque

Or, la présence d'un enfant handicapé dans une classe bouleverse nécessairement les pratiques habituelles. L'irruption de la différence, de l'altérité, bouscule la maîtrise relative qu'on croit avoir. Il n'y a plus de sécurité pédagogique, créée au travers des tâches habituelles et de l'organisation des actions pédagogiques qui « fonctionnent pour tous » ; la problématique toujours individuelle et unique de l'enfant handicapé ne peut faire écho à du déjà connu. En cela chaque scolarisation de ces enfants occasionne un questionnement perturbant, déstabilisant. Il bouleverse et toute la fonction de l'enseignant s'en trouve transformée. La prise de conscience progressive de l'impossibilité de fonctionner comme avant entraîne inévitablement une bascule identitaire et professionnelle de l'enseignant, une perte de repères qui inhibe d'autant plus la prise de risque. Si l'enseignant-stagiaire n'est pas accompagné dans l'évolution nécessaire de ses pratiques professionnelles, l'apprentissage de nouvelles démarches pédagogiques adaptées s'en trouve d'autant compromise.

Accompagner pour former

D'autre part, Clenet a aussi montré comment l'accompagnement pouvait devenir une fonction formative privilégiée qui permet d'aider l'apprenant à relier les différentes formes de savoirs entre eux, existentiels, d'actions, théoriques et méthodologiques (Clenet, *ibid*.). Avec lui, nous sommes persuadée que cette fonction formative complexe par l'accompagnement constitue l'enjeu qualitatif majeur de l'alternance.

Les scénarios que nous présentons dans la partie expérimentation de ce travail, suivent ces principes, à la fois en ce qui concerne la mobilisation des stagiaires et du formateur autour des projets dans des situations de travail transposées à des fins didactiques, et à la fois dans l'accompagnement de situations de travail réel dans les classes. Lorsque nous avons la possibilité (et la chance) de pouvoir organiser des « ateliers de pratiques accompagnées », nous constatons de manière tout à fait similaire cette confiance qui pousse les enseignants-stagiaires à s'aventurer dans des démarches qu'ils avouent ne pas oser tenter lorsqu'ils agissent seuls dans leur classe.

I-4-3-4 Une congruence entre les démarches de formation des stagiaires et de leurs élèves

Nous reprenons le modèle élaboré par Daniel Poisson pour modéliser l'alternance en formation des Maîtres (Poisson, 2002, 2007).

I-4-3-4-1 Une stratégie en double piste

Il s'agit de deux pyramides en interaction : la première représente la situation de terrain c'est-à-dire, dans notre contexte, le lieu d'exercice des stagiaires avec les apprenants qui sont une classe avec des élèves dont au moins une partie présente une surdité, et la deuxième représente la situation de formation. Ainsi, les enseignants-stagiaires enseignants se situent simultanément aux sommets des deux pyramides, l'une où ils sont formateurs et l'autre où ils sont en position d'apprenants en lien avec des formateurs.

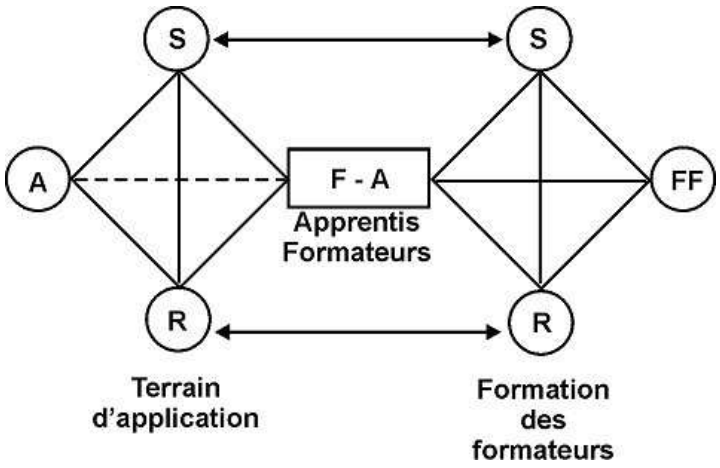


Figure 2 : Une stratégie de formation en double piste

A pour Apprenant
R pour Ressources humaines et matérielles
S pour Savoirs
F-A pour formateur apprenant
FF pour Formateur de Formateur

Dans ce schéma apparaît une chaîne : apprenant/formateurs-apprenti/formateur de formateurs qui pose un premier problème d'alternance ainsi que deux pôles en interaction : les ressources pour la classe/les ressources pour la formation et surtout les liens entre savoir à enseigner aux apprenants (les mathématiques) et savoir savant et professionnel pour la formation des enseignants. Ainsi ce double point de vue implique pour l'enseignant-stagiaire de se comprendre en tant que formateur tout en s'analysant en tant que formé et réciproquement. Nous qualifions après B. Schwartz et après D. Poisson de formation en double piste ce type de pratique. Cette modélisation des interactions entre deux postures nous invite alors à établir une congruence entre les démarches de formations des enseignants-stagiaires et celles que nous cherchons à promouvoir en formation sur le terrain en lien avec l'analyse dont nous faisons état dans ce travail.

C'est cette congruence que nous avons supposée nécessaire et que nous allons présenter plus précisément en deuxième partie, dans un contexte où les apprentissages relèvent des mathématiques et les apprenants de premier niveau sont sourds. Nous faisons l'hypothèse que nous retrouvons avec les enseignants-stagiaires les mêmes questions de transposition des savoirs de formation qu'avec les

élèves vis-à-vis des savoirs scolaires. Les situations de formation pour lesquelles nous avons opté sont fondées sur cette hypothèse de congruence. C'est à partir de notre analyse de la problématique de l'enseignement des mathématiques aux enfants sourds que nous construisons nos situations de formation. L'étude des conditions favorables au passage de l'action à l'abstraction pour que les élèves sourds puissent élaborer des concepts mathématiques nous enseigne de les mettre en scène de façon comparable pour les stagiaires. Du fait que les enseignants « ont une tendance naturelle à reproduire les modèles qu'ils ont subis ou vécus » (Frackowiak, 2006), la formation peut leur fournir une expérience d'apprenant qu'ils oseront produire à leur tour dans leurs classes. De même, notre questionnement autour de la représentation des concepts mathématiques à l'aide de différents systèmes de signifiants oriente notre choix de scénarios de formation dans la perspective de leur faire prendre conscience de l'importance et des spécificités qu'elle revêt dans les apprentissages mathématiques avec des élèves sourds. Enfin, nous gageons sur le fait que lorsqu'on a eu le plaisir de chercher et de trouver dans une activité mathématique, on cherche à le retrouver en le partageant avec ses élèves. C'est le même sentiment que rapporte F. Laroche : « l'élève, l'étudiant, l'adulte en situation de recherche et qui trouve, essaiera de nouveau de retrouver cette joie intense d'être un être pensant » (Laroche, 2004).

I-4-3-4-2 Action et analyse de l'action

Nous accordant avec R. Goigoux et ses collègues, nous envisageons la pertinence d'une formation en alternance en relation avec des composantes qui doivent progressivement s'associer : l'action professionnelle, la réussite de l'action et l'analyse réflexive pour comprendre l'action et les conditions de sa réussite (Goigoux, Cébe, Robert, Elalouf, 2005). Cette condition de pertinence nous conduit à suivre un raisonnement, un peu en boucle : dépasser l'opposition théorie/pratique implique de concevoir une ingénierie basée sur l'alternance mais pour que l'alternance soit pertinente, il est nécessaire d'intégrer la composante « action » c'est-à-dire la pratique, et la composante « réflexion sur l'action », c'est-à-dire le théorique. Si nous voulons éviter de « tourner en rond », il est indispensable de ne pas isoler ces composantes : il en va de même au niveau du cheminement intellectuel qu'au niveau de la formation. Il nous faut donc appréhender cette problématique de l'articulation théorie/pratique dans sa dualité. Nous l'avons examiné sous l'angle de l'alternance, donc entre deux lieux de constitution d'expériences, nous l'abordons maintenant sous l'angle de la construction de connaissances, donc entre deux processus de conceptualisation : la pragmatisation des concepts théoriques et la théorisation des concepts pragmatiques.

I-4-4 Théorie/pratique : une relation dialectique à mettre en scène

L'articulation entre théories et pratiques appelle, selon P. Perrenoud, des démarches de formation constructivistes, interactives, cliniques et différenciées (Perrenoud, 1998, p. 177). La démarche clinique « est au cœur de l'articulation théories-pratiques, (qui) sous-tend le va-et-vient entre

l'expérience de terrain, anticipée puis analysée, et la construction de savoirs théoriques et professionnels (Perrenoud, *ibid.*, p. 180).

Des savoirs théoriques pour résoudre des problèmes professionnels

Pour la didactique professionnelle, les savoirs se construisent avec les acteurs en lien avec leur savoir-faire et la situation de travail : le savoir scientifique n'a de sens que s'il est relié à l'activité. Comme le souligne J.-P. Garel, pour que les connaissances disciplinaires et méthodologiques soient connectées aux situations professionnelles, qu'elles puissent en constituer une grille de lecture et apporter des éléments de réponse aux problèmes qui se posent sur le terrain, la réflexion doit être contextualisée, car la pertinence des décisions qu'appelle l'enseignement dépend du contexte des situations professionnelles effectivement rencontrées ; (Garel, 2000, p. 40). Les connaissances théoriques doivent être utiles pour résoudre des problèmes issus de la pratique et en ce qui concerne notre travail, nos mises en activités des stagiaires font référence au contexte de la surdité et des mathématiques. Cette démarche clinique est cohérente avec le principe constructiviste, dont le respect implique que l'on favorise l'activité des apprenants, afin que les connaissances ne soient pas plaquées « sur » mais véritablement incorporées « par » eux.

Des savoirs d'action qui transforment les connaissances théoriques

De leurs côtés, les travaux de P. Pastré soulignent que la réalisation de l'activité permet de réorganiser des connaissances et d'élaborer de nouvelles relations de signification (Pastré, 1999). C. Vidal-Gomel analyse ces travaux en terme de relation dialectique entre les connaissances dont dispose l'apprenant, dont les connaissances « théoriques » acquises en formation initiale, et la confrontation aux caractéristiques des situations (Vidal-Gomel, 2003, p. 361). Dans cette confrontation, deux mouvements de transformation de la relation entre les connaissances théoriques et les concepts pragmatiques peuvent être différenciés : d'une part, les concepts théoriques vont acquérir un nouveau sens, ils sont « pragmatisés » en donnant du sens à l'action, les connaissances théoriques deviennent ainsi directement opératives et, d'autre part, des concepts pragmatiques vont être constitués

Il s'agit donc pour nous, non pas de savoir quoi enseigner mais quoi choisir comme situations de formation, avec quelles caractéristiques, pour susciter cette relation dialectique et favoriser chez les enseignants-stagiaires des mouvements de transformation des connaissances théoriques en outils pour la pratique et des concepts pragmatiques en savoirs scientifiques.

I-4-4-1 Une approche par résolution de problèmes

Nous faisons le choix d'une approche par problèmes dans laquelle les savoirs ne sont pas donnés mais construits avec et par les enseignants-stagiaires. Lorsqu'ils sont enseignants en responsabilité, ces acteurs sont en situation de résoudre un problème, un peu comme en mathématiques. Il leur faut

prélever des informations pertinentes de la situation, comme dans un problème de mathématiques. Ils doivent ensuite en inférer un diagnostic concernant les difficultés de leurs élèves et les interpréter en les rapportant à des savoirs savants, par exemple, le développement psychologique de l'enfant, les théories de l'apprentissage, les sciences de l'éducation, la didactique des mathématiques…, comme en mathématiques lorsqu'il s'agit d'émettre des hypothèses et de mettre en relation les données avec des champs conceptuels du domaine. En fonction de la représentation qu'ils se font de la situation, comme dans une résolution de problème mathématique, il leur reste à prendre des décisions pour agir et traiter le problème, comme en mathématiques.

Pour concevoir les situations problèmes, le formateur s'intéresse à celles qui correspondent aux erreurs repérées, aux défauts de compétences identifiés, aux incidents, aux situations dites « critiques » (Oudart, 2005, p. 113). L'objectif est d'appréhender au plus près les difficultés des apprenants, les conceptions qui font obstacle à l'élaboration de savoirs professionnels opérationnels. Par exemple, les deux situations de référence des deux scénarios que nous présentons représentent des situations critiques par rapport aux apprentissages pour les élèves sourds. Elles sont fondées sur des représentations de la part des stagiaires qui sont autant d'obstacles dont le franchissement permet aux apprenants de s'interroger sur leurs difficultés et leurs connaissances.

Des problèmes pour confronter les représentations aux caractéristiques des situations d'enseignement des mathématiques à des élèves sourds

Dans le premier scénario, la représentation initiale sur laquelle nous avons construit la démarche de formation se résume ainsi : « *j'ai des difficultés à enseigner les maths avec mes élèves sourds ; les enfants sourds présentent des difficultés particulières dans la compréhension de la langue française écrite ; en maths, les problèmes sont présentés sous forme d'énoncés écrits ; c'est donc parce qu'ils ont des difficultés au niveau de la langue qu'ils ne réussissent pas leurs apprentissages en maths* » (idée partagée par 100% des stagiaires interrogés, voir annexe 6, p. 11). La situation proposée cherche à mettre les enseignants dans une situation de recherche avec, pour les uns une langue qu'ils ne maîtrisent pas, au contraire des autres. La comparaison à partir de traces filmées, du déroulement de l'activité, des difficultés éprouvées et des stratégies employées pour les surmonter, permet d'instaurer des échanges conduisant à repenser le rôle de la langue et des langages dans les apprentissages mathématiques. Au-delà des aspects langagiers, les verbalisations de ces expériences ont dégagé d'autres facteurs déterminants, dont l'importance des concepts et du processus d'abstraction.

Le deuxième scénario répond au premier en confrontant les enseignants-stagiaires à une autre représentation faisant suite à celle analysée au cours du premier scénario. Nous évoquons la représentation qui consiste à interpréter les difficultés des enfants sourds en mathématiques par un défaut de conceptualisation et de capacités d'abstraction ; pratiquement tous les stagiaires sans

distinction arrivent en formation avec ce point de vue. La situation de référence choisit de les confronter au problème de discerner des ressemblances malgré les différences entre plusieurs activités.

Ces problèmes conçus pour remettre en cause des représentations initiales ne constituent que des points de départs. La formation ne peut se réduire à des situations d'apprentissage, même sous forme de résolution de problèmes, qu'il suffit de transposer dans une classe moyennant une adaptation minimale à son contexte propre. Les théories constructivistes nous enseignent que « le sujet n'est jamais *dans* une situation conçue comme un cadre qu'on lui fournirait de l'extérieur, mais toujours au contraire *en* situation » (Fabre et Vellas, 2006, p. 11). C'est-à-dire que le sujet fait partie de la situation et la situation n'est autre qu'une construction de la personne qui agit. Il s'agit d'une dialectique sujet/situation.

I-4-4-2 Une approche par construction de problèmes

C'est en faisant référence à la théorie de J. Dewey que Ph. Jonnaert considère que « ce ne sont plus seulement des connaissances mystérieusement stockées quelque part et tout aussi mystérieusement mobilisées pour l'action, mais bien tous les éléments du contexte, y compris la personne comme élément de ce contexte, la situation et l'ensemble des constructions afférentes qui peuvent être utiles à l'action » (Jonnaert, 2006, p. 36). Dans cette perspective, la connaissance construite ou reconstruite par un apprenant dans un contexte particulier se modifierait lorsqu'elle est utilisée dans un autre contexte. Le travail du formateur revient alors à suggérer des situations que les apprenants s'approprient en les reconstruisant pour les adapter à un autre contexte. Il ne s'agit plus de résoudre un problème déjà construit mais de mettre l'apprenant en situation de reconstruire un problème pour agir. Une action efficace indique que les compétences de la personne lui permettent d'atteindre le but qu'elle s'est fixée ; la situation particulière est intégrée dans une classe de situations. Dans le cas contraire, on peut dire que la situation devient problématique pour elle ; celle-ci est amenée à élaborer de nouvelles constructions pour fonctionner efficacement, à étendre ses schèmes et élaborer une autre classe de situations. La première finalité de la problématisation est de résoudre un problème particulier, de dépasser une difficulté, la deuxième est d'acquérir de nouvelles classes de situations, de nouvelles organisations conceptuelles. Dans cette approche les stagiaires sont invités à participer à la définition et à la gestion des problèmes, à la problématisation des situations.

Dans les scénarios que nous avons élaborés, la problématisation prend naissance avec les interactions entre les formés et avec le formateur. « Problématiser c'est développer un discours argumenté » nous dit M. Fabre (Fabre, 1999). Chaque situation de référence est accompagnée de phases qui visent à permettre aux enseignants-stagiaires de prendre des distances vis-à-vis de leurs représentations et de leur activité, que ce soit dans les situations de référence, dans les ateliers de pratique accompagnée ou dans le suivi individualisé au sein de leurs classes.

I-4-4-3 Une prise de conscience pour problématiser une situation

Ainsi problématiser une situation, renvoie à la prise de conscience, celle de l'efficacité ou non de son action en situation, c'est-à-dire à la conceptualisation de ses décisions et de sa conduite de classe. Pour tisser des liens entre la pensée scientifique et les connaissances issues de la pratique, il faut certes promouvoir l'action, mais aussi faire en sorte que « l'action, passée à travers le crible de la pensée, se transforme en une autre action, qui est réfléchie. La réflexion en cours d'action et sur l'action » est nécessaire pour décontextualiser l'expérience vécue et par conséquent construire les compétences attendues de l'enseignant (Schön, 1994, p. 45). À cet effet, le formateur privilégie des situations où il instaure des médiations, notamment par l'échange avec d'autres, pour se mettre à une distance suffisante de sa propre expérience, pour la « délier de la situation où elle s'est fixée ». En effet, « pour comprendre une réalité complexe et s'y adapter, les savoirs désincarnés sont certes de peu d'utilité, mais s'en remettre à sa seule expérience risque fort de ne pas suffire » (Garel, 2000, p. 38). Dans cette perspective, l'objectif est de former des enseignants pour qu'ils deviennent des praticiens en continuelle recherche, des « praticiens réflexifs » de telle sorte que la formation permette des allers et retours critiques incessants entre les savoirs, les finalités et l'expérience du travail.

En résumé, les références aux activités professionnelles et les échanges réflexifs se retrouvent dans de nombreuses situations de formation : activités de simulation, résolutions de problèmes et de situations critiques, problématisations de cas et de contextes, situations transposées à des fins didactiques, études de cas, analyses de pratiques ou, sur les terrains, dans les ateliers de pratique accompagnée et le suivi des classes d'alternance. Toutes ces situations de formation occasionnent apprentissage et constructions/reconstructions de représentations. Les processus de médiation qui accompagnent l'action sont différents selon qu'ils s'effectuent avant, pendant ou après l'activité car les actions productives et constructives du sujet ne sont pas finalisées de la même façon. Pour chacun de nos deux scénarios, notre travail essaye de mettre en scène les différents temps de verbalisation. Cependant, nous insistons particulièrement sur les phases d'apprentissage médiatisé « après l'activité » en relation avec la notion de zone proximale de développement et les mécanismes de prise de conscience. En effet, c'est dans cette phase que l'apprenant construit, par l'intermédiaire des interactions entre pairs et avec le formateur, une part importante de la conceptualisation de la situation d'action. Pour cela il a besoin à la fois de se remettre dans le contexte de l'action et se distancer de celle-ci.

CONCLUSION DU CHAPITRE I

L'hypothèse pour laquelle nous avons opté de l'existence d'une congruence entre les phénomènes de développement de compétences professionnelles chez les enseignants et la construction des savoirs scolaires et mathématiques chez les élèves, nous conduit à nous reporter au chapitre suivant qui traite de cette dernière question. Les processus d'apprentissage des mathématiques que nous y analysons nous fournissent aussi des repères pour concevoir une formation professionnalisante des enseignants,

basée sur leur mise en activité ainsi que la conceptualisation de leurs actions dans une médiation qui privilégie les interactions entre les acteurs de la formation et la problématisation des situations comme dans le « débat scientifique » en mathématiques.

D'autre part, la transformation progressive des modèles éducatifs fondés principalement sur la transmission des savoirs vers des formes plus ouvertes et plus complexes, c'est-à-dire mieux adaptées à l'apprenant adulte, devient un des enjeux majeurs de nos systèmes de formation, en particulier pour les enseignants d'enfants handicapés. Passer d'un modèle centré sur l'enseignement avec prédominance du mode transmissif, à un mode centré sur l'apprenant construisant ses savoirs en lien avec son propre projet invite les formateurs à renouveler leurs stratégies d'interventions. On sait désormais que les modèles de l'application et de la transmission, sans réappropriations en situations restent foncièrement inopérants ; pis, ils sont inopportuns (Clenet, 2003). En s'éloignant de la perception de la formation comme un processus de traitement d'informations, les recherches et les nouvelles pratiques en formation des maîtres s'emploient à voir le métier d'enseignant comme une praxis, un processus de construction de sens ou de transformation identitaire. Elles reposent sur l'idée que l'activité réflexive des futurs enseignants contribue à leur professionnalisation. Malgré un discours théorique largement reconnu, paradoxalement, le maintien des pratiques « traditionnelles » est encore dominant.

Cependant, si la formation se doit de basculer du processus *enseigner* au processus *apprendre*, elle a pour objet, en congruence, de transformer aussi les pratiques d'enseignement des professeurs et de faire évoluer leurs représentations dans le même sens (Astolfi, 2003). Les pratiques pédagogiques dominantes, aussi bien au niveau des élèves que des adultes, doivent s'analyser en termes d'obstacles, donc de ruptures nécessaires au sens épistémologique de Bachelard. Le constructivisme ne se transmet pas, il se construit, il faut donc arriver à construire une didactique professionnelle et des scénarios de formation qui soient en cohérence avec l'objectif poursuivi, l'évolution du premier au deuxième processus au niveau des élèves aussi.

Les deux phénomènes, formation et enseignement, sont impliqués dans une même dynamique. Rompre avec l'ancienne conception de former, suppose de faire en sorte que les professeurs puissent rompre avec les anciennes conceptions de l'enseignement. Formateurs et enseignants doivent renoncer à certains positionnements identitaires en faisant le deuil du professeur qui professe. Il ne s'agit pas pour autant de prôner une formation «contre » les pratiques quotidiennes et définie par le «mal faire ». Il nous semble important de prendre en compte les compétences «en actes » des enseignants et de s'appuyer sur leurs savoirs tacites pour les amener à les transformer dans le sens attendu. Nous sommes placés devant une double contrainte : rompre et s'affranchir du sens commun pédagogique d'un côté, et accompagner de façon positive les enseignants, de l'autre.

L’analyse réflexive de sa pratique doit être éclairée par des apports théoriques en sciences sociales, humaines et en didactique car « seul un cadrage solide permet de renouveler le regard porté par les situations d’enseignement » (Astolfi, 2003, p. 42). L’apport des sciences de l’éducation dans la formation peut aider les enseignants à comprendre le principe de base du constructivisme : c’est l’élève qui apprend et on ne peut pas le faire à sa place. Cet apport théorique peut aider également les formateurs et c’est la raison qui nous a poussée à entreprendre le travail présent. Il nous semble important de prendre conscience et de faire prendre conscience que, non seulement la résistance des apprenants ne doit pas être perçue comme une opposition de personne, mais que c’est elle qui va nous faire progresser en tant que professeurs, formateurs ou enseignants. Le développement dans les pratiques du nouveau paradigme est une condition de professionnalisation des métiers de l’enseignement et de la formation.

CHAPITRE II. LES MATHEMATIQUES ET LES ENJEUX DE LEUR ENSEIGNEMENT

« L'acte d'apprendre commence par l'action et la perception, se poursuit par les mots et les concepts, et devrait se terminer par l'acquisition d'habitudes mentales profitables. » (G. Polya, 1967, p. 284)

L'enjeu de la formation des maîtres en mathématiques renvoie à la prise en compte de différentes compétences : d'une part, celles marquées par les savoir-faire et l'expérience comme les savoirs pragmatiques identifiés précédemment, d'autre part, les savoirs théoriques mathématiques et didactiques. Nous avons souligné qu'une formation disciplinaire n'est pas suffisante pour enseigner puisque d'autres savoirs professionnels interviennent indépendamment de la discipline mathématique : « *il suffit de bien savoir les maths pour les enseigner* » ne convient pas. Cependant, c'est une condition nécessaire, et même, plus encore ; non seulement l'acquisition des connaissances mathématiques conditionne l'efficacité de leur enseignement mais il en va de même de la capacité à bien en comprendre le sens et les enjeux, capacité qui renvoie au domaine des savoirs didactiques. Alors la question que nous aurons à nous poser est : comment se développe et se transmet cette capacité ?

Les savoirs mathématiques

L'espace et la quantité fondent les mathématiques mais donner une définition plus rigoureuse n'est pas une tâche facile. Depuis l'Antiquité grecque, la nature des objets mathématiques a été le fruit d'interrogations et de débats philosophiques pour décider si leur existence relève de l'invention ou de la découverte. Le platonisme, le formalisme et le constructivisme sont les conceptions classiques dans les débats sur les fondements de cette science (Duquesne, 2001, p. 41). Les objets mathématiques ont-ils une existence autonome et indépendante de l'idée qu'on en a ? Les objets mathématiques sont-ils des objets présents dans le monde physique ? Ce sont des entités abstraites que l'esprit du mathématicien invente ou découvre selon la position prise et étudie par le biais d'un instrument spécifique, le raisonnement. C'est le raisonnement qui permet au mathématicien de savoir ce qui est vrai des objets auxquels il s'intéresse.

Pour nous, l'activité mathématique principale est donc de raisonner, c'est-à-dire d'établir des liens entre les objets, identifier, comparer, différencier, classer, et surtout résoudre des problèmes. Dans l'avant propos de son ouvrage intitulé *La découverte des mathématiques*, G. Polya procède au raisonnement suivant en utilisant un syllogisme de type universel : « Résoudre des problèmes est le propre de l'intelligence, et l'intelligence est l'attribut propre de la nature humaine : résoudre des problèmes est l'activité la plus spécifiquement humaine » (Polya, 1967). Nous ajoutons que, au-delà de la résolution de problèmes, le travail du mathématicien est de poser les « bons problèmes ».

Enseigner les savoirs mathématiques

Le travail de l'enseignant de mathématiques est donc d'apprendre à des enfants et adolescents à raisonner. Polya va jusqu'à affirmer que la mission première du professeur de mathématiques est « d'abord et avant tout, d'apprendre aux jeunes gens à penser » (*ibid.*, 1967, p. 281) et nous partageons pleinement ce point de vue. En d'autres termes, l'enseignant ne fait pas qu'enseigner le savoir mathématique ; il organise les conditions d'exercice de son métier en concevant des situations pédagogiques qui permettent à ses élèves d'accéder aux concepts mathématiques prescrits par l'institution scolaire. De ce fait, le noyau central de l'activité d'un enseignant est le travail sur le savoir mathématique *avec* les élèves : sur ses aspects logiques, instrumentaux et culturels. Rappelons que la commission européenne de 2005 cite la culture mathématique et scientifique comme une des clés des nouvelles compétences à développer chez les nouveaux enseignants (voir chapitre I).

Enseigner les savoirs mathématiques à des élèves sourds

Celui qui s'adresse à des élèves sourds est confronté à une injonction qui peut paraître différente de celle d'un enseignant « tout venant » : *adapter* ses enseignements à des élèves à besoins particuliers. Pourtant, tout enseignant est censé adapter les contenus de son enseignement au niveau de conceptualisation de ses élèves. Pour ce faire, il s'appuie sur les programmes, les instructions officielles ou sur les manuels.

> Mais alors que recouvre le terme d'adaptations pour les enfants en situation de handicap ? S'agit-il de choisir les contenus ou de les présenter d'une autre façon ? S'agit-il d'utiliser des supports différents et adaptés aux capacités de prise d'informations des enfants sourds ? S'agit-il d'adapter les programmes en les revisitant, par exemple, à la « baisse » ? S'agit-il de transposer les savoirs mathématiques en inventant des savoirs nouveaux correspondant aux problèmes spécifiques qu'ils ont observés chez leurs élèves sourds ? S'agit-il de consacrer plus ou moins de temps à l'acquisition de telle ou telle notion mathématique ? S'agit-il de mettre en place un dépistage et le traitement prolongé des erreurs des élèves ? Comment redistribuer alors les connaissances mathématiques dans le temps d'enseignement, souvent différent de celui imparti aux autres élèves ? Comment gérer sur le long terme l'organisation des connaissances mathématiques de base nécessaires à tout citoyen dans le cadre de la scolarité obligatoire ?

Pour coordonner ses réponses adaptatives, l'enseignant concerné a besoin de re-penser les programmes et leur calendrier, de re-découvrir les notions mathématiques, de re-structurer les savoirs mathématiques à enseigner.

Dans un premier temps nous analyserons quels sont les besoins de formation en mathématiques des enseignants au niveau de leurs connaissances dans la discipline même, au niveau de leurs représentations sur les mathématiques et sur les enjeux de leur enseignement, et au niveau de leurs

savoirs didactiques. Nous proposerons ensuite les principes théoriques sur lesquels nous appuyons notre démarche d'enseignante et de formatrice en mathématique et en didactique des mathématiques.

II-1 Les besoins en formation des enseignants de et en mathématiques

Ces questions sont d'ordre didactique et ne peuvent trouver de réponses que dans le cadre d'un travail sur la matière même des mathématiques, et dans une pratique collective et professionnelle formalisée. Normalement les programmes jouent ce rôle et désignent les enjeux sociaux et les finalités de l'enseignement d'une discipline, en l'occurrence pour nous, des mathématiques. Pratiquement, dans les enseignements adaptés, le professeur ne peut souvent pas « se caler » complètement sur la progression majoritairement adoptée et doit prendre à sa charge la réorganisation des savoirs : il doit donc comprendre les programmes pour pouvoir les interpréter et les réorganiser. En didactique ce travail a été défini comme la transposition du savoir. Dans le champ de l'ASH (Adaptation scolaire et Scolarisation des élèves Handicapés), cette production oblige les enseignants à se projeter sur le long terme pour connaître le devenir de l'objet de leur enseignement : si on prend l'exemple de la proportionnalité, elle est enseignée à l'école primaire, en 6^{e} et en 3^{e}. L'enseignant doit avoir une vue étendue de ces apprentissages successifs pour en déterminer les caractéristiques à chaque niveau et avoir connaissance de la manière dont l'objet proportionnalité qu'il aura enseigné sera prolongé aux autres niveaux. Au final, plus que d'autres enseignants encore, il a à posséder un niveau de connaissance de ses objets d'enseignement qui dépasse largement celui qu'il vise avec ses élèves.

Nous distinguerons différents cas : celui des professeurs des écoles, celui des enseignants de mathématiques du second degré et plus rarement, celui de certains enseignants de langue des signes amenés à enseigner aussi les mathématiques en fonction des besoins de l'institution, de leurs goûts ou de leurs compétences particulières dans cette discipline. La condition de polyvalence des professeurs, et particulièrement celle des professeurs des écoles, comporte des implications sur leurs appétences à enseigner les mathématiques et donc, en corollaire, influe sur leurs compétences. Nous examinerons l'impact des représentations qu'ont les enseignants des connaissances et activités mathématiques sur leur enseignement et comment elles peuvent conditionner les apprentissages de leurs élèves sourds.

II-1-1 L'évolution historique des mathématiques et de leur enseignement

Pour répondre à la question « quelle formation donner aux enseignants de mathématiques », il faut déjà répondre aux suivantes : « Quel sens donner à l'action d'enseigner ou non les mathématiques ? », « Quelles mathématiques ? », « Pour qui, une élite ou la totalité d'une classe d'âge ? ». Les réponses apportées à ces questions évoluent au cours de l'histoire.

En introduction, rappelons des passages du rapport de la Commission de 1852 sous la seconde république chargée de préparer les programmes scientifiques des lycées qui nous semblent très intéressants :

« *Quelques géomètres veulent que l'intelligence des élèves soit obligée de déduire toutes les vérités de leurs principes les plus abstraits, et qu'elle s'assouplisse par cette gymnastique qui la rend à la fois plus subtile et plus féconde en ressources pour l'argumentation. Cette méthode réussit à quelques esprits rares ; mais elle décourage le plus grand nombre ; elle inspire un orgueil d'autant plus dangereux à ceux qu'elle n'arrête pas, qu'elle les frappe presque toujours de stérilité sous le rapport de l'invention ; elle fait naître chez la plupart des élèves une foule d'idées fausses, ou du moins, elle les dispose à en devenir les victimes* … ». Il faut au contraire, pour la Commission, ne pas « *altérer dans les masses ce bon sens droit et sûr qui vit des choses communes, cette raison sage et modérée qui répugne aux chimères* ».

Ces extraits reflètent les conceptions anciennes de la place des mathématiques dans la formation des jeunes esprits ; il faudra du temps aux représentations communes pour faire évoluer ces considérations.

II-1-1-1 Avant 1970

De 1887 à 1970, l'enseignement du calcul (le terme *mathématiques* n'est pas encore utilisé) doit être « *concret, simple, progressif ; c'est sur les faits qu'il faut appuyer les calculs, les idées* ». Le programme de cours moyen de 1923, rédigé en treize lignes, comporte deux parties : numération décimale et géométrie. Il reprend celui de 1887 avec des injonctions à la simplicité et à l'efficacité : « *mieux vaudrait moins apprendre, mais bien retenir ; mieux vaudrait moins de souvenirs, mais des souvenirs complets et ordonnés* ».

Les instructions officielles d'octobre 1945 sont dans la continuité des précédentes en ce qui concerne l'efficacité d'apprentissages *simples*. Elles insistent sur les règles à faire acquérir aux élèves : au cours moyen, règle du déplacement de la virgule dans les multiplications d'un décimal par une puissance de 10, règles de changement d'unités, règles de divisibilité, règle de la preuve par 9, règle de trois. La notion de problèmes est précisée au cours élémentaire par : « *on peut se borner aux problèmes dont la résolution ne nécessite qu'une seule opération, écrite ou mentale* » et au cours moyen où l'on insiste sur les problèmes de vie courante définis comme « *des problèmes vraisemblables dont l'élève a vu ou verra des exemples autour de lui* ». On note aussi une insistance forte sur le calcul mental et rapide : « *le programme comporte des exercices de calcul mental et rapide, strictement limités pour le cours élémentaire et sans restriction précise pour le cours moyen* ». Ces programmes continuent à s'appliquer dans les années 1960.

Au niveau du second degré, sur tout le XIXe siècle, les mathématiques, avec les sciences, ont du s'effacer derrière l'étude du latin et des humanités classiques. Le lycée est alors le lieu d'un enseignement désintéressé, réservé à 3 à 4 % d'une classe d'âge et aux seuls, garçons, un enseignement payant, de culture, pour lequel les mathématiques sont disqualifiées, reléguées dans les classes terminales comme élément de spécialisation. Après les années 1860, l'enseignement des mathématiques est quelque peu développé mais le lycée a alors pour fonction, ainsi que l'exprime

Victor Duruy alors ministre de l'Instruction publique de Napoléon III, de préparer des hommes qui fassent, des plus hautes spéculations de la science ou des lettres, leur étude habituelle, et non des industriels, des négociants, des agriculteurs. Au début du XXe siècle, avec le développement industriel, la nécessité de mettre en place dans l'enseignement des humanités scientifiques comme il y avait des humanités littéraires, s'est imposée. La réforme mise en place concernait alors une élite. Des mathématiciens comme E. Borel et R. Poincaré ont beaucoup oeuvré pour faire que cette réforme soit la plus efficace possible. E. Borel souhaitait *« introduire plus de vie et de contact avec le réel dans l'enseignement des mathématiques, favoriser l'activité personnelle de l'élève, laisser place à l'intuition et à l'expérience »*. Ces objectifs pédagogiques peuvent être repris en 2007.

II-1-1-2 La rupture des « maths modernes »

Les bouleversements qui vont survenir à la fin des années 1960 ne naissent pas d'une évolution des programmes mais de la réflexion de chercheurs. La création d'une commission ministérielle pour la réforme de l'enseignement des mathématiques, présidée par André Lichnérowicz, présente un rapport préliminaire en 1967 dont voici quelques passages de l'introduction :

> « *Dans le monde où nous vivons, la meilleure mesure du développement d'une société est sans doute fournie par l'éducation moyenne de ses membres et la répartition harmonieuse de cette éducation à travers disciplines et techniques. Alors que, naguère, il suffisait à un homme de savoir s'exprimer dans sa langue, de savoir la lire et l'écrire, de savoir enfin effectuer sur les nombres décimaux quelques calculs élémentaires pour se sentir pleinement intégré à la société où il vivait, il n'en est plus de même aujourd'hui. Pour se sentir citoyen de plein droit de la société des humains, un homme de la seconde moitié du XXe siècle doit savoir se localiser dans l'espace et le temps, […] mais il doit surtout percevoir quelques unes des méthodes de pensée et d'action qui constituent le savoir-faire qu'est notre science et notre technique La mathématique joue là un rôle privilégié pour l'intelligence de ce que nous nommons le réel, réel physique comme réel social.* »

Ainsi, en 1970, la réforme des « Mathématiques Modernes », correspond à des objectifs définis pour un enseignement qui n'est plus un enseignement d'élite mais un enseignement de masse. Elle s'appuie sur une forte implication des mathématiciens et a été l'occasion de nombreux débats dans les communautés mathématiques. Cette réforme a été accompagnée par les psychologues et doit aussi beaucoup aux rencontres entre Piaget et Dieudonné. Les années 1970 constituent donc un moment très important pour l'enseignement des mathématiques ; elles marquent un changement d'orientation total. Les psychologues définissent l'apprentissage comme le développement de capacités mentales qui passent progressivement d'une intelligence concrète des situations à une intelligence abstraite. A l'école élémentaire, le nombre est « construit » à partir de jeux logiques qui conduisent l'enfant à constituer des collections d'objets rassemblées à partir du critère d'équipotence. Ce qui importe est

moins de savoir compter que d'avoir compris comment le nombre est structuré. On fait l'hypothèse que lorsque l'enfant a compris, il sait compter. Les stages de formation des maîtres (la formation continue des maîtres se met en place dans la décennie 1970) mettent en évidence tout l'intérêt pour l'élève d'une telle approche.

La circulaire du 2 janvier 1970 précise l'esprit de la rénovation : « *L'enseignement mathématique à l'école primaire veut répondre désormais aux impératifs qui découlent d'une scolarité obligatoire prolongée et de l'évolution contemporaine de la pensée mathématique* ». Il faut articuler les programmes de l'école primaire avec ceux du collège puisque tous les élèves devront le fréquenter et, pour cela, donner dès l'école primaire « *une formation mathématique véritable* ». Le terme « calcul » ne figure plus dans le programme sauf dans l'expression *calcul mental.* La règle de trois sur laquelle peinaient les générations antérieures est remplacée par des « opérateurs » de proportionnalité : « *les problèmes traités au moyen de la règle de trois (…) relèvent d'un seul et même problème qu'il convient d'expliquer en termes nouveaux* ». En ce qui concerne la résolution de problèmes, le programme semble tolérer « *une certaine initiation des élèves à la vie courante que l'enseignement élémentaire se doit de donner* », mais les élèves doivent « *affermir [leur] pensée mathématique* » à travers les activités qui leur sont proposées.

Au final, les années 1970 voient aussi la naissance de la didactique des mathématiques, tout particulièrement avec Georges Glaeser et Guy Brousseau, et d'autres universitaires, en particulier dans les IREM, contribuent rapidement à l'éclosion de cette discipline. La vulgarisation de leurs recherches s'effectue par les professeurs d**'**école normale à travers les formations initiale et continue des maîtres. C'est l'époque où j'ai commencé ma carrière puisque j'ai commencé par enseigner en école normale en 1974.

II-1-1-3 Une nouvelle tendance : la place de la résolution de problèmes

Durant les années 1970, l'Institut pédagogique national (qui devient ensuite l'INRDP, puis l'INRP) développe un programme de recherche sur la didactique des mathématiques qui fédère de nombreux universitaires, tant en mathématiques qu'en psychologie, et des professeurs d'école normale. Ils mettent en débat les propositions nées de la commission Lichnerowicz mais aussi l'esprit des programmes du second degré. Les programmes des années 1977, 1978 et 1980 prennent des distances avec les mathématiques modernes et portent une ambition pédagogique nouvelle : il s'agit comme en 1970 d'amener les élèves à faire des mathématiques, mais la référence n'est plus « la mathématique moderne » ; ce qui est premier alors, c'est la notion de problème qui prend le nom de « situation-problème ». Les situations-problèmes sont classées en trois catégories : *« situations-problèmes utilisées pour l'approche et la construction de nouveaux outils mathématiques ; situations-problèmes permettant aux enfants de réinvestir les acquis antérieurs, situations-problèmes plus complexes, plus globales dans lesquelles l'enfant devrait pouvoir mettre en oeuvre son pouvoir créatif et affiner la*

rigueur et la sûreté de son raisonnement. »[26]. Ces programmes donneront lieu à de nombreuses publications parmi lesquelles on peut retenir la série des « aides pédagogiques » créées par la COPIRELEM (commission permanente des IREM pour l'enseignement élémentaire) dans l'objectif de « *rendre service aux enseignants et aux responsables de l'enseignement élémentaire dans l'application des nouveaux textes* »[27].

En 1985, les programmes sont désormais destinés non seulement aux maîtres, mais aussi aux parents ; d'où une édition en livre de poche. Les programmes posent comme objectif : *« l'enseignement des mathématiques vise à développer le raisonnement et à cultiver chez les élèves les possibilités d'abstraction* ». Ils accordent à nouveau une importance particulière aux problèmes, avec une typologie identique à la précédente. Le programme des trois niveaux (Cours Préparatoire, Cours Elémentaire, Cours Moyen) est présenté en trois domaines intitulés *arithmétique, géométrie, mesure de quelques grandeurs*. Une observation : on retrouve l'expression « *règle de trois* » en explicitation de la proportionnalité.

En 1995, la résolution de problèmes occupe encore une large place. On lit notamment :

> « *La résolution des problèmes occupe une place centrale dans l'appropriation par les élèves des connaissances mathématiques. La plupart des notions (…) peuvent être élaborées par les élèves comme outils pertinents pour résoudre des problèmes nouveaux, avant d'être étudiées pour elles-mêmes et réinvesties dans d'autres situations* »[28].

En 2002[29], on retrouve une version plus développée des programmes de l'école primaire. Une liste de plus de quatre-vingt-dix compétences précise le programme. Les programmes eux-mêmes, publiés au Bulletin officiel de l'Education nationale, sont complétés par un ensemble de documents classés en deux catégories : les documents d'application et les documents d'accompagnement. Ils comportent 9 rubriques :

> *Les problèmes pour chercher, résolution de problèmes et apprentissage, vers les mathématiques – quel travail en maternelle ?, le calcul mental à l'école élémentaire, le calcul posé à l'école élémentaire, utiliser les calculatrices en classe, espace et géométrie au cycle 2, grandeurs et mesure à l'école élémentaire, articulation école/collège.*

Dans l'introduction générale des programmes de mathématiques pour le collège en 2004, on peut lire les réflexions suivantes : « *A l'école primaire, une proportion importante d'élèves s'intéresse à la pratique des mathématiques et y trouve du plaisir. Le maintien de cet intérêt pur les mathématiques doit être une préoccupation du collège* ». (Bulletin Officiel Hors Série n°5, 9 septembre 2004).

[26] Contenus de formation à l'école élémentaire, cycle moyen, CNDP, 1980, p. 41.
[27] Aides pédagogiques pour le cours élémentaire, Elem Math V, publication de l'APMEP, 1978.
[28] Arrêté du 22 février 1995.

II-1-1-4 Vers le socle commun de connaissances et compétences

Dans une réflexion sur les objectifs des systèmes d'enseignement, le Conseil européen de Lisbonne en 2000 a demandé que soient définies « *des nouvelles compétences de base dont l'éducation et la formation tout au long de la vie doivent permettre l'acquisition* »[30]. La notion de compétences-clés s'introduit progressivement dans la plupart des systèmes éducatifs. La loi du 23 avril 2005 d'orientation et de programme pour l'avenir de l'école prévoit que « *la scolarité obligatoire doit au moins garantir à chaque élève les moyens nécessaires à l'acquisition d'un socle commun constitué d'un ensemble de connaissances et de compétences qu'il est indispensable de maîtriser pour accomplir avec succès sa scolarité, poursuivre sa formation, construire son avenir personnel et professionnel et réussir sa vie en société* ».

Dans ses recommandations du 23 mars 2006, le Haut conseil de l'éducation propose pour les mathématiques,

> « *de donner une importance accrue à la résolution de problèmes à partir de situations ouvertes et proches de la réalité, et d'insister sur :*
> *- la nécessité de créer aussi tôt que possible des automatismes en calcul (calcul mental, apprentissage des quatre opérations) ;*
> *- le rôle et l'apprentissage de la démonstration dans la démarche mathématique ;*
> *- la notion de chance, de probabilité, d'incertitude (…) ;*
> *- la proportionnalité, notamment la « règle de 3 » ;*
> *- les représentations graphiques (tableaux, diagrammes, points sur un axe, dans un repère). »*

Le Bulletin Officiel n°10 du 8 mars 2007, reprend les souhaits du HCE en rappelant la place prépondérante du calcul dans les apprentissages mathématiques, et fixe les objectifs de la mise en œuvre du socle commun de connaissances et de compétences dans l'enseignement du calcul :

- *les fondements de l'apprentissage des nombres sont posés dès l'école maternelle ;*
- *l'enseignement du calcul doit prendre en compte les trois formes usuelles du calcul : le calcul mental, le calcul posé et le calcul instrumenté ;*
- *la pratique du calcul est inséparable de la résolution de problèmes et doit s'effectuer en liaison avec les autres disciplines : plus particulièrement dans les situations de la vie de la classe ou de la vie courante.*

En juin 2006, un rapport de l'Inspection Générale de l'Education Nationale fait le point sur l'enseignement des mathématiques au cycle 3 à l'école primaire. Il souligne :

> « *Ce cadre peut contribuer à changer l'image des mathématiques. Malgré les efforts d'une majorité de professeurs, les mathématiques constituent pour bon nombre d'élèves un obstacle à leur réussite scolaire et laissent des traces durables et négatives dans les mémoires. Il faut certainement, dès l'école primaire,*

---

[29] Bulletin Officiel Hors Série n° 1, 14 février 2002.

[30] Sommet européen de Lisbonne, Conclusions de la Présidence, 23 et 24 mars 2000, http://www.info-europe.fr/document.dir/fich.dir/QR001100.htm.

montrer l'importance des mathématiques dans la vie sociale et mettre en évidence parallèlement la puissance des outils mathématiques inventés par les hommes pour résoudre de multiples problèmes. »[31]

II-1-1-5 Des éléments saillants dans les conceptions actuelles

Dans tous les programmes et particulièrement dans ceux des trois dernières décennies, nous relevons certaines constantes et une continuité dans les conceptions de l'enseignement des mathématiques :

a- L'inspiration constructiviste, au fil du temps, s'exprime de plus en plus fortement. En 1995, le programme précise que « *toute nouvelle notion ou technique se construit sur des acquisitions antérieures et sur les expériences dont disposent les élèves* ». En 2002, on parle aussi de « *l'élaboration de connaissances* » qui se réalise au travers de problèmes. Les programmes de 1985 et de 1995 emploient les termes *construction, construire* à plusieurs reprises, « *toute nouvelle notion se construit sur des acquisitions antérieures*… » (1995). Ceux de 2002 détaillent les démarches. Ainsi pour la proportionnalité, on part des « raisonnements personnels » ; pour les mesures d'aire, on travaille sur des classements avec appel à des manipulations (découpage, superposition,…), l'important étant de « *construire* » la notion.

b- Pour apprendre aux élèves à chercher, à réfléchir, à comprendre, à construire des solutions, c'est **la résolution de problèmes** qui est privilégiée. Le document d'accompagnement des programmes en cycle 3 indique :

> « *Faire des mathématiques, penser des objets « abstraits » comme les nombres, les figures, débattre du « vrai » et du « faux » en utilisant des connaissances partagées qui permettent de dépasser l'argument d'autorité, c'est commencer à s'approprier des éléments de culture scientifique. Cette culture se caractérise, certes, par des connaissances mais elle s'exerce principalement à travers les activités de résolution de problèmes et les débats auxquels peuvent donner lieu les solutions élaborées par les élèves. »* [32].

En ce qui concerne le collège, les programmes actuels annoncent *« une place centrale pour la résolution de problèmes »* (B.O. collège, p. 7).

Il s'agit là probablement de l'impact le plus visible des premiers travaux des didacticiens. De l'école au lycée, l'activité de résolution de problème apparaît dans tous les manuels même si les appellations sont diverses : situations- problèmes ou activités préparatoires. F. Connes explique cette place importante accordée aux situations problèmes : « la mise en avant de l'idée de problème dont le rôle est de représenter l'aspect dynamique et fonctionnel du développement des connaissances et de la construction des savoirs ne fait que répondre à l'air du temps particulièrement fonctionnaliste (en

[31] Rapport de l'Inspection Générale à monsieur le Ministre de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche, Rapport - n° 2006-034, juin 2006, p. 15.
[32] http:// www/.cndp.fr /textes_officiels/ecole/math_Ecole_C3.pdf, p. 5.

opposition avec l'air du temps de la réforme des mathématiques modernes qui était - si l'on peut dire- structuraliste » (Connes, 2004, p. 81).

c- Le calcul a une place primordiale. Cependant, devant les difficultés persistantes des élèves dans les différents domaines du calcul, l'accent sur son enseignement a été mis en 2007 (B. O. n°10 du 8 mars 2007).

d- L'importance accordée à **la langue en mathématiques** est aussi un élément de continuité entre les derniers programmes de l'enseignement élémentaire, mais nettement accentué en 2002. A l'oral, et en cohérence avec la démarche constructiviste, il est demandé de partir de l'expression des élèves « les formulations spontanées des élèves prévalent ». On insiste sur les difficultés de lecture des élèves en demandant un travail spécifique sur la lecture des énoncés. Enfin, une indication importante est donnée sur la nature des écrits en mathématiques : « *écrits pour chercher, écrits pour communiquer une démarche, écrits de référence* ».

e- La volonté d'une **approche interdisciplinaire**, est plus nettement affirmée en 2002 que par le passé, que ce soit dans un souci de cohérence globale, ou pour nourrir l'activité mathématique à travers la résolution de problèmes donnant du sens aux notions étudiées – « *les mathématiques doivent offrir les ressources utiles à d'autres disciplines qui, en retour, leur apportent un questionnement et leur permettent de progresser* » –, ou pour développer les compétences dans le domaine de la langue orale et écrite. Soulignons aussi que les mathématiques sont inscrites dans le champ de l'éducation scientifique.

Nous en retenons pour les apprentissages mathématiques de nos élèves sourds, la place importante accordée à la construction des connaissances dans des activités de résolution de problèmes, celle du langage, tant à l'oral qu'à l'écrit et tant au niveau de la production qu'à celui de la compréhension. Enfin, l'accent sur la nécessité de relier les activités mathématiques aux autres disciplines, renforce aussi notre choix d'une approche interdisciplinaire particulièrement pertinente pour des élèves sourds qui peinent à capter et mettre en relation les savoirs qu'ils prélèvent dans les différentes matières enseignées et les diverses sources d'information, à l'école et hors de l'école.

II-1-1-6 Les enjeux de l'enseignement des mathématiques à l'école et au collège

Le rapport de l'Inspection Générale de l'Education Nationale de 2006 reconnaît et regrette que les mathématiques soient peu évoquées puisque :

> *Depuis quatre ans, c'est-à-dire depuis la parution des nouveaux programmes, les circulaires de rentrée n'ont accordé qu'une très faible place aux mathématiques. La circulaire de rentrée 200241 mentionne le terme mathématiques une seule fois pour indiquer la place à accorder à la «résolution de problèmes » dans la formation continuée des maîtres. (Op. cit.).*

C'est ce même rapport qui nous procure les objectifs fondamentaux de l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire :

> *La formation mathématique des élèves contribue à la formation générale de l'esprit. L'enseignement des mathématiques développe les capacités d'expérimentation et de raisonnement, l'imagination et l'esprit critique. Si l'abstraction est au coeur de l'activité mathématique, il revient à l'enseignant d'accompagner le processus permettant d'en fréquenter les différents niveaux et d'accéder ainsi à de « nouveaux mondes». (Op. cit.).*

Le programme de 2002 de l'école, annonce comme principaux enjeux de l'enseignement des mathématiques à l'école « *la formation du futur citoyen et son insertion dans la vie sociale, une dimension culturelle, la formation générale de l'élève et l'articulation avec d'autres domaines de savoirs* » (B. O. H. S. n° 1, 14 février 2002, p. 5).

Celui du collège, en 2004, met en avant, « *les mathématiques comme discipline de formation générale ; l'outil mathématique et les mathématiques comme discipline d'expression* » (p. 4).

> *Au collège, les mathématiques contribuent, avec d'autres disciplines, à entraîner les élèves à la pratique d'une démarche scientifique. L'objectif est de développer conjointement et progressivement les capacités d'expérimentation et de raisonnement, d'imagination et d'analyse critique. Elles contribuent ainsi à la formation du futur citoyen.* (B. O. H. S. n° 5, 9 septembre 2004, p.1).

Cette ambition de faire de l'enseignement des mathématiques un élément de la formation générale de l'élève est aussi la nôtre vis-à-vis des élèves sourds. Plus particulièrement, nous analyserons dans le chapitre suivant les besoins spécifiques de ces apprentis-mathématiciens sourds et nous étudierons plus précisément comment notre enseignement des mathématiques peut leur permettre de développer des capacités d'expérimentation et de raisonnement, leur imagination et leur esprit critique, ainsi que l'abstraction qui constitue le coeur des activités dans cette discipline.

II-1-2 L'évolution des représentations des enseignants sur les mathématiques

Dans les représentations du public, des parents, des élèves et même de beaucoup d'enseignants, les mathématiques sont une discipline qui provoque souvent des réactions du genre : « *tu sais, moi, les maths*… » sur un ton qui évoque plus de souvenirs paralysants qu'enthousiastes ! Que ce soit à l'école primaire, au collège ou même au lycée, l'enseignement des mathématiques effectif est « filtré » par l'image des mathématiques que le professeur véhicule. Chaque professeur a une certaine représentation de son rôle et du rôle des élèves en fonction du produit final à obtenir en fin d'année, c'est-à-dire les apprentissages mathématiques qu'il vise.

Au cours des situations de formation de type pratique accompagnée que nous avons encadrées, nous avons pu remarquer certaines attitudes des stagiaires dans les classes. Ces observations récurrentes, nous ont conduite à faire l'hypothèse que les conceptions des enseignants sur les mathématiques et sur leur enseignement influent sur les apprentissages des élèves. Pour citer un exemple parmi d'autres,

nous avons souvent constaté que, face à des activités de recherche avec une classe organisée en différents groupes de travail, les stagiaires ont tendance à intervenir dans les groupes constamment, les aiguillant vers des stratégies qu'ils ont préalablement identifiées, allant même jusqu'à rectifier leurs erreurs avant la mise en commun. De ce fait, tous les groupes ont suivi à peu de choses près la même procédure donc aucune confrontation n'en découle et aucune raison non plus pour que naisse un débat argumentatif. Il y a donc, en amont de telles situations, chez tout enseignant, des conceptions implicites ou non, des sortes de concepts pragmatiques sur la « bonne manière » d'enseigner les mathématiques. Pour comprendre ce qui se passe dans les classes et pour tenter éventuellement d'améliorer ces pratiques, nous devons tenir compte de ces conceptions.

Des représentations face à des injonctions institutionnelles

D'autre part, nous venons de constater que l'institution, par le truchement de ses réformes, des textes des programmes et des documents d'aide à leur application, prescrit des conduites de classe qui peuvent entrer en discordance avec les théorèmes-en-acte des enseignants à qui incombe d'enseigner les mathématiques. D'ailleurs, le rapport de l'Inspection Générale note ces déplacements de sens, par exemple au niveau de la résolution de problèmes ; « *notion brouillée* » constatent les auteurs. A propos de l'injonction dans les programmes à faire élaborer les connaissances mathématiques au travers de la résolution des problèmes, le rapport reconnaît : *« Cette démarche demandée par les programmes semble davantage pratiquée par les maîtres sortants des IUFM ou particulièrement motivés par les mathématiques* » (*op. cit*., p. 41).

Une partie de ces malentendus nous semble se situer au niveau des conceptions sur les mathématiques et sur leur apprentissage et notamment selon les réponses à des questions comme : qu'est-ce que les mathématiques, à quoi elles servent, comment les faire apprendre, et même, que veut dire apprendre des mathématiques… De même que les professeurs ont à identifier les obstacles disciplinaires pour les faire émerger chez les élèves et les travailler (au lieu de les éviter), de la même manière le formateur essaie de prendre en compte les représentations des stagiaires pour les travailler. Le choix que nous faisons est d'expliciter ces représentations et de les analyser comme autant d'obstacles intellectuels à travailler avec les formés pour élargir leurs représentations et tenter de les rapprocher des concepts élaborés par les chercheurs en sciences de l'éducation.

Après avoir explicité ce que nous entendons par représentation, nous essaierons de préciser la conception des mathématiques qu'ont les enseignants que nous avons à former et leur goût pour cette matière, la place qu'ils donnent à ces apprentissages et les stratégies qu'ils utilisent dans leur enseignement. Nous étudierons dans le chapitre suivant l'entrée plus sociale de ces représentations à propos de leur rôle et du rôle de l'école vis-à-vis des enfants et adolescents sourds.

II-1-2-1 Des représentations entre opinions, croyances et conceptions

Le terme « représentation » désigne l'action de « rendre présent à nouveau » et son résultat. Son usage est très répandu dans de nombreuses branches de l'activité humaine, avec des sens parfois très différents.

II-1-2-1-1 Une représentation *en* mathématiques

En mathématiques, nous utilisons le terme de représentation dans différentes situations pour désigner des objets : représentation numérique, représentation graphique d'une fonction, représentation d'une construction géométrique à l'aide d'une figure,… Les représentations sont des objets pertinents pour la résolution de problèmes en fonction de leur économie : ils sont plus faciles à manier ou plus familiers. Par exemple, dans le domaine numérique, les jeunes enfants commencent par représenter des grandeurs comme les quantités qui se présentent à eux sous forme de collections d'objets. Pour comparer deux de ces grandeurs, par exemple, il est plus économique d'utiliser des représentations de ces collections et des objets qui la constituent plutôt que les objets eux-mêmes, surtout si ces objets sont encombrants, ou éloignés dans l'espace ou encore non simultanément présents. Pour évoquer ces quantités d'objets absents, ils peuvent alors utiliser des collections témoins, de doigts ou de jetons, ou des représentations iconiques qui permettent de traiter presque simultanément un nombre d'objets plus important, ou par la suite, recourir à des langages avec des lexiques et des syntaxes spécifiques pour l'oral ou l'écrit et enfin à des symboles numériques organisés en systèmes de numération.

En mathématiques en particulier, les représentations sont l'objet même de l'enseignement. En effet, plus généralement, en nous référant au cadre théorique de G. Vergnaud (2001) déjà évoqué, nous définissons une représentation comme un homomorphisme entre deux structures : soit f une application d'un ensemble S dans un autre ensemble S', f est un homomorphisme si l'on peut transférer des relations entre les éléments de S à ceux de S'. Une représentation est alors symbolisée par le triplet <S, f, S'> où S est le représenté et S' le représentant. Ainsi, si a et b sont liés par une relation R dans S, f(a) et f(b) sont liés par la même relation R dans S'. Les propriétés, les opérations et les significations obtenues dans S, peuvent ainsi être réimportées dans l'ensemble S' grâce à l'homomorphisme f : c'est le cas, par exemple des propriétés de l'addition des entiers naturels (S) qui sont transférées à l'addition dans l'ensemble des entiers relatifs (S'). Par contre, la définition mathématique ne donne pas au représentant (S') et au représenté (S) un rôle symétrique, sauf dans les cas d'isomorphismes. Ainsi, l'addition de deux entiers relatifs négatifs est une relation dans Z qui n'a pas de signification dans les entiers naturels N.

II-1-2-1-2 Une représentation *sur* les mathématiques

Dans ce paragraphe, nous considérerons le terme de représentation dans un sens plus large que celui que nous utilisons en didactique des mathématiques. Nous le retrouverons lorsque nous aborderons les

rapports entre les concepts mathématiques et leurs représentations dans différents systèmes de représentations. Ce terme de représentation sera utilisé ici pour désigner une idée propre à l'apprenant, idée construite à partir d'idées véhiculées par la culture et travaillées par son expérience personnelle : une représentation constituée de catégories de pensée avec lesquelles un individu prélève et intègre les informations présentes dans une situation. Cette représentation comprendrait non seulement des caractères et des opinions, exacts ou non, relatifs à la connaissance et à la situation en question, mais aussi des caractères et des opinions sur l'institution elle-même et sur les situations. Pour A. Robert et de J. Robinet, « La représentation est le produit et le processus d'une activité mentale par laquelle un individu ou un groupe reconstitue le réel auquel il est confronté, et lui attribue une signification spécifique. » (Robert, Robinet, 1989, p. 4). Ils ajoutent que « cette signification résulte directement des attitudes et des opinions », conscientes ou non conscientes, développées par l'individu.

La représentation est donc un reflet « non pas de l'objet lui-même mais des relations complexes, réelles ou imaginaires, objectives et symboliques, que le sujet entretient avec cet objet » (*ibid.*). Ces relations font de la représentation d'un sujet un ensemble organisé et structuré : ensemble d'informations, d'attitudes et de croyances qui donnent un sens à ses conduites, qui permettent de lui donner une vision du monde à travers son propre système de référence. D'après ces auteurs, « toute représentation est constituée de trois éléments fondamentaux : un noyau central, un ensemble d'informations, d'attitudes et de croyances organisé autour de ce noyau central, et un système de catégorisation » (*ibid.*, p. 5). La nature du noyau central dépend à la fois des caractéristiques individuelles du sujet (pour nous, l'enseignant), des caractéristiques plus sociales de l'objet et de sa relation avec les valeurs du système social dans lequel il est immergé (pour nous, les mathématiques), et de la finalité de la situation dans laquelle s'inscrivent et le sujet et l'objet (pour nous, la situation d'enseignement). Selon ces auteurs, la fonctionnalité d'une représentation réside particulièrement dans son système de catégorisation qui permet « la découverte, la compréhension et l'organisation de la réalité » (*ibid.*, p. 6). Au final, ces représentations qui correspondent à une activité de reconstruction mentale de la réalité par un individu sont reconnues très stables.

> Par exemple, en ce qui concerne les représentations des enseignants sur les mathématiques, leur noyau central dépend, d'une part de la nature de l'implication personnelle de l'enseignant avec les mathématiques, (ses connaissances, son environnement socioculturel, son expérience d'élève…). D'autre part, ces représentations sont aussi en relation avec des représentations de la communauté comme le rôle social joué par les mathématiques, son aspect sélectif par exemple et le rôle de l'enseignant par rapport à la sélection. Enfin, dans le milieu de la surdité ces représentations peuvent pâtir de certaines priorités qui hiérarchisent l'enseignement des mathématiques loin derrière d'autres apprentissages : celui d'un mode de communication, la maîtrise du français, d'une langue orale ou encore de la lecture.

Nous retenons que ces représentations sont solidement structurées et que leur stabilité rendra toute tentative de transformation difficile : la remise en cause du noyau central entraîne « un

bouleversement complet de l'univers d'opinions du sujet » et donc un évitement, de la part du sujet, de cette évolution profonde « comme le principe d'économie qui régit la plupart des phénomènes cognitifs » (*ibid*., p. 7). Ce constat nous incite à penser des scénarios pédagogiques suffisamment déstabilisants pour faire évoluer ces représentations et ce d'autant plus que l'enseignant est, parallèlement à la formation et en alternance, en situation d'enseigner : ses représentations fonctionnent déjà pour réguler son système, elles sont donc encore moins susceptibles de changer sans intervention explicite de la formation. C'est pourquoi ce travail d'éclaircissement des représentations fait partie intégrante de nos scénarios de formation pour amener les stagiaires à ébranler des convictions basées trop souvent sur théorèmes-en-acte implicites : cette posture réflexive participe de la conceptualisation de leurs actions et des principes qui les gouvernent. Il s'agit alors de *conceptions* c'est-à-dire des opérations cognitives qui gèrent les représentations, qui permettent de les construire et de les transformer.

Repérer les représentations *sur* les mathématiques et leur enseignement

Nous tentons d'expliciter les représentations des enseignants sur les mathématiques et leur enseignement en recherchant à la fois ce qui correspondrait au noyau central et ce qui se rapporterait à l'organisation des convictions et des activités autour de ce noyau central. Nous appuyons notre repérage des diverses représentations des enseignants d'une part, sur des ressources officielles, dont le rapport de l'Inspection Générale constitue une pièce importante, et sur des travaux de professionnels, d'autre part, sur des traces que nous avons collectées lors de nos différentes promotions de stagiaires et particulièrement celles des dernières années (depuis 2004, date de la réforme des formations de l'ASH). Ces données sont issues de questionnaires et d'interviews. Nous avons l'habitude de débuter nos formations annuelles à partir d'une question de type « association d'idées » avec des questions comme « *à quoi vous fait penser, en trois verbes et trois adjectifs, le mot « mathématiques » ?* ». Ce court test faisant intervenir une logique d'association d'idées (Nimier, 2007), devient alors l'occasion d'un échange entre les stagiaires qui met à jour un premier niveau de représentations des enseignants sur les mathématiques : les souvenirs scolaires ressortent alors, souvent les plus mauvais et même les plus douloureux. Nous avons aussi recueilli des éléments d'information de façon moins formalisée lors des séances d'analyse de pratiques que nous menons avec les stagiaires : souvent l'analyse des dysfonctionnements révèle des représentations en discordance avec celles des théories en cours. Nous savons qu'il existe des méthodes d'analyse des discours au niveau psycholinguistique très pertinentes (Bronckart, 2006,) mais nous avons choisi un mode d'investigation plus sommaire et une méthode d'analyse qualitative plus modeste car le sujet principal de notre travail ne se situe pas à ce niveau.

A partir de ces données multiples, nous avons dégagé différents pôles qui organisent les points de vue dans les réponses des enseignants. Nous pouvons établir quatre grandes catégories de conceptions globales (correspondant au noyau central des représentations) : un point de vue *épistémologique*, un

point de vue personnel *psychoaffectif*, un point de vue *social* et un point de vue *pédagogique*. Nous classons dans la première catégorie tout ce qui se rapporte aux représentations du savoir mathématique en jeu. Dans la catégorie des points de vue personnels, nous incluons les réponses qui décrivent l'importance de l'estime de soi en tant que mathématicien, la motivation et le goût pour cette discipline. L'entrée sociale permet de regrouper les réponses qui évoquent les facteurs sociaux des apprenants ou le rôle joué par les mathématiques dans la société. Dans la catégorie pédagogique, nous retrouvons les conceptions sur les démarches pour enseigner les mathématiques, les leviers à utiliser chez les élèves pour qu'ils apprennent les mathématiques, c'est-à-dire les aspects plus didactiques. Notons qu'une même réponse relève le plus souvent de plusieurs entrées ; nous avons donc choisi l'entrée qui nous paraissait dominante en fonction des justifications orales des personnes interrogées.

II-1-2-2 Les conceptions sur les savoirs mathématiques en jeu

« La pensée mathématique n'est pas purement formelle. Il ne s'agit pas seulement d'axiomes, de théorèmes et de démonstrations strictes, mais beaucoup d'autres choses en font partie comme la généralisation des cas observés, des arguments inductifs, des arguments d'analogie, la reconnaissance d'un concept mathématique dans une situation concrète… » (Polya, 1967).

II-1-2-2-1 Une première nécessité : connaître les mathématiques

Poser le postulat de connaître les mathématiques peut paraître un truisme mais notre expérience de formatrice au niveau du premier degré nous convainc chaque jour que les évidences n'en sont pas toujours. Pour reprendre une métaphore courante, faire des mathématiques ce n'est pas uniquement travailler ses gammes. Faire des gammes c'est nécessaire pour bien jouer du piano, mais il faut aussi jouer des airs et avoir du plaisir à jouer, même si le jeu est maladroit. De plus, l'évolution des démarches pédagogiques vers un apprentissage par résolution de problèmes requiert des compétences de plus haut niveau, c'est que rappelle l'Inspection Générale dans son rapport : *« Le guidage, le pilotage des séances de recherche appellent donc une compétence pédagogique de haut niveau et une maîtrise disciplinaire et didactique confirmée pour être productive »* (*op. cit*., 2006, p. 47).

Ce constat ne concerne pas, a priori, les enseignants du second degré qui ont choisi d'enseigner les mathématiques et sont recrutés sur un « bon niveau » dans cette discipline. Par contre, dans le premier degré, l'enquête effectuée pour établir le rapport de l'Inspection Générale révèle que, si la moitié des maîtres de cycle 3 interrogés a un niveau d'études universitaires supérieur ou égal à la licence, ceux qui ont suivi un cursus scientifique sont minoritaires (un sur cinq) et les « mathématiciens » sont vraiment rares puisqu'ils ne sont que 2 % (*op. cit*., 2006, p. 38). Nous nous gardons bien pour autant d'en déduire que seuls ces 2% sont capables d'enseigner les mathématiques ! Nous prenons acte simplement de ce que la polyvalence des missions d'enseignement des professeurs des écoles français ne correspond pas à une polyvalence de leurs cursus universitaires.

Un désir assumé de la part des stagiaires d'approfondir leurs connaissances mathématiques

Rappelons que de plus, dans le domaine de l'enseignement aux élèves sourds, les enseignants doivent construire des progressions adaptées aux besoins spécifiques de ce public ; nous avons souligné que dans ce cas, une connaissance du devenir des objets enseignés sur le long terme est incontournable et donc une maîtrise plus importante des savoirs mathématiques est requise. D'autre part, la spécialisation ASH des professeurs des écoles les implique dans la scolarisation des élèves sourds aussi bien au collège qu'au lycée : ils sont amenés à soutenir les apprentissages de ces élèves tout au long de leur scolarité, en les accompagnant dans les classes ou en « préparant » avec eux les séances à l'avance, ou encore en reprenant les apprentissages lors de séances supplémentaires. Ainsi, le niveau de connaissances mathématiques est une première contrainte pour pouvoir les enseigner qui n'échappe pas aux enseignants en formation que nous accueillons. Nos stagiaires formulent de façon récurrente un besoin d'approfondissement de leurs connaissances en mathématiques : par exemple, ils évoquent systématiquement des lacunes au niveau des nombres décimaux et rationnels. Ils réclament aussi des compléments de formation au niveau du domaine de la géométrie, se disant démunis car seuls, avec leurs propres souvenirs d'élèves. Nous retrouvons cette demande chez des enseignants qui accompagnent des élèves sourds au collège et au lycée : ils craignent de ne pas avoir un « niveau » de connaissances suffisant en mathématiques pour pouvoir leur « expliquer » les notions de mathématiques qui pourtant font partie du socle commun de l'école obligatoire.

Faire des maths et faire faire des maths

Si les professeurs des écoles ont suivi un cursus qui les a fait étudier les mathématiques au moins jusqu'à la fin de la 3^{e}, ce socle de compétences ne leur suffit pas pour les enseigner en primaire, d'autant moins qu'ils avouent s'être empressés, pour la plupart, d'oublier ces rudiments scientifiques laborieusement élaborés. Pour une grande part, ces enseignants ont été formés dans les IUFM mais un grand nombre regrette un manque d'articulation entre des savoirs théoriques et les problèmes professionnels qu'ils ont rencontrés dans leur carrière. Ils sont nombreux à dire s'auto former en fonction des contraintes imposées par leurs conditions d'exercice, en suivant des stages de formation continue lorsque c'est possible, en lisant des ouvrages spécialisés ou encore en utilisant Internet ou des supports informatiques. Cependant, dans le domaine des mathématiques cette capacité leur semble beaucoup plus difficile. La formation qui répondrait à leurs besoins devrait leur permettre d'établir des liens entre les connaissances mathématiques de base qu'ils ont acquis en tant qu'élèves, les savoirs théoriques qu'ils ont abordés en formation initiale et les concepts pragmatiques qu'ils ont forgés au cours de leurs expériences professionnelles. « L'apprentissage ne peut être uniquement consommation d'informations extérieures à l'individu ; il n'est pas non plus à l'inverse seulement construction autonome de sens ; il procède d'interactions entre données déjà-là, conceptions propres à l'individu, les aléas, et les possibles rencontrés » (Clenet, 1998).

Une quête de sens de la part des enseignants comme des élèves

Nous pensons avec G.Vergnaud que « la spécificité des apprentissages mathématiques est dans les mathématiques elles-mêmes », d'autant plus que la réussite des élèves semble fortement liée à leur appréhension du sens d'une discipline, de son fonctionnement ainsi qu'à l'identification des objets du savoir concerné (B. Charlot, E. Bautier, J.Y. Rochex, 1992). « Une dimension importante du sens que peut avoir un apprentissage pour les élèves semble être la possibilité pour eux de percevoir ce qui fait la cohérence des différents objets de travail que l'on appelle, dans le monde scolaire, une discipline. » (E. Nonnon, 1995). Il s'agit donc pour l'enseignant de faire apparaître à ses élèves les enjeux qui unifient la discipline considérée et d'articuler les connaissances à des questions propres à celle-ci. En particulier, comme le montre M. Develay (1992), « une discipline d'enseignement, pour qu'elle apparaisse dans sa spécificité, devrait être enseignée comme réponse à des questions ». Mais aider les élèves à identifier des notions et leurs liens avec les problèmes qu'on se pose, à un moment donné de la construction des connaissances, suppose que les enseignants, au delà des programmes, soient eux-mêmes au clair sur les concepts centraux de la discipline, en l'occurrence, pour ce qui nous concerne, en mathématiques. C'est pourquoi il nous semble indispensable d'amener les formés à se poser quelques unes des questions qui permettent de donner du sens à certaines notions mathématiques qui constituent les bases de l'enseignement obligatoire.

II-1-2-2-2 Le sens et l'utilité des mathématiques

Pour les mathématiques, la question de l'utilité se pose alors qu'elle ne se pose pas pour d'autres sciences car chacune d'elles a son objet propre : l'intérêt d'étudier les langues, les atomes ou les virus est clairement connu de tous. Chacun voit bien quel sens leur étude représente pour notre quotidien car tout le monde discerne assez bien leur usage. Il n'en va pas de même pour les mathématiques car elles n'étudient directement aucun objet issu de la réalité. Rappelons la boutade de Russell : « En mathématiques, on ne sait pas de quoi on parle, ni si ce qu'on en dit est vrai ».

La notion de sens est ici entendue dans l'acception de Léontiev (1975) qui la distingue de la notion de signification. L'homme trouve un système de significations tout prêt, élaboré historiquement, sous formes de techniques, de savoir-faire, de savoirs et d'outils, et il se l'approprie. Le degré et le devenir de cette appropriation dépendent précisément du sens personnel que cette signification a pour le sujet. Le rapport au savoir est par conséquent une relation de sens et donc de valeur, entre un individu (ou un groupe) et les processus ou produits du savoir, en l'occurrence, les mathématiques. Quelle valeur les professeurs des écoles accordent-ils au savoir mathématique ? L'importance qu'ils attribuent à l'utilité des mathématiques constitue un des premiers points qui émerge des réponses que nous donnent les stagiaires et qui rassemble tous les enseignants que nous avons en formation. L'éternelle question « à quoi servent les maths ? » reste souvent sans autre réponse que celles liées à leur passé d'élèves : « pour aller dans une bonne classe » ou « pour réussir ses études et avoir un bon métier ». Si, selon A.

Descaves, en situation scolaire «le sens s'établit lors des réussites, des succès, par la reconnaissance des pairs, par la satisfaction personnelle ou la valorisation apportée par les destinateurs (maître, parents, camarades, etc.) » (Descaves, 2001, p. 25), nous ne pouvons que constater que malheureusement, peu de professeurs des écoles ont vécu une expérience aussi positive. Depuis que notre travail s'est tourné vers l'illettrisme et l'analphabétisme, nous avons rencontré un public d'adultes en difficulté pour des gestes mathématiques simples de la vie quotidienne : prendre des repères dans le temps et dans l'espace, gérer son emploi du temps, son budget, calculer mentalement, calculer des ordres de grandeur, utiliser des schémas, des plans, ... Nous pensons que ce rôle d'instrument est fondamental et que l'école doit pouvoir montrer que les mathématiques qui y sont enseignées ont des applications immédiates dans la vie quotidienne. Mais la perte de sens ne concerne pas que les élèves ou les professeurs : il y a eu une évolution du rapport des mathématiques dans une société qui ne les envisage plus comme un outil de compréhension du monde mais comme une réalité en soi. Y. Chevallard montre comment ce processus de « rétractation des mathématiques sur elles-mêmes est mortel : on perd ainsi les raisons d'être des objets enseignés » (Chevallard, 2004, p. 34).

Mathématiques et vie courante

La perte de sens qui découle d'un enseignement des mathématiques par ostension et déconnecté des préoccupations de la vie courante est souvent attribuée, par nos stagiaires, à l'abstraction qui caractérise les savoirs mathématiques. Les avis s'accordent sur le côté théorique et artificiel de cette matière, sans lien avec la réalité et diffusée au travers de discours opaques dont la compréhension est réservée à une petite élite. Diderot pensait déjà à son époque que les mathématiques ne faisaient « qu'interposer un voile entre la nature et le peuple », qu'il valait mieux supprimer ce voile.

Peu de ces enseignants (et peut-être peu de ceux qui leur ont enseigné les mathématiques) ne reconnaissent une utilité aux notions mathématiques hors les problèmes de vente et d'achats : tous sont embarrassés pour trouver des applications concrètes aux savoirs mathématiques autres que les nombres entiers et les quatre opérations, ou même pour concevoir qu'il en existe. Ce qui est curieux et intéressant à noter c'est que lorsque nous avons effectué une enquête auprès d'adolescents sourds sur l'utilité des mathématiques, nous avons obtenu le même taux de réponses concernant l'utilité commerciale des mathématiques. En outre, le rapport de l'inspection générale note que seuls 40% des enseignants disent donner beaucoup de problèmes issus de la vie courante ou de la vie de la classe (*op. cit*., 2006, p.39). Ainsi, si les enseignants perçoivent mal l'utilité des savoirs mathématiques pour la vie quotidienne, ils entretiennent cette défaillance de notre système scolaire en ne favorisant pas non plus dans leur enseignement la construction de significations pour les concepts mathématiques.

Une enquête publique sur la numératie

Ce constat rejoint certaines observations que nous avons faites à l'occasion d'un travail effectué pour une enquête nationale Information sur la Vie Quotidienne (IVQ) en 2002[33]. Nous avions remarqué lors de la passation de certains items que les compétences en *numératie* des adultes ne sont pas toujours aussi grandes que le niveau d'études pourrait le prédire. Or, la numératie se définissant comme *la connaissance et les aptitudes exigées pour gérer efficacement les demandes mathématiques de diverses situations de la vie*, il est possible de retrouver dans la population d'enseignants des personnes ayant effectivement des connaissances théoriques et abstraites mais se sentant incapables de les rendre fonctionnelles, capacité pourtant essentielle au niveau pédagogique. « Si, depuis la création des IUFM, la formation des enseignants (professeurs des écoles, collèges et lycées) s'est indéniablement améliorée, elle reste encore très insuffisante en matière d'enseignement des mathématiques. Ces dernières décennies, la France a beaucoup contribué aux recherches sur l'évaluation, sur le développement du nombre et la didactique des mathématiques. Une certaine quantité d'outils, accessibles aux enseignants et validés par des études expérimentales, ont été produits. Trop peu sont utilisés de manière effective sur le terrain ». (Charron, Meljac, Peyrat, Noël, Duquesne, Vergnaud, Gombert, 2004).

Nous retrouvons cette situation paradoxale avec certains collégiens ou lycéens, bons élèves au demeurant, mais présentant des difficultés à expliquer l'intérêt et l'utilité pour la vie quotidienne, des savoirs mathématiques qu'ils étudient en classe. L'enquête PISA[34] de 2003 montre que « nos élèves semblent acquérir des connaissances qu'ils ne savent guère mobiliser dans des situations qui s'éloignent de leurs conditions d'acquisition » (A. Bodin, 2006), même si on peut discuter sur ces évaluations et sur les mathématiques qu'elles évaluent : les mathématiques considérées pratiques par ce mouvement ne sont-elles pas celles reconnues utiles au citoyen-consommateur-employable ? L'insistance sur les « mathématiques de la vie », « mathématiques du réel », et sur « l'évaluation authentique », très en vogue aujourd'hui (le *framework* en anglais), ne facilite pas nécessairement la réussite des élèves. En général, comme le souligne A. Bodin, cela rend même les choses plus difficiles, du moins tant que la dévolution n'est pas assurée, c'est-à-dire tant que l'élève, non

[33] L'enquête nationale française IVQ 2002 a évalué les compétences en « numératie » utilisées dans la vie quotidienne de plus de 1400 adultes de 18 à 65 ans.

[34] PISA: Program for International Student Assessment – OCDE. Depuis 2000, selon un rythme trisannuel, PISA évalue les compétences des élèves de 15 ans dans trois domaines : compréhension de l'écrit, culture mathématique, culture scientifique. L'ensemble des exercices diffusés par la direction de l'évaluation et de la prospective du ministère met en évidence des grandes tendances de l'évaluation PISA en ces termes : les problèmes ont majoritairement un caractère concret, une proximité à la vie de l'élève ; les capacités en lecture de documents, de représentations graphiques sont très présentes ; les capacités inductives et déductives sont mobilisées dans ces situations courantes. On ne trouve pas de problèmes faisant appel à des connaissances et des compétences en algèbre, en trigonométrie ou à des théorèmes géométriques. De plus, PISA reste essentiellement dans le champ des compétences et connaissances de l'école primaire, sans appel à des opérations compliquées. La note de la DEP sur les résultats de l'enquête 2003 se conclut d'ailleurs en rappelant que PISA vise à évaluer « *la capacité des jeunes adultes de 15 ans approchant de la fin de la scolarité obligatoire, quel qu'ait été leur parcours scolaire, à exploiter leurs connaissances et compétences pour faire face aux situations de la vie réelle*. ».

seulement n’a pas compris la situation qui lui est proposée, mais encore tant qu’il ne l’a pas faite sienne.

Néanmoins, il y a pertinence à répondre à la quête de sens chez les enseignants si on cherche à développer la construction de savoirs mathématiques signifiants chez les élèves. Pour nous, le sens renvoie à l’activité : c’est la possibilité pour l’élève ou le stagiaire, face à une situation à laquelle il est confronté, d’engager une activité en rapport avec cette situation, plus ou moins adéquate suivant que celle-ci lui est plus ou moins familière. Pour G. Vergnaud, « *trouver du sens c’est disposer d’un système minimum de connaissances pour commencer à agir ne serait-ce que mentalement* » (Vergnaud, 1999). Une mise en scène didactique consiste à articuler les mathématiques en actes et les mathématiques formalisées c’est-à-dire à rendre les concepts et les théorèmes mathématiques fonctionnels en les inscrivant dans des situations dont ils constituent le ressort principal : c’est là qu’ils sont susceptibles d’avoir du sens pour les apprenants (Brousseau, 1986). Puisque tout concept mathématique est la réponse à une situation qui pose question, la résolution de problèmes permet de répondre à ce besoin. La problématique du sens est un enjeu particulièrement présent dans l’enseignement aux élèves sourds.

II-1-2-2-3 Les mathématiques, une discipline « vivante »

Faisant suite à des difficultés d’attribuer une signification et un intérêt social aux mathématiques, le manque de connaissances dans ce domaine conduit aussi certains enseignants à se figurer cette discipline comme un vestige de l’antiquité. Réduites à des théorèmes poussiéreux qui ne dépassent pas la Grèce antique, les mathématiques sont mortes comme la langue de cette civilisation : au-delà de Pythagore et de Thalès ou d’Archimède, les découvertes mathématiques se sont arrêtées. Et encore, ils n’ont bien souvent pas la connaissance des questionnements « concrets » qui ont conduit ces mathématiciens à expérimenter sur des situations de la vie courante, à tester des hypothèses avant de faire « souffrir » les élèves avec leurs déductions.

Une vie liée au passé

Cette méconnaissance de l’histoire des mathématiques est pourtant toujours regrettée une fois qu’elle leur a été révélée. C’est d’ailleurs une des raisons qui nous a motivée pour rédiger un ouvrage qui leur permet de donner « corps » et vie à l’ensemble des connaissances mathématiques élaborées par l’humanité (Duquesne, 2001). Identifier les péripéties et la cohérence de cette longue construction participe de la culture générale et du plaisir de comprendre le pourquoi et la signification de l’existence des concepts mathématiques. L'histoire des mathématiques lie les mathématiques à l'ensemble de l'histoire humaine. Dès l’école élémentaire, un enseignant peut donner des éléments de cette histoire, par exemple sur le nombre ou l’histoire des numérations écrites (Meljac, 2003). Non seulement, replacer ces notions dans leur contexte permet aux enfants de comprendre qu’elles ont une

raison d'être, que les Hommes ont résolu des problèmes qui se posaient à eux, à une certaine époque et d'une certaine façon, mais en plus, l'éclairage historique permet de mettre en évidence et de comparer, lorsque cela est possible, des différences de pratiques ou de résolutions suivant les époques. Ainsi, la représentation, bien ancrée chez les élèves, mais également chez certains enseignants, qu'à un problème de mathématiques correspond une solution et une seule, aura plus de chances d'être remise en cause et dépassée.

Une vie liée au futur

Cette découverte invite ensuite les futurs enseignants à regarder cette discipline comme un savoir en évolution : faire des mathématiques n'a pas pour justification de savoir pour savoir ; ce savoir est un outil pour appréhender le monde qui nous entoure. Il nous semble essentiel que les enseignants puissent concevoir les mathématiques comme un élément de notre quotidien, passé, présent et futur, pour que les élèves, citoyens en devenir, bénéficient à leur tour de ces nouvelles représentations. Il y a de plus en plus de mathématiques partout, le moindre progrès technologique suppose énormément de mathématiques, mais paradoxalement les mathématiques sont devenues invisibles, que ce soit celles qui président à la réalisation d'objectifs technologiques ou celles qui interviennent dans les processus de décision. Il y a besoin de plus en plus de personnes formées en sciences mais dans de nombreux domaines, des logiciels dispensent des calculs mathématiques élémentaires. D'autre part, l'évolution des mathématiques est marquée par celle des relations entre les mathématiques et ses applications. Comme le souligne C. Robert lors d'une conférence sur les nouveaux programmes des lycées en janvier 2002, « c*eci date d'Archimède ; au XVIIe siècle on parlait de Mathématiques pures ou Mathématiques mixtes ; la première moitié du XXe siècle a vu la montée du « Bourbakisme », puis vers les années 80 les Mathématiques appliquées se sont affirmées* ». Actuellement, cette dichotomie, mathématiques appliquées/mathématiques pures, ne semble plus vraiment refléter ce qui se passe au niveau de la recherche ; il serait plutôt question de Sciences Mathématiques, pour mettre l'accent sur l'aspect d'interaction plus que sur celui d'application. La science est devenue un élément prépondérant de notre société. « Dans les laboratoires et les instituts de recherche se construisent des savoirs extrêmement précis, qui reposent sur des méthodes, des procédures bien définies dans une dialectique entre théorie et expérience. Au cœur de ce dispositif de connaissances on trouve les mathématiques. » (Girodet, 2007).

Une vie liée aux différentes cultures

De même, cet auteur nous invite, dans notre quête de sens, à prendre en compte les variations culturelles. « En effet, même en restant cantonné à des notions mathématiques de base (la lecture et l'écriture des nombres, les quatre opérations, les nombres entiers et décimaux, les grandeurs, les notions élémentaires de mesure, les problèmes linéaires), les différences spécifiques liées à l'héritage culturel, les particularités ethno-mathématiques sont importantes » (Girodet, 1996). La prise en

compte de ces variations et les comparaisons que cela suscite permettent de comprendre les éléments mathématiques invariables sous-jacents et de mieux intégrer les concepts mathématiques universels correspondants. Cette composante culturelle s'avère adaptée à une école d'ouverture aussi bien à l'école élémentaire et que secondaire où de nombreux élèves de différentes origines et cultures sont scolarisés ainsi que des élèves Sourds se réclamant d'une culture propre à leur langue et à leur mode de pensée.

Pour atteindre cet objectif de formation générale, celui qui enseigne les mathématiques doit « avoir la vision la plus étendue possible (pas nécessairement la plus profonde) de toutes les notions mathématiques qu'il est amené à enseigner. Il peut les lier à leur histoire, et celle-ci à l'histoire universelle. Il peut s'attacher à leur impact dans les arts, la peinture ou la musique. Il peut regarder comment elles interviennent dans la pratique, dans la vie courante, dans les autres matières scolaires » (Kahane, 2004, p. 14). La formation doit pour cela lui donner les moyens de saisir, au moins en grandes lignes, leur mouvement historique et leurs tendances actuelles, c'est-à-dire être porteuse d'une culture qui dépasse largement celle qu'il a à enseigner.

II-1-2-2-4 Une assimilation de l'abstraction à la complexité

Les mathématiques étant constituées d'enchaînements conceptuels et logiques dont la validité est universelle (Duquesne, 2001), elles sont souvent considérées comme la science de l'abstraction. Mais comme le souligne J.-P. Kahane, « toutes les sciences élaborent des abstractions » (Kahane, *op. cit.*, p. 13). Il prend l'exemple du triangle ; ce dernier n'est pas plus abstrait qu'un quark que personne n'a jamais vu ! « Le triangle, depuis l'Antiquité, traverse les âges en variant ses aspects et ses usages, depuis la mesure des champs et le percement des tunnels jusqu'à la géométrie hyperbolique en passant par la géodésie terrestre et la mesure des distances spatiales, tandis que le quark est lié de façon exclusive à la physique des particules » (*ibid.*). L'intérêt essentiel des objets mathématiques réside justement dans leur abstraction qui fait qu'ils sont généraux et sans usage prédéfini. C'est leur manipulation formelle qui rend les objets mathématiques obscurs même lorsqu'ils sont très simples. Par exemple, les nombres entiers servent à effectuer des opérations dont les règles de calcul peuvent fonctionner aux yeux de certains comme une combinatoire aveugle.

De plus, on trouve fréquemment l'opinion que ce qui est abstrait est complexe et ce qui est « concret » est simple (en ce qui nous concerne, nous entendons « concret » dans le sens de « familier »). D'où les mathématiques reconnues comme abstraites sont nécessairement complexes. Leur apprentissage sera alors rendu accessible à partir de situations concrètes et simples. Les éléments de complexité seront distillés, petit à petit, par juxtaposition des éléments simples. D'autre part, nous relevons avec Brousseau un certain paradoxe, car si « donner du sens » est utile, « cela revient souvent à plonger une notion assez simple dans un univers « concret » qui la rend beaucoup plus obscure et difficile et qui contrarie la compréhension et l'apprentissage » (Brousseau, 2000, p. 8). C'est un des atouts des

mathématiques que de modéliser les situations de la réalité pour s'extraire de leurs caractéristiques contextuelles.

Ainsi, il est de bon ton de mettre en avant la nécessité de « manipuler » et de présenter des situations concrètes avant toute chose. Lorsque l'enquête initiée par l'Inspection Générale auprès des professeurs des écoles pose la question : *« diriez-vous que votre enseignement est concret »,* 34% des personnes interrogées répondent oui. Lorsque les maîtres ont été interrogés dans les entretiens sur leur perception personnelle de l'enseignement des mathématiques et tout particulièrement sur le côté utilitaire des mathématiques, la réponse dominante consiste à dire que « *il faut partir du concret pour aller vers l'abstrait* ». Mais lorsqu'on regarde les statistiques, le *dire* ne coïncide pas avec le *faire*. Par exemple, en ce qui concerne les problèmes issus de la vie courante, ils sont 43 % à en donner un peu et 17% à ne pas en donner du tout. Quant aux problèmes issus de la vie de la classe, 57% en donnent peu et 14% n'en donnent pas du tout. Au total, il en reste peu dont les pratiques sont en cohérence avec les discours « pédagogiquement corrects ».

Des élèves considérés comme peu capables d'abstraction

De façon similaire, nous retrouvons dans 86% de nos stagiaires (voir annexe 6, p. 11), la croyance que les difficultés des élèves sourds en mathématiques sont liées à leurs difficultés d'abstraction. Dans la plupart des formations que nous effectuons, il y a toujours des demandes d'enseignants concernant le développement des capacités logiques et de raisonnement abstrait chez leurs élèves. Peut-être aussi qu'existe une autre représentation sur les enfants en difficulté scolaire : « *ils n'arrivent pas à abstraire* », « *face à l'incompréhension* (traduire par incapacité à conceptualiser) *le retour au concret* (traduire par le facile, le manipulable) *est nécessaire* ». Plus c'est difficile pour les élèves, plus il faut simplifier, *« ne pas mélanger plusieurs choses* ». Si les élèves sont trop « mauvais », il n'y a qu'à leur donner des recettes à appliquer. Lorsqu'il y a tentative de remédiation, les situations sont axées sur des activités manipulatoires et avec des supports « concrets » : non pas des situations liées à la vie courante comme nous l'avons déjà remarqué mais le concret est pris dans le sens « palpable », avec du matériel. Peu d'enseignants envisagent les mathématiques dans leur aspect expérimental, permettant des hypothèses et des essais de résolution, des erreurs puis de nouvelles tentatives.

L'action est souvent comprise comme étant une action sur des objets physiques et non pas sur des objets de pensée. Il s'agit dans cette perspective, de développer quelques activités de manipulation en classe, en vue d'une sorte de concrétisation des objets d'apprentissage. A notre sens, le risque est très grand de proposer une recette, un « remède » à la difficulté d'apprendre des plus faibles.

Ainsi, là encore, un travail important est à mettre en œuvre en formation pour élargir les représentations de ce que sont une action, l'expérimentation, le concret et l'abstrait, le complexe et le compliqué. Nous faisons nôtre la conception de Paul Langevin qui énonce : ***« le concret c'est de l'abstrait rendu familier par l'usage »*** (Langevin, 1964).

II-1-2-2-5 Les mathématiques, connaissance ou langage ?

Les mathématiques sont principalement perçues comme un langage, langage universel mais langage difficile d'accès car encombré de termes spécifiques et peu utilisés dans d'autres champs. Cette conception se révèle dans les réponses aux questions qui demandent aux enseignants d'expliquer les difficultés de leurs élèves dans la résolution de problème : 98% répondent que cette difficulté a pour origine des déficits au niveau de la maîtrise de la langue française écrite dont 85% liées à un déficit lexical (voir annexe 6, p.11). Même si les mathématiques constituées peuvent être représentées par des textes, des mots des énoncés et des écritures symboliques, les mathématiques ne sont pas un langage mais une connaissance.

Là encore, nous verrons dans le paragraphe suivant que la compréhension d'un texte oral ou écrit est évidemment nécessaire mais qu'elle ne suffit pas à mobiliser les concepts adaptés pour résoudre la situation. Nous essaierons d'étudier comment l'activité langagière joue un rôle dans l'action et dans l'apprentissage d'un sujet, dans quelles situations elle s'impose comme moyen de formulation ou de communication et quel rôle elle joue dans la genèse des systèmes de validation mathématiques.

Une confusion entre les concepts et leurs signifiants

Cette conception a d'autant plus cours chez les enseignants qui se forment pour accueillir des élèves sourds du fait des fréquents déficits langagiers de ce public. Les données que nous avons recueillies signalent que 95% des enseignants focalisent leur action pédagogique en mathématiques, aussi bien à l'école qu'au collège, sur l'apprentissage du vocabulaire mathématique. Les activités dites de « soutien » ou d'accompagnement des élèves sourds dans leurs classes de référence, se limitent souvent à une reprise des apprentissages par répétitions de l'enseignement d'un même contenu et accroissement du lexique spécialisé.

Une conviction ancrée dans le noyau central des représentations des enseignants, me semble-t-il, consiste à confondre la capacité des élèves à utiliser les mots qui nomment les concepts et l'élaboration des notions elles-mêmes, c'est-à-dire leur utilisation dans différentes situations problèmes comme outils efficaces et pertinents. L'expression d'un concept ne suffit pas à prouver qu'il est construit et réciproquement, ce n'est pas parce que le langage est incomplet que le travail d'élaboration des caractéristiques du concept n'est pas enclenché. On retrouve ainsi une opposition entre le dire et le faire avec une prédominance du langage sur l'action dans l'esprit des enseignants. Faire des mathématiques pour construire des connaissances et mettre en mots les connaissances utilisées dans l'action représente des activités qui ont leurs propres difficultés. S'interroger sur les relations entre l'énonciation et la conceptualisation est le principal domaine sur lequel porte notre recherche.

II-1-2-2-6 Les mathématiques, rigueur, contrainte ou formalisme ?

Un autre point essentiel qui ressort des réponses des stagiaires du premier degré, renvoie l'image d'une pensée mathématique rigide : de nombreux qualificatifs attribuent à cette discipline des propriétés rigoristes :

> *« c'est comme ça et pas autrement et on ne sait pas pourquoi », « deux plus deux ça fera toujours quatre, c'est pas autrement », « c'est une matière où il n'y a pas de possibilité de laisser libre cours à son imagination », « tout est strict et sec, d'ailleurs on est sec en maths », « on a bon ou on a faux ; on ne peut pas y échapper donc c'est pas intéressant », « on ne sait jamais quel tiroir ouvrir pour avoir bon, quelle règle il faut appliquer, alors on fait au hasard » ou « les maths c'est mécanique, on appuie sur un bouton et la machine se met en marche ».*

Selon l'opinion publique, lorsqu'il n'y a pas de place pour le doute, on dit « c'est mathématique ». Les élèves aussi l'expriment au travers de remarques du type : *« j'ai le **droit** de faire ça ?* », ou « *il faut respecter les règles, car c'est obligatoire pour arriver au résultat* ». Pourtant la rigueur n'est pas l'essentiel des mathématiques contrairement à l'opinion commune et peut-être à celle des Bourbakistes. L'essentiel ce sont les idées et l'imagination nécessaires au processus de recherche, qui peuvent être inhibées par une fausse rigueur assimilée à la mémorisation de formules et à des exigences pointillistes sur la forme du résultat. Les mathématiques sont exactes, dans le sens où une proposition, dans un cadre axiomatique fixé, est vraie ou fausse dès qu'elle n'est pas indécidable (Duquesne, 2001).

Rigueur logique ou prescription ?

Nous interprétons ces remarques comme le reflet à la fois d'une opacité qui rebute à cause d'un désir justifié de recherche de sens, et d'une identification de la rigueur à un argument d'autorité : la rigueur est décrite non pas comme la nécessité de suivre des lois logiques qui enchaînent les raisonnements pas à pas mais comme des règles auxquelles on est obligé de se plier sans comprendre pourquoi. Nous voyons dans ce genre de considérations, certains effets pervers de notre système d'enseignement en mathématiques qui privilégie trop souvent l'apprentissage de techniques ou de formules non comprises, amenant ainsi les élèves, et futurs enseignants pour quelques uns, à se construire une représentation formaliste des mathématiques. Les mathématiques se présentent la plupart du temps comme une série de règles à apprendre et à travailler de manière répétitive. Si le savoir mathématique constitué est une construction axiomatique, il se présente sous un aspect formalisé mais cela n'implique pas que son enseignement le soit nécessairement. Il semble que certains travers de la réforme des années 70 perdurent encore dans les routines d'enseignants qui exposent les mathématiques en les donnant à « voir » au lieu de les donner à « faire ». Lorsqu'un élève est placé dans une réelle situation de recherche, qu'il se trouve confronté à des situations qui représentent pour lui de vrais défis, ce n'est pas par la reproduction machinale de techniques apprises qu'il surmontera

l'obstacle. Il y va en apprentissage comme en recherche, les voies intuitives ne sont jamais exclues. Les activités et les expériences répétées créent dans l'esprit de l'élève une représentation mentale des objets mathématiques qui évolue en fonction de leur confrontation avec celles de l'enseignant et des autres élèves. « Nous avons de l'intuition parce que nous avons des représentations mentales des objets mathématiques » (M. Serres, 1992).

II-1-2-3 Les facteurs psychoaffectifs dans les représentations sur les mathématiques

En considérant les aspects contraignants comme prédominants dans les apprentissages mathématiques, le paragraphe précédent pose la question du rapport qu'entretiennent les individus avec cette matière et montre déjà l'impact de l'affectivité pour parasiter son apprentissage, donc son enseignement. Chaque promotion de stagiaires nous renvoie majoritairement une impression de désintérêt, de dégoût même pour certains. Nous obtenons des sentences comme :

> « *j'ai toujours été nulle en maths* », « *encore à l'école primaire ça allait, mais à partir du collège, c'est devenu de la brasse coulée* », « *je n'aime pas les maths et je m'arrange avec une collègue pour que ce soit elle qui soit responsable de l'enseignement des maths* »…

Certains n'ont des mathématiques qu'un souvenir plus ou moins douloureux, où leurs pratiques mathématiciennes ont souvent été vécues dans des contextes évaluatifs qui les a enclins à associer aux maths un sentiment de difficulté, voire même d'échec.

Par contre, ils sont un certain nombre à dire avoir retrouvé du goût pour la matière lorsqu'ils ont été obligés de l'enseigner : soit parce qu'ils ont cherché à ne pas faire subir à leurs élèves les mêmes difficultés que celles q'ils avaient vécues, soit parce qu'en prenant de la distance par rapport à leur propre scolarité, dégagés des enjeux d'orientation liés aux aspects sélectifs des mathématiques, une curiosité nouvelle vis-à-vis de cette discipline leur est née. Nous avons aussi rencontré des contradictions dans ces rapports difficiles au savoir mathématique. Il y a des individus qui disent ne pas aimer les maths, ne pas être « bons » en maths mais qui se révèlent, en cours de formation, capables de mettre en œuvre des attitudes intellectuelles tout fait pertinentes dans les activités proposées : certains s'étonnent eux-mêmes et en reprenant confiance en eux en tant que mathématiciens, ils redécouvrent un goût et un intérêt pour cette matière. D'autres, au contraire aiment les maths tout en ne se sentant pas « vraiment matheux » comme l'explique très bien M.-A. Girodet dans son intervention aux entretiens Nathan de 2006 (sous presses). Enfin, J. Nimier rapporte très bien le cas de personnes qui rejettent les maths mais dont le blocage ne relève pas nécessairement de la discipline et celui d'autres individus dont l'amour des maths peut cacher d'autres difficultés personnelles (Nimier, 2006). En procédant à une enquête par questionnaires et à des entretiens auprès de collègues et de lycéens (des « bons » comme des « mauvais »), Nimier a cherché à cerner les processus inconscients à l'œuvre dans la relation à l'objet mathématique : évitement phobique, refoulement, projection, … Il montre comment les mathématiques peuvent susciter la mobilisation de

certains mécanismes de défense et à quel point l'objet mathématique est investi par un imaginaire personnel et collectif. Il souligne également l'importance pour un professeur de prendre conscience de cette dimension dans son enseignement, dans sa compréhension des échecs et dans la rééducation de cette discipline (Nimier, *op. cit*.).

Un objectif de formation : développer le goût des maths

C'est une raison pour laquelle nous essayons de tenir compte de ce facteur affectif pour en faire prendre conscience aux formés aussi bien au niveau de leurs propres représentations que de celles que ces dernières peuvent engendrer chez leurs élèves. Développer le plaisir de faire des maths est toujours un objectif qui entre en jeu dans la conception de nos scénarios pédagogiques. Permettre que des équipes d'enseignants se sentent à l'aise dans leur enseignement des mathématiques, c'est favoriser pour nous la possibilité qu'ils fassent partager le plaisir de chercher et de faire des mathématiques : ce plaisir nous semble particulièrement primordial dans le cas des enfants en situation de handicap qui ont plus d'occasions que d'autres élèves d'en être privés soit par des temps de soins qui limitent considérablement leur temps de jeu, soit encore par des situations de vie plus contraignantes et sources de plus de souffrances que pour la plupart des enfants.

II-1-2-4 Les facteurs sociaux dans les représentations sur les mathématiques

Les investissements scolaires des élèves, et par conséquent des enseignants que deviendront certains d'entre eux, sont régulés par des enjeux sociaux en fonction de la valeur accordée à la discipline. En l'occurrence, des expériences ont été menées sur le rôle des représentations sociales dans la réussite à des tâches mathématiques. A. Weil-Barais (*op. cit*., 2004, p. 70) relate les travaux conçus par J.-M. Monteil (2002). Ce dernier a proposé en début de collège une situation de reproduction de figure géométrique complexe : à la moitié des élèves il annonce que l'épreuve sert à évaluer des aptitudes en géométrie et à l'autre moitié, il est dit que ce sont des aptitudes en dessin qui seront jugées. D'après ces auteurs, la recherche conduit à des résultats très stables : si la tâche est associée à une matière valorisée et jugée difficile comme la géométrie, les « bons élèves » réussissent mieux que les « faibles » alors que si la tâche est présentée comme du dessin, quelque soit le niveau académique des élèves, leurs performances sont similaires. Ainsi, les représentations sociales influent directement sur l'effort de mobilisation des connaissances des apprenants.

Mathématiques et société

Les représentations sociales sur le rôle d'un enseignement des mathématiques accessible à tous en raison du principe de l'égalité des chances sont certainement partagées par tous. Mais on trouve aussi, plus ou moins implicite, l'opinion inverse qui défend l'idée que l'école a un rôle de sélection à jouer pour contribuer à une formation de qualité. Le professeur a le rôle de détecter et de former en priorité les bons élèves en mathématiques. Nous retrouvons ces conceptions au niveau social et international :

aux yeux du journal le Nouvel Observateur, les mathématiques sont « *devenues l'outil impitoyable et le plus injuste d'une sélection qui ne dit pas son nom* ».[35] On a parlé de « tyrannie des maths » et on les assimile à un apprentissage de l'échec. Il y a, de façon récurrente, des débats sur la question de l'utilité des mathématiques pour le futur citoyen. Les mathématiques ont une image sévère. Ne pourrait-on pas s'en débarrasser ou bien les réserver à quelques-uns, comme on le fait avec les langues mortes ? Leur proximité et leur intérêt pour d'autres sciences, font dire à certains qu'il serait plus utile d'apprendre en physique les maths dont la physique a besoin, en économie les maths dont l'économie a besoin, en informatique celles dont les informaticiens ont besoin, etc. Pour les faire comprendre et apprécier, rien ne vaut de les faire enseigner par ceux-là mêmes qui les utilisent. Ce sont donc les professeurs de mathématiques qui sont inutiles. Pour tenter de comprendre les raisons de ce questionnement sur l'utilité des mathématiques, nous nous référons à l'académicien des sciences qu'est J.-P. Kahane. L'utilité des sciences « se mesure par leur prise sur un champ de la réalité. La biologie est la science du vivant, la physique celle de la nature inanimée, l'astronomie celle des astres… Les mathématiques ne se réfèrent pas directement à un champ de la réalité ; elles opèrent sur des abstractions déjà constituées, elles les malaxent et les triturent pour en extraire des méthodes et des principes généraux qui en garantissent l'usage, indépendamment du domaine où on les applique… On ne peut pas dire à quoi elles s'appliquent parce qu'elles viennent de partout et sont susceptibles de s'investir partout.» (J.-P. Kahane, 2004, p. 12). Ainsi, l'utilité des mathématiques est double : d'un côté, elles sont liées à toutes les connaissances et pratiques humaines, de l'autre elles élaborent des outils de pensée généraux. Ce ne sont ni un savoir rattaché à un domaine de la pratique ni un jeu de l'esprit qui se suffit à lui-même.

Le désir de « rentabiliser » les savoirs enseignés à l'école ne vise pas que les mathématiques, mais, ses aspects utilitaires pour les autres disciplines d'un côté, et ses aspects producteurs d'échec scolaire, de l'autre, en font une cible particulièrement en vue. En 1995 déjà, l'ERT souhaitait que : « *l'éducation* [soit] *considérée comme un service rendu au monde économique* »[36].

II-1-3 Les conceptions sur l'enseignement des mathématiques

Quelles mathématiques enseigner et pour quels élèves ? S'agit-il d'enseigner des théorèmes, des savoir-faire, un langage ou des recettes de calcul ? Les systèmes d'enseignement ont permis de constituer des progressions fondées sur l'exposé rationnel des corps de savoirs, en l'occurrence du corps des savoirs mathématiques. Les représentations des mathématiques très formelles où on retrouve l'influence du bourbakisme, s'opposent à celles, plus problématiques, des mathématiques pour résoudre des problèmes et poser des questions. L'idée qu'il faut enseigner des techniques avant tout, s'oppose à celle qu'une technique ne peut être maîtrisée avec pertinence que si le sens des concepts

[35] Nouvel Observateur, 10-16 juin 2004.
[36] Rapport de février 1995 de l'European Round Table, assemblée constituée d'environ 45 chefs d'entreprises européennes.

sous-jacents est perçu. Notons, en aparté que la conception du « tout technique » est installée avec d'autant plus de conviction que les élèves ont des difficultés : « *ils ne peuvent pas accéder à l'abstraction mais ils sont performants pour effectuer des opérations », « au moins, s'ils maîtrisent certaines techniques, ce sera toujours ça d'acquis ; on ne peut pas en demander trop avec ce genre d'enfants ».* Mais qu'en est-il de l'utilité de savoir poser une division si on ne sait pas dans quelle situation la mobiliser ?

Un décalage entre les théories de la cognition et les pratiques effectives

Notre expérience de formatrice nous a conduite à constater que les conceptions de l'apprentissage dégagées par les recherches en éducation ne correspondent pas, la plupart du temps, aux représentations des enseignants. Bien que le langage officiel, les textes, les formateurs et que les professeurs eux-mêmes utilisent des termes issus du courant des sciences de l'éducation qui a mis « l'élève au centre du système éducatif », dans l'agir de l'enseignant, c'est encore le modèle de la transmission des connaissances qui prévaut. Tout en parlant de construction à la place de transmission, de formation au lieu d'instruction, de concepts au lieu de notions ou de compétences au lieu de connaissances, les professeurs ne suivent pas les prescriptions des théories et ont tendance à reproduire le modèle du fonctionnement de l'école qu'ils ont fréquentée et des souvenirs personnels qu'ils en ont conservés. Avec J. Houssaye et J. P. Astolfi, on peut constater que les deux processus, enseigner et apprendre, sont en lutte, et que « le basculement d'enseigner à apprendre ne se fait toujours pas » (Astolfi, 2003).

Ce décalage entre les théories pédagogiques et les conditions réelles d'exercice des enseignants engendre un certain malaise chez ces derniers. Dans le second degré, au collège notamment, le public auquel doivent faire face les professeurs présente de plus en plus de difficultés pour en gérer l'hétérogénéité et plus encore depuis la scolarisation des enfants en situation de handicap qui commencent à accéder régulièrement à l'enseignement secondaire. Une enquête de 2004 qui a pour objet de renvoyer un portrait des enseignants de collèges et lycées[37] stipule dans un premier temps que « *43% des enseignants interrogés disent ne pas avoir suivi de formation initiale pour le second degré, ni en C.P.R (Centre Pédagogique Régional), ni en I.U.F.M. »* (p. 25). Ce taux varie considérablement selon l'âge : il tombe à 19% pour les moins de 34 ans et monte à 60% pour les enseignants de 53 ans et plus. Ce constat nous invite à mesurer l'importance des besoins et la responsabilité qui nous incombe dans la mise en place de la nouvelle formation ASH des professeurs des lycées et collèges pour scolariser des enfants et adolescents en situation de handicap.

[37] Enquête second degré, *Portrait des enseignants de collèges et lycées. Interrogation de 1 000 enseignants du second degré en mai-juin 2004,* Catherine LARIVAIN et Jean-Yves CORMIER, Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et Direction de l'évaluation et de la prospective.

L'exercice du métier est ressenti comme *« de plus en plus difficile* » par plus d'un enseignant sur deux (51%). Le compte rendu de l'enquête souligne que *« bien que le niveau de satisfaction global soit bon, 91% des enseignants reconnaissent l'existence d'un « malaise » interne et 60% se sentent personnellement concernés »* (*op. cit.*, 2004, p.26). Le malaise met en lumière deux points particulièrement sensibles. D'abord, un enjeu de reconnaissance : en effet, les enseignants vivent comme un paradoxe la difficulté renforcée lors de l'exercice du métier, alors même que la considération sociale diminue. Ensuite, un déphasage croissant entre l'idéal de transmission du savoir et la réalité du terrain, génère à la fois des sentiments d'impuissance, de frustration et de découragement. La plupart d'entre eux ont perdu toute confiance en leur métier, au point de ne plus vouloir le conseiller : 51% des enseignants affirment qu'ils ne recommanderaient pas le métier alors qu'ils l'auraient fait dans le passé du fait de la dégradation des conditions d'exercice, du manque de considération, du manque de motivation des élèves, et de programmes trop lourds... (*op. cit.*, 2004, p.26). Considérer qu'enseigner signifie uniquement transmettre des connaissances n'est plus une conception opérationnelle à l'heure actuelle et les enseignants vivent difficilement cette nécessaire mutation. La complexification du métier tient à l'augmentation du nombre de postures que les nouveaux enseignants ont à articuler : transmetteur, accompagnateur mais aussi enseignant concepteur capable en tenant compte des contraintes de son environnement de mener une démarche d'ingénierie éducative complexe (Poisson, 2007). Les enjeux que nous supposons aux apprentissages mathématiques et que nous visons à rendre possibles dans leurs principes sont de plusieurs ordres : la transmission d'un corps de savoir, une manière de penser les problèmes de la réalité, une manière de faire pour produire une solution et une manière de juger de la pertinence d'une solution proposée.

II-1-3-1 Une conception résistante : le rôle de l'enseignant est d'expliquer

Que ce soit le rapport de l'Inspection Générale pour les professeurs des écoles, le travail de A. Robert et J. Robinet (*op. cit*., p. 15) pour les professeurs de mathématiques des collèges et lycées, les constats recoupent les observations et les données issues de notre pratique : le rôle de l'enseignant est d'abord de parler.

> Ce dernier répète, explique, d'ailleurs plus ou moins bien aux dires des élèves : *« c'est un bon prof, car il explique bien »* ou à l'inverse, *« il explique mais il répète toujours la même chose et je n'y comprends pas plus qu'avant* ». Nous avons même rencontré lors d'un interview mené auprès de collégiens, une jeune fille sourde qui avoue : « *le prof, il est tellement gentil avec moi ; quand je ne comprends pas, il m'explique mais je ne comprends pas forcément, alors je lui redemande et il m'explique encore une fois. Dès fois, je n'ai toujours pas compris, mais je ne lui demande pas de répéter car le pauvre, il fait tellement d'efforts ! Alors je lui dis que j'ai compris* ».

L'explication, si fréquente dans les cours de mathématiques, renvoie à d'autres représentations de l'acte d'apprendre et d'apprendre les mathématiques. D'abord, si le rôle du professeur est de parler,

celui qui en découle pour les élèves, est d'écouter. L'élève apprend les mathématiques en écoutant, en regardant et en imitant, celui qui sait, qui lui transmet son savoir, le maître. Même si la formulation peu paraître anachronique, il reste néanmoins que cette représentation est vivace de façon implicite dans de nombreuses classes de mathématiques.

Dans une démarche pédagogique fondée sur l'explication, l'enseignant donne les clés à l'élève, surtout s'il est en difficulté, pour accéder au savoir visé : il lui montre les éléments caractéristiques des notions. L'enseignant fait fonctionner des exemples pour convaincre l'élève. La responsabilité de l'élève est peu engagée dans l'apprentissage. Il lui reste la possibilité d'appliquer les caractéristiques du savoir dans diverses situations : il est condamné à écouter et si ce n'est pas réussi on lui ré-explique et il refait. L'hypothèse sous tendue par cette stratégie est que plus l'élève va faire d'exercices du même type, plus les difficultés se réduiront. Or, comme le souligne A. Giordan, « une erreur correspond toujours à une façon de penser fortement enracinée et une explication, aussi claire soit elle, règle rarement le problème » (Giordan, 1999).

On retrouve ainsi des stigmates de l'empirisme évoqué précédemment, avec une coloration particulière liée à la discipline même des mathématiques et à son histoire. En effet, dans l'Antiquité grecque, Platon développe une conception dans laquelle l'objet mathématique est supposé existant dans un monde *idéal :* les mathématiques sont un intermédiaire pour accéder au royaume des idées. Le chercheur ne les construit pas lui-même, il les découvre dans un monde d'idées pures et parfaites. Ainsi, se révèle peu à peu la figure de ce monde invisible, souverain, et éclatant comme un ciel constellé, que les grands mathématiciens du XVIIe siècle dont Descartes et surtout Leibnitz, avaient nommé d'un nom majestueux et inoubliable : la *mathesis universalis* » (Desmarets et *al*., 1997). A l'heure actuelle, certains mathématiciens et enseignants de mathématiques optent pour cette position philosophique. Ils considèrent les objets mathématiques comme des choses existantes, une fois pour toute, idéales et parfaites, que le mathématicien découvre comme des vérités cachées. De là, à penser que ces « beautés » ne sont pas « données à voir » à tous….ce que certains formulent de la manière suivante : « *les maths sont le privilège d'une élite qui prétend les comprendre.* ».

II-1-3-2 Une pédagogie de la transmission

Parler et écouter sont les deux versants de la transmission : lorsqu'un expert doit expliquer un concept mathématique, même si son approche est de type systémique, un facteur temps apparaît au moment de l'énonciation. En français, l'oral comme l'écrit, obligent à introduire une chronologie, puisque tout ne peut être présenté simultanément : séquentialisation qui n'est pas obligatoire en LSF. « L'élève reçoit alors les notions d'une façon successive et progressive, alors que leur véritable compréhension nécessite une vue d'ensemble » (Astolfi, *ibid*., p. 27), et plus particulièrement lorsque cet élève est sourd. La transmission linéaire des savoirs mathématiques est une représentation que la formation d'enseignants pour sourds devra essayer de transformer.

La conversation scolaire

Hors l'explication, la communication scolaire peut prendre diverses formes : le discours magistral, l'explication, la conversation scolaire. A la forme magistrale, qui reste cependant sans doute la plus fréquente, se substituent peu à peu d'autres formes conversationnelles. Nous distinguons les interactions qui peuvent être encouragées entre les élèves dans une activité mathématique d'un dialogue qui s'instaure entre l'enseignant et des élèves de sa classe. Dans le cas d'échanges entre les élèves lors d'un travail de groupe par exemple, la conversation est plus ou moins symétrique, selon la constitution des groupes, en fonction du statut ou du niveau de connaissance des éléments qui le constituent. Lorsque le professeur entretient des échanges avec des représentants du collectif que représente la classe, la conversation est asymétrique. Dans ce schéma, « le maître est représenté en « position haute », traduisant le caractère fondamentalement dissymétrique de la relation pédagogique » (Weil-Barais, *op. cit*.., 2004, p. 48).

L'analyse des rapports d'inspecteurs qui alimentent le rapport de l'Inspection Générale, met en avant : *« trop de séances observées manifestent un déséquilibre dans les temps de parole des élèves et du maître : le monologue de l'adulte qui ne cesse de donner des consignes l'emporte sur le dialogue didactique qui construit. Dans les mêmes classes, la parole du maître étouffe le temps de réflexion silencieuse des élèves : ils n'ont matériellement pas le temps de « chercher ».* (*op. cit*., 2006, p. 53).

De notre côté, les déplacements en « visite » ou lors de passations d'examens que nous effectuons sur tout le territoire national dans les écoles, les collèges et les lycées, nous donnent encore à voir des échanges peu étendus. Certains enseignants s'acharnent à poser des questions fermées pour obtenir les réponses qui correspondent au savoir qu'il vise.

- Le professeur : *« Multiplier un nombre négatif par un nombre négatif donne, comme résultat, un nombre …? »*
- L'élève que capte le regard de l'enseignant circulant dans la classe *: « positif »*

Quelquefois le professeur donne même le début de la réponse et l'élève complète. Dans ce cas, les élèves sont amenés à répondre rapidement (car le prof attend), ils essaient de deviner ce que l'enseignant attend d'eux en utilisant des indices externes (comme un acquiescement de la tête ou des yeux…) et l'existence du dialogue n'est pas garant de la profondeur du traitement mathématique de la situation par l'élève interrogé. L'enseignant peut aussi gérer différemment les réponses obtenues en ne retenant que celles qu'il veut obtenir, et laisser de côté certaines autres : il opère une sélection qui, dans un cadre collectif permet une avancée du savoir sans s'assurer que chaque élève est en phase et, dans tous les cas, sans tenir compte des réponses fausses qui peuvent être un indicateur précieux pour vérifier que élèves et enseignants travaillent bien sur les mêmes objets.

> Voici un exemple de situation où le professeur et les élèves ne travaillent pas la même chose. En algèbre, un professeur montre le fonctionnement d'une équation *: on peut ajouter le même nombre de chaque côté sans changer l'équilibre, donc l'égalité est conservée.* L'enseignant vise la compréhension de la propriété d'une équation que d'être compatible avec l'addition. Mais, l'élève un peu perdu ne va prélever que des indices de surface qui vont le conduire à raisonner en se disant, *« on change un nombre de côté donc on change le signe » :* lui ne travaille pas sur le concept d'équation mais sur des indices qu'il a repérés qui fonctionnent dans certains cas. Malheureusement, ça ne fonctionne pas toujours. Par exemple, avec la multiplication, on ne conserve pas l'égalité en changeant de signe mais en divisant les deux côtés par le même nombre. Or, on sait bien que de nombreux élèves se trompent encore longtemps dans cette situation : au mieux, ils divisent et veulent en plus changer de signes.

Si l'on considère l'apprentissage selon un modèle conversationnel, comme le remarque A. Weil-Barais, plusieurs conditions doivent être réunies : « le partage d'intentions et d'intérêts entre le maître et les élèves ; les connaissances partagées initialement par les élèves et le maître qui rendent possibles les conversations ; le respect mutuel. » (Weil-Barais, *op. cit.*, 2004, p. 55). De plus, nous soulignons que la conversation scolaire ne peut pas impliquer tous les élèves. Au niveau de l'école élémentaire, seuls les enfants ayant acquis des compétences langagières et discursives sont concernés par cette démarche. Dans le premier et le second degré, cette remarque est encore plus valable pour des apprenants sourds. Dans le contexte de l'enseignement à des enfants sourds, qu'ils soient réunis entre eux ou solarisés avec des entendants, une de ces conditions au moins n'est pas assurée de façon évidente : pour que la conversation soit possible, il faut avoir un langage commun. Par force, ni les explications, ni les conversations didactiques seront les stratégies les plus adaptées à ces élèves. Un mode de communication partagé est nécessaire aussi bien entre élèves qu'entre les élèves et l'enseignant. Nous aborderons la complexité pour les enseignants de créer ces conditions de communication dans le chapitre suivant.

II-1-3-3 L'erreur et l'accompagnement à la difficulté

« *L'erreur est permise, mais elle n'est pas exploitée* » : voilà une remarque des inspecteurs généraux (*op. cit*., 2006, p. 49). Cette évolution dans les conceptions pédagogiques est déjà un point positif comparé à l'assimilation de l'erreur à une faute dont la responsabilité incomberait au seul apprenant et génèrerait un jugement négatif. Cependant, savoir diagnostiquer une erreur, apprécier son aspect récurrent ou transitoire dans les apprentissages et choisir une remédiation appropriée, sont des gestes professionnels qui relèvent de compétences expertes. Comme l'explique R. Charnay, « il ne suffit pas de faire des erreurs pour apprendre, bien que ce soit quelquefois utile, mais il est possible d'apprendre à partir de ses erreurs, à condition d'en faire un objet de travail » (Charnay, 2004, p. 30). C'est ce travail qu'il est important de conduire avec expertise.

Pour les stagiaires qui croient que « *faire des maths c'est dur !* », leurs avis quant à l'enseignement de la matière se partagent entre ceux qui ont une relation à la discipline tellement conflictuelle qu'ils

renoncent à décortiquer les productions erronées des élèves pour en comprendre la logique, et ceux qui enchaînent leur première croyance avec une autre : « *faire faire des maths, par contre, c'est facile* ». En effet, c'est comme si la découverte des contenus mathématiques de l'école primaire les rassurait par leur « évidence » et leur simplicité. Cependant, certaines évidences ne sont pas si faciles que cela à transmettre et ce point de vue devient très vite un obstacle à l'analyse et à la compréhension des erreurs.

> Nous avons l'expérience, par exemple, d'enfants présentant une Infirmité Motrice Cérébrale qui se trouvent incapables de dénombrer une toute petite collection. Le dénombrement paraît une connaissance bien élémentaire, acquise de façon plus ou moins spontanée dans la vie quotidienne pour la plupart des enfants, et les dysfonctionnements relatifs à des aptitudes si « basiques » sont très déstabilisants lorsque aucune connaissance n'est suffisante pour trouver des stratégies de compensation. C'est l'analyse des contraintes fortes que requiert le dénombrement, au niveau de la coordination entre le pointage des objets un à un et l'énonciation, au même rythme, de la comptine numérique qui permet de comprendre les moyens de contourner l'obstacle pour ces élèves, comme nous l'avons explicité dans plusieurs articles (Duquesne, 2003 a, b ; 2004).

L'analyse et la compréhension de l'origine des difficultés imposent, de fait, une réflexion de type didactique. L'erreur est effectivement mal exploitée par les enseignants, que ce soit pour prendre en compte des erreurs individuelles et locales ou que ce soit pour anticiper des obstacles inhérents aux contenus mathématiques eux-mêmes. Nous imputons ces difficultés des enseignants du primaire comme du secondaire, à des lacunes en didactique des mathématiques dans leur formation. Connaître les savoirs mathématiques, ce n'est pas connaître comment une manière d'enseigner permet que les élèves apprennent les mathématiques. Plusieurs dimensions sont impliquées dans une démarche didactique : l'analyse a priori des savoirs et des obstacles qu'ils génèrent dans les apprentissages, l'analyse a posteriori des manières qu'utilisent les élèves pour étudier les savoirs, et les stratégies du professeur pour favoriser l'accès des savoirs par les élèves. Pour chacun de ces volets, l'ingénierie didactique vise à produire une évolution observable des conceptions des apprenants. Nous proposons de donner un exemple de chacune de ces dimensions de l'analyse nécessaire pour comprendre et tirer parti des erreurs des élèves.

II-1-3-3-1 L'analyse a priori des enjeux du savoir mathématique

Nous utilisons souvent en formation, un exemple d'erreurs commises à propos des nombres décimaux. D'une part, parce que ces nombres représentent de façon caractéristique un obstacle de type épistémologique qui a donné lieu à une littérature abondante (en particulier les travaux de G. Brousseau, 1986), d'autre part parce que les adultes avec lesquels nous travaillons se posent régulièrement des questions sur ce domaine.

Considérons les écritures suivantes : $(0,2)^2 = 0,4$ ou $5,2 < 5,16$. Tous les adultes en formation repèrent les erreurs ci-dessus mais peu réussissent à trouver une ressemblance entre les deux. Plus grand encore est leur désarroi lorsqu'on leur demande de trouver des exemples dans lesquels les règles d'action implicites suivies par les élèves sont correctes. Par exemple : $(0,4)^2 = 0,16$ car $0^2 = 0$ et $4^2 = 16$ et $5,2 < 5,3$ car $2 < 3$. Ces productions témoignent de concept-en-acte et théorème-en-acte du genre : « *un nombre décimal est la somme de deux nombres entiers séparés par une virgule et je traite ces nouveaux nombres comme je traitais les entiers sans tenir compte de la virgule : $(0,2)^2 = 0,4$ car $0^2 = 0$ et $2^2 = 4$ et $5,2 < 5,16$ car $2 < 16$* ». Des règles d'action avec un certain domaine de validité ont été étendues à des situations qui ne peuvent être résolues de cette manière.

L'erreur apparaît dans cet exemple comme un « système explicatif pour l'élève, construit de longue date, et qui s'avère fonctionnel pour lui » (Astolfi, 1992, p. 104). De nombreux élèves produisent ce type d'erreurs et ont recours à ce mode de fonctionnement : ils tentent d'utiliser ce qui leur est connu et développent des stratégies qui peuvent faire obstacle à l'étude des savoirs, ici les décimaux. Ces représentations traversent la scolarité de chacun, et même perdurent quelquefois chez les enseignants qu'ils deviennent ensuite. Analyser ces représentations et comprendre les ressorts conceptuels sous-jacents de ce savoir, peut éviter aux professeurs des écoles de renforcer cet obstacle par leur démarche pédagogique : par exemple, en accentuant la visualisation des parties entières et décimales comme deux « entiers » distincts avec l'utilisation de deux couleurs ou de deux colonnes d'un tableau. Ces erreurs deviennent alors, involontairement, des obstacles didactiques renforcés par l'enseignement lui-même.

II-1-3-3-2 L'analyse des manières d'étudier des élèves

C'est ce double aspect de l'erreur qui en fait sa complexité : d'une part, l'écart qu'il y a entre les conceptions initiales de l'apprenant et le savoir savant, et d'autre part, le système éprouvé que s'est construit l'apprenant pour comprendre la situation. C'est pourquoi, pour les amener à dépasser ces obstacles intellectuels, les professeurs ne peuvent pas faire l'économie, non seulement d'examiner les obstacles pour les faire émerger mais également de les travailler au lieu de les contourner. Le travail d'exploitation des erreurs revient à confronter les élèves à ces obstacles et à observer comment ils fonctionnent. Or, nous avons rencontré plusieurs sortes de réticences à abandonner cette stratégie d'évitement des obstacles ou des erreurs une fois qu'ils ont été identifiés.

Confondre proposer des obstacles pour apprendre et créer des situations d'échec

Certains enseignants, estiment, dans une réaction de premier niveau, qu'il y a une sorte de perversité à « provoquer » des occasions d'erreurs pour les élèves : une représentation courante étant que mettre un élève face à un obstacle, c'est le mettre en situation d' « *échec* », et en plus, lorsqu'ils sont « handicapés », « *les pauvres, ils ont déjà assez de difficultés comme ça !* ».

Nous avons expérimenté cette forme de réticence lors d'une séance de pratique accompagnée dans une classe d'enfants scolarisés à l'hôpital. Lors de la conception d'une séance en grande section de maternelle, pour faire prendre conscience aux jeunes enfants qu'une fonction importante du nombre est de garder la trace en mémoire d'une quantité absente, nos avions proposé le jeu du trésor[38]. Chaque enfant se constitue une collection d'objets qu'il range dans une boîte à son nom : c'est son trésor. Dans la mise en scène, il est prévu de laisser passer quelques jours avant que chacun puisse accéder de nouveau à son trésor ; mais, entre temps, intervient un petit lutin qui mélange toutes les boîtes. Comment retrouver la quantité exacte qui revient à chacun ? Cette situation est conçue pour créer aux yeux des enfants le besoin de confectionner des « reçus » : si on note d'une manière ou d'une autre l'état de la taille de son trésor, on évitera qu'une mésaventure semblable ne se reproduise ou en tout cas on pourra reconstituer son trésor sans risque de se tromper. Ce scénario a mis mal à l'aise les stagiaires à qui la séance avait été suggérée : « *c'est trop cruel de leur défaire leur trésor* », « *ils vont être traumatisés* ». Il a fallu prendre le temps d'un échange très fructueux au demeurant, entre l'enseignante d'accueil jouant le rôle d'expert, la formatrice et les collègues en formation pour que l'expérience soit tentée : le succès a dépassé les craintes des récalcitrants de par la jubilation des élèves à imaginer l'intrusion de ce farceur dans l'hôpital et leur empressement non feint à utiliser plusieurs reçus dispersés et cachés dans la classe au cas où le lutin reviendrait.

On peut penser, que l'expérience vécue d'une telle situation de formation, dans des conditions qui garantissent une confiance entre les participants, a permis aux formés, en toute sécurité, de faire évoluer leur représentation de l'erreur comme source d'échec en un obstacle à surmonter qui, une fois franchi, correspond à un réel apprentissage. Les erreurs sont des indices pertinents des obstacles sous-jacents.

Prélever des indices pour mieux analyser l'erreur

Comment peut-on connaître les méthodes de travail et les caractéristiques de fonctionnement cognitif des élèves? L'observation de leur comportement, l'analyse des questions qu'ils posent, de leurs erreurs, des demandes d'aides qu'ils formulent, constituent autant d'indices à prendre en compte pour comprendre leurs manières d'étudier. A ce niveau également, nous avons rencontré des résistances. Les arguments avancés à l'analyse des erreurs sont ciblés sur les difficultés de gestion de l'hétérogénéité de la classe. Il est invoqué une tension entre la nécessaire individualisation des observations et les exigences d'efficacité : « *c'est intéressant pour comprendre un élève en difficulté, mais je n'ai pas le temps* » ou « *je ne peux pas m'arrêter tout le temps, j'ai le programme à finir* ». En ce qui concerne l'analyse a priori des obstacles, c'est l'argument d'un manque de disponibilité dans l'action qui est évoquée : « *ce qui est important, c'est d'être attentif pendant l'activité, à l'écoute de l'élève… cela ne peut pas tellement se prévoir…* ». Pour le formateur, il s'agit alors de travailler avec les stagiaires certaines représentations : « être à l'écoute des élèves » ne se traduit pas forcément par

[38] Le jeu du trésor, Ermel, INRP, Apprentissages numériques et résolution de problèmes, Cycle des apprentissages fondamentaux CP, Paris, Hatier, 2000.

« improviser », et « différencier » ne se confond pas avec « individualiser ». Anticiper sur les erreurs ou les obstacles éventuels, permet à l'enseignant de dépasser le niveau de l'action improvisée en accroissant son domaine de disponibilité : c'est un des rôles de la formation que d'y préparer les stagiaires. Dans le champ des enseignements adaptés, la confusion différencier/individualiser est une tentation à laquelle il est fréquent de succomber car les enfants en situation de handicap présentent de telles différences de fonctionnement cognitif et affectif qu'il est impossible de ne pas en tenir compte. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce thème dans le chapitre III, en l'illustrant à propos de la surdité.

Les erreurs comme caractéristiques de fonctionnement des sujets

Plus largement, « exploiter les erreurs » des apprenants revient à prendre en compte l'état de leurs connaissances et de leurs conceptions. Une fois les obstacles identifiés à partir de l'analyse des savoirs mathématiques, une fois conduite l'observation des apprenants face à ces obstacles, il reste à comprendre le fonctionnement repéré pour chaque apprenant et l'évolution de ses conceptions par rapport aux concepts scientifiques visés. Il s'agit alors de mettre en relation ces observations avec les théories de la cognition ou de l'apprentissage. Là encore, la connaissance de ces théories est une condition nécessaire pas toujours effective selon les témoignages de certains stagiaires ; par exemple, au niveau du secondaire, dans chaque promotion, nos stagiaires signalent dans leurs bilans leur satisfaction d'avoir eu des informations sur la psychologie des adolescents.

C'est d'ailleurs une critique faite à la formation existante consignée dans la note d'information effectuée en 2006 par le Ministère de l'Education Nationale : 37% d'enseignants du second degré jugent insuffisant les cours sur la psychologie de l'adolescent contre 23 % dans le premier degré, pour celle de l'enfant (*op. cit*., 2006, p. 2). Pour permettre l'élaboration de pratiques nouvelles, le travail du formateur est de partir de la pratique initiale des enseignants pour la formaliser, avec l'aide d'outils théoriques élaborés par les sciences de l'éducation, la psychologie (de l'enfant, des apprentissages) et la didactique (mathématiques). Cependant la référence à ces champs de connaissance ne suffit pas dans les domaines concernés par le handicap. En effet, les caractéristiques neurologiques de certains apprenants, leurs capacités de prise et de traitement des informations, requièrent de recourir au champ de la neuropsychologie pour comprendre certaines de leurs particularités (dont celle de déstabiliser les pédagogues) : au niveau de la mémoire, de l'attention, du langage, des fonctions exécutives, des troubles neuro-visuels ou praxiques… Croiser ces nouvelles approches avec les cadres théoriques traditionnels augmente la complexité de l'analyse des fonctionnements des élèves, d'autant plus que ce nouveau domaine d'investigation est en pleine croissance. Les multiples références savantes auxquelles sont confrontées les enseignants en formation peuvent ne pas être perçues assez clairement dans leur complémentarité ou même, dans certains cas, vécues comme antinomiques (par exemple, l'opposition entre neuropsychologie et psychanalyse). « Les connaissances qui leur sont délivrées

demeurent prisonnières, trop souvent, du champ théorique dans lequel elles s'inscrivent, à charge pour eux d'établir des liens entre elles et avec la pratique professionnelle effective » (Garel, 2000, p. 34). Nous avons écrit plusieurs articles pour essayer d'intégrer ces nouvelles approches de façon productive dans l'analyse des difficultés des enfants en situation de handicap (Duquesne, 1998 ; 1999 ; 2003 a ; b ; 2004 ; Garel et Duquesne, 2004 ; Duquesne et Meljac, 2007).

II-1-3-3-3 Une stratégie pédagogique qui exploite l'erreur

La troisième dimension de l'analyse didactique requise pour tirer parti des erreurs de chacun des élèves nous renvoie à deux contraintes : considérer les erreurs et les obstacles comme des objets d'étude didactique et comme des moyens d'apprentissage pour les élèves, et gérer les différences interindividuelles au sein du groupe classe. La difficulté de la gestion de l'hétérogénéité est exprimée par les enseignants dans toutes les sources d'informations que nous avons consultées : c'est le premier besoin énoncé par nos stagiaires également. Cette attente au niveau de la formation se fait encore plus aigue dans le second degré car la culture traditionnelle du collège n'est pas encore fondée sur la différenciation. La nécessité de « finir son programme » est le frein le plus souvent évoqué pour s'opposer à des pratiques diversifiées adaptées aux rythmes d'acquisitions des élèves. Non seulement, il est encore difficilement envisageable de ne pas mener tous les élèves par les mêmes « chemins » pour les conduire aux mêmes apprentissages des notions du programme, mais il est encore plus difficile de repenser les pratiques évaluatives dans cette perspective. Or, les contraintes liées aux examens et autres évaluations normatives pèsent très fortement sur les tentatives de mise en place d'une démarche pédagogique différenciée.

Etre attentif aux capacités d'un apprenant doit s'accompagner de la prise en considération de ses difficultés propres. Une approche trop globale, ou au contraire, trop réductrice de sa singularité, se traduit par des actions pédagogiques inadaptées. L'enseignant se trouve ainsi face à une exigence complexe : s'attacher simultanément aux besoins particuliers d'un élève et aux besoins qu'il partage avec d'autres, et donc conjuguer des stratégies spécifiques (sous la forme du Projet Personnalisé de Scolarisation qui est indvidualisé) et des stratégies communes. Dans la perspective d'éviter un double écueil, normaliser et marginaliser, il s'agit de prendre en compte le sujet dans sa différence sans l'y réduire.

Un défi : prendre en compte les différences sans les stigmatiser

La pédagogie différenciée pose le principe de l'éducabilité de tous les élèves. Différencier la pédagogie consiste à organiser dans une classe (ou dans un établissement) des dispositifs de traitement des difficultés des élèves pour faciliter l'atteinte d'une formation générale de base de même niveau pour l'ensemble de la nation. Elle répond à ce défi en termes de gestion des différences entre les élèves. Avec la scolarisation des élèves reconnus « handicapés », la notion même de différence s'est

élargie et rend encore plus cruciale l'adaptation des dispositifs qui doivent être à la fois pertinents et « gérables » par les enseignants. Il ne saurait y avoir de parcours scolaire individualisé sans adaptation des contenus et des démarches d'enseignement. Une adaptation qui est confrontée à une double exigence dont il faut éviter qu'elle soit antinomique : prendre en compte à la fois les normes scolaires et la singularité de l'élève.

La difficulté de mener un enseignement différencié dans des conditions inappropriées peut rencontrer des réticences à conduire des actions éducatives trop différenciées, au prétexte qu'elles peuvent avoir un effet marginalisant. L'indifférenciation fait alors courir le risque de méconnaître des besoins spécifiques et de conduire à une assimilation forcée de l'individu différent, en référence à ce qui est perçu comme devant être la norme. Ainsi, nous avons recueilli des témoignages de professeurs, issus plus particulièrement du collège, qui estiment qu'un enfant ou adolescent faisant partie de leur classe doit être capable de « suivre » leurs cours. Comme tous les autres, l'objectif premier est de le mener à la réussite des examens de fin de scolarité, du brevet des collèges, par exemple.

C'est à une nouvelle conception que la formation doit les préparer : « l'élève au centre du système » implique que l'objectif visé est de favoriser l'épanouissement de sa personnalité dans toutes ses composantes, intellectuelles, culturelles, affectives et sociales, et d'optimiser ses chances de réussite. Cependant, notons qu'au sein même d'une population handicapée, désignée sous un même terme, des singularités existent aussi. Par exemple, nous verrons que toutes les personnes sourdes ne mobilisent pas les mêmes modalités de prise d'informations et d'expression. Si les individus présentent des caractéristiques singulières, leurs besoins diffèrent aussi, de même que les stratégies éducatives et pédagogiques qui en découlent et qui peuvent se trouver contrariées par une hétérogénéité démesurée des classes. C'est ainsi que l'accroissement de l'hétérogénéité de certaines classes peut être jugé préoccupant, non seulement par les acteurs de terrain mais aussi par les organismes de formation. La variété de natures des différences à prendre en compte est devenue tellement importante qu'il est de plus en plus difficile de la gérer de façon « confortable » pour un enseignant. Les outils que proposent la formation exigent, en parallèle, de nombreux moyens et une investigation des outils possibles qui varient à de nombreux niveaux : celui des tâches, du nombre et de la nature des questions posées, du temps alloué à la réalisation, des aides proposées de façon plus ou moins guidées, des procédures plus ou moins expertes à utiliser, des types de supports (texte, images, schémas, matériels…), de l'organisation du travail (individuel, en petit ou en grand groupe)…

Une des réponses possibles à l'exigence de la double injonction de différencier sans marginaliser, et que nous savons être particulièrement pertinente pour des élèves sourds (voir le chapitre III), réside à multiplier les groupes d'apprentissage suivant les variables tâches et aides proposées.

II-1-3-4 Apprendre les mathématiques à plusieurs

Ph. Meirieu nous rappelle que :

> « *même si, pour beaucoup de formateurs, l'usage des pratiques de groupe constitue aujourd'hui une sorte d'évidence, un recours habituel et presque systématique dans les dispositifs de formation, un rapide retour en arrière nous montrerait facilement qu'il s'agit là, en réalité, d'un phénomène particulièrement récent. La formation, en effet, n'a guère connu jusqu'au milieu de notre siècle que deux modalités de transmission des savoirs : le « collectif frontal », importé de l'université et de l'église, dans lequel le maître informe de manière simultanée un ensemble d'individus du haut de son estrade ou de sa chaire ; et la «relation binaire » qui, dans la continuité du compagnonnage, permet au maître de « montrer » individuellement à l'élève ou à l'apprenti les gestes que celui-ci devra reproduire*. » (Meirieu, 1997).

Néanmoins, malgré les discours officiels, le travail de groupe n'est pas encore vraiment reconnu comme étant un moyen adapté aux apprentissages mathématiques. Pour beaucoup d'enseignants la représentation la plus courante est que l'apprentissage des mathématiques est un phénomène essentiellement individuel, et qui plus est, demande un minimum d'efforts. Le rapport de l'Inspection générale note un recours au travail en groupes *souvent confus et peu efficace*. *A certains moments, le travail en groupes conduit à une dispersion et un moindre investissement de chaque élève.* (*op. cit.*, 2006).

Les témoignages que nous avons recueillis lors d'une séance de formation sur le thème du travail par groupe confortent les préjugés collectifs sur la nécessité d'apprendre seul. Suite à une mise en situation effective des stagiaires, dont la tâche est de présenter une production, élaborée à plusieurs, des réactions au cours de l'analyse rétrospective de la façon dont ils avaient vécu la situation ont mis en avant des a priori allant dans ce sens, un peu surprenants :

> « *je ne me pensais pas capable de travailler à plusieurs* », « *je n'arrive pas à travailler avec d'autres, en général, il faut que je digère les choses à ma sauce* », « *j'avais peur de ne pas trouver ma place* » ou encore « *je ne connaissais pas bien ce nouveau groupe et je pensais que je ne me sentirai pas suffisamment en confiance pour travailler avec eux* ».

Il faut dire que les tâches proposées ont été délibérément choisies en dehors du champ des mathématiques pour éviter de développer des comportements de leaders « experts » et tendre vers une expérience de groupe d'apprentissage : il s'agissait de produire un conte à plusieurs, un morceau de musique avec des instruments non conventionnels mis à leur disposition, ou de créer une affiche publicitaire à partir d'un produit au nom imaginaire. Ils ressortent de l'expérience, contents d'avoir réussi à trouver leur place, d'avoir finalisé une production et valorisés.

Le groupe d'apprentissage

C'est une première étape pour arriver à prendre conscience des caractéristiques, des avantages et des limites, ainsi que des conditions pour qu'un groupe fonctionne comme un groupe d'apprentissage au sens où l'entend Ph. Meirieu. En effet, le travail en groupes s'apprend. A propos de l'investissement des apprenants dans cette démarche, les objectifs visés par l'enseignant sont déterminants pour caractériser le fonctionnement des divers types de groupes possibles. Ph. Meirieu délimite quatre situations de fonctionnement des groupes (Meirieu, *ibid*.) :

- le groupe centré sur l'information qui s'appuie sur la compétence particulière d'un individu et vise une diffusion efficace par démultiplication des sources d'information ;
- le groupe centré sur la production qui s'appuie sur la complémentarité des compétences de ses membres et a pour objectif l'efficacité dans la résolution de difficultés ou de problèmes ;
- le groupe centré sur ce que ses membres ont en commun et qui permet l'intégration au groupe d'individus plus ou moins marginalisés ;
- le groupe d'apprentissage qui s'appuie à la fois sur l'homogénéité et l'hétérogénéité de ses membres et qui favorise les acquisitions dans le domaine cognitif et l'évolution des représentations individuelles.

D'où l'importance dans le travail en équipe des élèves, de bien préciser et clarifier la nature de la tâche commune à réaliser et la nature des objectifs individuels poursuivis. C'est à cette condition que la mise en place du travail en équipe peut contribuer à créer une occasion d'apprentissages variés et d'accès progressif à l'autonomie.

Les enseignants du premier degré sont plus enclins que les professeurs du collège ou du lycée à mettre en place de telles démarches. Cependant, nous partageons les observations mentionnées par les inspecteurs de l'Education nationale quant aux difficultés des professeurs des écoles à gérer les mises en commun qui suivent les travaux en groupes : « *Les restitutions observées sont souvent délicates et peu productives »* (*op. cit.*, 2006). Les phases de synthèse exigent une expertise que nous essayons de développer en formation dans les situations de pratiques accompagnée car lorsque l'écart entre les intentions des enseignants et les productions des élèves est trop grand, le professeur a souvent tendance à arrêter les échanges et à différer toute conclusion.

Nous étudierons plus précisément dans le chapitre III en quoi le groupe est porteur dans les apprentissages chez les élèves sourds que ce soit pour leur sécurité affective ou pour leur permettre de concevoir divers points de vue et d'apprendre à argumenter dans une langue confortable.

II-1-3-5 Apprendre par la résolution de problèmes au quotidien

Bien que les documents d'accompagnement des programmes consacrent plus de dix pages à expliciter la notion de problème et les relations entre l'apprentissage d'une notion et la résolution de problèmes, l'enquête de l'Inspection Générale constate que « *des difficultés réelles existent pour la mise en oeuvre des propositions ministérielles* » (*op. cit*., p.41). Une démarche constructiviste est difficile à mettre en œuvre pratiquement dans les classes mais y a-t-il un consensus autour de ce que désigne le mot *problème* ? Trop souvent, les enseignants confondent le problème avec son support, un texte écrit ou oral, et réduisent l'apprentissage à la compréhension d'un énoncé de problème. Nous avons étudié ce phénomène qui revêt une importance particulière avec des enfants sourds (Duquesne, 2001). Pour ce qui concerne l'enseignement primaire, sous quelle forme se révèlent les difficultés des professeurs à mettre en pratique la prescription : *« résoudre des problèmes est une activité centrale des mathématiques* » ? L'examen des réponses de l'enquête de l'Inspection générale à la question sur le temps consacré à la résolution de problèmes montre « *qu'une très grande majorité des maîtres (90 %) déclarent des temps spécifiques* ». Ce constat est qualifié de « *premier souci majeur* » (*op. cit*., 2006).

II-1-3-5-1 Des difficultés à intégrer la résolution de problèmes dans l'apprentissage

Le caractère transversal de la pratique préconisée en fait certainement la plus grande difficulté. « *Qu'il s'agisse de problèmes pour construire des connaissances nouvelles ou de «problèmes pour chercher », les efforts des enseignants se heurtent à la complexité des mises en oeuvre »* (IGEN, *op. cit*., p. 59). D'autant plus, que de nombreux manuels traitent encore à part l'activité de résolution de problèmes. On peut avancer, d'autres facteurs explicatifs à la difficulté de faire passer dans la pratique quotidienne des enseignants un travail mathématique réellement construit à partir de problèmes. Ainsi, C. Houdement y voit deux raisons : « d'une part leurs conceptions rétives à ce type d'approche, mais aussi […] des connaissances mathématiques et didactiques souvent insuffisantes pour gérer l'incertitude de la mise en commun qui suit » (Houdement, 2004).

Nous partageons les raisons invoquées autour des connaissances théoriques des professeurs des écoles vis-à-vis des mathématiques et les avons explicitées précédemment. De même, nous ne pouvons que constater leurs difficultés déjà citées également pour concevoir et gérer : la mise en route de l'activité, les modalités de la recherche (travail par groupes, travail individuel) qui ne sont pas toujours adaptées, la formulation des questions posées qui ne sont pas forcément assez précises tout en étant souvent trop fermées, la phase d'institutionnalisation qui suit la résolution, ainsi que la régulation du travail au niveau de la nature de l'intervention du maître qui est parfois déficiente. Mais, nous n'interprétons pas les raisons de ces difficultés par une quelconque résistance vis-à-vis de l'approche elle-même. Les enseignants en formation que nous rencontrons n'opposent pas vraiment de réticences de principe mais se trouvent plutôt « démunis » pour organiser leurs progressions au travers de différentes situations d'apprentissage problématisées. Comme le signale T. Dias, les éléments qui caractérisent la

mise en place d'un tel dispositif « rendent à la fois, la préparation plus complexe et la conduite de classe plus délicate » (Dias, 2004, p.27). Nombre d'enseignants reconnaissent les difficultés qu'ils éprouvent à identifier les objectifs à travers les problèmes donnés. De même, c'est la gestion des différents niveaux de conceptualisation de leurs élèves et des différents niveaux d'élaboration des procédures que ces derniers emploient qui déstabilisent le plus les enseignants que nous avons à former et c'est bien à ces niveaux-là qu'ils ont des attentes clairement exprimées : par exemple, jusqu'où admettre les « procédures personnelles » et quand introduire les « procédures expertes » ? Enfin, la compréhension de l'énoncé a tendance, de façon particulièrement vive dans le milieu de la surdité, à occuper toute la scène, et renforce l'idée qu'un élève apprend les contenus d'un côté et la résolution de problèmes de l'autre.

Rendre les élèves actifs en séance de mathématiques est un corollaire directement lié à la résolution de problème. Malgré leurs convictions, les enseignants reconnaissent un besoin de formation aussi dans ce domaine. D'après l'enquête de l'Inspection générale effectuée auprès des enseignants de cycle 3, *« il semble qu'il y ait deux types de moments bien séparés pour les mathématiques : ceux plus stricts d'apprentissage et d'autres plus récréatifs »* (*op. cit*, 2006). Les principales réticences concernent le rapport au temps didactique qui risque d'être bouleversé dans une telle démarche : « *ça prend trop de temps* » et ce, particulièrement dans le second degré.

II-1-3-5-2 Pratiquer les mathématiques expérimentales

Au niveau du second degré, plusieurs voies sont explorées pour que les élèves utilisent les mathématiques dans des contextes de la vie courante ou en relation avec d'autres disciplines : les travaux personnels encadrés (TPE), les itinéraires de découverte (IDD) ou encore le recours aux TICE sous la forme des calculatrices graphiques et symboliques, tableurs ou l'usage de logiciels et d'Internet.

> Le Programme de la classe de seconde générale et technologique de 2001 précise, dès l'introduction, en relation étroite avec l'informatique : *« L'informatique, devenue aujourd'hui absolument incontournable, permet de rechercher et d'observer des lois expérimentales dans deux champs naturels d'application interne des mathématiques : les nombres et les figures du plan et de l'espace. Cette possibilité d'expérimenter, classiquement davantage réservée aux autres disciplines, doit ouvrir largement la dialectique entre l'observation et la démonstration, et, sans doute à terme, changer profondément la nature de l'enseignement. Il est ainsi nécessaire de familiariser le plus tôt possible les élèves avec certains logiciels ; en seconde l'usage de logiciels de géométrie est indispensable. Un des apports majeurs de l'informatique réside aussi dans la puissance de simulation des ordinateurs ; la simulation est ainsi devenue une pratique scientifique majeure : une approche en est proposée dans le chapitre statistique ».*

L'expérimentation réfléchie à l'aide des outils informatiques a été longue à mettre en place et est loin d'être unanimement reconnue. « Le moins qu'on puisse dire, c'est que les travaux des chercheurs et les suggestions des programmes sur le thème de l'expérimentation n'ont été pris en compte que très marginalement dans les réflexions et les pratiques des enseignants de terrain, jusqu'à une date récente » (INRP, 2007). La profondeur des bouleversements opérés par les TICE quand elles pénètrent dans les classes permet de comprendre le désarroi et les résistances de nombreux enseignants, desquels on exige de nouvelles compétences sans offrir nécessairement la formation correspondante. De fait, ceux qui intègrent ces nouveaux outils dans leur travail ne constituent pas encore la majorité et les pratiques de mathématiques expérimentales restent souvent réservées à des séquences spécifiques sans fonder l'ensemble des cours des professeurs. L'expérimentation telle que nous l'entendons n'a de sens que par ses articulations avec la formulation (dimension langagière) et la validation (par la preuve). Le va-et-vient entre théorie et expérience est précisément ce qui caractérise la démarche expérimentale. Il n'y a pas d'un côté les aspects expérimentaux et de l'autre côté la preuve, entre lesquels il faudrait choisir. Le défi pour l'enseignement est de développer des situations d'apprentissage qui permettent les allers-retours entre les deux.

Au final, pour résumer, à l'école élémentaire il existe une propension des enseignants à traiter la résolution de problème comme une discipline à part et, au collège comme au lycée, une orientation qui n'intègre pas suffisamment une démarche expérimentale dans son enseignement quotidien.

II-1-3-5-3 Connaître la didactique des mathématiques

Cependant, le travail conduit par Guy Brousseau, par exemple, depuis les années soixante-dix relève clairement d'une prise en compte de la dimension expérimentale dans l'enseignement des mathématiques. *La théorie des situations didactiques* (Brousseau, 1998) propose un cadre pour penser et construire les articulations entre expérimentation, formulation et validation. Si nous évoquons quelques grands concepts construits par les didacticiens français, nous avons aussi, la dévolution, le contrat didactique, la transposition du savoir et le rapport au savoir de Y. Chevallard, la dialectique outil/objet et le jeu de cadre définis par R. Douady ainsi que la théorie des champs conceptuels proposée par G. Vergnaud. Sont-ce là des références que mobilisent spontanément les enseignants pour préparer leurs progressions, leurs séquences et séances ? Au vu des nombreux échanges que nous avons avec les enseignants de mathématiques du second degré comme du premier degré, nous ne le percevons pas. Le rapport de l'Inspection Générale lui-même souligne une certaine défaillance du corps d'inspection de l'enseignement primaire dans ce domaine : « *Les inspecteurs de l'Education nationale chargés d'une circonscription observent l'enseignement des mathématiques avec une certaine régularité, mais ils n'en traitent pas systématiquement dans les rapports examinés (seulement un rapport sur deux). Les observations sont essentiellement d'ordre pédagogique, l'analyse didactique n'étant le fait que d'une minorité d'entre eux* ». (*op. cit.*, p. 36).

II-2 Des repères théoriques pour enseigner les mathématiques

La question fondamentale qui s'ensuit au terme de l'analyse des représentations des enseignants sur les mathématiques et leur enseignement, c'est : comment rendre ces conceptions plus conscientes et les faire rencontrer celles que la communauté scientifique partage actuellement ?

Nous prendrons dans cet exposé, la position d'un didacticien qui cherche à comprendre comment fonctionnent effectivement l'enseignement et l'apprentissage des objets mathématiques enseignés, et qui s'interroge sur le sens que peuvent prendre pour les élèves les objets mathématiques enseignés.

Le cadre de la didactique

Didactique est un terme utilisé par Comenius au XVIIe siècle dans son magnifique ouvrage « La grande didactique » (1632) pour désigner l'effort rationnel de transmission des connaissances à tous les hommes. Aujourd'hui, il est plutôt question « des didactiques » des différentes disciplines qui travaillent sur les conditions de leur enseignement. Une des questions essentielles de la didactique des mathématiques est non seulement de caractériser les savoirs mathématiques et leur évolution mais en particulier leur évolution pour un élève. Nous retenons ici, comme entrée principale dans la didactique des mathématiques, l'entrée par l'étude du savoir et des situations qui mettent en jeu ce savoir, avec une référence surtout épistémologique et une méthode d'étude fondée sur l'ingénierie didactique.

Pour comprendre le développement de la pensée mathématique et tenter d'aider les élèves ainsi que les enseignants qui les accompagnent, dans leur apprentissage du raisonnement, nous empruntons, aux travaux de psychologie et à ceux de didactique des mathématiques, les hypothèses élaborées par le courant socioconstructiviste. Dans cette approche, l'enseignement/apprentissage laisse à l'élève la responsabilité de ses propres démarches d'apprentissage tout en attribuant à l'enseignant la responsabilité de créer les conditions de cet apprentissage.

Nous nous appuyons, d'une part, sur **la théorie de la conceptualisation** de G. Vergnaud. Celui-ci définit la conceptualisation comme « la formation en pensée d'objets, de propriétés, de relations, de transformations, de circonstances, de conditions, de relations fonctionnelles de ces objets entre eux et avec l'action » (Vergnaud, 1994). La théorie des champs conceptuels marque profondément une évolution dans l'étude des apprentissages mathématiques par son étude systématique du développement des concepts mathématiques en lieu et place des structures logico-mathématiques choisies par Piaget pour modéliser le développement de l'intelligence. Dans ce modèle on privilégie le rôle des contenus mathématiques. La théorie des champs conceptuels donne une place importante aux situations dans lesquelles les schèmes se forment et évoluent. Un champ conceptuel a deux aspects importants. Le premier correspond aux concepts et théorèmes en actes déjà évoqués et le deuxième est lié au fait qu'il s'agit d'un ensemble de situations, celles-ci entendues non seulement comme des situations didactiques, mais de façon plus large comme des tâches et situations problèmes.

Nous utilisons, d'autre part, les apports de **la théorie des situations** de G. Brousseau (1986) dans laquelle les questions soulevées par la théorie des champs conceptuels se prolongent du fait qu'elle envisage les transformations des connaissances en savoirs par l'entremise de situations didactiques. Nous retenons particulièrement son identification des dialectiques, action, formulation, validation.

Enfin, nous faisons référence à **la dialectique outil/objet** théorisée par R. Douady (1987). Celle-ci a mis en avant les deux aspects outil et objet des concepts mathématiques. Elle fait l'hypothèse que pour qu'un apprentissage ait du sens, la connaissance fonctionne d'abord comme un outil implicite avant d'être explicitée, puis elle est institutionnalisée, localement dans un premier temps, ce qui contribue à lui donner un premier statut d'objet. Cette connaissance est ensuite réinvestie dans d'autres contextes et institutionnalisée à un niveau supérieur, avant de devenir un objet et un outil explicite. C'est selon un tel modèle que nous fondons notre analyse du processus d'élaboration des concepts mathématiques.

L'enjeu de l'enseignement des mathématiques dans la formation d'un futur citoyen

Nous vivons actuellement dans un flot abondant d'informations qui nous sollicitent de tous les coins de la planète. La contrepartie d'une telle richesse de ressources sur un même sujet est la difficulté de les trier, de les sélectionner, de les recouper pour les traiter de façon critique. Si nous ne disposons pas en même temps de connaissances et de compétences pour opérer des choix et prendre des décisions, le risque est d'être tributaire de la dernière source d'information consultée ou des rumeurs propagées par les médias sans pouvoir en contrôler la validité.

C'est l'une des trois priorités de l'enseignement obligatoire défendues par G. Kuntz : *former le futur citoyen* (Kuntz, 2000, p. 28). Le système éducatif doit aussi donner aux jeunes qui lui sont confiés, les instruments d'intelligibilité du monde dans lequel ils sont plongés : *comprendre le monde pour mieux se comprendre*. Enfin Kuntz n'oublie pas que l'école doit préparer les futurs acteurs de notre société à *entrer dans le monde du travail*. Les mathématiques ont un rôle spécifique à jouer dans un tel projet.

Comprendre le monde

En effet, les mathématiques permettent d'avoir une formation générale solide qui donne de l'importance aux liens entre les savoirs et qui se place à un niveau d'abstraction important pour s'adapter au monde du travail. Les mathématiques, fournissent des instruments de compréhension et de contrôle dans un environnement technique et scientifique : elles constituent un levier pour comprendre comment les sciences modélisent notre univers. Faire des mathématiques c'est être capable, de décoder dans les médias les courbes, les statistiques, les sondages, les tableaux et les formules, de les discuter et, le cas échéant, d'y démasquer quelques manipulations de « chiffres » ou des raccourcis simplificateurs. Pour traiter une situation en général, les capacités de raisonnement développées en mathématiques contribuent à savoir repérer et extraire d'une information abondante celle qui est pertinente et à en négliger d'autres, au moins provisoirement : c'est un travail de

conceptualisation et de modélisation qui est au coeur de la démarche scientifique. L'activité mathématique met en œuvre des objets suffisamment généraux et abstraits pour donner du recul par rapport à la réalité, pour pouvoir la modéliser : cette distanciation familiarise les élèves avec des situations où ils élaborent des hypothèses, testent les conséquences de leurs choix, les soumettent à la critique de leurs pairs. Ils sont amenés à rendre compte de leur recherche, à formuler une solution, à débattre en commun de sa validité : toutes capacités utiles pour travailler en équipe.

En résumé, apprendre à transférer, interpréter, changer de langage, changer de point de vue, confronter, comparer, repérer des phénomènes analogues sous des apparentes différences sont des compétences qui font partie de l'éducation de base du citoyen et pour lesquelles les mathématiques sont un excellent domaine d'apprentissage (Douady, 2000, p. 15).

Ces objectifs ambitieux nous paraissent d'autant plus vitaux pour les enfants sourds qu'ils ont souvent des difficultés spécifiques pour accéder aux différentes sources d'informations et de compréhension de leur environnement. Nous ne développerons pas l'ensemble des concepts que nous empruntons à la didactique des mathématiques et sur lesquels nous nous appuyons quotidiennement : nous en avons déjà donné les grandes lignes. Mais nous préciserons les idées qui inspirent notre travail en insistant plus particulièrement sur deux aspects qui nous semblent concerner directement l'enseignement des mathématiques destiné à des élèves sourds : les processus d'élaboration des concepts mathématiques et la place qu'y tient le langage ou tout autre système de signifiants. Le développement de capacités d'abstraction requises dans l'élaboration de concepts ainsi que la maîtrise de plusieurs systèmes langagiers présentent souvent des obstacles difficiles à surmonter pour enseigner les mathématiques à des élèves sourds.

II-2-1 Construire des situations pour favoriser l'élaboration des concepts en mathématiques

Repérer les différentes conceptions qui peuvent fonder les raisonnements des enfants nécessite, d'une part, de mieux connaître ces connaissances ou concepts eux-mêmes, en s'aidant d'une démarche didactique pour en analyser les diverses composantes. D'autre part, il est aussi nécessaire de penser les relations entre conceptions et compétences pour comprendre comment les enfants construisent des concepts à partir de certaines conceptions. Les chercheurs en didactique, comme les enseignants, et plus particulièrement ceux qui enseignent aux jeunes sourds, constatent généralement chez leurs élèves, d'importantes difficultés dans la résolution de problèmes mathématiques. Les obstacles les plus durables concernent le raisonnement qui est censé les guider dans le choix des données pertinentes et des opérations adéquates. Or, ce choix repose sur la compréhension des relations qui entrent en jeu dans une situation problème donnée, c'est-à-dire sur la conscience des ressemblances et des différences : la conceptualisation. Ce processus constitue une prise de distance par rapport au réel par

le biais des représentations qui permettent l'évocation des objets en leur absence donc un passage du percept au concept.

II-2-1-1 S'appuyer sur les conceptions initiales des apprenants

Comme le rappelle A. Giordan (1999), « l'appropriation d'un savoir ne se réalise pas de façon automatique par abstraction réfléchissante, comme le supposait Piaget ». Chaque individu possède des avis et des croyances sur le monde, organisés en un système lui permettant de décoder les informations et d'expliquer les nouveaux problèmes qu'il rencontre. Au quotidien, les premières conceptions des enfants se forment localement, dans des situations familières et simples. Lorsque les situations se compliquent, ces conceptions ont tendance à rejeter les nouvelles données qui ne les confortent pas : elles se constituent alors en autant d'obstacles. Nous avons vu que c'est l'un des objets de la didactique que d'identifier ces connaissances qui sont implicites et qui résistent**.** Nous allons étudier ce processus en prenant des exemples dans le domaine mathématique.

Des conceptions en évolution avec le temps

Les jeunes enfants vers 4 ou 5 ans, conçoivent spontanément l'addition comme un accroissement de quantité.

> Exemple 1 : si Laurine a 2 bonbons et que la maîtresse lui donne un bonbon supplémentaire, il s'agit de trouver combien Laurine en possède « au bout du compte » ; ce qui correspond à la solution 2+1=3.

Or, très jeune, l'enfant est capable d'effectuer des problèmes additifs ou soustractifs faisant intervenir des petites quantités sans qu'il y ait eu un quelconque apprentissage du concept d'addition, ni du symbolisme arithmétique (+, - ou =). Au demeurant, l'enfant qui énonce « 2 et 1, ça fait 3 » peut se trouver dans l'impossibilité d'expliquer la procédure mise en œuvre s'il utilise un savoir partiel appliqué à la tâche d'addition avant sa généralisation. Le théorème-en-acte employé par l'enfant est une règle implicite qu'on pourrait traduire par une justification du type : « *j'ai pris le suivant dans la comptine* » ou « j*'ai trouvé dans ma tête* ». Mais cette conception simple de l'addition implique des compétences limitées puisque toutes les situations d'addition ne se réduisent pas à ce cas de figure. En effet, une diminution peut aussi se traduire mathématiquement par une addition.

> Exemple 2 : dans la situation où Théo a perdu une bille à la récréation et où il en possède 2 à la fin de la journée, il est plus délicat de trouver combien il en avait au début de la journée, bien que le résultat soit donné par la même opération que précédemment, 2+1=3.

La conception d'une addition pour modéliser une situation d'accroissement (exemple 1) va s'étendre petit à petit à d'autres situations comme celles de l'exemple 2. Cette conception initiale mais réductrice de l'addition peut se retrouver assez longtemps dans la scolarité : si l'énoncé d'un problème parle de gain ou d'augmentation, l'enfant, jusqu'à l'âge de 7 ou 8 ans, peut encore penser que le

problème se résout à l'aide d'une addition. Il faut beaucoup de temps aux élèves pour maîtriser la diversité de problèmes qui se résolvent tous par une même opération mathématique. La portée limitée de cette conception se trouve être à l'origine des nombreuses difficultés qui se prolongent souvent jusqu'au collège.

G. Vergnaud (1981) a mis en évidence six grandes catégories de problèmes différents qui se résolvent tous par une addition (ou une soustraction) en faisant appel à trois concepts principaux : les états, les transformations temporelles et les relations statiques (voir annexe 17, p.48). Les situations additives les plus usitées sont la composition et la comparaison d'états, les transformations et les compositions de transformations. Suivant l'une ou l'autre catégorie, ou à l'intérieur d'une même catégorie, les problèmes ne présentent pas le même niveau de difficulté selon que la question porte sur l'un ou l'autre des éléments. Nous donnons trois exemples d'énoncés de problèmes différents dont la structure est de type additif pour pouvoir les mettre en relation avec leur expression en Langue des signes.

Problème de composition : *Pierre a 3 billes rouges et 4 billes bleues. Combien a-t-il de billes en tout ?*

Problème de transformation : *Pierre a 3 billes le matin. A midi il en gagne 4 autres. Combien a-t-il de billes l'après midi ?*

Problème de comparaison *: Pierre a 3 billes. Paul a 4 billes de plus que Pierre. Combien Paul a-t-il de billes ?*

On peut noter que les trois structures additives différentes, composition, transformation et comparaison sont aussi différenciées en LSF puisqu'il existe plusieurs façons de signer l'addition en LSF : « en tout », « en plus » et « de plus que ». En outre, l'addition arithmétique est exprimée par un autre signe qui lui est spécifique. Les dessins suivants sont extraits du dictionnaire bilingue de LSF édité par IVT (tome 2, 1986).

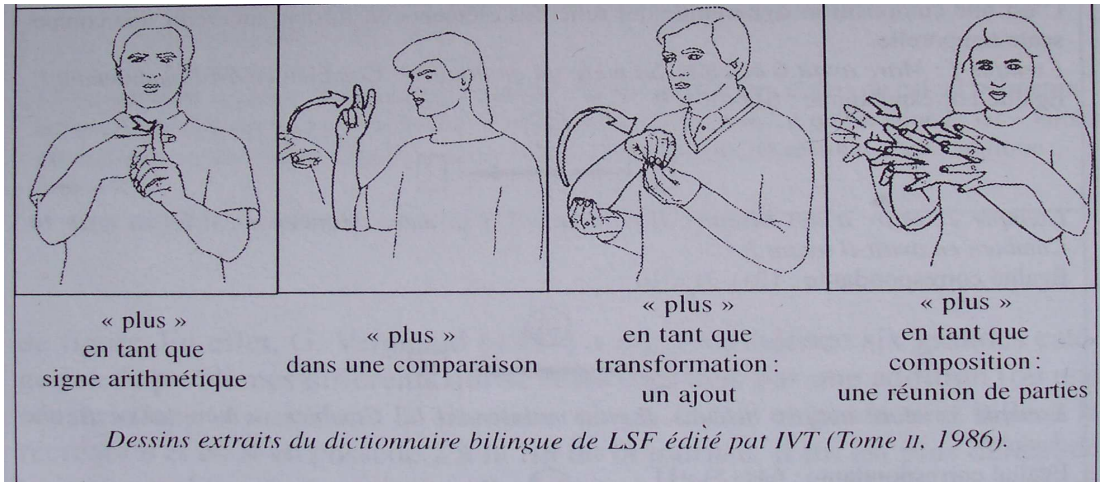


Figure 3 : Les « plus » en LSF

Lorsque des problèmes additifs sont posés à des enfants sourds signeurs, les caractéristiques iconiques de la LSF présentent l'avantage de faciliter, au niveau conceptuel, le repérage de ces trois structures.

Cependant, si l'enseignant vise l'apprentissage de la résolution du problème à partir de son énoncé en langue française, la traduction de l'énoncé du problème en LSF peut avoir le désavantage de court-circuiter le travail de résolution lui-même.

Nous retenons, en référence à la théorie des champs conceptuels de G. Vergnaud déjà évoquée (*op. cit*.), que les enfants élaborent des conceptions, d'abord premières et locales, qui évoluent vers des connaissances de plus en plus opérantes, c'est-à-dire, vers des savoirs pertinents dans un nombre de plus en plus important de situations. Ces connaissances implicites serviront, plus tard dans le développement cognitif de l'enfant, de fondement à la construction des connaissances mathématiques explicites. Un enfant met en place progressivement des schèmes pour organiser son action et traiter une situation en fonction des réactions du réel. En cherchant à traiter de façon semblable d'autres problèmes, en fonction des ressemblances et des différences qu'il est capable d'identifier, l'enfant étend l'organisation de sa conduite à d'autres situations. Apparaît alors la nécessité pour l'enseignant de tenir compte des conceptions initiales des élèves pour en mesurer l'écart avec les concepts mathématiques qu'il a à enseigner.

II-2-1-2 Limiter la portée de certaines conceptions

C'est dans la confrontation au réel et aux situations à maîtriser que l'enfant se verra obligé de faire évoluer ses conceptions. « C'est pour faire face aux situations imprévues et aux incidents qu'on modifie ses schèmes ou qu'on en développe de nouveaux, avec leur cortège de conceptualisations associées. » (G. Vergnaud, 2003b). Mais une nouvelle information ne s'intègre pas immédiatement dans l'édifice des connaissances déjà maîtrisées : il faut d'abord déstabiliser les conceptions antérieures que l'apprenant a mises en place pour interpréter et donner du sens à son environnement. C'est ce que signifiait Bachelard lorsqu'il disait : « On connaît contre une connaissance antérieure, en détruisant des connaissances mal faites ». Il n'y a pas de continuité entre les savoirs quotidiens ou familiers et le savoir enseigné, qui opérerait par une complexification graduelle des notions et des situations. Ce sont le plus souvent des ruptures qui caractérisent plutôt l'évolution des conceptions. « L'erreur n'est pas seulement l'effet de l'ignorance, de l'incertitude, du hasard ... mais l'effet d'une connaissance antérieure, qui avait son intérêt, ses succès, mais qui, maintenant se révèle fausse ou simplement inadaptée » (G. Brousseau, 1986).

Des conceptions érigées en obstacles

Tout raisonnement a un domaine de validité qui est un ensemble de problèmes pour lesquels un concept-en-acte ou un théorème-en-acte est efficace, mais l'élève peut généraliser ce raisonnement de façon abusive à un champ plus vaste de situations. Il va donc lui falloir réduire le champ auquel il applique son raisonnement en inhibant les conceptions qui s'opposent à un raisonnement correct.

Certains auteurs parlent, dans ce cas, de schèmes dangereux[39] qui interférent avec les schèmes pertinents, dans la réalisation d'une tâche.

> Par exemple, nombreux sont les élèves qui considèrent que le symétrique d'un segment horizontal est horizontal : cette conception est pertinente lorsqu'il s'agit d'une symétrie axiale dont l'axe est vertical mais se trouve erronée lorsque l'axe est oblique.

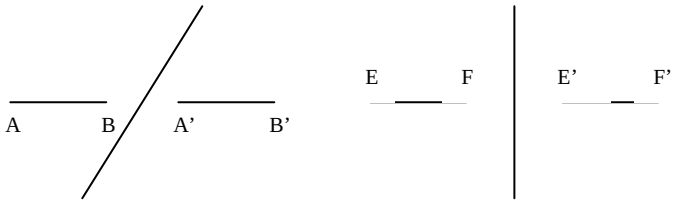


Figure 4 : La symétrie axiale

Limiter la portée de ces conceptions initiales, consiste à déstabiliser ces connaissances en apportant une contradiction à cette croyance. Une conceptualisation de niveau supérieur consiste à utiliser les propriétés de la symétrie plutôt que des indices perceptifs : deux points symétriques par rapport à un axe sont situés à égale distance de l'axe sur une droite perpendiculaire à ce dernier. Pour surmonter cet obstacle, il est nécessaire de rompre avec la présentation trop fréquente des seuls axes verticaux (ou horizontaux) et des quadrillages : des pliages et une pratique de la géométrie dans un environnement informatique de géométrie dynamique permettent d'expérimenter à propos de cette notion[40].

> Si nous reprenons l'exemple 2 dans lequel Théo possède 2 billes au bout de la journée alors qu'il en a perdu 1 à la récréation. Dans ce cas, un schème dangereux consiste à considérer que le terme « perte » implique nécessairement une résolution à l'aide d'une soustraction. Or, puisqu'il s'agit d'une transformation négative (la perte de 1), on ne peut trouver l'état initial qu'en effectuant une addition.

Il est indispensable que l'élève limite la portée de la conception « *perte signifie soustraction* » pour résoudre ce type de problème.

Aider l'enfant à rejeter ce raccourci consiste à lui proposer des situations qui contredisent la situation initiale. Par exemple, en évitant l'emploi des expressions « gain » ou « augmentation » (*resp*. « perte » ou « diminution ») en référence univoque et systématique avec une addition (*resp.* une soustraction).

L'apprenant bénéficiera aussi d'une confrontation avec d'autres énoncés dans lesquels, soit ces expressions ne se traduisent pas par les opérations arithmétiques « habituellement » attendues, soit les

[39] Schème dangereux : concept utilisé par Houdé (1992), Charron (1998) ou Courtin (1998) à partir du système modulaire d'attention mentale de Pascual-Leone. Ce modèle décrit le sujet en développement comme un organisme constitué, d'une part, de schèmes exécutifs qui intègrent une représentation de la tâche et des consignes, ensuite, d'un opérateur d'activation qui est chargé d'activer les schèmes pertinents, et enfin, d'un opérateur d'inhibition qui est chargé de désactiver les schèmes non pertinents ou dangereux.

[40] Par exemple avec un logiciel comme Cabri-géomètre : Cahier de Brouillon Interactif, développé depuis 1985au laboratoire de Structures Discrètes de Didactique, au CNRS de l'université J. Fourier de Grenoble.

situations se résolvent par une addition (ou une soustraction) sans qu'il soit question de gain (ou de perte).

Le franchissement des conceptions obstacles

Un obstacle se manifeste par des erreurs qui sont liées entre elles par une conception cohérente même si elle est incorrecte. Le franchissement d'un obstacle exige un apport suffisant de situations nouvelles qui vont déstabiliser celui-ci, le rendre inefficace ou faux, et qui vont rendre nécessaire son rejet. La mise en place d'interactions répétées des apprenants avec la connaissance elle-même, dans des situations qui amènent une rupture avec leurs connaissances antérieures, favorise le franchissement des conceptions-obstacles par les élèves. Nous nous appuyons sur les travaux de M. Develay pour postuler avec lui le besoin pour l'enseignant de développer des compétences dans l'analyse du savoir mathématique achevé lui-même : « la capacité à identifier les obstacles à la conceptualisation par l'étude des représentations des élèves nécessite que le concept soit largement maîtrisé… » (M. Develay, 1996).

Susciter des conflits internes aux mathématiques

Par exemple, pour les problèmes additifs, c'est la connaissance des différentes catégories des structures additives qui permet de proposer aux élèves des situations d'addition suffisamment variées afin de ne pas figer leurs modèles spontanés de cette opération. En ce qui concerne la symétrie, c'est la connaissance des propriétés géométriques des objets et des relations qu'ils entretiennent entre eux qui nous amènera à anticiper l'apparition de ces obstacles perceptifs résistants et à construire des situations d'enseignement suscitant ruptures, accommodations et changements de modèles implicites. Ainsi, en choisissant de nous appuyer sur les représentations des mathématiques chez les enseignants nous avons abouti à mettre en avant l'importance de l'épistémologie des savoirs ; de façon parallèle, il en va de même des enseignants avec les représentations des élèves : « plus les enseignants se sentiront concernés par les représentations de leurs élèves, plus ils seront attentifs à l'épistémologie des savoirs dont ils ont la charge. » (M. Develay, 1996).

Susciter des conflits externes au savoir

La contradiction peut également être amenée en suscitant un **conflit sociocognitif**. La formulation des différentes conceptions présentes dans un groupe d'élèves et les échanges des points de vue, particulièrement lorsqu'ils sont divergents, provoquent une dynamique d'apprentissage. De nombreux travaux évoqués dans le premier chapitre, dont ceux entre autres de L.S. Vygotski (1998) ou de J. Bruner (1991), évoquent le rôle important des interactions sociales dans le développement intellectuel des individus. Ces situations d'échanges de raisonnements nous semblent intéressantes à mettre en place avec des enfants sourds, même si leur gestion est plus délicate qu'avec d'autres élèves. Nous verrons dans la suite, les bénéfices spécifiques que de telles activités permettent de produire

relativement à l'argumentation et à l'élaboration de preuves en mathématiques ainsi que la remarquable efficacité des formules pédagogiques interactives avec des élèves sourds.

Nous retenons comme cadre pour penser l'enseignement des mathématiques, que l'enseignant peut amener les élèves à limiter la portée de leurs conceptions initiales par l'introduction d'une rupture, d'une part, en suscitant des conflits internes, liés à la connaissance elle-même et à ses aspects épistémologiques au travers du choix des problèmes qu'il propose, d'autre part, en mettant en place des situations de conflits externes au savoir qui favorisent les interactions entre tous les acteurs présents dans une classe, médiateur et apprenants.

II-2-1-3 Introduire une connaissance en tant qu'outil

Face à un problème pour lequel un apprenant ne dispose pas de schème de résolution adapté, une fois réduite la portée de ses anciens savoirs, il s'agit parallèlement, de lui permettre de développer de nouveaux schèmes, de faire appel à de nouvelles connaissances et de réorganiser l'ensemble des savoirs maîtrisés en y intégrant les nouveaux. Mais, le nouveau savoir ne peut se substituer à l'ancien que si celui-ci est insuffisant pour répondre à la nouvelle question. L'enjeu de notre enseignement est donc de faire prendre conscience à nos élèves de l'insuffisance des leurs anciennes connaissances, tout comme de l'efficacité et de l'économie procurées par de nouvelles procédures pour résoudre une tâche donnée.

L'exemple de la multiplication

Ce sont les questions soulevées par la lourdeur de l'utilisation de l'addition itérée, qui montreront à l'élève l'intérêt et l'économie d'un nouvel outil représenté par la multiplication. Dans une première phase, il est proposé à l'élève un problème dans lequel il peut s'engager en faisant appel à des connaissances qu'il possède déjà.

> Par exemple, face au calcul de 5X3, il a le choix entre plusieurs procédures. Il peut se servir des collections (jetons ou dessins) pour organiser un comptage par paquets : soit 3 paquets de 5 objets, soit 5 paquets de 3 objets. Il peut aussi réinvestir un outil de calcul qu'il maîtrise à ce niveau, à savoir l'addition : soit la somme 5+5+5, soit la somme 3+3+3+3+3. Si lors d'une deuxième phase, il est placé devant un produit plus grand comme 25X43, les procédures utilisées précédemment sont beaucoup trop coûteuses, aussi bien en temps qu'en énergie, et l'enfant prend alors conscience de leur insuffisance.

La taille des nombres contenus dans le produit constitue un obstacle à franchir pour accéder au nouvel outil, plus efficace, que représente la multiplication. A ce stade, l'élève ressent le besoin d'une nouvelle procédure pour économiser ses efforts et peut s'impliquer alors plus activement dans la construction d'une nouvelle connaissance. Sans lui fournir d'emblée la technique opératoire, des situations dans lesquelles les nombres sont, progressivement, de plus en plus grands, lui permettent de reconnaître les situations de type multiplicatif : il peut alors résoudre les problèmes en utilisant des

tables ou une calculatrice pour vérifier que le calcul fournit bien le même résultat que celui obtenu par répétition de l'addition. C'est la complexité relative du problème qui permet de donner une signification à la nouvelle connaissance. Au contraire, lorsque l'on introduit la multiplication avec l'écriture 4X3, les élèves ne ressentent ni le besoin ni l'intérêt de cette nouvelle écriture : rien ne la justifie, car elle ne simplifie pas réellement l'écriture additive (4+4+4) ni le calcul lui-même.

Pourtant, l'apprentissage du concept de multiplication n'est pas achevé, d'autres obstacles devront être surmontés. Une autre conception implicite à dépasser consiste à admettre qu'une multiplication n'augmente pas toujours le résultat : multiplier par un nombre entier revient à itérer une addition, mais l'addition itérée ne constitue plus un modèle pertinent pour multiplier des nombres décimaux. Il sera nécessaire d'étendre la connaissance de la multiplication des entiers naturels aux nombres décimaux par exemple.

> Situation 1*: Du tissu coûte 20 € le mètre. Pour faire une robe, il faut 3.50 mètres de tissu. Combien coûtera la robe ?*
> Situation 2 *: Un bonbon coûte 0.5€. Combien coûte 8 bonbons ?*
> Situation 3 *: Un kilo de chocolats coûte 30€. Combien coûte 0.5 kg de chocolats ?*
> La situation 1 demande que l'enfant comprenne que le prix de 3.50 m c'est le prix de 1 m, plus le prix de 1 m, plus le prix de 1 m, plus le prix de 0.50 m : ce n'est plus une itération entière. Dans la situation 2, la solution donnée par le calcul 8 x 0.5 = 4 représente un obstacle du fait que 4 est inférieur au nombre de départ (8), mais l'itération du nombre de bonbons (8) est encore possible. Par contre, la solution de la situation 3, donnée par 30 x 0.5 = 15 est encore plus difficile à concevoir car aucune itération n'est envisageable.

La construction de la multiplication des décimaux compris entre zéro et un représente un obstacle épistémologique dans le sens de Brousseau (1998). De même, l'extension de la multiplication aux nombres relatifs nécessite une utilisation dans d'autres situations. La construction du concept de multiplication, comme celle de la plupart des concepts, exige la confrontation à un ensemble de situations diverses et s'étend sur plusieurs années du primaire au secondaire.
De façon générale, nous pouvons dire avec G. Vergnaud, qu'il existe « entre les situations à traiter, les classes de problèmes à résoudre, les schèmes à mettre en œuvre, et les concepts à appréhender, des filiations et des ruptures repérables », par exemple, dans le champ conceptuel des structures multiplicatives (Vergnaud, 1990).

Les résolutions de problèmes sont les activités scolaires reconnues aussi bien par la communauté scientifique que par l'institution comme l'activité plus adaptée à la mise en place de ce processus (G. Brousseau, 1998, R. Douady, 1986, P. Meirieu, 1988). Si nous avons analysé antérieurement les difficultés éprouvées par les enseignants pour construire leur démarche pédagogique autour d'une stratégie de résolution de problèmes, il n'en reste pas moins que le but de l'enseignement des mathématiques ne se réduit pas à transmettre un ensemble de vérités intangibles. Si nous reprenons

pour le compte des mathématiques l'affirmation de G. Bachelard (1983), « pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question », nous devons nous efforcer de faire naître pareillement ce questionnement chez les élèves. C'est à cette problématique que répond la théorie des situations proposée par G. Brousseau.

La théorie des situations didactiques

Brousseau considère la connaissance des mathématiques et les objets de savoir mathématiques que les élèves produisent dans une classe de mathématiques comme l'effet d'une *situation didactique*. L'enseignant présente une suite de situations où l'action demandée aux élèves leur est d'abord connue mais bientôt fait problème : ils trouvent alors, dans les actions nouvelles qu'ils tentent, matière à apprendre. Le nouvel objet mathématique introduit ne prend véritablement tout son sens que s'il apparaît, face à un problème donné, comme une solution plus performante que le savoir ancien. Un objet mathématique sera donc défini par sa fonction dans au moins une situation. Une situation est choisie de telle manière que la stratégie de résolution ne puisse être mise en oeuvre que grâce à une certaine connaissance mathématique. « La méthode qui consiste à définir un objet mathématique par un ensemble de relations qu'il est seul à satisfaire est classique. La seule différence ici est que l'ensemble des relations est un jeu » (Brousseau, 2004). Les structures additives sont un exemple d'une classe de situations de nature différente et qui concernent la même connaissance mathématique, l'addition ou la soustraction. Les problèmes additifs ne sont alors plus organisés uniquement en fonction de l'opération arithmétique mais selon des propriétés liées aux possibilités de conceptualisation des apprenants. Petit à petit, les enfants vont élargir leurs schèmes d'addition en les mobilisant dans des situations de plus en plus nombreuses et de moins en moins isomorphes à leurs premières conceptions de l'addition.

Ainsi, comme le remarque A. Mercier, « une *situation didactique* n'est pas un « problème » de mathématiques, ni même une « situation problème », parce qu'elle est relative à une classe de problèmes qui ne peut s'étudier en une seule séquence d'enseignement » (Mercier, 2000). Il existe de nombreuses situations relatives à une même connaissance. De même, de nombreuses connaissances peuvent intervenir dans une résolution. Pour G. Brousseau, un des objets de cette théorie est de classer les situations, et par conséquent les connaissances, non seulement en fonction de leurs rapports logiques, mais aussi suivant leurs propriétés ergonomiques et les possibilités d'apprentissage et d'enseignement qu'elles offrent. L'apprentissage n'est donc jamais qu'une transformation d'une « connaissance » ou son remplacement par une autre.

II-2-1 -4 Favoriser l'extension du domaine de validité d'une connaissance

Si l'activité de résolution de problèmes permet à l'apprenant de construire une notion, celle-ci, dans son esprit, est conditionnée par la situation dans laquelle il l'a rencontrée. Nous avons souvent noté à

quel point la contextualisation de la connaissance compte pour les jeunes enfants sourds. Lorsqu'ils rencontrent le concept comme solution dans une situation donnée, ils ont tendance à attribuer des caractéristiques de la situation au concept lui-même. Il leur sera dans ce cas difficile de le reconnaître immédiatement comme efficace dans une autre, c'est-à-dire de le transférer. Il leur faudra élargir la classe de situations dans lesquelles leurs schèmes fonctionnent, enrichir les schèmes qui organisent leur activité et développer de nouveaux schèmes pour organiser leur activité face à de nouvelles situations. Pour utiliser cette notion dans la résolution d'autres problèmes, un travail de généralisation de cette connaissance est indispensable. Qu'est-ce qui permet cette généralisation ?

> Par exemple, en géométrie, pour conduire les enfants à repérer les propriétés caractéristiques d'un carré en général, il est intéressant de présenter à des élèves sourds une multiplicité de dessins, représentant des carrés ou non. Le repérage des ressemblances et des différences conduit à rassembler, d'un côté, des remarques comme « les coins sont toujours en angle droit » et « les côtés sont tous égaux ». De l'autre côté, on caractérisera les différences comme la taille des figures ou leur position dans l'espace (Barth, 1987).

Décontextualiser une connaissance, c'est éviter de lui attribuer des caractéristiques qui tiennent au contexte. Or, dans l'élaboration d'une connaissance, il s'établit des relations entre les caractéristiques de ce concept et les situations dans lesquelles l'élève les a rencontrées. C'est la multiplicité des mises en relation qui permet de mettre à jour des propriétés invariantes quelques soient les situations rencontrées. C'est donc la multiplicité des situations qu'on propose à l'élève qui lui permet d'en extraire des propriétés invariantes c'est-à-dire les caractéristiques du concept concerné**.**

II-2-1 -5 Transformer un nouvel outil en objet de savoir

Les travaux de R. Douady à propos des concepts outils et concepts objets permet d'envisager la construction de la signification d'une connaissance mathématique à deux niveaux. Un premier niveau, dit externe, tend à déterminer quel est le champ d'utilisation de cette connaissance et quelles sont les limites de ce champ. Ce sont les résolutions de situations et de problèmes qui permettent cette utilisation du nouvel objet mathématique : le concept est alors appréhendé en tant qu'outil. Un autre niveau de connaissance, interne, consiste à comprendre comment fonctionne un outil et pourquoi il fonctionne : le concept est alors étudié en tant qu'objet. C'est la dialectique entre ces deux aspects qui permet aux apprenants de généraliser le concept et d'accéder à sa signification. Or, la nominalisation du savoir contribue fortement à la transformation de la connaissance. Le nouveau savoir est identifié, nommé et devient un objet abstrait sur lequel on peut raisonner. Un concept acquiert son sens à travers diverses situations mais ne devient pleinement un concept en tant qu'abstraction, que par l'explicitation de ses propriétés et de sa nature dans des énoncés où ce même concept devient un objet. La connaissance change alors de statut : d'outil pour résoudre un problème, elle devient un objet explicite. Le langage est donc partie intégrante du processus de conceptualisation même si comme le

rappelle souvent G. Vergnaud, il ne faut pas confondre conceptualisation et symbolisation : ces deux processus se nourrissent mutuellement.

L'exemple des propriétés des opérations arithmétiques

Nous avons analysé précédemment l'introduction de la multiplication comme réponse à une recherche de procédure de calcul, plus économique que l'addition, dans certaines situations. Une fois reconnue et nommée, cette opération est étudiée pour elle-même. On repère alors ses propriétés : par exemple, « *le produit 5X8 est identique à 8X5* », ou « *effectuer le produit 18X5 revient à effectuer 10X5 puis à l'ajouter à 8X5* ». Le concept de multiplication change alors de statut et n'est plus considéré comme un outil pour résoudre des problèmes multiplicatifs mais comme une opération au même titre qu'une autre, déjà connue et nommée, l'addition par exemple. Le raisonnement porte alors, non plus sur des nombres et leurs produits, mais sur le concept plus abstrait d'opération arithmétique. Ce passage de la multiplication dans une catégorie conceptuelle d'ordre supérieur permet sa comparaison avec d'autres concepts de cette catégorie, c'est-à-dire, avec d'autres opérations. Par exemple, dans les deux cas « *on peut échanger les nombres sans changer le résultat* ». Ce nouveau théorème-en-acte, petit à petit, va évoluer vers une connaissance explicite qui, un jour, sera elle-même reconnue et nommée « commutativité ». Ce nouveau concept est alors étudié pour lui-même, situé dans l'ensemble des connaissances mathématiques et ainsi comparé à d'autres concepts d'un niveau de généralisation supérieur, comme l'associativité[41] ou la distributivité[42]. A cette phase de l'apprentissage mathématique, l'enseignant rend l'élève conscient de l'importance du nouveau savoir auquel celui-ci a été confronté dans la résolution de problèmes, et se place en garant scientifique de ce savoir. C'est ce que la didactique nomme *l'institutionnalisation des savoirs*.

II-2-1-6 Construire la signification d'un concept mathématique

Si nous reprenons l'ensemble du processus que nous venons de décrire, comprendre un concept, c'est à la fois, dépasser les obstacles qui lui sont liés, utiliser les procédures que ce concept permet de remplacer avantageusement, savoir résoudre des problèmes en l'utilisant, en connaître les définitions et les propriétés, maîtriser les savoir-faire et le langage qui lui sont associés.

Nous retenons comme définition d'un concept, celle que donne G. Vergnaud (2004). Un concept est composé à la fois, d'un ensemble de situations qui lui donnent son sens et en sont la *référence*, d'un ensemble de théorèmes-en-actes et de concepts-en-actes de différents niveaux contenus dans les schèmes et qui en constituent le *signifié,* et d'un ensemble de *signifiants* qui peuvent être des formes

[41] Associativité : cette propriété de certaines opérations permet d'associer différemment des éléments sans changer le résultat. Par exemple, dans l'ensemble des entiers naturels, l'addition et la multiplication sont dites associatives car (a+b)+c=a+(b+c) et (axb)xc=ax(bxc) pour tous les entiers a, b, c.

[42] Distributivité : On dira que la multiplication, dans l'ensemble des entiers naturels, est distributive par rapport à l'addition car ax(b+c)=(axb) +(axc), pour tous les entiers a,b,c.

langagières (langue naturelle, française ou langue des signes) ou non langagières (tableaux, dessins de géométrie, schémas, graphiques, symboles…).

> Par exemple, posséder le sens de l'addition c'est à la fois, au niveau de la référence, reconnaître les différentes situations additives ; au niveau du signifié, savoir les résoudre avec une addition, être capable de faire un calcul additif, mentalement, par écrit ou à l'aide d'une calculatrice et également connaître ses propriétés ; enfin, au niveau des signifiants, c'est connaître le langage verbal, l'écriture symbolique et tout le vocabulaire qui désigne l'ensemble des savoirs qu'il sait mettre en œuvre : « somme », « ajouter », « poser une addition », « effectuer un calcul », « commutativité »...

C'est la conjonction et la mise en relation de ces trois instances de signification que sont, signifiant, signifié et situations de référence, qui constituent le processus de conceptualisation scientifique visant à construire des signifiés abstraits. Ainsi, pour favoriser l'apprentissage et l'utilisation d'un concept dans son enseignement, il est nécessaire de considérer les trois plans à la fois : les situations de référence, le signifié et les signifiants.

II-2-2 Des compétences à développer pour mettre en scène des connaissances mathématiques

Le rôle du maître tourne autour de deux axes principaux. Le premier axe concerne la construction des situations permettant aux élèves de développer des formes d'activité au niveau des actions, du raisonnement, des interactions avec autrui, de la communication langagière et de l'affectivité. Le deuxième axe touche à leur action de médiation en situation, pour apporter aux élèves l'aide juste nécessaire au développement de leurs compétences. La vertu principale de la didactique des mathématiques a été d'orienter l'enseignant vers la construction de situations dans lesquelles les élèves trouvent l'occasion de développer des formes d'organisation nouvelles de leur activité en enrichissant leurs schèmes. Le choix de l'enseignant s'effectue sur deux plans : au niveau épistémologique, en analysant à quels problèmes répond le concept concerné, et au niveau psychologique, en prenant en compte les conceptions initiales de l'apprenant tout en proposant une situation suffisamment consistante.

II-2-2-1 Apprendre à construire les situations de résolution de problèmes

Une première préoccupation du maître pour concevoir des situations d'apprentissage, consiste à identifier les connaissances mathématiques qu'il cherche à mettre en scène. L'enseignant dispose alors, d'une part, des caractéristiques des situations qui déterminent des relations de l'élève avec le savoir et de l'autre, des caractéristiques sur l'état des connaissances en jeu des élèves. L'approche de Brousseau conduit à « distinguer, d'une part, les « connaissances » et les « savoirs » que l'enseignant peut déterminer comme nécessaires ou utiles, sous quelque forme que ce soit, à la résolution des situations qu'il organise pour en susciter la manifestation ou pour les faire apprendre et, d'autre part, la

nébuleuse des connaissances que le sujet est susceptible d'engager dans cette opération pour l'investir et la mener à bien » (*op. cit.*, 2004). Outre l'identification de l'écart entre les conceptions des élèves et les concepts mathématiques, l'analyse didactique des connaissances mathématiques qu'ils ont à enseigner exige de la part des enseignants de tenir compte à la fois des situations de référence, du signifié et des signifiants des concepts concernés. Dans l'enseignement aux élèves sourds plus particulièrement, il nous semble que certains écueils sont à éviter dans cette mise en scène didactique.

Ne pas réduire le signifié aux situations

C'est un piège dans lequel il est possible de tomber si les élèves sourds sont considérés comme étant « concrets » et ayant besoin d'agir et de « manipuler » pour comprendre leur environnement. Leur proposer des situations où l'agir est privilégié ne leur fournit pas la possibilité de se libérer des schèmes d'action et de développer des schèmes de pensée : les seconds offrant l'intérêt de prévoir les premiers et d'éviter d'y recourir.

Ne pas réduire le signifié aux signifiants

Il est courant de penser que si le mot ou le signe sont connus, le concept est nécessairement construit. Et réciproquement, lorsque des élèves sourds ne disposent pas du vocabulaire adapté, il est tentant de croire qu'ils n'ont aucune conception sur la notion concernée. Si nous reprenons chacune des étapes précédentes qui décrivent le processus de transformation des conceptions en concepts mathématiques, c'est l'étape de la nominalisation qui pose le plus de questionnement spécifique. C'est aussi la phase la plus délicate à mener avec ce public lorsqu'ils ont des difficultés d'accès à la langue française. Si les enfants sourds possèdent une langue maternelle, par exemple en étant initiés de façon précoce à la LSF, nous verrons que les recherches tendent à montrer qu'il n'y a *a priori* pas de raison spécifique pour que cette difficulté soit plus grande qu'avec des enfants entendants. Nous verrons aussi dans le chapitre suivant que dans le cadre d'un système d'éducation bilingue, la collaboration avec les enseignants de LSF est alors particulièrement intéressante puisqu'elle permet l'introduction d'un autre signifiant, souvent de type iconique avec donc une analogie plus directe aux situations de référence. L'introduction d'un autre code pour exprimer un concept, représente une aide et améliore la construction du signifié par la prise de conscience de la diversité des signifiants qu'il provoque ainsi que la comparaison des différents systèmes (Duval, 1995). Pourtant, même lorsque les enfants ont une bonne maîtrise des signes, recourir à l'explication implique les mêmes limites qu'avec des enfants entendants : au lieu d'être en français, la verbalisation de l'enseignant est en LSF. Dans les deux cas, cette stratégie impose une démarche déductive au lieu de favoriser un processus de construction par inductions progressives.

Ne pas réduire un concept aux savoir-faire qui lui sont associés

C'est une pratique souvent rencontrée dans l'enseignement des mathématiques aux élèves sourds. Par exemple, dans le cas des opérations, il ne s'agit pas de négliger l'apprentissage des techniques puisque par principe un automatisme évite le retour au sens et tire sa raison d'être de cette économie. De plus, s'entraîner pour acquérir et maîtriser les savoir-faire liés aux notions est absolument utile en mathématiques. Cependant, nombreux sont les enseignants « démunis » qui focalisent l'enseignement des mathématiques sur les techniques et les automatismes. En effet, il est plus facile de faire acquérir certains automatismes que d'organiser des séances de résolution de problèmes. Mais plus les automatismes sont présents, plus il est difficile de les inhiber et ils peuvent donc diminuer les capacités de flexibilité des élèves sourds. Or, développer des capacités à inhiber des schèmes dangereux requiert l'apport de connaissances supplémentaires et nous conduit donc à travailler la conceptualisation. Nous voyons là un pan de la formation supplémentaire sur lequel porter notre réflexion et notre action.

II-2-2-2 Pouvoir identifier une classe de situations pour une connaissance

Il s'agit d'identifier, en même temps qu'un concept, un ensemble de situations, qui posent à l'élève une question à laquelle ce concept fournisse une réponse. Nous avons déjà montré que ce travail nécessite une réflexion préalable sur le sens donné à ce concept par les mathématiciens. Cependant, une fois effectuée une analyse épistémologique du savoir mathématique à enseigner, il reste à l'enseignant à le *transposer* pour le rendre accessible à ses élèves.

La transposition didactique

Le but de l'enseignement serait que le professeur introduise les savoirs nouveaux définis dans une construction rationnelle d'un domaine de connaissance : les mathématiques deviennent alors une discipline d'enseignement. Le projet idéal de l'école serait que la reproduction exacte de ce savoir soit exposée à l'élève. Il existe une espèce de fiction à considérer qu'il y a identité entre les savoirs savants et les savoirs enseignés. Les travaux de Y. Chevallard ont montré que l'enseignement de tout savoir nécessite de re-penser, dans le cadre de la construction d'un nouveau savoir, tout le savoir connu (Chevallard, 1985). Le concept de transposition didactique rend compte de ce phénomène.

D'un côté, le mathématicien décontextualise son savoir en réorganisant ses résultats pour leur donner une forme aussi générale que possible, de l'autre, l'enseignant de mathématique doit surtout le re-contextualiser pour le rendre accessible à ses élèves. Il cherche des situations qui permettent de faire produire par les élèves de la connaissance comme réponse à une situation mais plusieurs situations sont nécessaires pour faire en sorte que l'enfant lui aussi, généralise et décontextualise.

Dans le même temps, l'élève doit disposer des moyens de construire cette réponse et de l'assimiler dans son système. Or, en recherchant les compétences les plus élémentaires, une situation didactique peut devenir sans intérêt, sans fonction visible pour l'apprenant. Pour qu'une situation ait du sens pour l'apprenant, non seulement elle doit offrir une certaine résistance mais il faut que le sujet y trouve un problème qu'il ressente comme tel : les didacticiens parlent alors de *dévolution* du problème. G. Brousseau définit la dévolution comme « l'acte par lequel l'enseignant fait accepter à l'élève la responsabilité d'une situation d'apprentissage ou d'un problème et accepte lui-même les conséquences de ce transfert » notamment au niveau de l'incertitude liée aux divers événements imprévus que cela engendre pour lui (Brousseau, 1986).

Au final, nous retenons avec M. Legrand, que le savoir de l'élève ne peut pas être directement celui de l'expert, que les savoirs savants devront de ce fait être transposés pour être introduits dans l'environnement scolaire ; toutefois, « la transposition admise dans ce modèle ne doit pas induire un changement radical du sens du jeu, elle doit au contraire permettre au sujet élève d'avoir pour jeu principal un jeu scientifique, *i. e.* un jeu de même nature que celui que pratiquent les scientifiques quand ils élaborent du savoir ou exploitent un savoir déjà élaboré pour résoudre d'autres problèmes » (Legrand, 1997, p.116).

II-2-2-3 Naviguer des connaissances « outils » aux connaissances « objet »

Nous avons rappelé qu'une connaissance abordée à un certain moment en tant qu'outil, devenue un objet de par sa nominalisation, peut ensuite être considérée comme un élément d'un concept plus large. Par stratification et réévaluations successives, les élèves accèdent progressivement à un niveau d'abstraction de plus en plus élevé. En effet, chaque concept, une fois nommé, peut servir à définir des propriétés caractéristiques d'un autre concept, plus abstrait, et participer à la construction d'un réseau de connaissances.

Il nous semble important d'amener les élèves à prendre conscience de ces deux aspects d'une connaissance mathématique et de leur permettre d'opérer eux-mêmes la transformation d'outil en objet. Or, plus on avance dans le cursus scolaire, plus les notions ne sont étudiées que pour elles-mêmes, sans qu'elles aient été rencontrées comme des réponses à des questions que se posent les élèves. Négliger l'aspect outil d'une connaissance mathématique, et favoriser les activités relatives à son aspect objet, peuvent conduire les élèves à « fonctionner » sans se référer au sens et à agir en « automaths ». Par exemple, ils peuvent maîtriser les algorithmes opératoires mais ne pas trouver les « bonnes » opérations pour résoudre un problème. De même, ils peuvent savoir résoudre une équation étape par étape, sans pour autant avoir compris qu'une équation est une formalisation d'un problème avec une question : y a-t-il une, ou plusieurs, ou aucune réponse à la question posée ? De façon générale, lorsque les élèves ne sont pas guidés dans ce va-et-vient entre l'outil et l'objet, ils ont

tendance à privilégier l'objet en se réfugiant dans l'exécution de calculs ou de techniques, sans être capables de prendre en considération l'outil c'est-à-dire d'utiliser leurs connaissances à bon escient.

II-2-2-4 Favoriser la pluralité des raisonnements

L'apprentissage des savoirs mathématiques ne consiste pas en un déroulement linéaire et hiérarchisé du simple au complexe ou du particulier au général : apprendre passe certainement par la confrontation à des situations variées et complexes, chercher, essayer, se tromper, mettre les connaissances en contexte et les décontextualiser, les mettre à l'épreuve de plusieurs généralisations et transferts, en alternant les raisonnements inductifs et déductifs.

La complexité de ces va-et-vient entre le « concret » ou le particulier et le général ou l'abstrait est encore accentuée par les difficultés particulières que rencontrent certains jeunes sourds à exprimer et à communiquer leurs raisonnements. L'enseignement des mathématiques à ces élèves n'est pas encore assez affranchi d'un désir de simplification qui appauvrit les situations qu'on leur propose et qui ne permet pas la diversité indispensable à la conceptualisation. En n'osant pas leur offrir une richesse suffisamment importante d'occasions de développer leurs compétences, on risque de sous-estimer leurs capacités et de les cantonner dans des savoirs « au rabais ».

Proposer des problèmes ouverts[43]

Il nous semble que les élèves qui sont aptes à mettre en œuvre plusieurs raisonnements pour résoudre un même problème, montrent des capacités à changer de points de vue qui les rendent plus compétents dans les activités mathématiques en général. Or, nous constatons que les enfants sourds ne sont pas souvent sollicités dans ce domaine et éprouvent fréquemment des difficultés à considérer des situations semblables sous des angles différents. Dans cette optique, les problèmes ouverts peuvent contribuer à développer une flexibilité de la pensée importante en mathématiques. Ce travail fournit ainsi l'occasion de valoriser les différences entre les élèves et la diversité de leurs stratégies : c'est cette diversité qui nous intéresse, car elle détermine les échanges et le débat autour des solutions proposées par les élèves. Ce type de situations incite les élèves à mettre en œuvre une véritable démarche scientifique : faire des essais, émettre des hypothèses, tester, prouver…Or, prendre des initiatives, oser essayer, organiser sa démarche, tenter des solutions originales, en mesurer l'efficacité, confronter sa solution à celles des autres, argumenter à propos de sa validité, sont des attitudes souvent peu travaillées avec les jeunes élèves sourds.

En outre, nous avons remarqué que les professeurs d'enfants sourds ont souvent tendance à réduire les difficultés rencontrées dans la résolution de problèmes avec leurs élèves à des questions de langue, sans les distinguer de celles qui concernent la conceptualisation ou les systèmes de représentation. Dans cette optique, ils cherchent à simplifier les problèmes, d'une part en évitant d'affronter la

[43] Cette notion a été introduite par R. Charnay et l'équipe de l'IREM de Lyon : un problème ouvert possède un énoncé court, qui n'induit ni la méthode ni la solution. En outre, cette situation se trouve dans un domaine conceptuel familier aux élèves.

complexité des situations, c'est-à-dire en proposant des paliers intermédiaires qui diminuent les sources de déséquilibre et renforcent le désir de recourir à des procédures de traitement stéréotypées qui rassurent tout le monde. D'autre part, ils essaient aussi de limiter le nombre de registres mis à disposition des élèves, en évitant de leur proposer des problèmes où plusieurs cadres sont mis en jeu, diminuant ainsi leurs occasions de changer de points de vue. Ce désir de privilégier une réussite à court terme entre souvent en contradiction avec un objectif d'apprentissage à long terme. La pression du temps pousse alors les enseignants à ne pas laisser suffisamment d'initiatives aux élèves sourds, ce qui ne fait qu'accroître leur manque d'autonomie trop souvent constaté.

II-2-2-5 Maîtriser le temps didactique

L'acquisition pour un élève d'un fonctionnement expert, d'une certaine flexibilité des connaissances, de la capacité à changer de cadre de sa propre initiative requiert la prise en compte des apprentissages sur le long terme. Un véritable processus de construction s'inscrit nécessairement dans la durée. Comme une connaissance n'acquiert pas sa signification avec une seule classe de situations, et qu'une situation est rarement analysable par une seule connaissance, le savoir mathématique de référence est décomposé en tranches assez larges, pour permettre la recherche des filiations et ruptures dans des périodes de temps plus longues.

Un enseignement axé sur la résolution de problèmes est consommateur de temps et les enseignants hésitent à prendre ou à *« perdre »* le temps nécessaire. Par exemple, ils craignent de ne pas terminer leurs programmes : pourtant, la compréhension et la maîtrise des concepts dans une telle démarche, peuvent éviter les fréquentes séances de révisions et permettre alors un meilleur « rendement » sur le long terme. Le rythme de travail, très lent au début, est très largement compensé par la suite. La mise en temps du savoir est sans doute une difficulté particulièrement importante pour un enseignant et plus encore pour un enseignant spécialisé : la lenteur est certainement une caractéristique qui réunit presque tous les enfants en situation de handicap ou en grande difficulté, que ce soit au niveau de l'effectuation des tâches scolaires ou à celui des transformations des conceptions.

De façon paradoxale, contrairement à ce que tout le monde croit mais conformément à ce que tous les professeurs savent, ce qui est enseigné ne constitue que des savoirs approximatifs et transitoires, qu'il faudra continuellement remettre en chantier, reprendre et corriger. Le temps d'apprentissage n'est pas le temps didactique (Chevallard, 1985). Chaque fois que des savoirs nouveaux sont introduits, cela suppose que l'élève change son rapport à des objets de savoirs anciens, qui doivent trouver place dans une nouvelle organisation. La conceptualisation se conçoit sur le long terme. Nous analyserons dans le chapitre suivant quelles difficultés spécifiques la surdité introduit dans le processus de conceptualisation et de construction des connaissances mathématiques.

II-2-2-6 Mettre en place le contrat didactique

L'idée qu'il existe un contrat dans une relation d'enseignement liant les attentes des élèves et de leur professeur a été proposée par Brousseau (1989). L'efficacité d'une telle relation repose sur la compréhension mutuelle des intentions des uns et des autres. Les élèves doivent comprendre ce que l'enseignant attend d'eux et réciproquement, le professeur a une représentation de ce que ses élèves attendent de lui. Le contrat didactique est implicite mais engage les desseins d'apprendre et d'enseigner. Ce concept permet de mieux comprendre pourquoi tant d'enfants échouent dans la résolution du fameux problème de l'âge du capitaine (1980)[44]. Les élèves postulent, à la fois que les outils proposés par leur enseignant et dont ils ont récemment découvert l'efficacité doivent être une aide pour résoudre le problème, et en même temps que si le professeur pose une question c'est qu'il attend une réponse : « *puisqu'il m'a donné deux nombres…* ». Cela amène les élèves à produire des réponses n'ayant aucun sens à des questions « idiotes ». A. Mercier souligne que si les élèves, ne comprenant pas l'enjeu mathématique, proposent une réponse qui n'a pas de sens scientifique, ils montrent qu'ils y donnent un sens social : « *j'ai éliminé la réponse 4+7 parce qu'une maîtresse n'a pas onze ans* » (Mercier, *op. cit*., 2000).

II-2-2-7 Gérer l'activité de chaque élève

Elle présente aussi une certaine complexité à prendre en compte. Dans le processus d'enseignement par situations et problèmes, tous les élèves ne construisent pas les connaissances au même moment : ce phénomène est intéressant puisque il permet une réelle différenciation de l'acte pédagogique, mais il est plus difficile de gérer cette hétérogénéité que de concevoir une approche unitaire et simultanée des connaissances.

De même, aménager les situations pour favoriser de réels échanges de connaissances entre les élèves, n'est pas toujours facile. Par exemple, les situations d'apprentissage, dans leur mise en œuvre effective, peuvent se réduire à la résolution individuelle d'un problème suivie d'une correction collective, qui échappe à la responsabilité des élèves. Proposer des situations ouvertes qui débouchent sur plusieurs solutions et qui permettent plusieurs procédures de résolution, énoncer des consignes qui laissent la porte ouverte à l'élaboration de diverses hypothèses sans induire de stratégie particulière, admettre l'émergence d'erreurs sans intervenir individuellement auprès des élèves pour les gommer avant la mise en commun, sont autant de pratiques qui donnent du sens aux échanges collectifs du fait de leurs aspects divergents. Ces difficultés sont particulièrement présentes avec des élèves sourds, surtout si la langue des signes n'est pas enseignée par un professeur ou ne permet pas un niveau d'échanges suffisamment clair et rigoureux par manque de maîtrise de la part des enfants comme de l'enseignant. Ces conditions sont nécessaires sans être suffisantes. Nous avons vu un exemple d'effet

[44] L'un des problèmes posés est par exemple : « Tu as quatre billes dans ta poche droite et 7 billes dans ta poche gauche. Quel est l'âge de ta maîtresse ? »

pervers relatif à l'accompagnement des élèves sourds par une Auxiliaire de Vie Scolaire, sourde elle-même et s'exprimant en LSF, qui « supporte » mal l'inconfort que génère l'émission d'hypothèses par des élèves qui cherchent un problème : pour pallier cette incertitude, elle croit « aider » l'enfant sourd qu'elle suit en lui donnant systématiquement les réponses, en contradiction avec la démarche pédagogique de l'enseignante et au détriment d'une activité formatrice pour l'élève sourd. Cet exemple ne représente pas un cas isolé dans l'enseignement adapté et nous le rencontrons souvent dans le soutien des enfants en situation de handicap.

Pour conclure cette partie, la tâche d'un enseignant consiste à transformer les raisonnements spontanés des élèves en des raisonnements mathématiques socialement reconnus par une communauté. Appréhender la réalité consiste à s'en construire des représentations. Cette modélisation permet de passer de conceptions, liées au sujet à un moment donné de son histoire et ayant une valeur de vérité personnelle, à des concepts stabilisés par la culture humaine à un certain moment, dans un lieu donné, et qui ont une valeur de vérité socialement partagée par un groupe. La conceptualisation vise alors à construire, à partir d'objets matériels ou d'objets conçus par l'élève, des objets conceptuels stabilisés, en l'occurrence pour ce qui nous concerne des objets mathématiques. Ce sont des objets externes au sujet, produits par la culture mais qui ne s'imposent pas spontanément à lui du fait qu'ils ne sont pas matériels.

Nous empruntons à A. Lerouge (2000) l'idée qu'il existe une dialectique entre une rationalité personnelle et une rationalité culturelle. Cette dualité permet, de lier connaissances et savoir, situations familières et situations de référence, registre symbolique et registre sémiotique. En effet, les connaissances représentent ce qui est acquis par le sujet, et le savoir ce qui est de l'ordre des constructions culturelles. D'autre part, pour représenter le réel, le sujet utilise des situations familières liées à son expérience et sur lesquelles il fonde une partie de la signification de ses conceptions, mais une situation de référence est une situation socialement et culturellement identifiée sur laquelle est construite une partie de la signification d'un concept. Ensuite, nous verrons dans le paragraphe suivant qu'au niveau de l'expression et de la communication des raisonnements, on retrouve cette dualité entre l'utilisation par le sujet de symboles qu'il organise de façon subjective et l'utilisation d'un ensemble de signes structurés culturellement, particulièrement important en mathématiques, le registre sémiotique (Duval,1995). Enfin, cette dualité opère aussi au niveau de la validation des raisonnements pour distinguer les processus implicites de vérification et de justification pragmatiques qu'utilisent souvent les élèves, d'avec les procédures explicites de preuve que sont les démonstrations en mathématiques.

Chacune de ces composantes fondamentales du raisonnement mathématique, conceptualisation, expression et validation, exige de passer de la rationalité personnelle à la rationalité culturelle. L'enjeu de l'enseignement des mathématiques est d'opérationnaliser ce passage, d'amener les élèves à franchir

le fossé entre le spontané et le scientifique dans la conceptualisation mathématique, « en travaillant de manière intégrée à la fois sur les noyaux conceptuels et les processus d'inférence, ces deux aspects étant difficilement séparables, l'un permettant de construire l'autre et réciproquement » (A. Lerouge, 2000).

II-2-3 Le rôle des systèmes de signifiants en mathématiques

Nous avons vu dans le dernier paragraphe que les mathématiques forment un ensemble de connaissances qui répond à des problèmes pratiques et théoriques que s'est posé l'humanité au cours de son histoire. Nous allons maintenant porter notre attention sur les moyens développés par la société humaine pour représenter les connaissances mathématiques, communiquer à leur propos et soutenir ses processus de pensée. Comme le souligne J. Julo, il est actuellement admis que les différents langages et signifiants qui ont accompagné le développement des connaissances humaines n'ont pas pour seule fonction de permettre aux individus de communiquer entre eux : ils font partie de la connaissance elle-même et leur acquisition constitue l'un des aspects importants de la formation des connaissances (Julo, 1995). L'intermédiaire langagier intervient de manière évidente dans l'expression des résultats mais aussi dans le processus même de l'élaboration mathématique. Il ne se limite pas à la langue naturelle, que ce soit le français oral ou écrit ou bien encore la langue des signes. Nous nous appuyons sur les travaux de Vergnaud pour postuler que les fonctions de l'activité langagière sont utiles à la fois, pour représenter la situation, pour représenter l'action, et pour représenter les relations entre l'action et la situation (Vergnaud, 1990).

Cependant le recours au vecteur langagier dans l'élaboration des connaissances mathématiques ne prend tout son sens que dans la communication sociale : comme dans toute activité scientifique, la confrontation et la collaboration entre pairs font partie de l'activité elle-même dont « une des fonctions principales est l'établissement de mécanismes de preuve qui soient culturellement reconnus comme valides » (Joshua et Dupin, 1993, p. 289). En général, la responsabilité de l'administration de la preuve est presque toujours de celle du professeur. Puisque nous avons choisi une perspective constructiviste, nous faisons l'hypothèse que la situation didactique doit contenir une phase d'exigence de justification par les élèves de leurs points de vue et du choix de leurs procédures. La question qui se pose à nous est alors de chercher à quelles conditions un enseignant peut construire des situations adaptées à cet objectif, et plus particulièrement lorsque leurs élèves sont sourds.

L'utilisation de plusieurs registres de signifiants

Dans la mesure où les objets mathématiques ne sont pas accessibles par la perception, leur traitement recourt à plusieurs registres de représentation sémiotique. Pour R. Duval le fonctionnement cognitif requis par l'activité mathématique renvoie à la question centrale du rapport entre signe et objet (Duval, 1995). Nous utilisons, nous aussi dans cette partie, le terme de représentation dans le sens de rapport

entre signifiants et signifiés dans les langages naturels et autres systèmes symboliques. Duval caractérise un *registre sémiotique*, comme un système de représentation devant permettre les trois activités cognitives liées à la sémiosis [45]:

- la formation d'une représentation identifiable ;
- le traitement d'une représentation est la transformation de cette représentation dans le registre même où elle a été formée ;
- la conversion d'une représentation est la transformation de cette représentation en une représentation d'un autre registre (Duval, *ibid*).

Duval souligne ainsi que l'activité mathématique oblige à changer de registre fréquemment, souvent à en manipuler deux conjointement. Quand Duval parle de la construction de concepts mathématiques, il établit qu'étant donné que chaque représentation est partielle dans ce qu'elle représente, nous devons considérer comme absolument nécessaire l'interaction entre différentes représentations de l'objet mathématique pour la formation du concept. « Alors, les activités de traitement à l'intérieur des registres et les activités de conversion entre représentations d'un registre dans un autre registre, génèrent leur intégration et, par conséquent, ces activités aident à la construction des concepts » (Hitt, 2004). C'est-à-dire que l'importance que Duval accorde aux tâches de conversion, entre représentations pour la construction des concepts mathématiques, est un aspect essentiel de son travail.

Le langage naturel, les écritures mathématiques, les diagrammes, les schémas, les graphiques et les tableaux sont autant de leviers pour représenter, penser et agir, communiquer, expliciter, débattre, convaincre, prouver et démontrer, pour enseigner, apprendre, mémoriser. Nous adhérons à l'explication de Descaves lorsqu'il énonce que faire des mathématiques « consiste à créer des représentations dans des registres sémiotiques ; à mettre en correspondance différents registres (la traduction d'un registre à l'autre est productrice de sens) ; à mettre en oeuvre des règles de traitement opérant sur chacun de ces registres » (Descaves, 2001, p. 85). Ces actes et activités impliquent et produisent des liaisons signifiants/signifiés qui « forment des réseaux de significations qui s'organisent dans des structures de sens » (Descaves, 2001, p. 89). Le signifiant est la composante matérielle des représentations, tandis que le signifié en est la composante conceptuelle.

Les fonctions des représentations langagières

Nous distinguerons les représentations comme objets de connaissances, comme moyens utilisés par un élève pour contrôler une situation et comme moyen didactique pour l'enseignant. La « mise en mots et en signes » a une fonction de désignation pour représenter les connaissances mathématiques constituées et la connaissance de ces désignations est un objectif d'apprentissage en mathématiques qui revêt une importance singulière avec des enfants dont la langue maternelle n'est pas nécessairement le français comme c'est le cas pour des enfants sourds. Nous partons du postulat que

[45] Duval (1993, p. 40) appelle *sémiosis* l'appréhension, ou la production, d'une représentation sémiotique.

les activités langagières en situation de résolution de problèmes mettent nécessairement à contribution des conceptualisations spécifiques sur le contenu mathématique de la situation et réciproquement, qu'elles jouent un rôle important dans le processus de conceptualisation lui-même.

Dans les situations de formulation ou de communication et, par conséquent, dans les situations de validation explicite, l'usage d'une représentation linguistique ou iconique est utile et même obligatoire. Pour l'enseignant, l'utilisation de plusieurs représentations est un moyen pédagogique pour provoquer un rapprochement entre les représentants et les représentés appartenant à d'autres registres sémiotiques ou relevant d'un autre cadre mathématique (Douady, 1986).

Outre leur fonction de dénomination des concepts mathématiques, les représentations langagières ont aussi une fonction de médiation du processus lui-même. Elles permettent aux élèves de soutenir la programmation, le traitement et le contrôle de leurs activités mathématiques : l'accompagnement de l'action et de la pensée est une question typiquement vygotskienne. De même, les représentations modulent le « faire des mathématiques » des élèves et plus particulièrement celui des élèves sourds dans les interactions langagières enseignants-élèves et élèves-élèves.

II-2-3-1 Représenter les connaissances mathématiques constituées

Notre position théorique n'est pas de réduire les mathématiques à un langage ni la pratique mathématicienne à l'exercice de différents langages, mais plutôt à prendre en compte son importance dans l'appropriation des concepts et ce particulièrement dans le contexte d'un enseignement à des élèves sourds pour qui l'apprentissage de la langue française soulève de nombreuses difficultés. Pour représenter les connaissances mathématiques constituées**,** on a recours à des mots, à des énoncés, à des textes, à des représentations symboliques algébriques ou graphiques. Ces signifiants désignent des objets, des propriétés, des relations, ou des théorèmes. Ils sont indispensables pour transformer les connaissances implicites en savoirs explicites et partagés par tous ceux qui pratiquent une activité mathématique. L'activité mathématique se distingue par l'utilisation d'une série de codes spécifiques dont la « technicité » est avérée et nous oblige à tenir compte des relations qui existent entre ces signifiants et le signifié mathématique lui-même.

Nous distinguerons un premier niveau d'énonciation à l'aide d'un vocabulaire et de phrases mathématiques, puis un deuxième niveau qui concerne la formulation de textes mathématiques articulés selon certaines règles de fonctionnement. En effet, d'un point de vue linguistique, produire un énoncé mathématique correct requiert des connaissances aussi bien sémantiques que syntaxiques. D'une part, la connaissance des mots et de leur sens spécifique joue un rôle important dans la dénomination d'un objet mathématique, que ce soit dans une langue usuelle ou symbolique. D'autre part, il convient d'attribuer des valeurs à des propositions ou phrases mathématiques : vraie ou fausse,

possible ou impossible... Enfin, les phrases devront être enchaînées dans des textes cohérents et producteurs de sens selon certaines règles syntaxiques propres au champ des mathématiques.

II-2-3-1-1 Désigner les objets mathématiques à l'aide d'un lexique

Les mathématiques font appel à des termes spécifiques, à des mots de la langue française et à des symboles. Dans chacune de ces catégories, certains sont monosémiques d'autres sont polysémiques. Certains mots issus de la langue courante sont investis en mathématiques d'une dénotation spécifique qui peut être plus ou moins proche du sens usuel.

Un vocabulaire spécifique au domaine des mathématiques

Les premiers mots spécifiques aux mathématiques que les enfants abordent sont les noms de nombres : les difficultés que certains éprouvent dans cet apprentissage, relèvent de la mémorisation du code numérique d'autant plus qu'il n'y a pas adéquation entre les codes oraux et écrits : « quatre-vingts » et « 80 » par exemple. Cependant l'usage courant et relativement fréquent de l'expression des quantités aide la plupart des jeunes élèves à surmonter ces difficultés. Par contre, un nombre « rationnel », une « fraction », un « quotient » ou une « racine carrée » sont déjà des termes moins employés dans la vie courante. Les termes de « numérateur » ou de « dénominateur » ne sont usités que pour désigner des nombres ayant des fonctions distinctes dans l'expression d'une fraction. En géométrie, des mots comme « bissectrice, hypoténuse, équilatéral, orthonormé » désignent des objets qui sont propres aux mathématiques et qui n'entrent pas toujours dans une conversation quotidienne (sauf si on est mathématicien). De même, les expressions « être parallèle à… passant par… » ou « être perpendiculaire à … passant par… » ou encore « le symétrique de … par rapport à …. » sont complexes à utiliser correctement du fait que ce sont des relations qui mettent en jeu trois éléments : « *A* est le symétrique de *B* par rapport à *D* ». Ces expressions sont d'ailleurs très difficiles à comprendre et à retenir pour des élèves sourds.

Au niveau des apprentissages, la fréquentation non régulière de ces mots peut engendrer des difficultés : ils peuvent sembler plus délicats à mémoriser, en particulier pour des élèves sourds. Cependant, si ces mots sont introduits en relation avec des contextes qui ont du sens pour eux, leur aspect monosémique peut faciliter la mise en relation entre le signifiant et le concept : il y a moins d'ambiguïté de sens possible. Par exemple, dans notre propre expérience avec des adolescents sourds, nous avons pu constater que l'apprentissage et la mémorisation écrite ou orale du vocabulaire géométrique se faisaient beaucoup plus facilement que ceux des mots d'autres domaines pouvant paraître plus « simples » a priori, mais polysémiques.

Pour tout ce lexique spécifique aux mathématiques et monosémique, les difficultés sont relativement surmontables d'autant plus que l'élève avance dans le cursus scolaire. A partir d'un certain niveau, l'élève sourd est de moins en moins perturbé dans ses activités mathématiques par des représentations

en langue naturelle, française ou LSF. Ainsi, les mots « logarithme » ou « exponentielle » ne constituent plus un obstacle en tant que tels à la compréhension des concepts s'ils sont mis en relation avec les situations de référence, les invariants opératoires et les autres signifiants qui leur sont associés. Par contre, une difficulté actuelle réside dans l'élaboration de signes en LSF permettant de désigner ces concepts qui n'appartiennent pas encore au quotidien de l'ensemble de la communauté Sourde : nous participons à un travail de collecte, au niveau national, des codes utilisés dans les différents lieux d'enseignement des mathématiques par les professeurs de mathématiques sourds ou les interprètes pour tenter d'uniformiser et de permettre la diffusion de ce lexique spécifique aux mathématiques.

Du lexique emprunté au langage courant

Les premières notions mathématiques s'appuient sur des contextes où la réalité (perceptive ou physique) joue un rôle non négligeable et la langue utilisée pour faire des mathématiques est, au début, proche de la langue usuelle. Paradoxalement, c'est cette proximité qui engendre le plus de difficultés pour les jeunes élèves sourds. En effet, de nombreux mots ont des sens issus de la langue courante mais qui s'en éloignent plus ou moins en mathématiques, occasionnant ainsi des erreurs liées à leur polysémie. Dans ces nombreuses situations, le langage utilisé en mathématiques va entrer en conflit avec la langue usuelle : française ou LSF.

Des confusions entre langue naturelle et mathématiques

Un exemple classique peut illustrer la divergence qui peut exister entre langage courant et langage mathématique : le terme de « problème ». Dans la vie courante, un problème est plutôt perçu comme source de soucis et de difficultés, sens qui malheureusement a tendance à conditionner négativement l'activité scolaire qui lui correspond. En mathématiques un problème est interprété comme une situation qui pose question et à laquelle on peut répondre sous certaines conditions. S. Baruk rapporte que certains élèves interprètent le terme d'inéquation comme le contraire d'une équation, avec implicitement l'idée qu'une équation « *c'est précis* » et qu'une inéquation « *c'est imprécis* » (S. Baruk, 1994). Ces différences d'interprétations et de significations attribuées à des mots de la langue naturelle aggravent les difficultés d'apprentissage des élèves sourds, aussi bien au niveau linguistique qu'au niveau mathématique. Par exemple, un « facteur » mathématique est un élément d'un produit qui n'a rien à voir avec l'agent des postes distribuant le courrier (2 et X sont les facteurs du produit 2X). Ranger une suite de nombres dans l'ordre « croissant » ne doit pas susciter chez les élèves sourds l'image d'une boulangerie odorante. Un « rapporteur » sert à mesurer des grandeurs liées aux angles et certainement pas à trahir les secrets d'un adversaire. Ces confusions que nous avons rencontrées peuvent s'expliquer du fait que les élèves sourds qui les ont produites n'avaient pas de système linguistique installé : ni français, ni LSF.

Des contresens entre langue naturelle et mathématiques

Le sens quotidien peut brouiller la compréhension des termes mathématiques. Dès les premiers apprentissages, nous savons que les mots « chiffres » et « nombres » sont à distinguer alors que la plupart des adultes indifféremment font parler les « chiffres » dans les sondages et font des calculs sur le « nombre » de personnes faisant partie de l'échantillonnage. Lorsque l'expression courante nous fait dire « trois fois rien », comme répond R. Devos, c'est tout de même un « petit quelque chose ! » alors que 3×0 en mathématiques, c'est 0. Une expression comme « dans ton entreprise, tu fais des heures de combien ? » peut inciter les élèves sourds à penser que toutes les heures ne contiennent pas 60 minutes. Il arrive aussi de dire qu'on se retrouvera la semaine suivante dans une « huitaine » ou que d'ici deux semaines il se sera écoulé 15 jours. Pour des enfants de langue naturelle française, la rectification n'est pas toujours spontanée, mais pour les enfants sourds, le doute, si ce n'est l'erreur, est inévitable.

Souvent, le sens mathématique est plus précis que celui du langage naturel. Par exemple, les concepts « surface et aire » ou « solide et volume » sont souvent confondus au quotidien car il n'est pas utile de distinguer une grandeur d'avec son support physique pour repeindre une pièce ou pour remplir un broc d'eau alors qu'en mathématiques ils représentent des objets différents.

Il arrive que le sens mathématique s'éloigne de celui du langage courant qui reste attaché à des considérations perceptives et locales. Ainsi, le terme « sommet » pose systématiquement des difficultés de compréhension en mathématiques pour les élèves sourds. En effet, l'enfant sourd se réfère à la situation d'un sommet en montagne. Mais le sommet d'un angle, d'un triangle ou d'un carré n'est pas toujours orienté vers le haut de la feuille : il existe, en mathématiques, des sommets dirigés vers le bas. De la même manière, il existe en mathématiques des « hauteurs » qui ne sont pas verticales car les objets mathématiques ne sont pas soumis à la pesanteur.

De la même façon, le terme « rationnel » est traduit en LSF par un signe dont l'origine fait appel à la « raison » dans le sens « avoir raison », alors qu'en français la racine étymologique est *ratio* qui évoque l'idée de rapport et de proportion. L'iconicité du signe « rationnel » peut induire chez un élève sourd une fausse représentation du concept lui-même : il y aurait les nombres qui ont raison et ceux qui ont tort. Ce glissement de sens dans le passage d'un système langagier à un autre, du français à la langue des signes, représente aussi un obstacle à la compréhension du lexique utilisé en mathématiques dans un autre sens que celui utilisé dans une langue naturelle.

Ce type de contresens a des implications pédagogiques non négligeables et doit être anticipé par l'enseignant pour pouvoir y remédier. Avec des écoliers ou à des collégiens sourds, sans réduire l'activité mathématique à de l'apprentissage de vocabulaire, il est indispensable de prendre en compte la multiplicité des significations et des rapports qui relient chacun des sens entre eux. C'est pourquoi il nous semble intéressant avec ces élèves de favoriser l'étude du vocabulaire en comparant et en

explicitant certains de leurs autres sens, dans d'autres situations que celles qui sont propres aux mathématiques. Cette étude comparative demande d'établir des liens entre disciplines dites de français et celles de mathématiques. Plus précisément, travailler la langue des textes mathématiques est une partie de l'apprentissage du français et réciproquement. Repérer les caractéristiques formelles de textes mathématiques développe chez les élèves certaines habitudes : pour comprendre un écrit, il faut questionner le texte lui-même et faire des hypothèses de sens. Même si l'interrogation du texte est spécifique à la discipline, il nous semble que cette attitude de lecteur est transférable avec bénéfice à toute forme d'écrits et les professeurs de français en tireront profit aussi pour leur propre discipline. Au niveau du collège, le vocabulaire nécessaire à la désignation des connaissances mathématiques augmente considérablement et les élèves sourds n'y ont pourtant pas toujours acquis la maîtrise suffisante pour distinguer les différents sens liés aux différents champs disciplinaires. Un travail interdisciplinaire paraît plus facile à organiser à l'école primaire mais nous nous efforçons de former les enseignants du second degré dans cette perspective.

Une évolution des désignations au cours des apprentissages mathématiques

Un exemple de cette évolution de sens peut être pris parmi les figures géométriques usuelles : au cycle 2, un carré et un rectangle sont totalement dissociés, mais au cycle 3 l'élève doit concevoir, et c'est souvent difficile à admettre, qu'un carré est aussi un rectangle ou que c'est aussi un losange.

Des expressions, utilisées très tôt, comme « être plus petit » ou « être plus grand » ne disent plus exactement la même chose aux différentes étapes de la scolarité d'un élève. Un très jeune enfant sait très bien que 2 bonbons c'est plus petit que 4 bonbons. Lorsqu'il arrive au collège, le même élève va être confronté à une autre « petitesse » : dans les entiers relatifs –10 est plus petit que –2 alors que la notion implicite de grandeur, liée aux valeurs absolues 10 et 2, l'incite plutôt à les ordonner dans l'autre sens. Enfin, devenu lycéen, il va rencontrer des fonctions dont on cherchera la limite quand « X tend vers moins l'infini ». Combien de ces apprentis attribuent à cette expression un sens biaisé par leurs anciennes conceptions, à savoir que X est nul ! En effet, si « X tend vers moins l'infini » c'est que X devient très, très petit, donc c'est presque 0 : ils « oublient » qu'au contraire, on s'éloigne de plus en plus de 0, et que donc, « très petit » ne signifie pas « nul ». De plus, pour les élèves signeurs, en LSF, le terme d'infini est traduit par un signe qui se rapporte plutôt au sens de « éternel » et qui donc ne correspond pas non plus au sens mathématique.

Pour un jeune enfant, le terme « droite » désigne un objet matériel identifié à un « trait ». Pour concevoir l'objet géométrique désigné par « droite », un saut important est nécessaire : concevoir l'infini et l'impossibilité de le représenter. Cette étape dure assez longtemps puisque de nombreux élèves de cycle 3 cherchent encore le milieu d'une droite : une droite est représentée par un dessin, donc un objet limité dans l'espace comme peut l'être l'objet mathématique « segment » ; on peut

trouver le milieu d'un trait parce que le milieu d'un segment a une existence, mais on ne peut pas trouver le milieu d'une droite puisqu'une droite est infinie.

Ces exemples illustrent à quel point la connaissance des concepts mathématiques est étroitement liée aux systèmes de signifiants qui les expriment et combien la capacité à passer d'un système à un autre participe de l'élaboration du concept lui-même. L'enseignement a pour but de favoriser la prise de conscience qu'un signifiant ne désigne pas seulement un objet mais aussi, en même temps, un ensemble d'attributs, de relations, de propriétés qui lui sont attachés.

D'après notre expérience, une démarche pédagogique adaptée aux besoins des enfants sourds consiste à « naviguer » entre la nécessité de représenter un objet par un signifiant proche d'une situation de référence (comme celle de son aspect dessiné ou un signe en LSF) et celle d'éviter que ce signifiant « n'adhère » trop au signifié. Il nous semble qu'alors, une voie possible pour remédier à cette difficulté consiste à proposer aux élèves plusieurs signifiants pour un même objet. Dans cette perspective, l'introduction de la LSF dans l'enseignement est un atout supplémentaire puisqu'elle met à notre disposition un autre système de signifiants qui s'ajoute aux dessins, aux mots en langue française orale et écrite et aux signes mathématiques.

Les signes mathématiques

« Avant même d'entreprendre la lecture d'un texte mathématique, le profane a le regard agressé …ou intrigué …ou émerveillé …par des signes étranges. » (D. Fougères, 1993).

En effet, en dehors de mots issus de la langue naturelle écrite, un texte mathématique utilise des signes symboliques qui lui sont propres. Le signe n'est pas un objet matériel mais un objet abstrait, comme les objets mathématiques : par exemple, les chiffres, 0,1,2,…….9 sont parmi les premiers signes utilisés par les jeunes enfants. Les signes sont arbitraires, c'est-à-dire sans lien avec le signifié qu'ils représentent. On peut distinguer plusieurs sortes de signes. Certains sont spécifiques : +, -,×,=, $\exists$, $\forall$, %, $\leq$, $\Rightarrow$, $\surd$, $\int$, $\perp$, $/\!/$, ∞, $\in$ …d'autres sont des abréviations cm, km, dl, km/h….d'autres enfin sont des lettres extraites de plusieurs alphabets : x, y, A ,B, π, Δ, β, λ …Chacun de ces symboles, selon des conventions, désigne des objets, des propriétés, des relations : par exemple, en géométrie, pour les initiés, A peut désigner un point, AB peut désigner la longueur d'un segment ou sa mesure et ABCD peut désigner un quadrilatère. Mais les formes graphiques de la symbolisation d'un point géométrique peuvent être distinctes : un rond noir, un trait vertical, une croix…

Avec des élèves sourds, cette diversité ne peut pas être laissée dans l'implicite car ces derniers rappellent à l'enseignant que « *une croix ce n'est pas pareil qu'un point* ». Prenons comme exemple, la situation de géométrie suivante proposée à des élèves sourds : *indiquer quelles droites sont parallèles et les noter*.

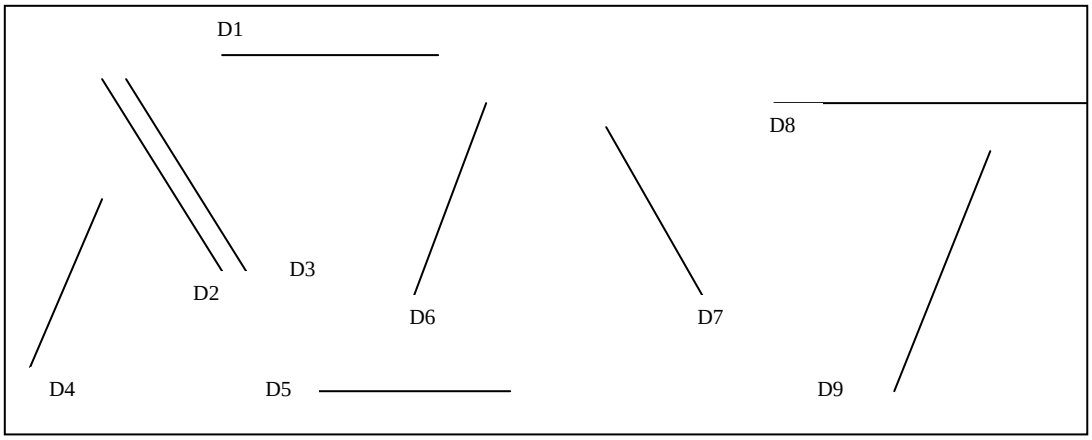


Figure 5 : Reconnaître des droites parallèles

Certains élèves sourds ont tendance à utiliser le signe « // » pour désigner D4, D6 et D9 comme des droites parallèles mais pour indiquer le parallélisme des droites D1, D5 et D8 ils utilisent le signe =. Le signe est référé à la disposition spatiale des objets sans considérer son aspect arbitraire. Nous avons retrouvé la même confusion avec le signe perpendiculaire utilisé diversement selon l'orientation des droites concernées : ⊥ ou

Nous verrons dans le chapitre suivant que la LSF établit une relation particulière entre signifié et signifiant dont l'enseignant de mathématiques doit tenir compte.

Un même signe peut avoir plusieurs significations

A l'intérieur même du domaine des mathématiques, certains signes prennent des sens différents, selon des contextes qu'il faut reconnaître et selon des conventions qu'il faut apprendre.

> Par exemple, un chiffre n'a pas la même signification selon sa position dans l'écriture des nombres : 21 ou 12 ou 8^2 ne représentent pas la même quantité. Les notations « + et – » peuvent désigner des opérations arithmétiques 2+3 ou 7-5 mais aussi des signes attribués à des nombres relatifs : (+2) et (–5). Il est d'ailleurs difficile de faire coïncider ces deux conceptions chez les collégiens amenés à effectuer des calculs numériques : +2+ (-5)=2-5= -3. En algèbre, l'obstacle se révèle bien souvent par l'association systématique de l'opposé de X, noté –X, à un nombre négatif puisqu'il y a un signe « moins » devant. Cette confusion perdure jusqu'au lycée dans la non reconnaissance de l'identité qui existe entre X-Y et –Y+X. L'introduction des parenthèses augmente le nombre de sens possibles pour une écriture qui comporte pourtant les mêmes signes comme dans les cas suivants : a + (b×c) +d ou (a +b) × (c +d) ou (a + b) ×c +d et a +b×(c + d).

Ainsi, des écritures qui se ressemblent beaucoup ne correspondent pas aux mêmes contenus**.**

Au contraire, **un même objet est très souvent désigné à l'aide de signes différents**. En arithmétique, la reconnaissance de l'équivalence des écritures numériques est un enjeu fondamental de l'enseignement des mathématiques. C'est toute l'importance de l'égalité qui se trouve posée alors,

puisqu'elle sert à traduire une identité bien que les formes langagières semblent distinctes : 3(X+Y) est identique à 3X+3Y parce que c'est un même objet bien qu'il soit écrit à l'aide de symboles agencés sous une forme différente.

> Par exemple, dès les premiers apprentissages fondamentaux, il est indispensable qu'un élève associe, à un nombre comme « six », différentes écritures : additives d'abord (2+4, 0+6…), puis soustractives (7-1, 14-8…) ou multiplicatives (2×3,1×6…) puis fractionnaires (12/2, 36/6…) ou décimales (6,0 ou 6,0000...) ou des combinaisons diverses comme (1+1) ×3 ou 2×6/4 …Ensuite ce même nombre pourra être désigné par (+6) ou √36. Dans certains cas, 5X+1 pourra servir aussi à écrire le nombre 6, dans le cas où X prend la valeur 1.

Il arrive que des élèves qui reconnaissent l'identité des écritures 3=1+2 et 1+2=3, n'acceptent plus l'équivalence des écritures a=b et b=a. D'une part, ces égalités sont souvent enseignées indépendamment les unes des autres en identifiant la première à une décomposition et la deuxième à une construction d'un nouveau nombre. D'autre part, l'utilisation des lettres rend alors opaque l'inversion des signes dans l'écriture : cette relation est logique et non chronologique. Cette erreur révèle la distance qu'il y a entre la compréhension de propriétés arithmétiques et leur extension à l'algèbre. D'ailleurs, une écriture algébrique comme 2X+8Y reste un mystère pour certains élèves : est-ce un mot puisqu'il contient des lettres ? Est-ce une phrase mathématique puisque plusieurs signes sont associés ? Une consigne comme « calculer l'expression littérale » leur paraît souvent antinomique car il leur est difficile d'identifier une expression algébrique comme un nombre. Le sens du mot « expression » et « littérale » en langue courante induisent plus la notion de mot que celle de nombre.

Ainsi, pour les élèves, un des pièges du raisonnement mathématique est de calculer sur des signes vides de sens tout en croyant opérer sur des objets : « ils manipulent des écritures ».

Désigner des objets mathématiques en LSF

La LSF est une langue usuelle d'une autre nature que la langue française puisque c'est une langue qui requiert nécessairement la présence des interlocuteurs (voir annexe 4, p. 6). De plus, elle est constituée de structures iconiques qui permettent d'émettre simultanément des informations en intégrant la possibilité de dire en montrant. Enfin, une autre de ses caractéristiques concerne le positionnement du locuteur qui doit souvent jouer les rôles de plusieurs personnes pour décrire situations et actions et se trouve ainsi amené à changer de point de vue. Nous limitons notre réflexion à l'utilisation de cette langue en classe de mathématiques et même plus particulièrement avec des élèves qui, pour la plupart, sont nés de parents entendants et n'ont pas une maîtrise de la LSF aussi fine que si c'était leur langue maternelle.

Comme nous l'avons déjà souligné, en mathématiques nous avons besoin de termes qui désignent des objets abstraits pouvant ainsi représenter des cas généraux. Lorsqu'un élève emploie un terme abstrait

ou un signe, il se réfère d'abord à une situation (ou à un objet) déterminée, typique. Ce n'est qu'ensuite, qu'il étend et généralise le sens du terme, en faisant référence non plus à une situation particulière mais à toute une classe de situations.

D'après des auteurs comme C. Courtin (1998) ou C. Cuxac (1996), l'iconicité attestée dans les langues des signes s'avère être un dispositif pertinent dans l'analyse de la catégorisation des objets du monde réel comme dans celle des objets abstraits. A partir d'un processus d'iconisation « généricité » tout en conservant des traces iconiques (voir annexe 4, p. 8, 9).

Ainsi, la désignation des concepts mathématiques en LSF, peut permettre et même favoriser un va-et-vient entre la référence à des situations particulières et une formulation générique. En effet, l'iconicité de cette langue renvoie souvent les signes et les expressions à des analogies de situations : un triangle est signé dans une position spatiale avec une de ses bases horizontale, un carré est signé lui aussi posé sur l'un de ses côtés à l'horizontale. Chacun de ces signes, lorsqu'il est générique, « image » alors un cas particulier extrait de l'ensemble de tous les triangles (carrés) possibles. Lorsqu'on veut désigner une situation particulière, comme un sommet ou un côté du triangle (ou du carré), on signe le terme générique et la caractéristique concernée.

L'attache de certains signes LSF à des situations prototypiques représentant les concepts, comporte un avantage certain, dans une première phase de dénomination, puisque la référence analogique donne du sens à la représentation signée. Dans un deuxième temps, nous devons amener les élèves à étendre ces concepts et les signes qui y sont associés, à *tous* les triangles et à *tous* les carrés, par exemple. L'extension des représentations sémantiques des objets mathématiques se fait petit à petit, au fur et à mesure que la classe des situations qui définit ces concepts s'enrichit. Progressivement, les élèves sont contraints de se détacher de l'aspect analogique du signe concerné, pour n'en retenir que son aspect générateur de toute une classe jusqu'à en devenir presque un signe arbitraire**.**

Modéliser la réalité, un même signe mathématique pour exprimer différentes situations

L'écriture 3×5 correspond à une structure conceptuelle de problème multiplicatif que nous avons déjà rencontrée. Mais elle peut servir de modèle à une multitude de situations de la vie courante et donc se présenter sous différentes constructions linguistiques.

- J'ai acheté 3 livres à 5€ l'un.
- J'ai acheté 3 livres de 5€ chacun.
- J'ai acheté 3 livres à 5€ la pièce.
- J'ai acheté 3 livres à 5€ l'unité.
- J'ai acheté 3 livres, chacun coûte 5€.
- Chacun des 3 livres que j'ai achetés coûte 5€.
- J'ai acheté 3 livres. J'ai payé 5€ pour chaque livre.

Ou modéliser d'autres situations comme un immeuble de 5 étages avec 3 appartements par étage, un rectangle de longueur 5 et de largeur 3 etc.

La liste de ces expressions orales ou écrites n'est pas exhaustive car il est aussi possible de varier les contextes des situations : plutôt qu'au prix d'un livre, on peut s'intéresser à des billes, à des pommes ou à des poires, mais peu importe en mathématiques ! De plus, cette expression 3×5 est mathématiquement équivalente à 5×3. C'est-à-dire que dans la vie courante, acheter 3 livres à 5€, n'est pas du tout identique à acheter 5 livres à 3€, sauf pour son porte monnaie. De même, les productions linguistiques en français ou en langue des signes ne seront pas non plus équivalentes. Mais dans le domaine des mathématiques, il n'y a pas lieu de distinguer les représentations 3×5 et 5×3 dans les entiers naturels. Les écritures mathématiques sont autonomes par rapport à la réalité c'est-à-dire que la modélisation et le traitement du modèle sont des activités distinctes.

Diversifier l'utilisation des systèmes de signifiants

Au niveau de l'enseignement de la notation symbolique, il arrive que l'élève prenne le symbole pour l'objet même de l'apprentissage. Pour éviter cet écueil, de nombreux chercheurs en didactique ont montré l'intérêt de diversifier les modalités de représentation : langagières (français, LSF) et non langagières (signes, symboles, schémas, figures ou dessins, tableaux, graphiques…). Combiner les diverses symbolisations de manière à ce qu'elles se confrontent et se complètent mutuellement dans les conceptions des élèves leur permet d'échapper aux pièges propres à chacun des modes de représentation. Pour G. Vergnaud (1998) « l'efficacité symbolique repose sur les homomorphismes entre les signifiés et les signifiants dans les systèmes conventionnels de représentation » tandis que R. Duval prône « la mise en congruence des registres sémiotiques » (*op. cit*., 1995). De même, pour F. Hitt, « il devient absolument nécessaire de proposer aux étudiants des activités de conversion entre les représentations d'un registre à un autre pour que les représentations en jeu, qui par nature sont complémentaires, donnent un support à la construction du concept en question » (Hitt, 2004). C'est le passage d'un mode d'expression à un autre qui permet au sens de se constituer en tant que tel. Par exemple, le jeu entre les registres algébrique, géométrique ou cartésien pour représenter une droite fait apparaître à l'élève qu'une droite ne se réduit pas à une formule ou à un trait mais qu'il faut l'appréhender au travers de ses divers registres de représentation et que c'est ce qui lui donne toute sa signification : le fait de la « convertir dans un autre registre engage la distanciation entre le signe et l'objet et construit la signification en mathématique » (A. Lerouge, 2000).

Traduire, coder, décoder sont des activités indispensables en mathématiques pour en construire le sens. Il est fondamental de prendre le temps de créer des transferts de sens entre la langue du savoir mathématique et les langues naturelles, français ou LSF.

Comme toutes les connaissances mathématiques, celle du langage et de sa formalisation doivent être étudiées en tant qu'*outil*, outil pour nommer les savoirs et en tant qu'*objet*, avec son fonctionnement propre et dans ses relations avec les langues usuelles.

II-2-3-1-2 Construire des phrases mathématiques

Nous avons vu jusqu'à présent les différents types d'expressions dont nous disposons en mathématiques pour désigner des objets. Après s'être approprié un lexique, il est souvent nécessaire de mettre en relation ces objets en vue d'un traitement particulier comme une élaboration de concept, une résolution de problème, une organisation de données… Un objet mathématique est souvent dépendant d'un autre et ne peut être déterminé qu'en fonction d'autres objets : par exemple, un cercle est défini par son centre et un de ses points, une parallèle est déterminée par un point par lequel elle passe et une droite à laquelle elle est parallèle. Plus que la spécificité des objets eux-mêmes, ce sont d'abord ces relations entre les objets qui créent la complexité, ainsi que leur traitement. Pour traduire les relations entre des objets mathématiques, il nous faut élaborer des phrases au sens « canonique » du terme c'est-à-dire des unités de sens contenant un verbe. Si l'emploi d'un vocabulaire adéquat est, la plupart du temps, une marque d'acquisitions conceptuelles, il en va de même pour la construction correcte de phrases mathématiques. D'une part, bien des élèves ont des difficultés à repérer des phrases « canoniques » et donc à en isoler les caractéristiques, d'autre part, ils produisent souvent des formulations sémantiquement incorrectes : il leur est souvent difficile de reconnaître certaines écritures mathématiques comme étant des phrases.

Nous allons lister quelques unes des relations les plus utilisées dans les mathématiques enseignées aux premier et second degrés. Nous nous appuierons ensuite sur des exemples issus de ces catégories de relations pour analyser les différentes manières de construire des phrases mathématiques : en utilisant plus ou moins de termes appartenant aux langues usuelles et/ou de symboles.

Des relations mathématiques

Les relations d'équivalence résultent d'un classement d'objets effectué selon un critère ou une propriété particulière : « avoir le même chiffre des unités que » ou « être parallèle à » sont deux relations d'équivalence, l'une entre des nombres, l'autre entre des droites. Des classes sont ainsi constituées et les objets qui appartiennent à une même classe sont dits équivalents : 13, 23, 43 sont des nombres équivalents pour la première relation et les droites suivantes sont équivalentes pour la deuxième relation.

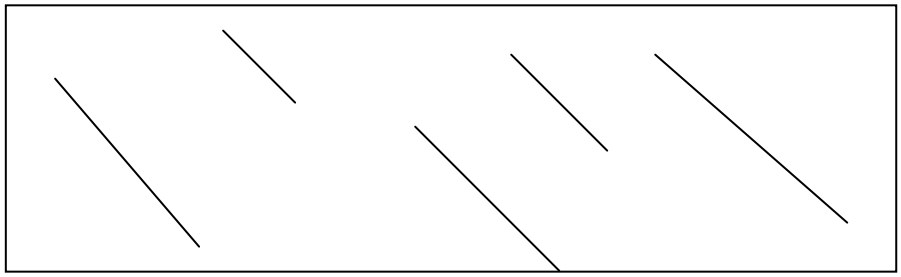


Figure 6 : Des droites parallèles

La relation d'égalité est souvent confondue par les élèves avec une relation d'équivalence. Or, comme nous l'avons déjà souligné, l'égalité relie deux écritures d'un même objet alors qu'une équivalence relie deux objets qui ont un point en commun : 13 et 23 sont équivalents dans la relation définie par « avoir le même chiffre des unités que » mais ils ne sont pas égaux alors que 6+7 et 13 sont égaux.

Les relations d'ordre servent à ranger des objets de même nature selon un ordre en une série : « être plus grand que » ou « être inclus dans » sont deux relations d'ordre, l'une sur des nombres l'autre sur des quadrilatères. Par exemple, {5, 4, 3, 2, 1} forme une série pour la première relation et {carré, rectangle, parallélogramme} est une série pour la deuxième relation.

Les relations de proportionnalité relient non pas des grandeurs particulières mais des classes de grandeur : une classe d'objets physiques et une classe de prix ou une classe de distances et une classe de durées. Cette différence entre un objet et une classe d'objets est importante car si les élèves disent que 36 est proportionnel à 6, cela n'a pas de sens. On dira que les suites de {1, 2, 3, 4, 5} et {6, 12, 18, 24, 30} sont proportionnelles et on présente fréquemment cette relation par un tableau.

1	2	3	4	5
6	12	18	24	30

Tableau 1 : Des nombres proportionnels

Les fonctions numériques transforment des nombres en d'autres nombres. Elles dépendent de la nature des nombres qu'elles relient ; entre les entiers naturels les opérateurs sont des fonctions numériques : par exemple, « ajouter 3 » relie 2 et 5 ou 8 et 11…On peut représenter cette relation de manière extensive, en citant des exemples de couples ainsi créés : (2,5) ou (8,11)…On peut aussi la représenter en explicitant symboliquement la relation : $X \rightarrow X+3$. Le tableau de proportionnalité précédent peut être représenté par un opérateur multiplicatif « multiplier par 6 », ou par une fonction de proportionnalité dite « linéaire » symbolisée par : $X \rightarrow 6X$. Dans l'ensemble des nombres réels, la fonction qui associe à un nombre sa racine carrée, est aussi une fonction numérique qu'on peut traduire symboliquement par : $X \rightarrow \sqrt{X}$. Ces transformations peuvent aussi se traduire dans le domaine géométrique par le biais des représentations cartésiennes. Les couples sont identifiés à des points : (2,5) est représenté graphiquement dans un repère par un point d'abscisse 2 et d'ordonnée 5. La fonction numérique « ajouter 3 » est alors représentée graphiquement par une suite de points alignés, une droite, dont on dira qu'elle a pour équation $Y= X+3$. Nous entrevoyons déjà les différents registres qui peuvent servir à exprimer ce type de relation entre des nombres.

Ces fonctions jouent un rôle très important en mathématiques, comme dans toutes les sciences d'ailleurs. Elles interviennent à tous les niveaux de l'enseignement, dans les sections littéraires comme scientifiques, et elles mettent en difficulté presque tous les lycéens.

Les combinaisons entre deux objets mathématiques permettant d'obtenir un troisième objet sont aussi très courantes en mathématiques à tous les niveaux de la scolarité : ce sont essentiellement les opérations, qui peuvent concerner des nombres de natures différentes (des entiers naturels, des entiers relatifs, des décimaux, des fractions,...) des vecteurs, des transformations géométriques, des fonctions etc.

Comme les objets mathématiques, ces relations se traduisent en utilisant des termes empruntés aux langues usuelles ou des signes mathématiques tout en privilégiant certaines tournures grammaticales : « 2 et 3 font 5 » ou « 2+3=5 » pour l'addition de même que « 3 fois 2 vaut 6 » et « 2×3=6 » pour la multiplication.

Exprimer des relations mathématiques en LSF

Nous avons illustré quelques unes des caractéristiques de la LSF pour traduire les objets et les concepts mathématiques. Comment la LSF exprime-t-elle les relations entre ces objets ? Prenons quelques exemples parmi les relations mathématiques citées précédemment en les comparant à ceux que nous avons listés comme pouvant créer des embûches en langue française. En ce qui concerne les relations « être parallèle à » et « être perpendiculaire à », les signes LSF qui permettent de traduire le parallélisme ou la perpendicularité dans leur caractère générique, par le positionnement et le trajet des mains dans l'espace, représentent *un* exemple de droites parallèles ou de droites perpendiculaires, celui donné par la direction du geste. Chacun de ces signes « imagent » alors un cas particulier pris dans l'ensemble de tous les cas possibles de droites parallèles du plan ou dans celui de toutes les perpendiculaires. Comme pour la désignation d'objets, l'adhérence des signes LSF à des situations prototypiques représentant les relations, comme « être parallèle à » ou « être perpendiculaire à », comporte certains avantages, mais si la dénomination en signes ne se démarque pas du geste spatial, des obstacles risquent d'apparaître et d'opposer certaines résistances. Nous avons eu l'occasion de rencontrer cette difficulté en demandant à de jeunes collégiens sourds d'écrire des relations géométriques pour décrire une figure à l'aide des codes mathématiques « // ou ⊥ ». Nous avons remarqué que certains élèves produisaient des écritures qui faisaient coïncider l'orientation des signes avec l'orientation des tracés des droites impliquées.

Comme dans la dénomination des objets mathématiques, l'enseignant a besoin d'amener les élèves à prendre de la distance par rapport aux situations de référence pour donner un statut générique et abstrait aux expressions en LSF. De plus, l'ordre d'énonciation des éléments de la phrase est différent : par exemple, les droites D et D'sont « montrées » et le locuteur signeur dit quelque chose comme « là D, là D', parallèles ». Cette organisation des signes correspond à l'expression en français « D et D' sont parallèles » mais ne correspond pas à l'ordre d'écriture en mathématiques « D // D' ». La différence est plus nette encore lorsque cette relation est niée : un locuteur s'exprimant en LSF dirait « là D, là D', parallèles, non » car la négation vient, en général, après le verbe.

De façon plus générale, **les relations spatiales** « mettent en scène » et localisent les objets avant de décrire leurs positions relatives. Par exemple, pour exprimer « le point est au-dessus de la droite », la droite est d'abord positionnée dans l'espace de signation, puis le point est placé en montrant qu'il est situé au-dessus de la droite référente. Pour comparer des objets X et Y avec une relation d'ordre comme « plus petit que », dire « X<Y » c'est d'abord désigner Y le référent, avec une taille de référence « montrée » en positionnant la main à un certain niveau de hauteur dans l'espace, ensuite le référé X est positionné, en positionnant la main à une hauteur « plus basse » pour exprimer une différence de taille. Avec de jeunes enfants, il serait même bienvenu de commencer par montrer les deux éléments à comparer, X et Y, puis ensuite les positionner l'un par rapport à l'autre : on insiste ainsi sur le fait que la relation est binaire, elle concerne deux objets. Il semble tout à fait logique d'exprimer une relation de comparaison en commençant par situer le référent puis le référé par rapport à lui, mais il se trouve qu'en français comme en mathématiques, on l'énonce en sens inverse. Cette différence est souvent source de difficultés pour les élèves sourds et nécessite d'être explicitée avec eux.

De même les phrases retracent souvent **les actions dans un ordre chronologique** : ainsi, l'énoncé de problème suivant : « j'ai 6 billes après en avoir perdu 3 ; combien en avais-je avant ? » se traduira plutôt en LSF dans l'ordre suivant : « billes, j'ai, après perdu 3, maintenant billes reste, combien ? 6. Avant, combien ? ». Ce déroulement selon l'axe des temps est très intéressant pour travailler la compréhension des problèmes additifs de type transformation, mais le travail de compréhension de l'énoncé du problème en français pose plus de difficultés lorsqu'il doit être expliqué en LSF.

Des phrases vraies ou fausses

Nous avons déjà évoqué dans la première partie, une particularité des propositions mathématiques : elles sont vraies, fausses, ou indécidables ou encore incorrectes dans le cadre d'une théorie donnée. Pour qu'un élève construise une phrase correcte, il est donc nécessaire qu'il pense à attribuer une valeur de vérité aux phrases mathématiques : « 7 est un nombre plus grand que 2 » est une phrase vraie, « un losange est un carré » est une phrase fausse, « ABC est un triangle non aplati » peut être une phrase vraie à condition que les points A, B, C ne soient pas alignés. Par contre, « la somme de 2 et 8 » n'est pas une phrase correcte : elle n'est ni vraie ni fausse et il en est de même pour « la médiatrice du segment [AB] ». Une première tâche dévolue aux élèves consiste à discriminer, parmi les diverses expressions, les dénominations des phrases. Nous avons rencontré beaucoup d'élèves sourds qui comprennent l'expression « la parallèle à D passant par A » comme une phrase, alors qu'elle désigne une droite qui a certaines propriétés. Par contre, « D est parallèle à D' » ou « D et D' sont parallèles » sont des phrases : elles contiennent sujet et verbe. Mais ces indices ne suffisent pas puisque « D est parallèle » n'est pas une phrase : la relation de parallélisme est binaire c'est-à-dire qu'elle nécessite la comparaison de deux éléments. Il en va ainsi de nombreuses relations que nous avons citées précédemment comme la relation de perpendicularité, mais aussi les relations d'ordre et

d'égalité sur les nombres. Par exemple, la suite de mots « 0 est plus petit » ne constitue pas une phrase mathématique. Or, dans un contexte courant cette formulation est souvent admise s'il n'y a pas d'ambiguïté : il est alors sous entendu « 0, c'est le plus petit » soit « 0 est plus petit que tous les autres entiers naturels ». Par contre, $12 \geq 4$ est une phrase correcte qui de plus est vraie : de nombreux élèves ne comprennent pas l'intérêt ni la vérité d'une telle proposition puisqu'à leur sens, seule la phrase $12>4$ convient. Nous retrouvons dans cette erreur la difficulté à concevoir en mathématiques le « ou » comme étant inclusif : si « 12 est supérieur ou égal à 4 » alors « 12 est strictement supérieur à 4 ». Il n'est pas rare non plus que de jeunes élèves confondent « 2 fois 3 » ou même « le produit de 2 et 3 » avec une phrase. De plus, si on fait écrire à des collégiens « 2 + 3 = 5 » en langue française, nous sommes contraints de constater que nombreux sont ceux qui traduisent le signe « = » par « égal » au lieu de « égale » du verbe « égaler ».

Des adjectifs

Les phrases mathématiques contiennent des adjectifs **«** attachés » aux mots, mais là encore, de manière bien différente à ce qui se passe en français. Si dans l'usage courant ils amènent une qualification supplémentaire, celle-ci n'en est pas pour autant indispensable au contenu du message. En mathématiques, les adjectifs ne peuvent pas être supprimés, ni même remplacés, sans changer le sens de la phrase : dire « un triangle isocèle » n'équivaut pas à dire « un triangle équilatéral » et il ne s'agit pas d'un triangle sans qualificatif non plus ! En plus, certains adjectifs sont aussi utilisés en tant que substantifs : il se peut qu'un triangle soit rectangle mais ce n'est pas un rectangle ! De même, on parle de la parallèle à D (passant par A) et deux droites sont dites parallèles.

Des déterminants

En mathématiques, les déterminants ont un statut spécifique et méritent qu'on aide les élèves à bien distinguer et séparer le « sens particulier » et « le sens général ». En effet, on parle d'*un* triangle, dans un sens générique, pour désigner un triangle choisi de façon indéterminée dans la classe des triangles, c'est-à-dire qu'on pourrait dire en français « un quelconque triangle ». Mais lorsqu'on dit *le* triangle ABC, dans un sens particulier, ce triangle unique peut aussi être quelconque c'est-à-dire ni isocèle ni équilatéral ni rectangle. Par contre, au pluriel, les formules convergent : on dit *les* triangles pour parler de plusieurs triangles particuliers mais aussi pour nommer *tous les* triangles de façon générale. Quand on énonce « *un* carré est *un* rectangle », les deux articles *un* n'ont pas le même sens : n'importe quel carré n'est pas n'importe quel rectangle, c'est un rectangle particulier. De même, dans la phrase « *la* hauteur d'un triangle est *la* droite qui …. » les deux articles *la* ont des sens opposés : le premier indique l'aspect générique d'une hauteur dans un triangle mais le deuxième insiste sur le fait qu'il n'y a qu'une seule droite qui soit issue d'un sommet et perpendiculaire au côté opposé à ce sommet.

Des connecteurs

Ces diverses nuances nous semblent difficiles à aborder avec des élèves sourds dès le début de la scolarité d'autant plus que bien souvent il n'existe pas d'équivalents en LSF. De même, dans les phrases mathématiques, il existe un certain nombre de « petits mots » dont la maîtrise conditionne la compréhension et l'expression d'un raisonnement mais dont la traduction en LSF n'est pas toujours perceptible à des élèves s'ils ne possèdent pas une maîtrise approfondie des possibilités de cette langue. Nous faisons référence aux connecteurs logiques comme ceux qui expriment la conjonction (et), la disjonction (ou inclusif et ou exclusif), la négation (à distinguer du contraire) ou l'implication (« si…alors… » à distinguer du *si* qui exprime une éventualité ou une règle). Il existe aussi des difficultés qui concernent les mots liés à l'expression de l'existence ou de la quantification comme « tous », « certains », « il y a », « il existe », « aucun »… Certaines locutions de liaison exprimant la cause ou la conséquence sont abondamment employées en mathématiques même lorsqu'on utilise un langage symbolique. Certaines concernent plus précisément les déductions comme « donc, alors, si bien que, ainsi, d'où, c'est pourquoi, par conséquent, en conséquence, cela entraîne, cela implique… ». D'autres expriment plutôt une explication comme « car, parce que, puisque, en effet, à cause de, étant donné que, du fait que, d'après… ». Différentes situations peuvent être proposées aux élèves sourds pour les aider à combiner des propositions avec différents mots de liaison possibles et comparer leurs sens respectifs.

> Par exemple, il est possible de leur proposer de relier « ABCD est un carré » et « ABCD a quatre angles droits » à l'aide des « petits mots » cités ci-dessus. On peut obtenir différents énoncés comme :
>
> « ABCD est un carré *donc* ABCD a quatre angles droits » ;
> « ABCD est un carré *par conséquent* ABCD a quatre angles droits » ;
> « ABCD a quatre angles droits *parce* que ABCD est un carré » ;
> « ABCD a quatre angles droits *puisque* ABCD est un carré ».

Ainsi, selon le mot de liaison choisi, il est possible d'obtenir le même message, en inversant ou non les propositions. Avec des élèves sourds, ce type de travail de traduction et de reformulation s'inscrit, à notre sens, dans une approche interdisciplinaire français/LSF/mathématiques. Notre position pédagogique demeure l'explicitation sur de nombreux exemples, de ces différences, ainsi que la mise en congruence des diverses formulations d'une même situation en nous référant aux travaux de R. Duvert et J.M. Zakhartchouc (1999) et R. Duvert (1996).

Le verbe « être » pour exprimer l'identité ou l'appartenance

La combinaison « sujet/verbe être/attribut » avec le verbe au présent, est un type de phrases couramment employé en mathématiques. Dans ce cas, le verbe « être » peut désigner plusieurs des relations que nous avons étudiées au début de ce paragraphe. Il peut traduire une égalité comme « la somme de 2 et 3 *est* 5 », une identité comme « ABCD *est* un parallélogramme », une définition

comme « un parallélogramme *est* un quadrilatère qui a ses côtés opposés parallèles deux à deux », une propriété comme « un quadrilatère dont les diagonales se coupent en leur milieu *est* un parallélogramme ». Dans chacun de ces cas, il s'agit de relations d'équivalence, c'est-à-dire qu'on peut inverser les propositions qui sont reliées par « est » sans changer le sens des phrases : on peut dire ou lire une égalité dans les deux sens. Par contre, le verbe « être » peut aussi traduire une inclusion comme « un carré est un losange » ou une appartenance « 3/7 est un nombre rationnel ». Dans ces cas, la relation qu'exprime le mot « est » est une relation d'ordre c'est-à-dire qu'on ne peut pas inverser les propositions : on ne dit pas dire « un nombre rationnel est 3/7 » et « un losange est un carré » est une phrase fausse car elle a un sens contraire à la première qui était vraie. Nous avons déjà remarqué dans la partie qui concerne les adjectifs que « est » peut avoir un sens de qualificatif comme « le triangle ABC est rectangle » avec « rectangle » attribut du sujet.

Il nous semble là encore qu'un travail spécifique qui explicite à la fois les différentes relations sous jacentes à l'emploi du verbe « être » et les différents sens de « est », aboutit à démasquer des confusions occasionnant de véritables difficultés en français comme en mathématiques, d'autant plus que le verbe « être » n'existe pas en tant que tel en LSF.

Utiliser des expressions mathématiques en LSF

En ce qui concerne les adjectifs, les signes de la LSF traduits comme tels ont souvent une valeur et une fonction de groupe verbal comme « isocèle » ou « être isocèle », « faux » ou « être faux »…Les articles n'existent pas en LSF, ni définis ni indéfinis. La plupart de ce que nous pourrions appeler « les petits mots » qui servent à lier des enchaînements logiques, existent en moins grand nombre et sont rarement utilisés par les élèves sourds qui n'ont pas un niveau élaboré de LSF. Le verbe être, dont nous avons vu l'importance en mathématiques, n'existe pas dans des phrases type « sujet - verbe être – attribut ». Il nous semble très important de souligner ces particularités qui peuvent amener à produire des paraphrases pour exprimer des propriétés mathématiques aussi simples que la suivante : « les carrés sont des losanges » car la quantification et l'inclusion y sont exprimées au travers des articles et du verbe être. On peut ainsi mesurer l'importance de l'écart entre les différents modes d'expression : mathématiques, français, LSF. Nous pensons pertinent d'aider les élèves à repérer les caractéristiques de chacune de ces modalités d'expression, à en respecter les spécificités, en exigeant rigueur et précision dans chacun des registres, et de les entraîner à passer d'un mode à un autre.

Autour de « plus » ou de « moins »

Certaines expressions, très courantes dans la vie quotidienne comme en mathématiques, sont sources de réelles difficultés particulièrement pour les élèves sourds. Nous faisons principalement allusion à « au plus » et « au moins » tout en remarquant que les locutions contenant « plus » ou « moins » sont en général des expressions difficiles à saisir. Nous avons distingué précédemment « en plus » (en tant

qu'ajout), « plus que » (en tant que comparaison), « plus » (en tant que signe mathématique). Ces termes s'écrivent de façon similaire à quelques petits mots près mais ne traduisent pas les mêmes situations. Le superlatif « le plus » signifie en mathématiques qu'on choisit le majorant d'une suite ordonnée : dans la suite de nombres {2, 4, 6, 8}, 8 est le plus grand. L'expression « de plus que » sert à mesurer un écart entre deux quantités : *donne-moi 3 bonbons de plus que lui*. La locution « au plus » indique une borne à ne pas dépasser : « 6 au plus » signifie « pas plus de 6 » ou « 6 mais pas plus » c'est-à-dire « un nombre inférieur ou égal à 6 ». En fait, l'expression « 6 au plus » est synonyme de « 6 ou moins » alors qu'elle ressemble plutôt à « 6 ou plus » traduisant le contraire. Cette contradiction apparente perturbe la compréhension de l'expression pour de nombreux élèves : certains traduisent par « 6 et plus » et d'autres par « 6 exactement ». Ces distinctions sont plus subtiles que les précédentes et les écritures symboliques permettent, en mathématiques, d'éviter toutes ces confusions. Correctement et suffisamment reliée à des signifiés et à des contextes de référence, l'utilisation des signes peut et sert, en mathématiques, à lever les ambiguïtés relatives à l'expression de ces situations. Il nous semble pertinent de les utiliser dès que possible avec des élèves sourds.

Nous verrons dans la deuxième partie comment, non seulement les élèves sourds mais les enseignants en formation mis en situation de rechercher un problème qui exige d'utiliser trois couleurs au plus, butent sur ces expressions.

Utiliser des signes mathématiques

En mathématiques, plus le niveau d'abstraction des connaissances représentées est élevé et plus la phrase contient des signes ou des symboles qui en précisent et simplifient l'expression. Cette forme permet un traitement logique des propositions plus rapide, particulièrement dans les calculs : la raison d'être de l'écriture symbolique est de pouvoir raisonner avec des variables en algèbre. Comme en langue française, on retrouve dans les productions des élèves des phrases symboliques mal construites. Tout particulièrement, nous retrouvons la difficulté à discriminer la désignation d'un objet d'une phrase : 5(2X+3) est un nombre et 5(2X+3)=40 est un phrase. Cette dernière est même une phrase interrogative bien qu'il n'apparaisse aucun point d'interrogation : « *Puis-je trouver un nombre X tel que si je le multiplie par 2 et que j'ajoute 3 à ce premier résultat, puis que je multiplie le total par 5, ce nouveau résultat soit égal à 40 ?* ».

Un avantage certain des phrases mathématiques sur celles de la langue française, surtout pour nos élèves sourds, réside dans le fait que les premières excluent tout implicite, tout jeu sur le sens des mots, toute connotation extérieure à ce champ : « En mathématiques, les mots ne qualifient pas, ne font pas image, ne suggèrent pas : ils désignent des objets, des relations, des démarches. » (D. Fougères, *op. cit*., 1993)

II-2-3-1-3 Comprendre et produire des énoncés mathématiques

Le discours mathématique suppose non seulement la compréhension d'un lexique et l'organisation des informations en phrases mais aussi l'articulation des phrases selon des règles particulières. L'accès à ce style spécifique d'expression exige le développement en parallèle chez les élèves, de compétences dans les domaines de la compréhension pour lire les textes mathématiques, et dans le domaine de la production pour écrire des énoncés. Nous avons déjà vu que cet enchaînement de propositions nécessite, entre autres, la maîtrise des connecteurs logiques. Dans ce paragraphe, nous verrons comment en repérer les divers constituants et attributs qui les distinguent des énoncés en langue naturelle. Nous savons déjà que dans un énoncé mathématique, chaque mot, chaque phrase, chaque signe est porteur d'un sens sur lequel il est impossible de faire l'impasse. Nous avons aussi remarqué que la caractéristique essentielle des énoncés mathématiques réside dans le brassage de plusieurs codes différents et dans leur interaction : ils font appel à la fois à la langue naturelle et à des termes mathématiques mais aussi à d'autres modes d'expression comme des schémas, tableaux, graphiques, figures, symboles, enchaînements d'écritures ou de calculs…Nous allons maintenant analyser l'articulation de ces énoncés mathématiques suivant les intentions des auteurs et l'usage auquel ils sont destinés. Nous envisagerons ces différentes fonctions des textes mathématiques en prenant appui sur des exemples.

Plusieurs types de textes cohabitent en mathématiques : des textes *descriptifs* comme ceux qui accompagnent une figure en géométrie, des textes *informatifs* comme les définitions ou les théorèmes, des textes *narratifs* comme les énoncés d'un certain genre de problèmes, des textes *injonctifs* comme les consignes d'exercices, des textes *explicatifs* comme les rédactions de solutions ou les formulations de procédures ainsi que des textes *argumentatifs* comme les démonstrations. Devant cette diversité, il est indispensable pour l'élève de comprendre les intentions des auteurs de ces textes et de percevoir la visée propre de ces énoncés.

Les textes des définitions et des propriétés

Dans les textes informatifs, la recherche de précision et de concision implique souvent l'utilisation de phrases longues, avec peu de verbes, des compléments en série, plusieurs adjectifs pour un même nom ainsi que plusieurs subordonnées dans une seule phrase. De plus, le discours cherchant à être le plus général et le plus objectif possible, oblige à employer fréquemment des formes passives ou de pronoms indéfinis comme « on ». Ce souci d'économie ne rend pas toujours les textes plus clairs pour des lecteurs non avertis.

> Prenons l'exemple d'une définition : *on nomme rectangle un quadrilatère dont les diagonales se coupent en leur milieu et qui a un angle droit* ou encore celui d'un théorème : *lorsque deux droites sont parallèles entre elles, toute droite perpendiculaire à l'une est perpendiculaire à l'autre*.

En général, ces textes sont lus par les élèves dans les manuels en révision de la leçon ou du cours. En effet, lorsque les concepts sont étudiés en classe, les élèves et l'enseignant s'accordent sur une désignation du concept et sur une énonciation de ses propriétés. Cependant, il arrive souvent que la formulation qui a été retenue durant cette phase, ne soit pas élaborée dans un langage aussi formel que celui du manuel : on vise alors plutôt la compréhension que la concision. Par exemple, en classe, pour éviter l'usage des subordonnées, on aura énoncé les notions à l'aide de plusieurs phrases simples même si elles sont « redondantes » ou pour diminuer le nombre d'adjectifs qualifiant un nom on aura utilisé des périphrases. Ainsi, il se peut que les élèves n'effectuent pas le rapprochement de cette énonciation plus proche du langage courant avec le texte du manuel ou du cahier. Pourtant, il est nécessaire que les élèves apprennent à retrouver dans un écrit mathématique « institutionnalisé » la signification des informations données en classe.

Plus spécifiquement pour des élèves sourds, mêler au langage naturel des schémas ou des dessins peut leur permettre de tirer des informations.

> Par exemple, pour alléger une formulation un peu lourde comme *dans un triangle rectangle, on nomme l'hypoténuse le côté opposé à l'angle droit*, on peut aussi proposer à l'élève la figure d'un triangle ABC rectangle en A et y apposer une légende comme « BC est l'hypoténuse ». Dans ce cas, on montre l'objet pour le définir, un peu sur le même mode qu'en LSF.

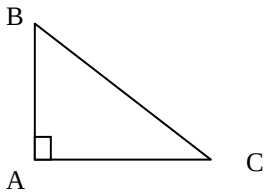


Figure 7 : un triangle rectangle

Les textes des consignes

Dans les exercices, les problèmes ou les programmes de construction géométrique, la langue ne se réduit pas à donner des informations, elle sert aussi à formuler les tâches attendues des auteurs. Ces exigences sont énoncées, en général de façon assez autoritaire, sous forme d'injonctions ou d'ordres. Leur expression utilise des phrases interrogatives comme « combien reste-t-il ? » mais aussi des verbes à l'infinitif « construire la médiatrice de [AB] », à l'impératif « trace une droite D » ou « placez un point A sur la droite », au futur et la deuxième personne du singulier ou du pluriel : « tu calculeras », « vous tracerez »…

En ce qui concerne la transmission des consignes et la présentation des tâches à effectuer par l'enseignant de mathématiques, leur formulation requiert une attention particulière lorsque les apprenants sont sourds : les messages doivent être suffisamment courts pour que leur communication

soit simple et efficace, tout en étant suffisamment précis pour être clairs. Cette partie de l'activité enseignante nécessite d'envisager très clairement, a priori, les actions qui sont attendues des élèves, en même temps que les finalités de ces actions. Dans quel but leur demander de réaliser telle tâche et quelles sont les diverses procédures de résolution possibles ? La consigne doit alors rendre ce but transparent pour les élèves sans pour autant leur « baliser » le cheminement de la résolution. En effet, il arrive souvent que devant cette exigence de précision, des enseignants soient tentés de détailler toutes les étapes de la réalisation de la tâche, court-circuitant ainsi la réflexion et la mise en œuvre de procédures personnelles. Ce penchant est d'autant plus grand avec les sourds, puisque, lorsque l'enseignant ne partage pas le même mode de communication que l'élève, il ne lui reste guère d'autres choix que de « montrer » ce qu'il faut faire. L'utilisation de la LSF peut conduire à abonder dans ce sens. En effet, la traduction effectuée par une personne qui ne maîtrise pas très bien la langue des signes se résume alors à l'énumération d'une série d'instructions que les élèves n'ont plus qu'à suivre. Nous rencontrons cette difficulté spécialement dans la résolution de problèmes : en mathématiques, comprendre la question d'un problème c'est déjà entrevoir sa solution. Il y a plusieurs niveaux de compréhension des consignes. Les élèves doivent prendre connaissance du but de l'activité mais avoir l'occasion de chercher la solution. Or, les enseignants qui font résoudre des problèmes mathématiques à des élèves sourds confondent souvent le cas où la consigne n'est pas comprise parce que les élèves ne savent pas clairement ce qu'ils ont à faire, et le cas où la consigne n'est pas comprise parce que la résolution n'est pas suffisamment avancée pour que la tâche prenne du sens pour l'apprenant.

Les énoncés symboliques

En ce qui concerne l'énonciation, la volonté de rendre les textes de plus en plus concis et de plus en plus précis, conduit les mathématiciens à produire un discours comportant de plus en plus de symboles. Rapidement, à partir d'un certain niveau, le recours au langage naturel devient inutile et peut « embrouiller » l'élève, au vu de toutes les ambiguïtés qui lui sont associées. Pour illustrer cette simplification des énoncés apportée par les écritures symboliques, nous reprendrons un exemple proposé par N. Verdier (2000, p.139). Il s'agit d'un énoncé de problème d'algèbre ainsi que de celui de sa solution, *avant et après* l'introduction du calcul symbolique, trouvés dans un ouvrage d'algèbre du mathématicien arabe Omar Khayyam (1048-1131). A l'énoncé *: « Un carré est égal à cinq de ses racines. Le nombre des racines est donc la racine du carré »,* correspond la solution *: « Si on multiplie la racine par elle-même, on obtient le carré ; mais si on multiplie cette racine par cinq, on obtient aussi le carré : elle est donc cinq »*. Aujourd'hui, l'énoncé se traduit par l'équation $X^2 = 5X$ et la solution[46] est donnée par l'ensemble des deux nombres 0 et 5 : {0,5}. O. Khayyam ne mentionne pas la solution nulle car, à l'époque, les inconnues ne représentaient que des quantités strictement positives.

[46] La résolution de cette équation est formée de la suite des transformations suivantes : $X^2-5X=0$ puis $X(X-5)=0$ et enfin les solutions sont $X=0$ et $X=5$.

Lorsque les symboles sont signifiants, l'écriture algébrique raccourcit la formulation initiale en langue naturelle. Il est important que les élèves sourds comprennent ce souci d'économie et la possibilité de concision que nous offrent les écritures symboliques. De même, en ce qui concerne la transformation des écritures dans la conduite d'un raisonnement, que ce soit en arithmétique ou en algèbre, les notations symboliques allègent les procédures en les ramenant à des enchaînements de symboles régis par une syntaxe spécifique.

Par exemple, en arithmétique on opère sur des nombres. La suite des deux phrases $5+4 = 9$ et $9\times2 = 18$ peut se réduire à la seule phrase $(5+4)\times2 = 18$ en vertu de la loi de distributivité de la multiplication par rapport à l'addition[47]. La difficulté principale ici, comme c'est souvent le cas, réside dans la globalisation de deux actions qui se succèdent dans le temps. Or, de nombreux élèves se trompent dans la transcription de cette simultanéité : des erreurs du type $5+4 = 9\times2 = 18$ sont fréquentes. Par contre, en algèbre on opère sur des écritures symboliques et non plus directement sur des nombres. Le raisonnement s'enchaîne en transformant les écritures selon certaines lois spécifiques au domaine de l'algèbre.

L'exemple de ces deux raisonnements, arithmétique et algébrique, montre bien l'impossibilité de dissocier le raisonnement du langage dans lequel il est exprimé : le raisonnement consiste à transformer des connaissances qui peuvent être des énoncés ou des écritures. La transformation d'écritures se fait en suivant des lois de la logique mathématique mais pour qu'elle soit faite de façon pertinente, il est nécessaire qu'elle se fasse en rapport avec ce que les écritures sont susceptibles de désigner c'est-à-dire avec leur sens : ce ne sont pas des opérations mécaniques sur des mots et des phrases qui n'auraient pas de signification.

II-2-3-1-4 Apprendre à symboliser

De façon générale, une symbolisation implique un tri des informations fournies par la réalité et la réalisation de représentations figuratives, schématiques ou langagières. Ces représentations symboliques constituent des moyens d'identifier plus clairement les objets mathématiques et de différencier les relations. Par exemple, les schématisations des structures des problèmes arithmétiques étudiées par G. Vergnaud, favorisent chez les élèves la prise de conscience de l'identité de structure de certains problèmes. Lorsqu'ils ne disposent pas de ces symboles, les élèves et l'enseignant sont conduits à recourir à des formes langagières issues de la langue naturelle alors qu'il existe des dangers dont nous avons donné un aperçu. Mais plusieurs modalités de symbolisation interagissent dans les apprentissages mathématiques.

[47] La distributivité de la multiplication par rapport à l'addition est une propriété qui relie les deux opérations dans l'ensemble des nombres entiers et qui rend synonymes (identiques) les écritures $(a + b)\times c$ et $a\times c + b\times c$.

Les symbolisations figuratives mettent l'accent sur les ressemblances et permettent de reconnaître directement l'objet évoqué : une situation de partage de billes peut être représentée par un dessin des billes et des enfants à qui celles-ci sont distribuées. Ces symbolisations ont l'avantage de « montrer » la situation mais elles sont encore loin de la généralité inhérente à un concept mathématique.

Les symbolisations schématiques se présentent sous la forme de matériels ou de représentations non directement liés à la réalité : par exemple, des jetons pour étudier le concept de nombre, des réglettes ou des boîtes de Picbilles de R. Brissiaud pour travailler la numération, des dessins pour représenter une figure géométrique…Les avantages que les schémas présentent par rapport aux symbolisations figuratives sont qu'ils constituent des modèles de la réalité et visualisent de ce fait des ressemblances structurelles alors que les précédentes privilégient les ressemblances de surface. S. Joshua et J.-J. Dupin rapportent des travaux de Vezin qui tendraient à prouver que l'aspect perceptif d'un schéma en résume la structure : « des informations qui, dans l'expression verbale sont considérées successivement, sont perçues en une même appréhension grâce au schéma » (Joshua et Dupin, 1993, p. 297). Nous pouvons déjà rapprocher cette appréhension globale que favorise un schéma, au fonctionnement de la LSF qui visualise et organise spatialement les informations dans l'espace de locution.

Au niveau de la résolution de problèmes, la mémoire des situations déjà rencontrées aide à représenter un problème nouveau. Cette mémoire se forme à partir des différentes situations auxquelles les élèves sont confrontés et des analogies qu'ils perçoivent entre ces cas. Le nombre important de problèmes différents mais de structure isomorphe ou proche qu'on propose à des élèves est un facteur déterminant pour les aider à établir ces analogies. Or, les schémas améliorent la mise en mémoire de l'expérience acquise à propos de certains problèmes, et leur utilisation nous semble une piste de travail particulièrement pertinente avec des élèves sourds. En effet, ce sont des objets structurés qui permettent l'assimilation rapide d'un problème à une catégorie et la récupération de l'expérience correspondant à sa résolution. Les représentations schématiques visualisent les différentes structures et leurs caractéristiques aidant ainsi les élèves sourds à appréhender globalement les situations sans faire appel uniquement à des repères d'ordre linguistique. Par la simplification des situations qu'ils opèrent, les schémas favorisent la sélection de l'information pertinente et seulement celle-là tout en représentant les différentes étapes du raisonnement. Enfin, les schémas fournissent des modes de représentation plus généraux et plus abstraits donc plus facilement adaptables à diverses situations. Les représentations sont épurées des différents habillages et contextes et permettent un traitement et une résolution plus efficaces. Leur utilisation permet un passage à l'action plus rapide et plus performant car son aspect formalisé favorise la transformation des représentations successives et autorise un contrôle plus efficace de l'action par rapport au but à atteindre.

Les symbolisations langagières ont le mérite de faciliter une évocation formelle des objets mathématiques qui permet de concevoir ce qu'on ne peut pas voir. Ces modes de symbolisation peuvent paraître hermétiques aux novices mais, en s'agençant en un réseau de signes et de règles, ils donnent accès à une pensée abstraite : celle-ci est libérée car le maniement des symboles allège les procédures de traitement et les « décolle » de toute référence à un contexte particulier. Par exemple, « 3 + 2 » représente différentes situations dont le traitement symbolique se réduit à la connaissance de la table d'addition. Pour progresser en mathématiques, il faut s'habituer à l'utilisation du système de symboles jusqu'à ce que ceux-ci deviennent familiers et que les calculs, par exemple, deviennent des combinaisons automatiques mobilisant du coup peu d'attention. A cette étape, les symboles « démultiplient la puissance de penser » (N. Rouche et L. Lismont, 1999). Ainsi, en contrepartie de son aspect très général donc applicable à de multiples situations, les symbolisations codées exigent de connaître précisément les règles de grammaire du système, ainsi que de construire une suite linéaire d'énoncés capables de reconstituer la globalité des objets.

Diversifier l'utilisation des modes de symbolisation

Au niveau pédagogique, aucune de ces trois modalités de symbolisation n'est suffisante à elle seule pour enseigner les mathématiques. Ces différentes représentations ne sont pas les objets mathématiques eux-mêmes mais font médiation entre les apprenants et les mathématiques. Suivant les différents âges et niveaux scolaires des élèves certains modes sont plus ou moins pertinents. En ce qui concerne plus particulièrement les élèves sourds, il nous semble que leur surdité ne justifie pas que l'on privilégie les symbolisations figuratives autant que ce qui se pratique régulièrement. Plus on tire l'enfant du côté du réel et plus on l'éloigne de l'abstraction propre aux objets mathématiques. Les symbolisations constituées d'objets matériels conduisent les écoliers à des activités manipulatoires qui deviennent facilement une fin en soi, au détriment d'une activité symbolique régulée par la logique. A cet égard, les symbolisations schématiques nous paraissent un bon moyen de les aider à se dégager des aspects figuratifs tout en leur facilitant l'accès aux voies mathématiques : il est plus simple de se repérer sur un plan que sur une photo aérienne, de même qu'il est plus facile de comprendre le fonctionnement du corps humain sur un schéma que sur une photo anatomique. L'utilisation de schémas et de graphiques mérite donc d'être développée avec des enfants sourds, aussi bien pour appréhender le symbolisme mathématique que pour résoudre un problème. Nous verrons dans le chapitre III que dans leurs travaux, R. Tremblay et C. Charron soulignent la plus grande efficacité, pour les étudiants sourds, des méthodes pédagogiques qui s'appuient sur les représentations schématiques par rapport à celles qui se caractérisent par une transmission uniquement verbale des connaissances (Tremblay et Charron, 1992).

En résumé, pour amener les élèves sourds à comprendre et maîtriser les symboles mathématiques, deux démarches pédagogiques sont possibles. On peut partir de représentations figuratives qu'on

stylise progressivement et auxquelles on associe des mots et des écritures mathématiques : les concepts se dégagent ainsi peu à peu des différentes symbolisations selon une progression qui va du plus concret au plus abstrait, le schéma en constituant le maillon intermédiaire. Mais il est aussi possible de partir d'une symbolisation schématique pour passer, d'un côté aux écritures mathématiques, et de l'autre, à l'évocation de situations concrètes au moyen de représentations figuratives. Le schéma constitue, dans ce dernier cas, une trame symbolique à partir de laquelle l'élève peut inventer et créer des situations. Les symbolisations schématiques fournissent ainsi aux enseignants des supports transitionnels pour aider les élèves à articuler le concret et l'abstrait.

Il est cependant indispensable de concevoir cette aide par les schémas dans le cadre d'une pratique pédagogique qui favorise l'élaboration progressive par les élèves de représentations de plus en plus modélisées et non pas comme une formalisation assignée à une catégorie spécifique de problèmes que les élèves appliqueraient automatiquement sans mettre en œuvre de raisonnement. De plus, l'appréhension perceptive et globale a des limites. Même si les personnes sourdes, de par une plus grande sollicitation de leur perception visuelle, développent des capacités mnésiques performantes, la quantité d'informations présentes, les éventuels éléments parasites et l'organisation spatiale des parties du schéma, peuvent rendre complexes la compréhension et la mémorisation d'un schéma.

En conclusion, un outil de modélisation comme un schéma permet une structuration simplifiée sous la forme d'un modèle général et opérationnel, un passage à l'action plus performant, et un contrôle de la représentation plus facile et plus efficace par rapport au but à atteindre, tout en étant attentif à limiter sa complexité.

II-2-3-1-5 Savoir traiter chaque mode de représentation et passer de l'un à l'autre

La résolution de problèmes requiert de mettre en œuvre à la fois des transformations de représentation qui sont des traitements intra registres et des conversions inter registres pour passer d'un mode à un autre. Il en va de même des différents registres de symbolisation. Ainsi, la pluralité des registres de symbolisation peut être vue comme une source de difficultés, mais aussi comme une source de sens. Or, il semble que ce dernier aspect soit peu pris en compte dans l'enseignement des mathématiques. Par exemple en arithmétique, les écoliers sont saturés d'exercices de décomposition d'un nombre selon centaines, dizaines, unités du type 425 = 4 x 100 + 2 x 10 + 5 sans pour autant en avoir compris l'intérêt. En ce qui concerne plus particulièrement le sens des écritures symboliques, nous pensons avec J. P. Drouhard que « le calcul symbolique prend tout son sens au travers des réponses à la question « pourquoi », par le triple rapport entre la grammaire (les règles), le contexte pragmatique (le projet), et les mathématiques sous-jacentes » (Drouhard, 1995, p.331). Par exemple, lorsqu'un élève manipule des écritures algébriques, à tout moment, il est censé justifier le choix de la transformation qu'il choisit d'effectuer. Les justifications de l'élève, qui montrent que les écritures ont du sens pour lui, correspondent à trois questions de type « pourquoi ? » qu'il doit se poser et auxquelles il doit être

capable de fournir une réponse. La première question « pourquoi faire ? » indique que l'élève a un projet et qu'il sait que la transformation d'écritures qu'il effectue est dans le but d'arriver à tel résultat. Ensuite, il doit être capable de justifier « pourquoi il s'y prend de telle sorte ? » montrant par là sa maîtrise des règles de transformation. Enfin, il est censé pouvoir répondre à la question « pourquoi a-t-on le droit de le faire ? » appuyant ainsi son action sur la connaissance des fondements mathématiques.

Au final, l'apprentissage et l'utilisation des symbolisations mathématiques représentent un objectif d'enseignement important pour les élèves sourds. D'autant plus que l'usage très répandu actuellement des moyens de traitement de l'information et de la communication exige une bonne connaissance de ces formes d'expression. Cependant, il convient d'en mesurer les limites car des dérives sont possibles : on ne peut réduire les activités mathématiques à des manipulations de codes sans baser ces manipulations sur leur sens. Tout compte fait, les dangers liés à un formalisme exagéré tiennent moins à la présence de la formalisation mathématique qu'aux dérives qu'entraîne l'oubli des raisons fondamentales qu'on a de l'utiliser, c'est-à-dire à son sens. Or, le sens se construit à travers tout ce qui constitue l'activité mathématique, c'est-à-dire à travers les situations, à travers la mise en place et la maîtrise d'algorithmes, à travers la manipulation des écritures et des représentations symboliques et les changements de registres de représentation.

L'importance de l'écriture en mathématiques

C'est l'écriture qui procure la stabilité et la mémorisation des savoirs mathématiques. « Cette observation est vraie de la science telle qu'elle se construit et reconstruit sans cesse au cours des siècles. Mais elle est vraie aussi de la science telle qu'elle se construit et reconstruit sans cesse dans les écoles, au fil des années pour chaque élève » (N. Rouche, L. Lismont, 1999). En effet, les cadres théoriques sur lesquels nous nous appuyons supposent que pour partir des savoirs initiaux des élèves et enseigner des savoirs nouveaux, il faut avoir des traces consistantes des anciennes conceptions afin de les questionner, les critiquer, les remettre en question et justifier ainsi les nouvelles. L'écrit permet ces points d'appui détaillés sur laquelle la pensée peut se développer. On écrit pour clarifier les débats scientifiques entre personnes mais on écrit aussi pour penser individuellement : on discute avec soi-même.

De façon générale, l'écriture facilite la décontextualisation des situations et permet la réorganisation de l'information comme de son traitement. Plus spécifiquement, la caractéristique capitale des mathématiques réside dans « l'importance des désignations et du jeu des transformations qui les accompagne » (R. Duval, *op. cit*., 1995). Par exemple, les symboles simplifient les traitements algorithmiques des opérations parce qu'on ne peut pas évoquer beaucoup de choses au même instant. L'esprit humain ne peut embrasser beaucoup de choses à la fois : la mémoire de travail mobilisée par des calculs par exemple, peut empêcher le traitement du problème lui-même si leur exécution est trop

lourde. Essayons de « dire » la suite des actions à mener pour effectuer une soustraction ou pour calculer la valeur lorsque X = 4 d'une expression comme (3X+5)(4X-7)/4X(2X+5), ou encore de développer oralement une identité remarquable : cela demande un effort d'attention démesuré. S'il n'y avait pas de trace écrite des calculs, les résultats intermédiaires seraient vite oubliés. Ainsi, en algèbre ou dans les algorithmes d'addition, de soustraction, de multiplication et de division, l'écriture des signifiants a pour fonction d'organiser les calculs et de conserver les résultats intermédiaires. Cette difficulté à exprimer la simultanéité des relations en mathématiques implique la séquentialisation des calculs. Ainsi, en mathématiques, les traces écrites sont des références et des retours à la mémoire et par rapport à l'oral qui représente « le ici et le maintenant », l'écrit aide les élèves à entrer dans la durée et la permanence.

Plus particulièrement, pour les élèves sourds, le rôle de l'écrit en mathématiques nous semble très important bien que certains obstacles soient plus difficiles à lever. En effet, en l'absence de système d'écriture en langue signée, l'apprentissage des textes écrits doit se faire pour la plupart, dans une langue seconde (la langue française) dont les structures ne sont pas familières. Donc les difficultés face à la langue écrite peuvent entraîner des difficultés dans la structuration de la pensée logique. Pourtant, c'est l'utilisation de la langue écrite qui permet de passer à l'auto-régulation intellectuelle en remplaçant la parole intériorisée et en permettant la mise à distance de l'action. En mathématiques, si ces difficultés générales face à la langue écrite sont présentes, l'utilisation de schémas et d'un langage symbolique et formel rend moins complexe l'expression qu'en langue française orale ou écrite. A partir d'un certain niveau de la scolarité mathématique, s'exprimer en mathématiques avec un langage symbolique est plus économique et plus pertinent qu'à l'aide d'une langue naturelle car les textes en langages symboliques sont bien plus pauvres que ceux en langues courantes. Si le sens des écritures symboliques est correctement installé, il n'y a aucune raison pour que les élèves sourds ne puissent pas les manipuler. Les travaux de R. Tremblay et F. Charron (1992) consacrés aux relations entre la conceptualisation et la surdité confirment que « aucun déficit cognitif n'accompagne la surdité si la personne sourde reçoit une stimulation équivalente à celle d'une entendante » mais que « leurs progrès sont plus difficiles au moment crucial du passage au niveau de pensée formelle » tout en étant « néanmoins parfaitement capables de pensée abstraite ». Nous reviendrons plus précisément sur ces aspects concernant la surdité dans le chapitre suivant.

Connaître et reconnaître plusieurs registres de signifiants

Il nous semble indispensable, particulièrement avec les élèves sourds, de leur faire prendre conscience de la diversité des signifiants utilisés en mathématiques et de leur équivalence. La maîtrise des écritures mathématiques s'acquiert en jonglant d'un système à un autre, au prix d'une pratique régulière et d'une longue maturation. Nous pensons qu'obliger les élèves à formuler leurs idées, à préciser leur pensée, à expliquer et justifier leurs affirmations soutient et favorise les activités de

productions écrites. En effet, nous verrons comment cette phase de formulation où les élèves communiquent leurs résultats et leurs procédures par oral ou par écrit, prépare et conditionne la dernière étape d'un raisonnement : la recherche d'une preuve ou d'une démonstration.

En mathématiques, les textes ne sont pas les seuls supports de l'information puisqu'on utilise aussi des tableaux ou des schémas qui peuvent, de plus, être des organisateurs d'informations. Nous pensons avec R. Duval qu'un véritable travail pédagogique reste à faire sur la mise en congruence du texte et de ces représentations « *bidimensionnelles* » (Duval, *op. cit*., 1995, 2003). De nombreux travaux comme ceux des IREM par exemple, ont montré que « donner simultanément plusieurs énoncés d'un *même* problème correspondant à des habillages différents permet à un plus grand nombre d'élèves de résoudre le problème mathématique en jeu » (J. Julo, 1993).

Un premier temps de l'apprentissage consiste à faire reconnaître et connaître les autres registres de représentation utilisés en mathématiques. Par exemple, les tableaux sont organisés selon des règles qu'il faut connaître pour pouvoir interpréter les informations qui y sont présentées : il faut repérer les lignes et les colonnes et croiser lectures verticales et horizontales. En géométrie, les dessins sont des figures dont les éléments ne doivent pas vérifier de propriétés supplémentaires, non indiquées dans l'énoncé, donnant lieu à un cas particulier. S'il est question d'un triangle quelconque, il s'agit de dessiner un triangle dont l'orientation dans l'espace de la feuille n'influe pas sur la solution mais, en même temps, ce triangle ne doit être ni isocèle, ni rectangle, ni équilatéral, de peur que les propriétés correspondantes ne perturbent le raisonnement sur le cas général. Les schémas sont eux aussi régis par des lois spécifiques au domaine concerné : le schéma qui traduit une transformation dans un problème additif doit être distingué de celui d'une comparaison par exemple, ou d'une proportionnalité simple dans un problème multiplicatif. En géométrie analytique, les représentations graphiques sont obtenues en respectant certaines contraintes : par exemple, un point est repéré par des nombres selon des règles conventionnelles : abscisses liées à un axe horizontal et ordonnées à un axe vertical. Les calculs symboliques sont soumis à des règles de substitution qui elles aussi sont spécifiques : par exemple, c'est la loi de l'associativité qui permet de traduire $(2\times3)\times5$ par $2\times(3\times5)$. Ainsi, les divers registres utilisés en mathématiques ont des fonctionnements propres que les élèves doivent connaître pour leur permettre d'opérer des conversions de registres correctes.

Apprendre à coordonner plusieurs registres

Dans un second temps, un apprentissage spécifiquement centré sur la conversion des différentes représentations permettra, particulièrement aux élèves sourds, de mobiliser leurs connaissances dans plusieurs registres, c'est-à-dire, en dehors du contexte dans lequel s'est fait l'apprentissage. En effet, « les apprentissages restent presque toujours monoregistres » et cette « compréhension monoregistre est une compréhension qui ne permet aucun transfert, ….seule une compréhension intégrative, c'est-à-

dire une compréhension fondée sur la coordination de registres donne des possibilités de transfert » (R. Duval, 1995, p.75).

Au final, de nombreuses activités sont nécessaires pour aider les élèves à reconnaître l'équivalence de ces différents systèmes de représentations. Il est donc incontournable de multiplier les activités de conversion entre schémas et textes, entre écrits mathématiques et textes, entre dessins et légendes, entre solutions et énoncés… Si la construction d'une représentation résulte d'une interaction entre une situation et un élève, modifier la situation elle-même et ses caractéristiques linguistiques pour la rendre, petit à petit, plus recevable permet d'améliorer la compréhension des énoncés de problèmes, par exemple, pour les élèves sourds. Cependant, les travaux d'auteurs comme J. Julo ou J.F. Richard, démontrent qu'une telle démarche est insuffisante, car dans la compréhension d'un énoncé, toutes les connaissances de l'élèves sont sollicitées (Julo, 1995 ; Richard, 1990). Ce ne sont pas que des obstacles linguistiques qui provoquent la représentation très particulière que l'élève se donne de la situation car sa représentation dépend aussi de toutes les autres connaissances, scolaires et extra scolaires. Or, il est plus difficile d'agir sur l'individu que sur la situation : les connaissances et les compétences de l'élève ne s'améliorent que progressivement.

Jusqu'à présent, nous avons vu qu'en mathématiques, la langue ou tout autre registre de signification (LSF, langage mathématique, tableau, graphique, dessin, schéma, écriture symbolique…) remplit une fonction de désignation c'est-à-dire d'identification des propriétés, des relations et des objets. De plus, les activités langagières en situations de mathématiques améliorent le contrôle de l'action de résolution. Nous allons voir maintenant plus précisément comment le langage favorise la communication et l'explicitation de sa solution à autrui, introduisant ainsi la nécessité de justifier et de prouver cette solution.

II-2-3-2 La place de l'activité langagière dans le contrôle d'un raisonnement

Comme l'a bien montré Vygotski, c'est en relation avec des congénères plus compétents que lui, que l'enfant s'approprie les instruments culturels, notamment le langage et les concepts scientifiques. Apprendre les mathématiques, c'est élaborer des solutions pour résoudre des problèmes. C'est donc à la fois, construire des concepts nouveaux et des procédures de plus en plus pertinentes, les formuler et les expliciter pour les communiquer à des pairs, ainsi qu'en discuter la validité. Il n'y a pas de mathématiques sans preuve et les concepts sont des outils pour élaborer des preuves. On ne peut certainement pas attendre des élèves qu'ils justifient leurs assertions ou les procédures qu'ils ont suivies, de la même manière en mathématiques que dans d'autres situations ou d'autres domaines. L'objet de notre réflexion est de chercher à comprendre comment l'enseignant peut développer chez les enfants et les adolescents un comportement que G. Brousseau appelle « l'attitude de preuve » (1998, p. 39) et la place que tiennent les activités langagières dans le processus. Nous insistons particulièrement sur les aspects sociaux de l'activité de preuve : énoncer une règle ou un théorème

c’est affirmer que ce que l’on dit est vrai dans un certain système, et être capable de soutenir cette opinion face à d’autres et à des avis contraires.

Cependant, l’étape de la démonstration est difficile à atteindre par les collégiens car son enseignement est souvent fortement formalisé, accompagné d’exigences d’un style stéréotypé et son utilisation n’est que trop rarement introduite en relation avec des nécessités de validation. Or de nombreux travaux concordent pour avancer l’idée que « l’apprentissage de la démonstration doit être précédé de la pratique de preuves dans des situations de classe où la nécessité de valider une assertion apparaît naturellement, c’est-à-dire comme une question qui se pose aux enfants et non comme une exigence du maître. » (Ermel, 1999). Avant d’affronter le passage à la rédaction standard, il est nécessaire de développer chez les élèves le besoin de justifier une réponse et de leur faire comprendre qu’une démonstration sert à prouver, en leur proposant des situations où l’accent est mis d’abord, sur les moments de recherche, puis sur ceux de formulation et d’explicitation. « En général la preuve ne pourra être formulée qu’après avoir été utilisée et éprouvée en tant que règle implicite soit dans l’action soit dans les discussions. » (G. Brousseau, 1998, p. 40). Ce travail requiert beaucoup de temps et particulièrement avec les élèves sourds.

II-2-3-2-1 Débattre en mathématiques

Les témoignages les plus anciens que nous connaissions d’une pratique mathématique « poussée » remontent aux civilisations égyptiennes et babyloniennes (IIIème et IIème millénaires av J.C.), mais l’exigence d’une démonstration rigoureuse des propositions, à la place de leur simple vérification, revient à la Grèce des VIème et Vème siècle av. J.C. L’analyse formelle de cette pratique de la preuve - elle aussi issue des Grecs - est décrite principalement dans les œuvres logiques d’Aristote (384 - 322 avant J.C.). Les historiens expliquent l’émergence de la rationalité en Grèce par le contexte politique de démocratie où la pratique et l’art de la discussion étaient nécessaires à tout citoyen pour intervenir dans les débats ou encore pour se défendre devant les tribunaux populaires : la maîtrise de l’argumentation, de la persuasion, les talents rhétoriques étaient des atouts pour se faire entendre. Le mot « logos », en grec, signifie à la fois la raison et la parole : il situe le discours mathématique dans le contexte d’une parole faite pour convaincre. Aristote a étudié les modes de raisonnement et les procédés du discours qui ont pour but de convaincre un interlocuteur ou d’établir la vérité d’une proposition. Soumettre une thèse à l’épreuve du pour et du contre implique une discussion argumentative : dans la cité grecque, les décisions sont prises à l’issue d’un débat public. De même, prouver qu’une proposition mathématique est vraie nécessite de la mettre à l’épreuve de la critique lors d’un débat mathématique : les arguments avancés pour convaincre peuvent être contredits, le raisonnement produit peut être réfuté. Dans ce sens, l’apprentissage des débats mathématiques contribue à l’éducation de la citoyenneté des élèves en développant leur esprit critique. En effet, la signification politique de l’argumentation (au sens grec du terme) c’est la démocratie. Apprendre à

argumenter suppose une certaine liberté d'expression : c'est apprendre à s'écouter mutuellement et à respecter les opinions des autres. Or, cet apprentissage revêt une importance particulière avec certains élèves sourds qui présentent des difficultés de communication : ils ne savent pas toujours respecter les différents tours de parole, ils avancent leurs idées sans écouter celles des autres, ils ne parviennent pas à se « glisser » dans la solution des autres, ou ils ne maintiennent pas le débat sur le terrain mathématique. Familiariser les élèves sourds avec ce mode d'échanges est un objectif de travail qui dépasse largement le cadre des mathématiques.

II-2-3-2-2 Les différents processus de preuve utilisés par les élèves en mathématique

N. Balacheff (1988) distingue plusieurs niveaux de types de preuve produits par les écoliers ou les collégiens.

- Au niveau le plus élémentaire, on trouve les preuves de type *pragmatique* qui consistent à réaliser physiquement le contenu d'une affirmation et qui sont donc liées à des savoirs d'action. C'est le cas, par exemple, d'un élève qui utilise son équerre pour prouver qu'un angle est droit dans une figure. Cette phase correspond à l'élaboration de théorèmes-en-actes que les enfants mettent en œuvre sans pour autant être capables de les énoncer.

- A un niveau un petit peu plus élevé, *l'empirisme naïf* tend à généraliser la vérité d'une assertion à partir de l'observation de quelques cas particuliers. Certains élèves estiment vrai l'énoncé suivant : « *les nombres multiples de 4 se terminent tous par un 4* ». Ils font quelques essais qui vérifient la proposition (24, 44, 64) et ces cas particuliers suffisent à les convaincre.

- L'étape suivante, dite de *l'expérience cruciale*, aborde explicitement la question de la généralisation : un cas particulier est considéré par l'élève comme le cas général. Par exemple, l'élève choisit un très grand nombre en se disant que si l'énoncé est vérifié pour ce cas « non évident », ce sera vrai pour les autres cas plus « simples ».

- Lorsque les assertions sont rapportées aux propriétés d'un objet considéré par l'élève comme représentant toute une classe, on parle de *l'exemple générique*. Par exemple, un élève justifie la règle « pour trouver un multiple de deux nombres, il faut prendre un multiple de leur produit », en donnant la preuve suivante « pour trouver un multiple de 4 et de 3, on prend un multiple de 12 ». L'élève ne disposant pas d'un langage formel, il utilise un exemple, non pas pour vérifier l'énoncé sur un cas, mais pour exprimer une relation générale.

- Le recours à *l'expérience mentale* permet à l'élève d'évoquer un exemple sans mettre en œuvre une action effective. Un élève peut fonder sa justification sur l'analyse des propriétés en jeu. C'est le cas que rapporte N. Balacheff (*ibid.*) à propos de la recherche du nombre de diagonales d'un polygone en fonction du nombre de ses côtés : *« c'est impossible de calculer ce machin... parce que y suffit... qu'il*

y ait un côté qui ... non convexe, quoi, et puis ...., les calculs, y sont faux c'est obligé. ». Ce type de preuve commence à se détacher des situations particulières.

- Enfin, l'étape suivante conduit à *la démonstration* qui repose sur un processus d'essais et d'erreurs pour aboutir à une production écrite avec des pas de déduction réglés par les lois de la logique : c'est l'expression formalisée du raisonnement déductif. Ce processus se caractérise par une économie de l'expérience, le respect de règles strictes et l'aspect abstrait des objets sur lesquels il porte.

Au niveau linguistique, chacun des types de preuve utilisé par les élèves met en jeu des caractéristiques langagières différentes allant d'un langage naturel, familier et descriptif de plus en plus élaboré jusqu'à atteindre un langage fonctionnel et formel de plus en plus spécifique aux mathématiques. Les fonctions de validation, comme celles de représentation, exigent le recours à une langue qui, pour gagner en efficacité, tend vers la généralisation et la formalisation. La langue utilisée alors requiert de la part des élèves une maîtrise non seulement d'un lexique précis mais d'une organisation linguistique structurée qui permette une expression rigoureuse.

II-2-3-2-3 Différentes situations d'activités langagières pour valider une solution mathématique

Pour construire des situations didactiques qui favorisent la mise en route d'une validation, N. Balacheff avance que la dialectique de la validation est une dialectique des preuves et réfutations (*ibid*., 1988). De même les auteurs de l'équipe Ermel (1999), estiment que les situations qui favorisent cette nécessité de validation sont les situations de communication. Dans cette conception, l'interaction entre pairs peut jouer un rôle décisif : ce sont des moments de réflexion sur les actions et les productions des élèves qui poussent à décontextualiser les connaissances. A partir de ce postulat, l'enseignant construit une démarche pédagogique organisée suivant trois grandes étapes fondamentales pour guider les élèves dans la découverte de ce qu'est un raisonnement valide : une première étape d'explication est suivie d'une phase d'argumentation qui prépare celle de la démonstration. Tout au long de sa scolarité, les raisons qu'un enfant peut donner pour convaincre son auditoire doivent être d'abord explicitées et formulées, puis débattues et éprouvées dans une discussion et enfin rédigées et formalisées. « Au fur et à mesure que la culture mathématique d'une personne se développe, les preuves dont elle a besoin deviennent de plus en plus techniques… » (N. Rouche, 2000).

Dès les cycles de l'école primaire, les situations de justification et d'argumentation au cours de débats mathématiques sont de bons supports pour préparer les élèves de cycle 3 aux exigences du collège et améliorer leur réussite dans le domaine de la démonstration. Nous distinguons trois types de débats mathématiques qui peuvent être organisés dans une classe et qui correspondent aux différents niveaux

de preuve que les élèves sont capables de produire pour établir la vérité de propositions avancée par eux.

- Un premier type de situation que l'on peut proposer dès le cycle 2 de l'école primaire, vise à favoriser **l'explication**. Dans cette sorte de débat, les échanges servent à formuler des propositions, préciser des propriétés, expliciter des procédures, c'est-à-dire à se faire comprendre d'autrui. La production de raisons se limite à expliquer son action et les raisons fournies à cette occasion relèvent généralement de croyances personnelles.
- Ensuite, au cycle 3 et au début du collège, un deuxième type de situation permet des échanges qui se rapprochent plutôt de l'**argumentation.** Il s'agit bien de convaincre son auditoire ou soi-même de la justesse ou de l'inexactitude d'une proposition mais l'enfant cherche à obtenir l'adhésion d'un autre, à l'aide de critères subjectifs. Les raisons produites s'enrichissent de critères plus rationnels mais les arguments ne sont pas encore reliés entre eux par des liens logiques formalisés ; c'est leur contenu qui les unit (vraisemblable, possible, évident...). .
- Enfin, la **démonstration,** abordée à partir du collège**,** se distingue fondamentalement des précédentes par sa structure. L'organisation du raisonnement est indépendante du contenu des propositions et uniquement centré sur leur statut logique, c'est-à-dire sur leur place dans l'organisation du discours : hypothèse, définition, théorème, conjecture, conclusion...

Expliquer ses procédures et ses résultats : une langue de communication partagée

Une première activité langagière dans une activité de résolution de problèmes consiste à expliquer sa recherche et donc à expliciter ses procédures ou ses résultats : « pourquoi est-ce ainsi ? » et « pourquoi a-t-on envisagé telle ou telle solution? ». A cette étape, la formulation n'obtient pas encore le statut de preuve mais elle permet de se faire comprendre. De nombreux travaux ont étudié les fonctions de la verbalisation lors de la résolution de problèmes en commun et analysent les différentes modalités de coopération entre les élèves. E. Nonnon en rappelle quelques résultats qui soulignent que les fonctions des interactions entre pairs ne se limitent pas à l'émergence et au dépassement de conflits cognitifs : « l'intervention d'un partenaire conduit fréquemment l'enfant à préciser sa représentation du problème, du but à atteindre ou de la démarche induite par la consigne, ou à modifier une représentation erronée qu'il s'en était faite » (Nonnon, 1995).

De plus, la médiation de l'adulte peut susciter, chez l'enfant, une évaluation de ses actions par des retours successifs. Les modalités de ces interventions peuvent prendre diverses formes : des questions, des demandes d'explication, des reformulations, des commentaires critiques sur l'action, des imitations ou des approbations … Au travers de ces demandes de justifications, l'adulte aide l'enfant à expliciter ses actions ou ses méthodes. Selon les théories de Bruner évoquées précédemment, en lui permettant d'appuyer son activité et sa verbalisation sur les siennes, l'adulte est médiateur entre

l'enfant et ses propres actes ou ses propres paroles, et lui permet de s'en approprier le sens. A partir de ces situations, les élèves peuvent être amenés à donner leur avis sur telles ou telles actions, à débattre de la pertinence de telle ou telle méthode et ressentent alors le besoin de justifier leurs points de vue. Ces occasions constituent des conditions motivantes pour les amener progressivement à la nécessité de prouver leurs affirmations.

Nous verrons dans le chapitre III, à la lumière des travaux de R. Tremblay et F. Charron (1992), la remarquable efficacité des formules pédagogiques interactives dans l'enseignement aux personnes sourdes mises en évidence dans une situation de conceptualisation. C'est dans cette perspective que nous avons organisé dans notre établissement des colloques intitulés « Conceptualisation et surdité : places respectives des langages et de l'expérience » en 2001, 2003, et 2008.

Argumenter à l'aide d'une langue rigoureuse et structurée

Tous les échanges oraux en mathématiques ne relèvent pas nécessairement d'une argumentation : il peut y avoir explication d'une méthode sans que n'émerge une contradiction avec production d'arguments. En effet, pour qu'il y ait situation d'argumentation, il faut qu'il y ait au moins deux thèses différentes à défendre à propos desquelles les élèves vont produire des arguments. Les raisons produites sont examinées, soumises à la critique et contredites, selon des critères reconnus et acceptés de tous. Une argumentation au sens général du terme, n'aboutit pas toujours non plus à la production d'une preuve : il ne suffit pas d'argumenter pour avoir raison ! Dans ces situations, prouver se réduit souvent à convaincre l'autre qu'une proposition est évidente, absurde, vraisemblable, possible... Par contre, dans une argumentation mathématique, les débats cherchent à établir qu'une proposition est vraie ou fausse. C'est-à-dire qu'une proposition plus ou moins crédible pour l'élève, évidente, absurde, vraisemblable, possible... doit devenir une proposition vraie, fausse ou indéterminée. Ainsi, pour une proposition, ce passage d'une valeur privée à une valeur publique, amène l'équipe Ermel à distinguer trois statuts pour une proposition :

- celui d'affirmation : la proposition est du ressort d'une conviction privée du style « *je crois que c'est vrai, c'est évident* »

- celui de conjecture : la proposition reste à prouver, mais acquiert un statut public

- celui de connaissance : la proposition est prouvée, reconnue comme vraie selon des critères explicites... (Ermel, *op. cit*., 1999).

L'argumentation mathématique, en contribuant à ce changement de valeur des propositions, est une phase qui sert de tremplin pour l'étape suivante, celle qui consiste à prouver selon les critères de la rationalité mathématique. A ce stade, la valeur épistémique n'intervient plus : un raisonnement est vrai ou faux quel que soit celui qui l'énonce. L'argumentation diffère des processus déductifs en

mathématiques puisqu'elle est un raisonnement obéissant à des contraintes de pertinence : un argument est rejeté ou accepté par rapport aux contenus de l'affirmation. Cette caractéristique rend l'argumentation plus proche des pratiques discursives spontanées et de la logique naturelle.

C'est pourquoi, ce type de débat requiert une collaboration active avec les enseignants de LSF ou les interprètes dans les classes qui accueillent des enfants sourds. Il nous semble intéressant de sensibiliser les élèves du primaire aux démarches spécifiques de preuve en les familiarisant avec les pratiques et les particularités de l'argumentation mathématique. De cette manière, en mettant l'accent sur ces activités au cycle 3 ainsi qu'au début du collège, on peut amener les élèves à saisir l'enjeu incontournable de la preuve en mathématiques.

En résumé, la validation d'un résultat dans une activité mathématique peut être travaillée très tôt avec des élèves du primaire dans diverses situations d'argumentation. En effet, ces situations constituent des outils de preuve intermédiaires dont les formateurs doivent favoriser la pratique pour éviter de passer brutalement des preuves pragmatiques et empiriques à la démonstration. Trop souvent, les enseignants exigent des élèves, au collège, des preuves rationnelles et formalisées, sans avoir exploré antérieurement avec eux les diverses possibilités et les limites des autres types de preuve. Cela suppose un changement d'organisation et des modes de fonctionnement de la classe qu'il n'est pas toujours aisé de mettre en œuvre : cela nécessite à la fois, de concevoir et de gérer des situations de véritable recherche, d'organiser des formes de travail par groupes, et de susciter des débats entre les élèves. Nous aurons l'occasion d'étudier à quelles conditions un accompagnement des enseignants en formation leur permet de concevoir des scénarios répondant à ces critères. Avec un public d'élèves sourds, à ces difficultés il faut ajouter celles de la maîtrise d'une langue. En effet, l'inconvénient majeur des situations d'argumentation c'est qu'elles nécessitent des outils de communication efficaces et partagés aussi bien par l'enseignant que par les élèves sourds ou entendants. Que ce soit en français oral ou en LSF, il est indispensable de disposer d'une langue de communication rigoureuse. C'est pourquoi, ce choix pédagogique suppose d'associer étroitement à cette démarche les enseignants de LSF comme les interprètes, lorsque c'est possible. Cette composante doit donc s'inscrire dans la formation des enseignants.

Malgré ces obstacles, notre propre expérience avec des élèves sourds, comme les travaux sur l'argumentation mathématique, convergent vers le constat qu'il existe une réelle évolution des capacités à débattre chez les enfants qui vivent ces activités expérimentales et ces mises en commun de situations de recherche : ils « prennent goût à énoncer des arguments, à écouter ce que dit l'autre, ils développent un esprit critique » (Ermel, 1999, p. 183).

Toutefois, argumenter pour convaincre c'est bien, mais la meilleure façon de convaincre, c'est de prouver : d'où la nécessité de la démonstration.

Démontrer : une organisation linguistique spécifique

On dit que la première démonstration a été donnée par Thalès (600 av. J. C.). Celui-ci a démontré qu'un diamètre partage un cercle en deux parties égales (en aire). Cet énoncé brille par son évidence ! Les mathématiciens grecs se sont démarqués de leurs prédécesseurs babyloniens et égyptiens en refusant que l'intuition puisse suffire à légitimer des vérités mathématiques même lorsqu'elles paraissaient évidentes. Plus encore, ils ont refusé de se satisfaire des preuves concrètes basées sur des arguments du genre : « *on est convaincu de quelque chose parce que cela se voit et on convainc l'autre en lui montrant* ». Il ne leur suffit plus de voir pour croire, il faut persuader de la vérité d'un énoncé. Ils inventent alors la démonstration. La finalité d'une démonstration est de prouver qu'une phrase est vraie ou fausse en utilisant les critères de la rationalité mathématique, c'est-à-dire la déduction et la logique formelle. Mais la structure d'une démonstration est spécifique. Il s'agit de s'assurer qu'un résultat est bien la conséquence de théorèmes ou de propriétés. La méthode consiste à déduire des propositions intermédiaires à partir d'un savoir connu. Les travaux de R. Duval nous servent de référence fondamentale pour comprendre le fonctionnement spécifique d'une démonstration (Duval, 1995). Celui-ci distingue deux niveaux d'organisation du raisonnement déductif.

Au premier niveau, un pas de déduction permet le passage entre des prémisses et une conclusion. Dans un syllogisme classique, le passage des prémisses à la conclusion se fait directement, mais dans un raisonnement déductif, ce passage requiert une autre proposition appelée énoncé-tiers comme une définition ou un théorème qui dépend du cadre théorique dans lequel se déroule la démonstration. Le deuxième niveau correspond à l'enchaînement des différents pas de déduction pour aboutir à la conclusion finale.

L'organisation globale du raisonnement déductif correspond à l'enchaînement de deux ou plusieurs pas de déduction. Ceux-ci s'enchaînent en un raisonnement lorsque la conclusion du premier pas est recyclée en une des prémisses du second pas et ainsi de suite. Ainsi, la proposition est répétée mais elle change de statut : de conclusion elle devient prémisse. Souvent, il y a plusieurs pas de déduction qui se développent de façon indépendante et qui se rejoignent pour constituer un autre enchaînement. Ainsi, les conclusions se substituent les unes aux autres dans une progression qui présente des caractéristiques qu'on ne retrouve pas dans une pratique discursive en langue naturelle. Une argumentation peut être plus ou moins efficace ou probante alors qu'une démonstration est correcte ou non. Par exemple, pour être plus convaincant dans une argumentation, on peut tenter d'ajouter des arguments, alors que dans une démonstration, donner deux raisons quand une seule suffit, ne fait que l'affaiblir si ce n'est la rendre incorrecte. Les arguments d'une discussion dépendent du contenu des propositions et de la façon dont l'autre les reçoit alors qu'un raisonnement est vrai ou faux quelque soit celui qui le construit.

II-2-3-2-4 Des difficultés à passer d'un langage de communication à un langage formalisé

Une première difficulté que les élèves éprouvent pour justifier leurs propos mathématiques réside dans une mauvaise connaissance des règles qui fondent les débats mathématiques. Par exemple, certains ont tendance à penser que pour être sûr de la justesse d'une affirmation, il suffit qu'elle soit vérifiée par un grand nombre d'exemples. De même, ils croient que si un grand nombre d'individus pense qu'une phrase est vraie, alors elle l'est.... Placés devant une contradiction, certains élèves admettent difficilement de remettre en cause une conjecture émise ou de rejeter une preuve avancée. Une démonstration ne représente même pas, bien souvent, une preuve ni un moyen de s'assurer de la vérité d'une solution. Pour favoriser la prise de conscience chez les élèves que les jugements qu'ils portent sur la vérité d'un résultat mathématique s'appuient sur un certain nombre de propriétés, il est indispensable que ces règles soient explicitées et clairement énoncées. Par exemple, « *une phrase de type déclaratif, en mathématiques, ne peut être que, soit vraie, soit fausse, soit indéterminée* », « *des exemples qui vérifient une phrase mathématique, pour aussi nombreux qu'ils soient, ne suffisent pas à prouver sa vérité* » ou encore « *un seul contre-exemple suffit à prouver qu'une phrase est fausse* ». Ce sont quelques unes des principales règles de la logique formelle qui ne coïncident pas systématiquement avec celles de la logique commune. Il ne s'agit pas de donner d'emblée ces principes de base aux élèves, mais dès l'école primaire, à l'aide d'activités adaptées, on peut leur en faire découvrir l'utilité et le sens ainsi que leur faire trouver des formulations simples de ces lois.

La grande proximité de sa présentation en langage « courant » avec l'argumentation, en masquant sa structure propre, constitue une des principales difficultés relatives à la production d'une démonstration. Par exemple, les collégiens ne retiennent de cette structure, la plupart du temps, que des critères de surface et de forme comme : il faut mettre des expressions du genre « donc, d'après l'hypothèse, forcément, on sait que... ». En exigeant trop systématiquement des écrits très stéréotypés, les enseignants renforcent cette tendance à ne repérer les caractéristiques d'une démonstration que par des indices de surface.

Enfin, au contraire de l'argumentation qui est orale, la démonstration est écrite. Toutes les difficultés relatives à l'expression des objets et relations mathématiques dont nous avons présenté une analyse précédemment se retrouvent dans l'expression d'une démonstration. De la même manière, cette expression va devoir évoluer d'un langage naturel vers un langage de plus en plus formel et des écritures symboliques avec des difficultés qui risquent d'être importantes pour des adolescents sourds lorsqu'ils ne maîtrisent pas bien le français écrit.

II-2-3-2-5 Le rôle de l'enseignant dans l'organisation des débats

Malgré les difficultés que cela représente, il nous semble important de faire adopter aux élèves sourds une attitude réflexive par rapport au savoir mathématique. L'enseignant doit alors gérer plusieurs contraintes.

Concevoir des situations propices au débat mathématique

Tout d'abord, comme nous l'avons déjà remarqué, il lui incombe de concevoir les activités en fonction des connaissances initiales des élèves. Les activités sont ensuite mises en scène au niveau pédagogique pour favoriser l'émergence de points de vue différents et même contradictoires. Ce sont des situations comparables à celles d'une communauté scientifique, constituée d'un ensemble d'individus ayant un langage commun, adapté, se soumettant des problèmes et acceptant d'en débattre. Pour engager les élèves dans cette voie, la situation choisie doit permettre une vraie recherche : les problèmes de type ouverts fournissent l'occasion de trouver des solutions différentes favorisant ainsi les échanges et la confrontation de plusieurs points de vue. En effet, c'est de cette diversité que peut naître une discussion : si tout le monde est d'accord d'emblée, il ne peut y avoir débat. Cette évidence nous semble bonne à souligner car, dans notre expérience de formatrice, nous avons souvent remarqué que les enseignants d'élèves sourds ont tendance à vouloir homogénéiser leur classe. Les difficultés de communication entre eux et leurs élèves leur font craindre de ne pas être capables de prendre en compte et de traiter plusieurs réponses différentes comme de ne pas maîtriser les confrontations qui en découlent nécessairement. Pour surmonter cet obstacle, un travail en partenariat est indispensable avec les enseignants de LSF ou les interprètes.

Pendant la phase de régulation de l'activité de résolution de la tâche, l'élève agit et établit par l'expérience des liens entre les situations et les notions ou concepts, pendant que l'enseignant observe, écoute et relance la recherche si besoin.

Organiser la classe pour favoriser des confrontations de points de vue

En ce qui concerne l'organisation de la classe, différentes formes sont possibles. Le travail par petits groupes d'apprentissage, ou par deux dans les classes spécialisées puisque celles-ci ne rassemblent pas toujours un effectif suffisant, permet de confronter les interprétations du problème produites par chacun des groupes, favorise la coopération des élèves pour résoudre le problème et exige que dans chaque groupe, les acteurs se mettent d'accord pour produire une solution commune. De plus, pour l'enseignant, ce type de travail facilite le repérage des différentes propositions venant des élèves pour organiser ensuite sa mise en commun. A ce stade, c'est la divergence qui est privilégiée. Par contre, les discussions collectives sont centrées sur la convergence : de la confrontation des divers points de vue doivent naître des propositions communes. Chaque groupe est amené à se décentrer de sa position pour comprendre celles des autres, à emporter l'adhésion des autres à l'aide d'arguments probants et

un accord doit aboutir au sein de la classe. Enfin, organiser les activités mathématiques de telle sorte qu'elles favorisent des activités langagières contribue à la mise en œuvre d'une démarche pédagogique différenciée : l'écoute des stratégies mises en place par les élèves facilitent le repérage de leurs modes de fonctionnement et permettent de prendre des décisions de différenciation.

Gérer le débat mathématique

Avant de lancer le débat, l'enseignant doit avoir pris connaissances des propositions des différents groupes pour prévoir la progression des étapes du débat. Cette médiation nécessite de repérer et d'interpréter, rapidement et finement, les conduites spontanées ou les tentatives engagées, pour pouvoir les encourager, les répercuter et les relancer. Il est donc important d'avoir une écoute attentive de ce qui se dit dans la classe, tout comme d'avoir des connaissances des opérations sous-tendues par les tâches mises en œuvre par les élèves. Plus ces régulations sont anticipées de façon précise et plus l'exploitation des interactions spontanées des élèves gagne en efficacité.

Au cours du débat, l'enseignant régule les échanges, en veillant à ce que chaque groupe s'exprime, mais sans prendre la place des élèves dans le débat. C'est lui qui va par exemple, rappeler la consigne ou le but, aider à reformuler des propositions, focaliser l'attention sur certaines contraintes oubliées, exprimer clairement des questions esquissées par certains élèves, synthétiser des propositions énoncées par d'autres, récapituler des démarches ou des acquis… De façon plus spécifique, nous avons remarqué que l'accompagnement de l'enseignant au moment des reformulations aide les élèves sourds à devenir plus autonomes, tant sur le plan cognitif que langagier. Pendant cette phase de mise en commun qui doit favoriser les explications par les élèves eux-mêmes, l'enseignant prend à sa charge la gestion de ces échanges. « Le dialogue ne constitue pas seulement un outil de communication de représentations déjà construites, il est le lieu où s'élaborent des significations en mouvement » (E. Nonnon, 1995).

Prendre à sa charge l'institutionnalisation

Pendant la phase d'institutionnalisation des connaissances, l'enseignant prend en responsabilité la nominalisation des savoirs d'une part et l'explicitation des conduites des élèves sous forme des récapitulatif ou des synthèses des méthodes pertinentes. La synthèse issue de la mise en commun, phase que le rapport de l'Inspection Générale constate comme souvent court-circuitée, doit pouvoir intégrer les propositions des élèves dans un ensemble de relations, entre les moyens utilisés et les buts visés ou avec d'autres situations déjà rencontrées. Cependant, il doit observer une certaine neutralité pour amener les élèves à avoir un regard réflexif sur ce qu'ils disent. Si l'enseignant évite de trancher et de dire ce qui est vrai ou non, le doute face à certaines propositions va conduire les élèves à prendre conscience qu'une preuve est nécessaire.

Outre les difficultés répertoriées par l'Inspection Générale, l'enseignant d'élèves sourds se trouve souvent confronté à une difficulté spécifique : cette institutionnalisation nécessite une transmission dans laquelle le langage naturel est un vecteur essentiel. Souvent, le mode de communication n'est pas commun à tous les élèves (par exemple si des élèves sourds sont scolarisés avec des élèves entendants) ou entre les élèves et l'enseignant (si les élèves sont signeurs mais pas l'enseignant). Dans une grande majorité des cas, les élèves sourds peuvent ne pas maîtriser suffisamment la langue française ou ne pas posséder un « bon » niveau de connaissance de la LSF. Dans ces conditions, l'institutionnalisation n'est pas une phase de l'apprentissage bien confortable et le soutien d'un travail en partenariat avec les enseignants de LSF et les interprètes, encore une fois, est à envisager avec bénéfices pour tous.

Au final, partant d'une conception interactionniste, nous avons souligné l'importance des interactions entre les apprenants et les enseignants dans le processus d'élaboration de connaissances mathématiques. Nous avons aussi brièvement évoqué le rôle particulier que ces échanges représentent pour des élèves sourds puisque le thème de la surdité sera abordé dans le chapitre suivant. Nous pouvons cependant noter avec A. Weil-Barais que « une grande partie de ce qui se joue dans les interactions échappe au maître […] ; c'est sans doute une des raisons qui expliquent que les enseignants sont peu enclins à laisser les élèves travailler en petits groupes ou à abandonner pour un temps leur position haute dans les échanges » (Weil-Barais, 2004, p.76). Cette remarque est d'autant plus valable avec les enseignants qui scolarisent des élèves sourds du fait des difficultés de communication qui existent le plus souvent entre tous les acteurs de la classe.

II-2-3-3 Le langage intérieur pour accompagner une activité mathématique

Vygotski a beaucoup insisté sur le rôle du langage comme accompagnement de la pensée dans la planification et le contrôle de ses actions. Une langue, que ce soit la langue naturelle ou la LSF, au cours d'une résolution de problèmes, exprime la succession des traces des opérations par lesquelles l'élève construit, transforme et remanie sa représentation. Cette verbalisation permet de soutenir les tâtonnements, de formuler des hypothèses et d'anticiper sur leurs conséquences éventuelles, de dégager des règles de conduite. En favorisant la sélection des tâches à réaliser et leur organisation dans le temps, le langage améliore la régulation et l'évaluation de l'activité qui reste à entreprendre pour atteindre le but visé. Elle apporte une aide au niveau de l'anticipation des effets et des buts particulièrement lorsqu'un individu se trouve dans une situation où il a besoin de contrôler une suite d'actions insuffisamment maîtrisées : par exemple, une activité automatisée ne s'accompagne pas d'une verbalisation. Le guidage de l'action est essentiel dans les activités où un but est visé sans connaître de moyens pour l'atteindre ; cette anticipation permet souvent de faire l'économie d'un certain nombre de tâtonnements. Cette régulation par le langage lors de la résolution d'une tâche pour contrôler ses propres processus intellectuels peut être d'abord vécue dans le dialogue avec les pairs ou avec le médiateur avant de devenir le *langage intérieur* dont parle Vygotski.

En didactique des mathématiques, des travaux comme ceux de F. Bonafé, par exemple, cherchent à mesurer l'impact du langage en tant qu'accompagnement de l'action dans une recherche de problème. Les *narrations de recherche* sont définies comme « un exercice scolaire qui consiste en un exposé détaillé, écrit par l'élève, d'une suite d'actions qu'il a réalisées au cours de la recherche de la solution d'un problème de mathématiques » (F.Bonafe, 1993). L'analyse de textes descriptifs, de protocoles verbaux ou de narrations de recherche, recueillis au cours de situations de résolutions de problèmes montre que l'activité langagière remplit différentes fonctions. Spontanément, l'élève peut utiliser le langage pour reformuler des informations ou certaines conditions du problème posé. Ces travaux montrent aussi que l'apprenant peut faire des commentaires verbaux de lui-même sur la démarche ou l'ébauche de stratégie qu'il entreprend. On note aussi des élèves qui éprouvent le besoin de se donner des buts intermédiaires ou même d'exprimer explicitement la façon dont ils vont s'organiser et le plan de l'action qu'ils prévoient. Enfin, ce langage intérieur permet le recul nécessaire vis-à-vis de sa solution et de ses procédures, pour effectuer un retour sur son propre fonctionnement. Par la mise en place des processus métacognitifs et des effets de décontextualisation de la pensée qu'il suscite, il joue un rôle important dans les apprentissages mathématiques, que ce soit pour des élèves sourds ou non.

La langue des signes autorise le développement d'un langage intérieur (voir chapitre III). Bien sûr, il est difficile de concevoir d'agir en même temps que l'on signe : il faut suspendre l'action pour s'exprimer. Cependant, la LSF a le pouvoir de créer des images mentales qui structurent les processus de pensée. Il est donc possible d'aider les élèves sourds à évoquer ces images intérieures pour soutenir et ponctuer une suite organisée de leurs actions. Il semble que les processus séquentiels soient plus difficiles à structurer en LSF que les processus simultanés. Or, le raisonnement mathématique est très linéaire et séquentiel. En effet, pour résoudre un problème mathématique, le raisonnement est plus souvent ordonné selon une succession d'actions, que ce soit les reformulations dans divers registres ou les traductions à l'intérieur d'un même registre. Du fait de l'importance de l'écrit et de la symbolisation pour transformer la simultanéité et la globalité des relations en un processus séquentiel, il semble approprié que les élèves sourds apprennent à comprendre et à utiliser des modèles schématisés et symboliques afin de leur fournir un cadre dans lequel les traitements séquentiels sont simplifiés.

CONCLUSION DU CHAPITRE II

L'analyse des représentations des enseignants sur les mathématiques et sur l'enseignement des mathématiques a permis de mieux comprendre les pratiques des enseignants et les appuis théoriques auxquels ils se réfèrent pour enseigner les mathématiques. La mise en correspondance avec les travaux de recherche en éducation et plus particulièrement en didactique des mathématiques comme avec les attentes institutionnelles a mis en évidence un décalage important qui nuit à l'efficacité du système d'enseignement des mathématiques. Nous avons alors cherché à identifier les variables qui

interviennent dans la formation de cet écart entre les réalités des pratiques de terrain et les théories développées dans les recherches en éducation. Pour favoriser la mise en œuvre dans les pratiques des données de la recherche vers les situations réelles d'apprentissage nous avons été conduits à analyser les raisons de la difficulté de leur transfert. Des conceptions obstacles ont été identifiées qui doivent être surmontées par les enseignants : la formation est un lieu propice pour faire évoluer leurs représentations et surmonter leurs difficultés. Les points essentiels que nous avons retenus pour répondre à ces besoins s'articulent autour de deux axes principaux : développer les compétences des enseignants d'une part, à construire des situations de mise en activité mathématique, d'autre part à gérer la réflexivité nécessaire portée par les élèves sur les actions en situation. Pour développer ces compétences au niveau des enseignants, dans la perspective de concevoir des scénarios de formation adaptés aux besoins des enfants sourds, nous avons été amenés à analyser les processus cognitifs mis en œuvre dans l'activité mathématique et la conceptualisation spécifique des contenus de cette discipline.

Nous nous sommes appuyée principalement sur deux postulats qui nous semblent essentiels dans l'élaboration et le développement des connaissances mathématiques chez des apprenants, et plus spécifiquement chez des élèves sourds.

D'une part, les connaissances mathématiques trouvent leur origine dans l'action et plus particulièrement dans la résolution de situations et de problèmes. Les élèves construisent leurs connaissances à travers leur activité. Le rôle que jouent les situations dans le développement de compétences mathématiques permet aux élèves de dépasser un obstacle ou de percevoir les limites des connaissances acquises antérieurement. Ils apprennent de nouveaux concepts mathématiques en développant progressivement de nouvelles formes d'organisation de leur activité, en enrichissant leur système de catégories et leur répertoire d'actions dans la confrontation à une grande diversité de situations.

D'autre part, les interactions avec les adultes et les pairs ainsi que le langage intérieur accompagnant l'action prennent une place importante dans les processus d'apprentissages mathématiques. De plus, le langage, au-delà de ses aspects communicationnels, a pour fonction de transformer des connaissances jusque là implicites en objets explicites donc identifiés, partagés par une communauté et soumis à la preuve. On peut résumer le rôle des activités langagières dans l'activité mathématique comme instrument de prises de conscience successives et de différents niveaux. A un premier niveau, il s'agit de prendre conscience des objets mathématiques et de leurs propriétés : par exemple, connaître la chaîne numérique, les mots-nombres, savoir qu'ajouter un c'est prendre le suivant dans la comptine, … Un deuxième niveau, déjà un peu plus difficile, consiste à prendre conscience de sa propre activité mathématique dans une attitude réflexive : « *je peux compter jusqu'à tel nombre mais après je ne sais plus* », ou « *je sais faire une addition avec retenue mais pas une multiplication* »… Au troisième

niveau, le plus difficile, la prise de conscience réside dans la compréhension des relations qui existent entre les objets mathématiques et son activité comme par exemple, « *dans une situation de transformation, je peux faire une addition si la transformation est positive et si je cherche l'état final* ». Mais « *si je cherche l'état initial ce sera une soustraction et là, je pourrai l'effectuer soit en ajoutant à partir du plus petit soit en enlevant à partir du plus grand* ». Pour provoquer ces prises de conscience, l'enseignement doit concevoir des mises en scène où l'activité des élèves, par la diversité des situations, par la diversité des procédures rencontrées, par la diversité des signifiants utilisés, nourrira ces prises de conscience successives.

Toutefois, ces deux aspects constitutifs des connaissances mathématiques interagissent car les processus cognitifs et métacognitifs sont étroitement liés. La relation entre ces deux fondements des savoirs mathématiques est complexe. D'un côté, les signifiants langagiers et non langagiers font partie intégrante des schèmes de résolution d'une situation mathématique et les conversions d'un registre à l'autre favorisent la conceptualisation. D'une autre côté, il existe un décalage entre les concepts et théorèmes en acte utilisés dans l'action mathématique, c'est-à-dire entre la *forme opératoire* de la connaissance et sa *forme prédicative* composée des textes et des énoncés qui formulent les propriétés des objets et de l'action (Vergnaud, *op. cit.*). Le passage de l'opératoire au prédicatif requiert de mettre en correspondance les conceptualisations présentes dans l'activité mathématique avec les conceptualisations présentes dans les systèmes de signifiants. L'enseignant doit gérer aussi bien la mise en mot de l'opératoire que la mise en acte du prédicatif. Dans notre contexte, la complexité de ce travail enseignant est accrue du fait de la place importante de l'écrit et de la symbolisation en mathématique, d'une part, et des difficultés de compréhension du prédicatif des élèves sourds, d'autre part.

Nous faisons l'hypothèse qu'une connaissance plus approfondie des processus de construction des connaissances mathématiques favorise l'élaboration des compétences pédagogiques des enseignants en formation. Nous essaierons de comprendre à partir des mises en situation analysées dans la partie exploratoire, à quelles conditions le transfert de ces connaissances vers les situations réelles de travail peut s'effectuer.

CHAPITRE III. LA SCOLARISATION DES ELEVES SOURDS ET LEURS MODES APPRENTISSAGE

« C'est un grand agrément que la diversité.
Nous sommes bien comme nous sommes.
Donnez le même esprit aux hommes,
Vous ôtez tout le sel de la société
L'ennui naquit un jour de l'uniformité. »

(La Motte-Houdar, Fables : « les amis trop d'accord »)

Ce travail cherche à montrer que l'adaptation et l'intégration des élèves en situation de handicap, des élèves à besoins spécifiques, et l'éducation des enfants en situation de précarité et de fragilité constituent aujourd'hui l'espace le plus propice pour reconsidérer et remobiliser l'ensemble du système éducatif. « Poser une loupe » sur les événements et phénomènes relatifs aux enseignements à ces élèves et à la formation de leurs professeurs permet, nous semble-t-il, de mieux comprendre les enjeux actuels de l'école et de la mutation qu'elle doit opérer.

La scolarisation des enfants sourds en milieu « ordinaire » est un cas particulier de la situation plus générale de la scolarisation des élèves dits « handicapés »[48]. Nous aborderons dans un premier temps la manière dont les relations entre l'école et le handicap ont évolué dans l'histoire de notre pays et comment elles se concrétisent aujourd'hui depuis la loi de 2005 sur « l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées » (2005-102). Nous analyserons ensuite les enjeux de cette loi pour la formation des enseignants.

Dans un deuxième temps nous étudierons le cas des enfants sourds et de l'impact de leur surdité sur les apprentissages. En considérant les enfants sourds, non pas comme déficients mais comme des enfants différents, identifiés par une langue propre, une culture et une vision du monde particulières, nous aborderons les conséquences générées par cette singularité sur le développement du processus de conceptualisation et des apprentissages mathématiques chez ces élèves : une singularité qui s'inscrit somme toute dans une universalité…

III-1 L'école et le handicap

Avant d'aborder les différentes conceptions de l'éducation des enfants « handicapés » tout au long de notre histoire, nous définirons quelques concepts fondamentaux. Ensuite, nous préciserons comment la scolarisation de ces enfants se réalise aujourd'hui et la problématique qui en découle quant à la formation des enseignants.

[48] Scolarisation des élèves handicapés : préparation de la rentrée 2006, CIRCULAIRE N°2006-119 DU 31-7-2006, MEN, DGESCO, B.O. n° 31 du 31 août 2006.

III-1-1 Une définition du handicap

C'est la déficience, la perte ou l'altération d'une fonction anatomique, physiologique ou psychologique qui se trouve à l'origine d'un handicap. Elle peut être mentale, sensorielle, motrice, d'origine générique ou accidentelle. Cette déficience va entraîner une incapacité, le fait de ne pouvoir réaliser telle ou telle chose. Cette incapacité engendre, dans le domaine des rôles sociaux, un ou des désavantages. Autrement dit, elle met la personne en situation d'inéquité ou de handicap. Le handicap est donc la conséquence de l'incapacité et de ses répercussions sur le vécu de la personne, et plus particulièrement sur son rapport aux autres et au monde.

En mai 2001, l'organisation mondiale de la santé (OMS) a adopté une nouvelle approche en publiant la Classification Internationale du Fonctionnement du handicap et de la santé (CIF). Si la notion de *déficience* est maintenue, les termes *incapacité* et *désavantage* sont remplacés par *activité* et *participation*. Dans ce cadre, la définition s'efforce de gommer la focalisation sur le manque. Au lieu que les difficultés rencontrées par les personnes handicapées soient liées à leurs caractéristiques individuelles déficitaires, la nouvelle conception est fondée sur le système constitué de la personne et de son environnement. Le handicap n'est plus centré sur la personne mais il est le produit de l'interaction entre des facteurs d'ordre personnel, le contexte dans lequel vit la personne et la réalité de sa participation aux activités sociales. Doivent alors être identifiés les facteurs environnementaux qui peuvent soit faire obstacle soit faciliter le développement des capacités pour agir en fonction d'eux. La cause des désavantages est attribuée aux défaillances de l'environnement. « Cette conception présente l'intérêt de dépasser la nécessité de la seule compensation mais interroge l'accessibilité de l'environnement » (Louis et Ramond, 2006). Il s'agit là d'une vraie révolution conceptuelle.

Au final**, la loi du 11 février 2005** propose la définition suivante : « constitue un handicap, au sens de la présente loi, toute limitation d'activité ou restriction de participation à la vie en société subie dans son environnement par une personne en raison d'une altération substantielle, durable ou définitive d'une ou plusieurs fonctions physiques, sensorielles, mentales, cognitives ou psychiques, d'un polyhandicap ou d'un trouble de santé invalidant »[49].

La scolarisation des enfants et adolescents handicapés est l'un des principaux enjeux de la nouvelle politique du handicap, définie par la loi du 11 février 2005. Un rapport conjoint de la DEPP[50] et de la DREES[51] souligne : « *Cette loi accorde la priorité à la scolarisation de l'enfant handicapé en milieu ordinaire, c'est-à-dire dans un établissement de l'Éducation nationale* » (DREES, 2007).

[49] Loi n° 2005-102 du 11 février 2005.

[50] Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance (DEPP), Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

[51] Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (DREES), Ministère de l'Emploi, de la Cohésion sociale et du Logement Ministère de la Santé et des Solidarités, mars 2007.

III-1-2 L'évolution de la politique française de scolarisation des enfants handicapés

C'est au début du XXe siècle que sont menées des campagnes pour l'éducation des enfants anormaux. Jusque là ces enfants étaient éduqués au sein de leur famille, par des religieux ou dans des asiles et des hospices. Sous la pression des médecins aliénistes, en 1909, l'état crée des classes spéciales appelées classes de perfectionnement. Jusqu'à la seconde guerre mondiale, ces lieux d'accueil pour instruire les enfants déficients sont très rares. Ensuite, « *les seules initiatives importantes au sein de l'Education Nationale relèvent en réalité de l'avancée de la médecine sur le terrain de l'école… Alors que la pédagogie reste centrale pour l'enfance ordinaire, elle s'efface pour l'enfance inadaptée au profit du thérapeutique* » (Dubreuil, 2001). Entre d'un côté, l'inertie de l'enseignement public, et de l'autre, le développement du système parallèle *médico-éducatif*, l'éducation dite *spéciale* est caractérisée par un faible niveau d'ambition pour ces élèves qui a marqué fort longtemps la culture professionnelle de l'enseignement dans ce domaine. Après 1968, la pédagogie étant remise à l'honneur, des structures de réadaptation sont crées, les GAPP (Groupes d'Aide Psycho Pédagogique) dans le but de permettre à ces enfants de réintégrer le milieu scolaire ordinaire. Cependant, il s'agit toujours d'une logique ségrégative qui reste fortement liée à une approche médicale : chercher à « réparer » les enfants déficients et à les « adapter » à la société.

La loi d'Orientation en faveur des personnes handicapées du 30 juin 1975 marque un tournant décisif dans la conception des politiques sociales à l'égard des personnes handicapées en France. L'ambition de favoriser, « *chaque fois que les aptitudes des personnes handicapées et de leurs familles le permettent, l'accès du mineur et de l'adulte aux institutions ouvertes à l'ensemble de la population et leur maintien dans un cadre ordinaire de travail et de vie* » (article 1 de la loi) ne débouche pourtant pas sur des pratiques différentes tant au niveau social qu'au niveau scolaire. L'accueil des enfants handicapés dans des classes et des établissements spécialisés demeure la règle dominante, d'autant plus que l'ambition intégrative n'est pas assortie de contraintes ni de directives claires pour orienter le changement.

Depuis 1975, de nombreux textes officiels relatifs à l'intégration scolaire ont été promulgués. Des circulaires en 1982 et en 1983 mentionnent plus précisément des stratégies de mises en œuvre de l'intégration scolaire en explicitant les formes qu'elle peut prendre : par exemple, intégration individuelle ou collective, intégration à temps plein ou partiel.

Comme le rappelle J.-P. Garel, l'effet de ces circulaires demeure limité : autour des années 1980, des expériences d'intégration en milieu scolaire ordinaire se développent avec succès, mais, si on considère les données statistiques fournies par J.-F. Ravaud, la proportion d'élèves handicapés intégrés ne progresse pas entre les années 1982-83 et 1989-90. En 1987, la formation des enseignants

spécialisés est modifiée, sanctionnée par le CAPSAIS[52] : elle est orientée vers l'articulation des projets entre tous les partenaires (Garel, 2004). À partir de 1988-89, les décrets du 22 avril 1988 et du 27 octobre 89 relancent la politique d'intégration scolaire. Désormais, il incombe explicitement aux établissements spécialisés de se reconvertir en créant des Services d'éducation spécialisée et de soins à domicile permettant d'assurer, au sein des établissements scolaires ordinaires du premier et du second degré, un suivi de tous les jeunes pouvant bénéficier d'une intégration. En 1990, les GAPP sont remplacés par les RASED (Réseau d'Aide Spécialisés aux Elèves en Difficulté).

Des classes d'intégration scolaire (CLIS) sont crées en 1991 (circulaire du 18 novembre 1991) dans les écoles primaires ordinaires pour concrétiser l'idée d'intégration collective. Ces classes regroupent des enfants atteints d'un handicap physique, sensoriel ou mental, qui ne peuvent être scolarisés de façon permanente dans une classe ordinaire sans que pour autant s'impose leur admission dans un établissement spécialisé. Chaque enfant accueilli en CLIS peut y suivre un enseignement adapté et avoir la possibilité, selon le cas, de suivre le cursus ordinaire, en intégration individuelle, à temps plein ou partiel, tout en bénéficiant d'un soutien spécifique si besoin.

La création des unités pédagogiques d'intégration (UPI), par une circulaire du 17 mai 1995, prolonge cette forme d'intégration collective au niveau des collèges et des lycées pour les jeunes handicapés mentaux.

A partir de 1999, de nouvelles perspectives sont définies grâce à une collaboration entre les services de la Santé et de l'Education Nationale à travers la mise en place de groupes départementaux de coordination Handiscol' (circulaire 99-188 du 19 novembre 1999). Des principes fondamentaux sont réaffirmés : l'intégration scolaire est un moyen de l'intégration sociale, la scolarisation de tous les enfants et adolescents est un droit, et l'accueil dans les établissements scolaires de chacun, sans discrimination, est un devoir. Dans ce cadre, les partenaires impliqués (parents d'enfants et d'adolescents handicapés, collectivités territoriales, financeurs ou gestionnaires de différents dispositifs, professionnels divers) sont amenés « chaque année à établir un rapport sur la scolarisation des jeunes handicapés et à formuler aux services de l'État et aux collectivités territoriales les recommandations pour l'amélioration du dispositif ».

Concernant la scolarisation des élèves handicapés dans les établissements du second degré, la circulaire du 21 février 2001 étend les unités pédagogiques d'intégration à tous les types de handicaps, selon une conception qui fait de ces UPI un dispositif plus orienté qu'auparavant vers une scolarisation en milieu ordinaire. Cette conception, qui incite les UPI à s'ouvrir plus clairement à l'intégration individuelle, est appliquée aux CLIS à travers une circulaire du 30 avril 2002. Pour favoriser l'amplification des intégrations individuelles des élèves handicapés, plusieurs centaines d'emplois

[52] CAPSAIS : Certificat d'Aptitude aux Actions Pédagogiques Spécialisées d'Adaptation et Intégration Scolaire.

d'auxiliaires de vie scolaire (AVS) sont créés à la rentrée 2001, gérés par des associations ou des services de l'État. Plus généralement, en 2002, la politique globale de l'AIS (Adaptation et Intégration Scolaire) dans le premier et le second degré, est désormais de « passer d'une logique des filières » à « une logique de parcours ».

En 2004, le décret du 5 janvier 2004, modifie l'organisation de la formation professionnelle spécialisée des enseignants des 1e et 2e degrés. Il crée deux certificats qui valident ces formations « spécialisées de base ». Le CAPA-SH[53] à l'intention des enseignants du premier degré et le 2CA-SH[54] pour les professeurs du second degré. Notons, que les enseignants du second degré sont ainsi invités à suivre une formation pour la scolarisation des collégiens et lycéens, alors qu'il n'était question de formation, jusque là, que pour les personnels du primaire. C'est dans ce cadre que nous intervenons en tant que formatrice pour les options concernées par les handicaps sensoriels et la déficience motrice grave. Notre travail porte précisément sur la formation des enseignants spécialisés chargés de l'enseignement et de l'aide pédagogique aux élèves sourds ou malentendants à l'école comme au collège ou au lycée.

La loi du 11 février 2005 se fonde sur un principe de non discrimination : l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées. Elle s'organise autour de trois axes principaux :

- garantir aux personnes handicapées le libre choix de leur projet de vie en leur permettant de compenser et surmonter les conséquences de leur handicap
- inclure les personnes handicapées dans la vie sociale en favorisant leur participation à l'organisation de la cité autour du principe d'accessibilité : de l'école mais aussi de l'emploi, des transports, des bâtiments ou encore de la culture et des loisirs.
- placer les personnes handicapées au centre des dispositifs qui les concernent par la création d'une Maison Départementale des Personnes Handicapées (MDPH).

L'application de cette loi et des nombreux décrets qui l'accompagnent, engendre des bouleversements institutionnels importants à tous les niveaux. La personne handicapée n'étant plus seulement considérée en tant qu'individu déficitaire, l'environnement social ou scolaire n'a plus pour seul but de rééduquer la personne afin de réduire son handicap : il est question alors de situation de handicap. Si c'est la situation qui est porteuse de handicap, cela implique en matière d'intégration que la responsabilité n'en reviendra pas uniquement à la charge de la personne handicapée. Ainsi, la société et l'école en particulier se doivent de rendre l'environnement accessible pour réduire la situation de handicap.

[53] CAPA-SH : Certificat d'aptitude professionnelle pour les aides spécialisées, les enseignements adaptés et la scolarisation des élèves en situation de handicap.
[54] 2CA-SH : Certificat complémentaire pour les enseignements adaptés et la scolarisation des élèves en situation de handicap.

III-1-3 Un état des lieux sur la scolarisation des enfants et adolescents en situation de handicap

En Europe, la nouvelle définition du handicap proposée par l'organisation mondiale de la santé (OMS), appelée CIF, en 2001, a été diversement interprétée selon les pays. Dans les états membres de l'Union Européenne, l'appréciation de l'éducation spécialisée et les pratiques d'intégration des élèves en situation de handicap varient fortement d'un pays à l'autre. Le rapport de la DREES estime le pourcentage d'enfants handicapés à 2 % de la population totale des enfants en âge scolaire, dont un quart est scolarisé dans une école ordinaire. Selon les pays, d'après ce rapport, entre 1% et 10% d'élèves sont enregistrés comme ayant des besoins éducatifs spécifiques. Il relève que :

> *« Les différences notables dans les procédures d'évaluation des besoins, l'organisation et le financement des structures d'enseignement spécial expliquent en partie cette grande diversité. Trois approches sont distinguées :*
>
> *- les pays à option unique qui se sont engagés pour l'intégration de presque tous les élèves dans l'enseignement ordinaire, avec cependant de nombreux services spécialisés concentrés dans les écoles ordinaires et répondant aux différents besoins spécifiques (Suède, Norvège, Espagne, Grèce, Italie, Portugal) ;*
>
> *- les pays à deux niveaux d'enseignement (ordinaire et spécialisé), régis souvent par des législations différentes (Allemagne, Belgique, Pays-Bas) ;*
>
> *– et enfin, les pays à approche multiple, comme la France, qui ont développé des formules intermédiaires : classes spéciales à temps plein ou complet, coopération entre écoles ordinaires et spécialisées (Angleterre, Autriche, Finlande, Danemark »* (DREES, 2007).

En France

L'esprit de la loi de 2005 implique des incidences importantes sur le code de l'éducation : tout enfant et tout adolescent présentant un handicap ou un trouble invalidant de la santé est inscrit dans l'école ou l'établissement le plus proche de son domicile. Le devoir de scolarisation de tous les enfants signifie reconnaître le fait qu'un enfant, même handicapé, a le droit d'aller à l'école et celle-ci a l'obligation de l'accueillir et de s'adapter à ses besoins pour qu'il puisse devenir un élève, vivant comme les autres le métier d'écolier, de collégien ou de lycéen.

Au niveau de l'application de la loi de 2005, le rapport DREES/DEEP effectué en mars 2007, dresse un bilan quantitatif de l'année scolaire 2005-2006 : « *235 400 enfants et adolescents en situation de handicap ont été scolarisés en France. Les structures de l'Éducation nationale ont accueilli 151500 d'entre eux »*. Parmi ces derniers, 69 % étaient scolarisés dans des classes ordinaires ou dans des classes adaptées en scolarisation individuelle. Les autres (31 %) étaient scolarisés dans des classes type CLIS ou UPI en scolarisation collective. « *Quand la scolarisation par l'Éducation nationale n'est pas possible, les établissements médico-éducatifs et hospitaliers (sous tutelle du ministère chargé de la Santé et des Solidarités) offrent une prise en charge globale. En 2005-2006, 76 300 enfants ont été*

scolarisés via l'une de ces structures, dont 92 % dans des établissements médico-éducatifs et 8 % en milieu hospitalier ». Enfin, l'enseignement supérieur aurait accueilli 7 600 étudiants handicapés.

Dans le domaine de l'éducation, l'objectif fixé par la loi n'est donc pas encore atteint. Certains obstacles peuvent expliquer la fragilité du processus au niveau de la mise en oeuvre pratique des prescriptions officielles. Outre les aménagements matériels, architecturaux et autres, l'environnement scolaire recouvre deux réalités différentes : l'accessibilité scolaire et l'accessibilité pédagogique. L'une comme l'autre ne donnent pas encore pleinement satisfaction.

L'accessibilité scolaire et l'accessibilité pédagogique

L'accessibilité scolaire concerne les procédures et les dispositifs, plus ou moins facilitants et adaptés, qui permettent l'accueil des enfants et adolescents en situation de handicap dans le système scolaire. L'accessibilité pédagogique renvoie aux pratiques et savoirs professionnels développés par les enseignants pour réduire la situation de handicap au sein de la classe dans l'accès aux savoirs disciplinaires. C'est pour répondre à ces exigences que le secteur des enseignements adaptés a été mis en place ainsi que le développement des CLIS et UPI en tant que structures d'intégration collectives ouvertes. Ces dispositifs permettent, dans le meilleur des cas, d'éviter, et l'intégration individuelle totale qui isole l'élève en situation de handicap dans une classe ordinaire, et le regroupement systématique des élèves dans des classes spécialisées. Par exemple, les enfants sourds sont inscrits dans une classe ordinaire de référence et ne sont regroupés qu'en fonction de leurs besoins spécifiques afin de bénéficier d'adaptations au cas par cas leur permettant de poursuivre leur scolarité en classe ordinaire sans rupture. Nous verrons, toujours en ce qui concerne les élèves sourds, que suivant leur mode de communication, l'intégration individuelle est une pratique qui est très fréquente, malgré les difficultés qu'elle engendre encore pour nombre d'entre eux. C'est dans ce contexte institutionnel que s'inscrit notre étude.

En résumé, la problématique de la scolarisation de tous les enfants est double. S'agit-il d'« incorporer » les enfants en situation de handicap et cela est-il possible et souhaitable ? Mais d'un autre côté, les enseignants et les enfants ordinaires doivent aussi « intégrer » à leur groupe, à leur culture de classe ces enfants différents. De part et d'autre, des adaptations et des moyens pour les faciliter sont nécessaires. La scolarisation d'un enfant sourd en milieu ordinaire pose-t-elle les mêmes questions ? Quelle est sa spécificité ? Nous essaierons de répondre dans la section suivante.

L'analyse des difficultés à améliorer l'accessibilité scolaire ne faisant pas directement partie de notre étude, nous nous pencherons plus particulièrement sur les conditions d'amélioration de l'accessibilité pédagogique.

III-2 Les enjeux de la loi de 2005 pour la formation des enseignants

L'école se doit donc, de répondre à la demande des familles et scolariser les enfants en privilégiant, autant que faire se peut, leur intégration en classe ordinaire avec l'élaboration d'un « projet personnalisé de scolarisation ». De ce fait, tout enseignant est appelé à être confronté à la problématique de l'accueil et de l'enseignement à un ou des élèves à besoins éducatifs particuliers dont le handicap fait partie : soit dans le cadre d'un dispositif d'intégration collective, CLIS ou UPI, soit de manière plus individuelle. Le législateur place donc les enseignants dans une posture professionnelle nouvelle. Cette perspective a de quoi effrayer certains ! « Notre crainte aujourd'hui, il faut le reconnaître, c'est que dans un premier temps, l'application de la loi soit contre-productive en installant sur le terrain, en rebond, des formes de rejet … » (P. F. Gachet, 2006)[55] .

III-2-1 Les difficultés pour un enseignant d'opérationnaliser l'accessibilité pédagogique

Il est indispensable, pour mener à bien la scolarisation de l'élève en situation de handicap au sein du système scolaire général, que les enseignants puissent dépasser certaines représentations : « *ça freine les autres enfants dans leur progression* » ou « *les parents se bercent d'illusions ; il est dans ma classe mais il n'a pas du tout le niveau !* ». Or, la peur que peut représenter la rencontre des enseignants avec le handicap est à prendre en considération. Les transformations identitaires de l'école, de l'élève et du professeur engendrées par cette scolarisation de tous les élèves nécessitent un fort accompagnement. Nous analysons les difficultés exprimées par les enseignants qui nous semblent essentielles et qui constituent autant d'obstacles qu'une formation adéquate aura à surmonter.

III-2-1-1 Changer ses repères par rapport à la norme

L'enfant « handicapé » fait peur et implique une réaction d'inquiétude face à l'étranger. L'irruption de la différence, de l'altérité, bouscule la maîtrise relative qu'un enseignant croit avoir et la sécurité qui lui est assortie. La confiance pédagogique, créée au travers des tâches habituelles, se trouve remise en cause avec la problématique toujours individuelle et unique de l'enfant handicapé. La gestion des actions pédagogiques est déstabilisée par l'inconnu que représente cette situation.

Comment anticiper, prévoir et organiser son enseignement en fonction d'un élève qui ne parle pas comme les autres, ou qui peut avoir un niveau correspondant à l'étiquette de la classe dans une discipline et pas du tout dans une autre, ou encore qui a besoin d'utiliser un ordinateur pour travailler ? Comment organiser la classe pour que des élèves évoluent à leur propre rythme, et non plus en fonction d'un groupe ou d'un échéancier ? L'enseignant perd ses repères et doit faire le deuil d'un cadre sécurisant, le deuil de certitudes et de routines efficaces jusque là, le deuil du « bon élève », le deuil de l'uniformité des pratiques pédagogiques.

[55] Pierre-François Gachet, Chef du bureau « Adaptation scolaire et scolarisation des élèves handicapés » à la Direction générale des enseignements scolaires, discours d'ouverture au colloque inaugural de l'INS HEA à Suresnes, 20 et 21 octobre 2006.

III-2-1-2 Changer ses représentations sur les élèves

Souvent, les déficiences de l'enfant « handicapé » renvoient l'adulte à ses propres angoisses, à la peur de découvrir la personne cachée derrière le professionnel. Pourquoi cet élève dérange ? En quoi perturbe-t-il ? Quels doutes éveille-t-il ? Quels sentiments d'incompétences réveille-t-il ? Autant de questions déstabilisantes qui conduisent à repenser l'image de l'élève. Scolariser un enfant « handicapé » c'est le découvrir dans ce qu'il est autre, celui pour lequel on n'a pas de référence ni de modèle. Ce n'est pas le considérer comme celui à qui il manque la vue, la marche ou l'audition, ce n'est pas nier non plus sa déficience et le vouloir « comme les autres ». C'est le regarder comme un élève avec ses différences, ses potentialités, ses richesses, ses projets tout en tenant compte de ses « contraintes » de fonctionnement : voilà ses besoins spécifiques. Mais accepter la différence c'est aussi reconnaître à l'élève le droit à la ressemblance, auprès et avec ses pairs. C'est la prise en compte de cette double exigence qui permet une accessibilité scolaire réussie.

III-2-1-3 Changer son rapport au savoir

Le rapport au savoir lui-même est changé. L'enseignant est obligé de se référer aux contenus des programmes officiels mais en gardant à l'esprit que les contenus et les démarches doivent revus pour être adaptés. Ce qui est demandé alors au professeur, n'est pas de prendre un manuel ou un fichier, de le suivre et de « boucler son programme ». Bien plus difficile, il lui est demandé de réorganiser les savoirs par rapport aux programmes, dans une démarche autonome. Plus encore, ce n'est plus uniquement une transmission des savoirs que l'institution attend de lui mais un véritable accompagnement de l'enfant ou de l'adolescent dans son éducation, où l'accès aux savoirs représente une composante essentielle du développement de l'individu et du citoyen. La représentation que l'enseignant a de son rôle est donc obligée d'évoluer : l'enseignant ne sera plus celui qui « sait » et qui « enseigne son contenu disciplinaire » mais celui qui compose un cadre innovant pour s'adapter à l'élève et à ses besoins spécifiques. S'adapter, c'est-à-dire accepter de modifier ses représentations, ses croyances, ses pratiques, s'ouvrir à d'autres perspectives.

III-2-1-4 Changer ses démarches pédagogiques

Comme le remarquent Louis et Ramond (*op. cit*., 2006), la scolarisation doit dépasser la confusion entre l'égalité et l'équité : l'égalité est un principe alors que l'équité se situe dans les faits. Assurer le principe d'égalité garantit les mêmes chances de réussite scolaire à l'élève « handicapé » qu'aux autres. Pour autant, cela ne signifie pas lui donner les mêmes tâches à effectuer, ni viser les mêmes objectifs dans le même temps avec les mêmes aides. Il ne s'agit pas non plus de le stigmatiser aux yeux de ses pairs. L'équilibre entre aider et marginaliser est difficile à réaliser. L'équité n'entre pas en cohérence avec une conception égalitaire des pratiques de l'école à la recherche d'une homogénéité perdue (ou impossible). Reconnaître la singularité de l'enfant en situation de handicap, c'est

nécessairement s'engager dans une pédagogie différenciée. Nous constatons que la question du niveau scolaire est récurrente dans les difficultés évoquées par les enseignants qui accueillent des élèves en situation de handicap, surtout dans le second degré avec la présence contraignante des examens. H. Benoit insiste, « la référence au niveau scolaire constitue un verrou à l'intégration scolaire. L'approche sommative par le niveau scolaire est en contradiction avec le principe d'accessibilité (…) » (Benoit, 2003, p.41). Aménager les processus d'évaluation en modulant en fonction des besoins des élèves, le temps, les aides, les supports, les tâches, les exigences, participe des fondements mêmes de la reconnaissance des différences et des besoins spécifiques des élèves, mais représente autant de contraintes difficiles à orchestrer pour les enseignants sur le terrain.

III-2-1-5 Changer ses relations avec les autres professionnels

Pour traiter les situations particulières de ces élèves et les accompagner au plus près leurs besoins, la mise en œuvre de la scolarisation des enfants en situation de handicap mobilise de nombreux partenaires : les parents, les établissements scolaires, sanitaires et médico-sociaux. Or, on ne conçoit pas la scolarisation de la même manière selon qu'on est parent, enseignant, médecin ou orthophoniste. L'enseignant se retrouve donc engagé dans un travail en équipe qui selon les cas se compose : des personnels du service de soins, de l'enseignant spécialisé, de l'auxiliaire de vie scolaire, de l'interprète, du codeur. Il a pour mission de co-piloter un projet personnalisé pour l'élève, entraînant des échanges réguliers avec l'élève, les parents, les autres professionnels. Ce fonctionnement n'est pas habituel chez les enseignants, habitués à être seuls maîtres à bord dans leur classe, avec leur « liberté pédagogique » et leur éthique personnelle dont ils ne rendent compte généralement qu'à leur supérieur hiérarchique. Une formation de type « traditionnel » accepte des enseignants « individualistes » alors qu'une pédagogie différenciée nécessite que les enseignants travaillent en équipe avec d'autres partenaires et en réseau.

III-2-1-6 Changer d'identité professionnelle

La prise de conscience progressive chez les enseignants de l'impossibilité de fonctionner « comme avant » provoque une bascule identitaire et professionnelle. Non seulement, l'enseignant doit développer des compétences plus solides au niveau pédagogique et plus pointues au niveau didactique mais de nouvelles postures sont nécessaires, fondées non plus sur des attendus mais sur des possibles : pour accepter de ne pas toujours savoir comment négocier les adaptations individuelles et les contraintes de la vie d'une classe, de ne pas toujours comprendre le fonctionnement singulier de l'élève, de ne pas réussir à naviguer entre les exigences inhérentes au processus d'apprentissage et une attitude tolérante envers l'enfant handicapé. La professionnalisation exige de la part des enseignants d'accepter que cette scolarisation, malgré les difficultés qu'elle engendre inévitablement, soit une chance d'évolution pour l'élève handicapé ainsi que pour ses pairs.

Ainsi, pour certains enseignants, la perte de repères, l'abandon de leur fonction, de leur statut, un vécu quotidien complexe peuvent expliquer la mise en place de défenses et quelquefois d'un rejet. Pour que l'école assume ses nouvelles missions, elle doit s'ouvrir à une culture nouvelle dans un système où les finalités sélectives et normalisatrices sont encore bien présentes. C'est en ce sens que la scolarisation de l'enfant en situation de handicap interroge les modalités de formation et d'accompagnement dans le métier et donc peut jouer le rôle de « levier » dans notre système d'enseignant en général.

III-2-2 La nécessité de repenser la formation des enseignants

Il existe donc un enjeu fort au niveau de l'information et la formation des enseignants. La demande institutionnelle à ce niveau s'oriente vers une logique de massification : « ce que nous souhaitons, c'est qu'il n'y ait plus de formation continue organisée sur le territoire national, quel que soit l'opérateur de formation, quel que soit le public ciblé et quel que soit le champ disciplinaire, sans que cette opération de formation intègre à titre transversal la dimension du handicap » (Gachet, *ibid*.).

D'où un véritable défi pour le système éducatif, et en particulier pour les formateurs dont je fais partie. Il n'y a plus d'un côté l'enseignement ordinaire et de l'autre l'enseignement spécialisé : nous devons concevoir une ingénierie de formation qui permette à chaque enseignant, de s'adresser à tous leurs élèves, quelle que soit leur situation, avec des besoins particuliers, « handicapés » ou non. L'optique actuelle nous invite à penser *enseignement adapté*.

Repenser la fonction enseignante implique alors nécessairement de repenser tous les contenus de formation, mais aussi les dispositifs en direction des enseignants et des formateurs de formateurs, tout comme l'accompagnement dans le métier. Les IUFM ont été amenés à concevoir en conséquence le dispositif de la formation initiale[56] ; des informations sont fournies, a minima, à chaque enseignant pour qu'il puisse accueillir des enfants en situation de handicap. Cependant, pour le nombre important d'enseignants qui sont déjà en poste, ce sont les enseignants en cours de formation qui auront la charge de les accompagner dans ces nouvelles missions. Ainsi, non seulement nos formations de spécialisation doivent développer chez les stagiaires des compétences pour enseigner à des élèves à besoins particuliers mais aussi des compétences de futurs formateurs, de concepteurs et d'innovateurs qu'ils deviennent des personnes ressources pour leurs collègues. Par voie de conséquence, la loi de 2005 place les formateurs devant la nécessaire évolution de leur posture professionnelle.

[56] Nous rappelons les éléments qui ont trait à la scolarisation des enfants handicapés : « *La loi du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées implique que chaque professeur, au sortir de la formation, dispose d'un bagage minimal lui permettant de prendre en charge les élèves en situation de handicap » (*Mise en œuvre du cahier des charges de la formation des maîtres, C. n° 2007-045 du 23-2-2007, BO n°9 du 1e mars 2007).

III-3 La scolarisation des enfants et adolescents sourds

La surdité de l'enfant n'est pas exceptionnelle puisque chaque année près de huit cents bébés naissent sourds c'est-à-dire un à trois sur mille (INPES[57], 2005). Nous proposons quelques repères relatifs aux caractéristiques de la surdité et à leurs conséquences sur les apprentissages mathématiques. Cet écrit s'adressant à différents spécialistes, il n'est pas dans notre projet d'être exhaustive sur la question de la surdité, mais d'essayer de donner juste quelques clefs de lecture pour aider à mieux saisir la problématique de leur scolarisation et celle de la formation en mathématiques de leurs enseignants. Des renvois vers d'autres ouvrages plus documentés ou vers des annexes permettront d'y trouver des compléments d'information.

Nous définirons d'abord ce que sont les surdités de l'enfant et comment elles influent sur l'acquisition de différents modes de communication. Nous présenterons ensuite un historique de l'éducation des enfants sourds et malentendants, puis nous dégagerons les questions que pose la scolarisation des enfants sourds telle que la prescrit la loi de 2005.

III-3-1 L'audition d'un enfant sourd

Un premier problème majeur pour aborder la question de la surdité, est que cela ne peut pas être fait en termes généraux. Différents types de surdité existent, de la surdité totale soit de l'impossibilité d'entendre quelque bruit que ce soit, à la surdité légère avec possibilité d'entendre la voix pour peu que celle-ci soit forte (voir annexe 1, p. 3), avec ou sans possibilité d'appareillage (voir annexe 2, p. 4) pour améliorer l'audition (et l'éventuel refus de l'enfant de porter ces appareils), avec un début précoce de la surdité (dès la naissance) ou apparition plus tardive (après avoir déjà entendu, voire acquis, quelques mots de la langue orale), surdité d'origine héréditaire ou non, etc. Il est alors impossible de parler de surdité en général : il s'agit plutôt de parler en termes très restreints d'une certaine catégorie d'enfants sourds ou malentendants, avec une surdité de perception ou de transmission.

Un appareil de correction auditive traite les sons environnants pour qu'ils soient mieux perçus mais « une prothèse auditive ne restitue jamais une audition normale : elle permet à l'enfant d'entendre certaines informations sonores et de contrôler sa voix de façon plus ou moins efficace en fonction de sa surdité » (INPES, 2005). Chez les enfants, l'appareillage choisi est généralement le contour d'oreilles. Si la cochlée est trop altérée, l'amplification des sons est inefficace ; on peut alors proposer un implant cochléaire qui nécessite, lui, une intervention chirurgicale. Mais, cette réparation ne rétablit pas non plus une audition normale. De plus en plus d'enfants sourds profonds sont, à ce jour, implantés. D'après le corps médical, la période la plus favorable pour implanter un enfant se situe avant trois ans car cette aide auditive nécessite un temps d'adaptation et de rééducation auditive

[57] INPES : Institut National de Prévention et d'Education à la Santé

relativement important ; la décision d'implanter alors un si jeune enfant peut être délicate. Cette pratique est source de nombreux débats également au sein de la communauté Sourde. Un consensus existe par contre sur la nécessité d'avoir conscience que l'implant ne transforme pas un enfant sourd en un enfant entendant. Or, beaucoup de médecins et de familles ne comprennent pas que les sourds ne veulent pas tous devenir entendants (Laborit, 1994).

La surdité a toujours des conséquences sur la qualité du langage oral et les difficultés seront d'autant plus importantes que la surdité est profonde et précoce. Dans ce dernier cas, l'enfant ne peut acquérir spontanément un langage vocal. En cas de surdité moyenne, cette acquisition sera limitée. Mais l'importance de ces difficultés dépend aussi de ses expériences communicatives et de l'éducation qu'il reçoit. En effet, la communication ne se limite pas au langage oral et les parents peuvent choisir de développer chez leur enfant d'autres modes de communication.

III-3-2 La communication

Les enfants sourds sont à 95% nés de parents entendants donc sans langue maternelle. Ils n'ont effectivement pas accès à la langue de leurs parents puisqu'ils ne peuvent pas recevoir auditivement les messages oraux émis par ceux-ci. Ils seront alors dans l'impossibilité de produire eux-mêmes des sons et donc d'acquérir par échanges et imprégnation la langue de leurs parents. D'où leurs difficultés de communication et de première compréhension du monde qui les entoure : ils vont « recevoir » les informations à l'état brut et devoir interpréter les actions sur le réel sans aucune explication relative à leurs causes ou à leurs effets.

Il arrive que certains parents soient tentés de croire que « *ça ne sert à rien de s'adresser à lui ou de lui parler, puisqu'il est sourd* », comportement qui risque de faire perdre chez l'enfant le désir de communiquer. C'est le rôle de l'éducation précoce que d'accompagner les parents dans cette entreprise. Les équipes spécialisées les aident à trouver d'autres moyens de communication que le langage : ils apprennent aux parents à stimuler l'envie de communiquer de leur enfant par le biais de ses capacités tactile, visuelle, gestuelle et à utiliser au mieux ses restes auditifs. Ils apprennent à l'enfant à exploiter les informations données par tous ses sens pour observer et comprendre les événements du monde qui l'entoure, par exemple en mettant en place une éducation visuelle et une rééducation auditive. Les parents doivent choisir pour leur enfant l'apprentissage d'une langue qui ne sera pas maternelle mais première ; c'est-à-dire qui jouera le rôle à la fois de vecteur de communication pour comprendre et expliquer le monde et à la fois de métalangage.

III-3-2-1 La communication orale

Pour un enfant sourd, l'acquisition de la communication orale ne peut pas se faire par imprégnation des paroles et nécessite des moyens particuliers. Pour améliorer la réception de la parole l'enfant sourd doit bénéficier d'une éducation adaptée qui lui permet, non seulement d'utiliser au mieux le gain que

peut lui procurer son appareillage, mais d'exploiter ses compétences visuelles pour apprendre à lire sur les lèvres. Cependant, la lecture labiale permet au sourd de comprendre un interlocuteur oralisant, mais ne lui permet pas de percevoir l'intégralité du message. Cet accès est généralement très difficile : il demande des conditions favorables pas toujours possibles dans une situation de communication spontanée ou des échanges pluriels (être situé en face du locuteur, ne pas être parasité par d'autres stimuli visuels ou sonores…). Il requiert des capacités hors normes et/ou un entraînement coûteux : en effet, seulement environ 30% du message peut être compris par un très bon lecteur labial, ce qui implique des capacités d'inférence et de suppléance mentale très importantes de la part des interlocuteurs sourds. Non seulement les échanges de ce type donnent souvent lieu à des malentendus, mais la prise d'informations par le biais de la lecture labiale exige une grande concentration face à des interlocuteurs qui parlent vite ou bougent tout le temps. De fait, elle s'avère être une pratique très fatigante.

En ce qui concerne un enfant en situation d'apprentissage, cet effort cognitivement épuisant, non seulement se fait au détriment de la compréhension du contenu des connaissances transmises (la concentration se fait plus sur la forme que sur le fond) mais de plus, la suppléance mentale consiste principalement à anticiper, d'après le contexte, sur le sens de ce qui va être dit ; ce qui est un non-sens en situation d'apprentissage car, par définition, apprendre c'est ne pas encore savoir. En situation d'échanges collectifs comme dans une classe, la proportion de messages perçus par lecture labiale se réduit à environ 10%.

Au niveau de la production, une prise en charge orthophonique très longue et régulière est absolument nécessaire pour que l'enfant apprenne à « s'entendre parler ». Ces temps de rééducation représentent une lourde charge pour les enfants : en empiétant sur leur temps de découverte du monde et de jeu, il arrive que certains enfants supportent mal cette prise en charge, entraînant même, au moment de l'adolescence, un rejet total.

La langue française écrite

L'accès difficile aux messages oraux implique des incidences au niveau de l'apprentissage de la langue écrite. Pour aider l'enfant sourd à comprendre les messages, tous les supports visuels, gestuels et corporels sont nécessaires. Cependant, pour les élèves sourds profonds ou sévères, qui ne bénéficient que d'un enseignement exclusivement audio-oral, les possibilités de suivre un enseignement supérieur (ou même secondaire, si l'environnement scolaire n'est pas adapté) sont souvent limitées de par, principalement, des difficultés d'expression et de réception de la parole, une insuffisance de vocabulaire en langue française et une mauvaise maîtrise grammaticale.

Une aide à la communication : la langue française parlée complétée

La transmission orale (vocale) seule n'offre pas un confort satisfaisant. La langue française orale, comporte un grand nombre de sosies labiaux : par exemple, certains sons se ressemblent énormément sur les lèvres comme *baba*, *papa* et *mama* ou des phonèmes sont invisibles sur les lèvres comme le /r/ et le /k/. Ces sons difficiles à percevoir constituent des sources de confusion. En lui associant un code visuel, la langue française parlée complétée LFPC ou code LPC, la réception du message est améliorée (voir annexe 3, p.5). La LFPC est un complément à la lecture labiale et représente ainsi un moyen pour les sourds, et notamment les enfants sourds, de recevoir la langue française par la vue. Nous soulignons néanmoins que la LFPC suppose une connaissance préalable de la langue française et ne facilite pas toujours l'acquisition des concepts, contrairement à l'apprentissage précoce d'une langue première comme la langue des signes.

III-3-2-2 La langue des signes française

Certaines familles choisissent de faire accéder leurs enfants à une langue plus confortable pour eux. L'apprentissage de la Langue des signes française, langue visuo-gestuelle, leur permet de communiquer avec aisance et rapidité, entre eux ou avec leurs parents qui choisissent de l'apprendre aussi. De plus, ces enfants qui apprennent une « vraie » langue, en comprennent son fonctionnement, avec sa structure et sa grammaire et pourront plus facilement transférer les caractéristiques d'une langue dans l'apprentissage d'une langue seconde comme la langue française. Cependant, en général l'apprentissage de la LSF étant difficile pour des adultes entendants, peu de parents, parmi ceux qui choisissent de le faire, réussissent à la maîtriser dès le plus jeune âge de leur enfant : l'apprentissage d'une langue structurée se fait donc, en général, plus tardivement pour des enfants sourds que pour des enfants entendants et l'école doit le prendre en charge.

La LSF, une langue basée sur l'iconicité

Les langues des signes sont des langues visuelles et gestuelles, et non sonores comme les autres langues (annexe 4, p.6). Si elles emploient des signes, ce ne sont pas des pantomimes : elles ont une grammaire élaborée qui leur est propre. Elles possèdent une pleine capacité d'expression et d'abstraction et sont donc tout à fait aptes à véhiculer les savoirs de l'enseignement.

Des travaux de linguistes, comme ceux de C. Cuxac en France (1993, 2003, 2005), ont largement contribué à faire émerger et reconnaître la richesse et la complexité de leur structure (voir annexe 4, p. 6). La LSF est une langue d'une autre nature que la langue française puisque c'est une langue qui requiert nécessairement la présence des interlocuteurs. De plus, elle est constituée de structures iconiques qui permettent d'émettre simultanément des informations en intégrant la possibilité de dire en montrant (annexe 6, p. 8). Enfin, une autre de ses caractéristiques concerne le positionnement du locuteur qui doit souvent jouer les rôles de plusieurs personnes pour décrire situations et actions et se

trouve ainsi amené à changer de point de vue. Elle est considérée comme langue naturelle des Sourds, mais pour une grande partie des élèves sourds, issus de familles entendantes qui ne pratiquent pas la LSF, on parlera plutôt de langue première.

« Le principe de base des langues des signes consiste à extraire un caractère visuel pertinent d'une image, pouvant être celle d'un objet, d'une personne, d'une action, d'un symbole, ou d'une métaphore... » (Bertin, 2000). Les langues des signes créent des pictogrammes et des idéogrammes qui deviendront des éléments linguistiques. Les signes sont basés sur l'utilisation des mains, du regard et de l'espace : les configurations des mains, leur emplacement, leur orientation et leur mouvement. La grammaire de la langue des signes française (LSF) est « en 3 dimensions », c'est-à-dire qu'il est possible d'exprimer plusieurs idées simultanément, ce qui la différencie de la grammaire française linéaire (voir annexe 4, p.9). Par exemple :

- le locuteur de la langue française s'exprime de façon linéaire : il va dire « Hier je me suis super bien amusé à la fête… » en mettant les mots dans cet ordre ;
- le locuteur de la langue des signes française s'exprime de façon spatiale et spontanée, en plaçant « hier » sur la ligne du temps et signer le mot « la fête » et qu'il s'est « super bien amusé », en utilisant des signes standards mais aussi des expressions du visages et en accentuant l'amplitude des mouvements, pour souligner le côté superlatif.

Le lexique de la langue des signes est toujours en perpétuelle évolution et s'enrichit en permanence : c'est le propre des langues vivantes, mais en raison de son histoire tourmentée, c'est une preuve supplémentaire de sa vigueur. En effet, au fur et à mesure que le monde des sourds découvre et accède à des milieux spécialisés (milieu étudiant ou professionnel), le besoin de créer de nouveaux signes pour nommer des concepts jusqu'alors inconnus dans cette langue se fait davantage sentir. Nous faisons nous-même partie d'un groupe de travail, qui réunit des professionnels et des personnes sourdes, dont le but est de rassembler les codes ou signes utilisés dans les établissements scolaires, par les enseignants de LSF ou les interprètes, dans des domaines spécifiques : nous sommes investie dans ce travail au niveau des mathématiques. Ces signes récoltés sont classés et réunis sur un site en cours de construction avec le concours de l'université Paris VIII.

Enfin, parce que les structures de la langue française et de la LSF sont complètement différentes, le passage de la LSF au français écrit pour les élèves signeurs, présente des obstacles spécifiques, qui, pour être surmontés, nécessitent de la part des enseignants des connaissances approfondies des deux langues. Nous verrons dans le paragraphe suivant, la place de la LSF dans l'enseignement aux élèves sourds.

III-3-2-3 Le français signé

La LSF est une langue qui permet une communication aisée entre sourds. Cependant, entre personnes sourdes et entendantes, le handicap de la communication est partagé : face à une personne qui s'exprime en LSF, bien des entendants sont « handicapés » par la méconnaissance de cette langue. La LSF est une langue complexe et son apprentissage par une personne entendante est difficile. Par exemple, avant d'atteindre un niveau de maîtrise suffisant, les enseignants spécialisés qui scolarisent des élèves sourds, sont souvent amenés à utiliser conjointement des signes issus du lexique de la LSF et la parole, tout en conservant la syntaxe de la langue française. Il s'agit alors d'une pratique de communication, non d'un mode de communication appelé le « français signé », qui ne constitue ni du français ni de la langue des signes. Cette pratique n'est pas codifiée et est très aléatoire : plusieurs degrés de français signé sont possibles allant d'une expression bimodale satisfaisante (mais jamais complète) à une expression ponctuée de signes. Le discours est érodé dans les deux langues, même en cas de parfaite maîtrise, il est cognitivement impossible d'utiliser simultanément ces deux langues.

III-3-3 L'éducation des enfants sourds

Dans l'ensemble, on distingue deux grandes orientations pédagogiques (voire conceptions philosophiques..) dans l'éducation des sourds :

- L**'éducation bilingue** français/LSF, qui consiste en l'apprentissage de la LSF et de la langue française, dans sa forme orale, lorsque cela est possible, et dans sa forme écrite. L'objectif visé est de permettre à l'enfant sourd d'accéder à la langue nationale et à la culture majoritaire de son pays tout en faisant de la langue des signes sa langue première ou maternelle, en lui permettant de développer une identité propre, liée à la communauté Sourde et à la culture Sourde.

- L'**éducation orale,** qui consiste à donner à l'enfant sourd la langue et la culture majoritaire de la société française, généralement partagée par ses parents entendants, et donc à lui permettre de s'exprimer à l'oral, avec ou sans l'aide de mode communication d'appoint comme la LFPC. Elle permet à l'enfant sourd qui peut évoluer dans un milieu entendant de s'intégrer dans la société, selon les normes de la culture majoritaire. Cette approche semble avoir davantage de pertinence pour les personnes sourdes qui possèdent un reste auditif, les malentendants, ou les personnes devenues sourdes qui ont déjà acquis la langue orale comme langue maternelle.

Pour les personnes qui vivent avec une surdité profonde, la langue des signes reste prioritaire pour évoluer et s'intégrer dans la société.

Toutefois, il est important de préciser que ces deux méthodes d'éducation ne sont pas forcément contradictoires, même si elles sont l'objet de conflits et de discussions interminables depuis de nombreuses années. La loi de février 2005, en reconnaissant la langue des signes comme une langue à

part entière et en engageant l'école à répondre positivement à tout choix de modes de communication effectué par les parents, quel qu'il soit, devraient impliquer une autre appréhension de l'individu sourd. Nous verrons cependant en quoi l'application de la loi dans le champ de l'éducation pose des questions pratiques difficiles à résoudre.

III-3-3-1 Une histoire de l'éducation des sourds en France

Dans l'Antiquité, les personnes sourdes sont souvent considérées comme des esclaves et rejetées. Au moyen-âge, on les croit encore dépourvues d'intelligence et ne leur sont confiées que des tâches manuelles, mais « la vie des sourds avant la Renaissance nous reste largement méconnue » (Bertin, 2000). Dans son *Traité de la peinture*, Léonard de Vinci écrit que « ceux là seraient bien enseignés qui imiteraient les mouvements des muets qui parlent avec des mains et des yeux et des sourcils et de toute personne, dans leur volonté d'exprimer le concept de leur âme ». Montaigne dit que « nos muets discutent, argumentent, et content des histoire par signes ».

Les premières traces officielles de l'instruction des personnes sourdes apparaissent à la cour d'Espagne au XVIème siècle et sont le fait de précepteurs qui ont pour nom Pedro Ponce de Leon, Jérôme Cardan, Ramirez Carion ou encore Juan Pablo Bonet. Ce sont surtout des rééducateurs et leur objectif est de montrer qu'on peut faire parler les sourds (*ibid*.). Puis, c'est l'Europe entière qui s'intéresse et se passionne pour le sujet. L'objectif était bien de faire parler les sourds, notamment à cause du lien établi entre pensée et parole : qui ne parle pas ne peut penser ; opinion héritée d'Aristote, et qui se fait toujours sentir[58].

Le XVIIIe siècle voit la véritable « révolution » en matière d'éducation des sourds avec, vers 1760, la personne de Charles-Michel de l'Epée. L'abbé de L'Epée créa un institut à Paris, permettant aux sourds pour la première fois, d'être rassemblés et de communiquer entre eux par le geste. « Le grand mérite de l'abbé de l'épée au XVIIIe siècle a permis que les personnes sourdes soient reconnues à la fois comme singulières et susceptibles d'instruction » (Dubreuil, 2001, p. 12). Cette ouverture est permise par Diderot. Au tournant des 18e et 19e siècles, le regard porté par la société aux « infirmes » change. Ils deviennent potentiellement éducables et cette évolution peut-être caractérisée par la *Lettre sur les aveugles à l'usage de ceux qui voient* (1749). Diderot y affirme la parfaite égalité des facultés intellectuelles chez les voyants comme chez les aveugles ; affirmation qui repose aussi sur la théorie des connaissances développée par Condillac précédemment (*l'Essai sur l'origine des connaissances humaines* et plus tard le *Traité des sensations* en 1754*)*, mais aussi en s'appuyant sur la mathématicien Saunderson et l'aveugle de Puiseaux. Quelques années après, mettant en scène Mélanie de Salignac, Diderot démontre la possibilité pour une personne à qui il manque un sens d'accéder aux

[58] « Il n'est rien dans l'intellect qui ne viennent d'abord des sens », Aristote, *De sensu*, 437 b

connaissances et d'acquérir des compétences, autant, sinon plus, que tout un chacun, pour peu que des moyens soient mis à leur portée.

Le propos de Diderot va bien au-delà de la cécité, et écarte les préjugés sur une prétendue « nature inférieure », ouvrant ainsi la voie à Valentin Haüy comme à l'abée de l'Epée. D'ailleurs, concernant les sourds et la langue des signes, Diderot publie par la suite une *Lettre sur les sourds et muets à l'usage de ceux qui entendent et qui parlent* (en 1751).

Au 19e siècle donc, l'individu définit comme infirme est l'objet de réflexions et de passions sur l'éducation, à travers notamment Jean-Jacques Rousseau.

Cette initiative eut un grand retentissement puisque le projet révolutionnaire prévoit de faire de l'éducation des sourds une *affaire nationale*. « De cette époque, datent des divisions qui perdurent de nos jours, entre partisans d'une méthode orale et partisans d'une méthode gestuelle » (Bertin, *op. cit* .).

A la mort de l'abbé de l'Epée (1789), c'est l'abbé Roch-Ambroise Sicard qui le remplace. Itard, l'éducateur de Victor de l'Aveyron, s'oppose aux méthodes des signes méthodiques dues à l'abbé de l'Epée et à l'abbé Sicard pour privilégier l'oralisation en inventant une méthode de démutisation qui préfigure la lecture labiale. Le congrès de Milan, en 1880, est l'aboutissement d'un processus commencé juste après la mort de Sicard (1822) et se conclut sur : « Viva la parola ! ». Il consacre l'éviction des signes dans l'enseignement. Le débat était donc (provisoirement) clos, les sourds devaient apprendre à parler.

Trente ans plus tard, Binet, dans un article virulent écrit un an avant sa mort, dénonce la cruauté et l'inefficacité de la méthode orale pure[59]. La Langue des Signes, toujours interdite dans les salles de classe, survit néanmoins, dans quelques établissements, dans les couloirs, les cours de récréation et les dortoirs. Après la seconde guerre mondiale et jusqu'en 1975, la primauté de I'oral, affirmée par les linguistes, est le thème majeur repris par le corps professoral qui, dans son ensemble, voit dans les Signes un obstacle à l'instruction et à la pratique du français.

Comme nous l'avons déjà souligné, **la loi d'orientation de 1975** affirme clairement dans son article premier que l'intégration scolaire en milieu ordinaire est une priorité. Pour les sourds, cette intégration se réalise en immersion totale dans le milieu ordinaire. Officiellement, du moins jusqu'en 1991, les signes sont exclus de l'enseignement ; notons qu'aux Etats-Unis, par exemple, les deux courants, gestualiste et oraliste, ont toujours coexisté. Ainsi, depuis plus d'un siècle, le développement linguistique et cognitif des enfants sourds a été confondu avec le développement de leurs compétences en langue parlée, que ce soit en compréhension ou en expression.

[59] Binet in *L'année psychologique*, 1909

Depuis l'article 33 de **la loi Fabius du 18 janvier 1991**, deux orientations sont proposées au choix des parents: la communication orale et la communication bilingue, langue des signes/français, orientation qui ne privilégie aucune langue : la LSF est considérée comme langue de base, première et le français dans ses modalités orales et écrites. Cependant, ce choix est resté théorique et le décret de 1992 comme la circulaire de 1993, n'ont pas contribué à définir ce concept.

La loi de 2005 pour l'égalité des chances réaffirme cela dans son article 19, et va au-delà de la possibilité de choix, en affirmant un droit, le droit de tout parent d'enfant sourd à choisir l'une ou l'autre option éducative.

Le choix de la méthode de communication par les parents

Ce choix sous tend des attentes différentes et influera donc le développement cognitif de l'enfant sourd. Plusieurs auteurs ont noté que ce choix est déterminé par les attentes préalables des parents (C. Courtin, 2002). Il ne s'agit pas pour eux de choisir entre une langue et une autre, mais plutôt entre un modèle d'insertion sociale et un autre. Selon C. Courtin, les parents qui choisissent l'oral privilégient l'insertion par le partage d'un même mode de communication, les parents qui choisissent les signes, déclarent eux, vouloir un développement par partage des valeurs sociales. P. Dalle, souligne que peu de parents bénéficient d'une information suffisante pour comprendre ce que sont un enfant sourd et les enjeux du choix éducatif du mode de communication. De ce fait, ils ne sont pas en position d'effectuer un réel choix et les parents entendants optent plus souvent pour l'oralisme (Dalle, 2005).

Le choix se fait donc entre un enseignement de la langue des signes et le français écrit comme langues véhiculaires des savoirs scolaires, ou de la langue française orale avec l'aide ou non de la langue française parlée complétée et le français écrit. Il est possible aussi d'utiliser les trois accès, et de retenir ensuite la formule qui réussit le mieux à l'enfant sourd.

Normalement, les parents confrontés à ce choix peuvent opter pour l'une ou l'autre des éducations dispensées aux enfants sourds bien que les moyens ne soient pas également répartis sur l'ensemble du territoire : on voit des familles déménager ou bien des transports assez longs pour les enfants sourds. En effet, si nous prenons le cas de parents qui ont choisi une éducation bilingue pour leur enfant, l'école de leur quartier n'est pas toujours en mesure de proposer un accès aux savoirs scolaires en LSF, par exemple, avec le recrutement d'un enseignant de LSF, et/ou d'un interprète, si l'élève est scolarisé dans le second degré.

III-3-3-2 Les différentes formes de scolarisation des enfants sourds

Au-delà de toute idéologie, l'Education Nationale se doit de respecter les besoins éducatifs particuliers de tous les enfants sourds. En conséquence, elle propose essentiellement le choix entre les deux

systèmes d'éducation : le bilinguisme et l'oralisme. Dans la scolarité orale, les savoirs sont enseignés uniquement en langue française, avec ou sans aide de la LFPC, et dans la scolarité bilingue l'enseignement se fait en LSF pour tout ce qui est oral et en français écrit pour l'accès aux savoirs écrits ; un apprentissage du français oral peut accompagner l'utilisation de la LSF s'il est appuyé sur la LFPC.

III-3-3-2-1 Les structures d'accueil

Il existe trois modalités d'accueil des enfants sourds qui offrent tous, normalement, la possibilité pour les enfants d'accéder aux savoirs de l'école dans le mode de communication choisi par les parents :

- les établissements spécialisés dans lesquels les enfants sourds sont scolarisés entre eux. Ce mode d'enseignement tend à disparaître. Les enseignants qui y travaillent sont des enseignants du 1e degré spécialisés, des professeurs formés par la Santé (CAPEJS) et des personnes sourdes chargées de l'enseignement de la LSF et/ou en LSF.
- l'école ou le collège de quartier où les enfants sont scolarisés en intégration individuelle au milieu d'enfants entendants avec des enseignants dits « ordinaires ». Suivant les options éducatives des parents, les élèves sourds peuvent être accompagnés et soutenus par un codeur en LFPC, un interprète LSF/français, un AVS ou un enseignant spécialisé qui joue le rôle d'interface de communication en aidant à la compréhension des consignes données par l'enseignant d'accueil.
- les CLIS (dans le 1e degré) et les UPI (dans le 2e degré) offrent un dispositif d'intégration collective pour ces élèves. Ce dispositif plus souple, permet aux élèves sourds d'être intégrés dans les classes d'entendants pour certains cours mais autorise des regroupements entre élèves sourds pour des séances de soutien ou d'apprentissages plus spécifiques, comme par exemple un renforcement de connaissances en langue française ou des cours de LSF. On retrouve le même type d'accompagnement des élèves qu'en intégration individuelle selon le mode de communication des élèves. Selon des statistiques données par le secteur médico social, il y aurait en septembre 2007, environ 12 000 enfants sourds scolarisés dont 3500 scolarisés en intégration à l'école primaire, 2400 au collège et 1200 en lycées professionnels[60].

Au final, dans les différentes situations d'enseignement, on retrouve plusieurs modalités d'adaptations mises en place par le système scolaire pour permettre aux élèves d'accéder aux savoirs scolaires.

III-3-3-2-2 Les diverses modalités d'accompagnement des élèves sourds

A- Lorsque l'élève sourd est orienté vers une éducation orale, sa scolarisation peut être effectuée au choix par :

- un enseignant entendant ordinaire seul ;

[60] Données recueillies sur le site de l'URAPEDA : http://www.urapeda.org/France/sommaire.html, consulté en septembre 2007.

- un enseignant entendant ordinaire et un AVS qui aide l'élève à prendre des notes et à comprendre les consignes ;
- un enseignant entendant ordinaire et un codeur LFPC ;
- un enseignant entendant ordinaire et un enseignant spécialisé qui intervient soit dans la classe comme interface soit lors de séances de soutien individuel supplémentaires ;
- un enseignant entendant ordinaire et un enseignant spécialisé à temps partiel, comme dans le cadre d'une CLIS ou d'une UPI. Il est scolarisé dans une classe ordinaire pour certaines disciplines et regroupé avec d'autres élèves sourds pour d'autres matières comme, par exemple, le français écrit.

B- Lorsque l'élève est orienté vers une éducation bilingue, sa scolarisation peut être effectuée selon les cas par :

- un enseignant entendant seul possédant plus ou moins bien la LSF ;
- un enseignant entendant et un enseignant sourd qui opèrent en binôme, par exemple, pour effectuer une comparaison des modes de fonctionnement des deux langues, français et LSF ;
- un enseignant entendant et un enseignant sourd mais qui interviennent séparément sur des plages horaires différentes ;
- un enseignant sourd seul à temps complet pour certains cours soit de LSF, soit pour des cours d'une matière enseignée en LSF ;
- un enseignant entendant et un interprète LSF/français qui traduit non seulement le contenu des cours de l'enseignant mais aussi tous les échanges qui ont lieu dans la classe ;
- un enseignant entendant et un interface qui n'est pas nécessairement un enseignant mais possède suffisamment de LSF ou de LFPC pour aider à la compréhension du contenu des cours ;
- un enseignant entendant ordinaire et un AVS qui joue alors le rôle d'interface ;
- un enseignant ordinaire et de façon partielle, un enseignant spécialisé, comme en CLIS ou en UPI bilingue.

C- Du côté des professionnels

Lorsque les élèves sourds et entendants sont dans la même classe, l'enseignant doit gérer plusieurs modes de communication : certains s'expriment à l'oral, d'autres en LSF. Il n'est pas nécessairement compétent dans tous les modes de communication, donc il va se retrouver lui-même en situation de handicap dans la communication avec ses élèves. Ce manque d'aisance dans la communication engendre aussi une déstabilisation des compétences pédagogiques antérieures. Si l'enfant ou l'adolescent est accompagné d'un codeur, d'un interprète ou d'une interface, il va devoir enseigner avec une tierce personne dans sa classe. La diversité et la complexité des situations d'enseignement engendrent autant de complexité dans la formation des enseignants qui les assument.

Au final, si nous nous intéressons plus spécifiquement à l'enseignement des mathématiques aux jeunes élèves sourds, les professionnels que nous avons à former sont des professeurs entendants, du

premier ou du second degré, ordinaires ou spécialisés en ASH pour la surdité, ou des enseignants de LSF, sourds, qui peuvent assurer selon les cas des enseignements de mathématiques en LSF : cette dernière situation est relativement rare car ces professionnels n'ont pas encore de réels statuts et lorsqu'ils peuvent bénéficier d'une formation, elle se situe plutôt au niveau de la didactique des langues[61]. Les enseignants entendants peuvent enseigner les mathématiques en français, en LSF ou en français signé, selon leurs compétences.

III-3-3-3 La problématique de la scolarisation des enfants sourds en milieu ordinaire

L'école a pour objectif de transmettre des connaissances et des valeurs partagées par toute une société comme de contribuer à l'épanouissement de l'enfant et l'accompagner dans son passage au stade adulte. Pour devenir un citoyen à part entière, de l'enfant sourd doit naître un engagement. Au niveau professionnel, sexuel, politique, religieux, en bref, dans tous les champs sociaux où différentes valeurs s'opposent, l'adolescent sourd doit se situer, faire des choix, s'engager et affirmer quel sera son style de vie d'adulte[62]. Or, Les acquisitions et expériences faites dans le cadre de la scolarité contribuent fortement à donner des repères généraux à l'enfant en devenir lui permettant de franchir une étape majeure dans le développement de l'autonomie personnelle.

III-3-3-3-1 Aménager les situations de construction des connaissances

L'accessibilité pédagogique pour des élèves sourds consiste d'abord à proposer à chaque élève sourd un dispositif lui permettant d'avoir un accès aisé aux informations.

Une langue de travail confortable et opérationnelle. Nous avons vu dans le chapitre I l'importance dans les apprentissages mathématiques, des interactions entre pairs. Pour pouvoir, échanger et confronter ses points de vue avec des pairs, l'école doit proposer des aides à la communication afin que tous les élèves puissent s'exprimer au sein de la classe et être compris par leurs pairs ; c'est là un point essentiel qui requiert des moyens conséquents. Cela peut signifier la mise à disposition de toutes les aides évoquées, des AVS aux interprètes en passant par les interfaces de communication. Il en est ainsi particulièrement dans les situations pédagogiques de transmission, dans les activités de recherche collective et dans les phases d'institutionnalisation des connaissances[63]. Prendre en compte le surcroît de travail nécessaire pour ces élèves éviterait certainement découragement et saturation de certains qui peuvent être amenés à rejeter l'école avec la dose d'efforts « hors norme » que les études exigent et même à tout abandonner.

---

[61] Licence professionnelle co-organisée par l'INS HEA et Paris VIII.

[62] On pourra se référer à l'article de F. Belfais-Duquesne et de F. Bertin, sur les adolescents sourds, dans *La nouvelle revue de l'AIS*,1e trimestre 2005, n°29, pp. 99-113.

[63] On pourra se référer à l'article sur les UPI de H. Benoit, F. Bertin, F. Duquesne, A. Vanbrugghe, déjà cité et qui propose des adaptations du collège pour une éducation bilingue français/LSF.

Une alternative à l'intégration individuelle, l'intégration d'un groupe linguistique

Les préconisations de rentrée de l'Education nationale indiquent très clairement : « A tous les niveaux d'enseignement, la scolarisation individuelle est recherchée prioritairement. »[64]. Or, en intégration individuelle, sans l'aide d'interfaces ou d'interprètes, il est très difficile à ces élèves de suivre un discours tout en prenant des notes puisque le regard ne peut fixer simultanément les lèvres de l'enseignant pour y déchiffrer consignes et messages tout en contrôlant une prise de notes correcte. Suivre le cours du professeur requiert, de plus, de comprendre, aussi de façon simultanée, le contenu des savoirs véhiculé par le discours. La concentration requise autour de la lecture labiale entraîne des efforts intenses qui très rapidement s'accompagnent d'une telle fatigue que la crainte de ne pas y arriver se fait encore plus intense que pour un élève entendant. Ainsi l'élève sourd a de fortes raisons de se sentir envahi par un sentiment d'impuissance, se décourager et ne pas avoir une bonne image de lui-même en tant qu'élève. Rééducation, soutien, travail scolaire de plus en plus lourd lorsqu'il parvient au collège, encadrement par les parents, représentent une charge énorme pour certains enfants ou adolescents qui saturent et, submergés par l'angoisse et la fatigue, se démobilisent. Le regroupement avec les autres sourds, des copains, est un excellent moyen de compenser ce sentiment de découragement, puisque l'enfant trouve là une appartenance immédiate.

Le groupe pour améliorer la pratique de la langue des signes

D'autre part, l'intégration individuelle signifie pour l'enfant sourd qu'il n'a plus d'occasions de pratiquer la langue des signes et donc d'en améliorer sa maîtrise. Voici ce qu'en pense Meynard psychanalyste spécialisé dans la prise en charge des personnes sourdes :

> *«Il paraît important de souligner que la forme intégrative visant à isoler un Sourd en milieu strictement sonorisant est dans la droite ligne de l'interdit de la langue des signes française et nous ramène avant l'œuvre de l'abbé de l'Epée reconnu par les sourds eux-mêmes comme leur père symbolique. En revanche, une autre forme intégrative ouverte au groupe des enfants Sourds peut permettre à la langue signée française de vivre, de s'enrichir, d'être apprise et parlée au plus tôt par tous, Sourds ou non » (Meynard, 2002).*

Au niveau de l'enseignant, organiser dans une classe ordinaire « mixte » des mises en scène pédagogiques basées sur un travail par groupes d'apprentissage, est difficile à envisager si les groupes sont constitués d'individus ne partageant pas le même mode de communication : l'intervention des interprètes ou d'interfaces risquent plus de parasiter la recherche et les échanges que de les « alléger ». Pour cette raison-là aussi, privilégier la scolarisation des enfants sourds de façon collective, à deux ou trois par classe, est un aménagement pédagogique pertinent.

---

[64] La scolarisation des élèves handicapés, [en ligne], http://www.education.gouv.fr/cid207/la-scolarisation-des-eleves-handicapes.html.

Un groupe identitaire

Enfin, nos observations, dans le cadre d'autres travaux, confortent l'hypothèse selon laquelle au niveau du développement de son identité, un enfant sourd a besoin d'être en contact avec d'autres enfants sourds, avec des adultes sourds et avec la culture Sourde (Bertin, 2003, 2005, Benoit et *al.*, 2003, Belfais-Duquesne et Bertin, 2005). Ce qui nous amène à considérer que l'intégration collective, réalisée de façon flexible, remplit d'autant mieux sa fonction de scolarisation qu'elle est pensée et vécue de manière bilatérale et équilibrée.

Cependant, pratiquement il semble assez évident qu'il y a peu de chances pour qu'il y ait dans un même quartier, plusieurs élèves sourds, du même âge, ayant choisi le même mode de communication : il n'est pas dans l'intérêt de l'enfant sourd alors d'appliquer la loi 2005, stricto sensu. Il sera plus pertinent, de regrouper ces élèves dans une même structure, une dans une CLIS ou une UPI par exemple, quitte à ce qu'ils soient scolarisés un peu plus loin de leur quartier de résidence.

Une langue de travail rigoureuse et structurée

L'élève doit pouvoir disposer d'une langue confortable pour accompagner son activité mais aussi d'un mode de représentation structuré pour nommer les connaissances. Qu'il s'agisse du français ou de la langue des signes, selon les choix des parents ou des élèves eux-mêmes, ces outils de représentation doivent être maîtrisés par les élèves sourds pour accéder au niveau de conceptualisation requis dans les études scolaires, secondaires ou universitaires. Or, en ce qui concerne la maîtrise du français écrit, qui même dans une éducation oraliste suppose l'apprentissage d'une langue seconde, les difficultés des enfants sourds nécessitent des aménagements en termes de soutien ou de temps d'apprentissages supérieurs à ceux attribués à des enfants entendants. En ce qui concerne la LSF, les enfants sourds qui dans leur grande majorité ne l'apprennent qu'une fois scolarisés et non pas au sein de leur famille, ont besoin de cours de langue des signes pour disposer d'un niveau de langue suffisamment élaboré et pouvoir exprimer des concepts abstraits. Au final, l'accessibilité au niveau de la communication implique des moyens humains et matériels qui ne sont pas toujours effectivement présents sur le terrain.

Une insécurité peu propice aux apprentissages

L'insécurité fondamentale des personnes sourdes est liée au fait qu'elles ne comprennent pas tout ce qui se passe en dehors d'elles. Il arrive souvent de négliger d'expliquer aux enfants sourds ce qui s'est passé, le pourquoi et les conséquences de certains événements. D'où un vécu du « fait accompli » qui est une expérience quotidienne des jeunes sourds. Dans le cadre de la scolarité, en situation d'immersion d'un élève sourd dans une classe d'entendants, l'insécurité se traduit dans différentes situations : par exemple l'élève sourd peut repérer l'entrée d'un surveillant dans la classe qui s'adresse au professeur et à la classe, mais lui ne perçoit pas le message et ne comprend donc pas la raison de

cette intrusion ; ou bien, des élèves situés derrière lui en classe interviennent et lui ne suit pas ces échanges. Rappelons de plus que la somme de détails informels, ce qui se passe dans les couloirs de l'établissement ou pendant la récréation, font sens et constituent une sorte de vécus communs aux élèves entendants auxquels l'élève sourd n'a pas accès, d'où cette inquiétude permanente d'être exclu des situations de vie quotidienne. Ne sachant pas ce qui se passe lors d'événements qui lui sont extérieurs, il peut avoir tendance à croire qu'il est concerné, qu'on parle de lui, qu'on dit du mal de lui et perdre toute confiance en développant un comportement plus ou moins paranoïaque.

III-3-3-3-2 Intégrer tout en favorisant la construction identitaire

La scolarisation ne consiste pas uniquement en l'acquisition de savoirs académiques mais l'école constitue aussi un mode de vie en collectivité qui intervient fortement dans l'apprentissage des rôles sociaux. Les situations scolaires sont vécues par les enfants et adolescents sur le registre cognitif certes, mais aussi sur ceux du relationnel, de l'affectif et du social. L'enjeu de la scolarisation, pour un enfant sourd, c'est aussi affronter plusieurs défis : apprendre à communiquer avec ses pairs, accepter sa surdité, satisfaire un besoin d'autonomie, s'affirmer en tant qu'élève et en tant que personne, se faire accepter des autres et faire reconnaître ses particularités par les adultes et enfin, penser une double appartenance groupale. Mais l'enjeu de cette scolarisation, c'est de réussir à construire une société dans laquelle existent « l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées » prônées par la loi de 2005.

Une adaptation réciproque sourds/entendants

Lorsqu'on se place du côté de l'enfant entendant, des travaux effectués sur des dyades d'enfants de 4 à 11 ans entendants/sourds ont étudié les comportements adaptatifs des entendants à la surdité dans des situations de communication mixte (Heurtier, 2004). L'auteur observe que « tous les enfants ou presque parlent moins avec un camarade sourd qu'avec un entendant » (p. 346). Les comportements observés qui visent l'adaptation favorisent plutôt la perception que la compréhension : articulation prononcée, ralentissement de la parole, mimiques et gestes. « L'adaptation à l'interlocuteur sourd n'est pas encore optimale à 11 ans » (*ibid.*, p. 346). Alors que tous les enfants ont la connaissance des comportements adéquats, elle montre que la moitié d'entre eux n'en adoptent pas. Ses travaux concluent que les enfants ne sont pas suffisamment informés des conséquences de la surdité et emprunteraient une grande part de leurs comportements adaptatifs aux membres de l'équipe éducative : « le mode de prise en charge proposé à l'enfant sourd aurait un impact sur l'apprentissage et l'usage par les élèves des comportements d'adaptation à la surdité » (ibid., p. 349). Apparaît ainsi l'importance de la scolarisation des élèves en situation de handicap et plus particulièrement sourds, pour faire évoluer les représentations sociales des futurs citoyens et l'enjeu qu'elle représente pour la société.

Du côté des enfants sourds, l'équation qu'il est amené à résoudre est ardue. Elle se situe dans une dialectique de similitude/différence car l'identité, est un équilibre entre le semblable et le différent (Belfais-Duquesne, Bertin, 2005). Il ne s'agit pas seulement des caractéristiques de ma personnalité « qui suis-je », mais aussi, dans une perspective dynamique et anthropologique, « qui suis-je par rapport aux autres et que sont les autres par rapport à moi ». Se reconnaître comme Un Sourd c'est reconnaître sa surdité à soi, unique, mais qui génère des relations particulières avec le monde. Par exemple, il arrive que certains sourds ressentent un sentiment d'infériorité par rapport aux entendants : les difficultés à saisir un certain nombre d'interactions dans la vie de la classe en « intégration » entraînent un sentiment d'isolement et d'impuissance.

Se projeter en tant qu'adulte

S'appuyer sur des repères identificatoires solides est essentiel pour que ces enfants et plus tard ces adolescents arrivent à se projeter dans l'avenir en tant qu'adultes sourds prenant une part active à la société. A défaut de rencontres avec des adultes sourds, certains enfants sourds ne s'imaginent pas devenir des adultes : par exemple certains croient que plus tard, ils entendront, ou bien qu'ils disparaîtront.

Au niveau de la conquête de l'autonomie, la relation de dépendance des enfants sourds vis-à-vis de leurs parents est souvent plus grande et plus passionnelle que pour des jeunes entendants ; elle induit souvent des difficultés supplémentaires et peut contribuer à radicaliser certains conflits. Ces relations d'oppositions sont susceptibles de se retrouver dans le refus de la rééducation orthophonique, le rejet des prothèses auditives et de l'implant cochléaire, par exemple, mais peuvent aussi parfois aboutir à un rejet des adultes et plus particulièrement des adultes entendants. Les reproches infligés aux parents, par exemple, de ne pas leur avoir fait connaître la LSF, peuvent favoriser leur engagement dans des revendications identitaires, particulièrement au moment de l'adolescence. « Les adolescents sourds se sentent avant tout « ados » ; ils ont les préoccupations de leur âge, ils recherchent une identité groupale de pairs qui incarnent la normalité, mais comment s'y conformer sans pour autant nier sa différence ? » (*ibid.*).

Penser une double appartenance groupale

La question d'une double appartenance entre un groupe majoritaire (les entendants) et un groupe minoritaire (les Sourds) provoque souvent un décalage et un malaise pour le jeune. Pour intégrer la communauté des entendants, un élève sourd a certes besoin de connaître la langue française mais aussi de « savoir comment gérer l'interaction avec un membre de cette communauté, savoir comment se comporter en tant que Sourd »(Bertin et Abdallah-Pretceille, 2003). Et pour cela, avant tout, il faut s'identifier comme Sourd, c'est-à-dire penser la surdité autrement que comme déficience ou handicap et dans cette recherche identitaire, la rencontre avec la LSF est souvent déterminante. La découverte de

la LSF et de la culture Sourde correspond souvent à une période « d'errance identitaire » vécue à l'adolescence, principalement, en cinq temps distincts :

- les efforts pour s'intégrer au groupe des entendants
- des déceptions dues à des difficultés extrêmes
- s'ensuit fréquemment, une période d'isolement, voire de rejet
- la découverte de la LSF et de la communauté Sourde, vécue comme un moment fort
- les stages de formation et de découvertes à la LSF (Belfais-Duquesne, Bertin, 2005).

Le défi à relever consiste à penser une double appartenance groupale. La population dite des malentendants, c'est-à-dire souvent ceux, dont les restes auditifs sont suffisants pour qu'il n'y ait pas d'entrave importante à l'émission/réception vocale, ont à résoudre un dilemme plus difficile encore : ils ne se reconnaissent ni comme sourds ni comme entendants.

Au final, la scolarisation des enfants et adolescents sourds ne se pose pas dans les mêmes termes que pour d'autres élèves handicapés. Les questions relatives à la communication et à la diversité des moyens utilisés, celles qui ont trait à la construction identitaire des jeunes sourds recèlent une problématique bien particulière. Du fait de l'existence d'une vraie langue et d'une culture propre, les personnes Sourdes ne se considèrent pas comme des « handicapées ». Ces conceptions doivent nécessairement être prises en compte dans l'analyse du contexte car elles ont des incidences sur la scolarisation des élèves sourds et par voie de conséquence sur la formation de leurs enseignants.

III-4 Les modes d'apprentissage des enfants et adolescents sourds

Le précédent questionnement implique clairement, nous semble-t-il, que le simple fait de placer des élèves sourds dans des écoles ordinaires ne leur garantit pas un accès à une éducation de qualité. « Malgré les efforts déployés par les éducateurs et les parents, le niveau scolaire des enfants sourds se situe bien en deçà de celui de leurs pairs entendants » (Marschark et *al*., 2006, p.27). Même si certains élèves sourds excellent dans leur scolarité, les résultats décevants des sourds en tant que groupe, restent largement inexpliqués dans la majorité des disciplines. Nous examinerons plusieurs facteurs qui sont actuellement envisagés dans ce domaine pour mieux comprendre leurs difficultés scolaires. Après avoir éliminé les causes biologiques, nous considérerons les facteurs liés à l'environnement social et linguistique du petit enfant sourd. Nous tenterons de mettre à jour quelques caractéristiques cognitives des élèves sourds pertinentes pour les apprentissages mathématiques.

III-4-1 Les facteurs impliqués dans le développement cognitif des jeunes sourds

III-4-1-1 Les facteurs biologiques

Il existe un consensus selon lequel de telles difficultés ne sont pas la conséquence directe de la surdité (*ibid*., p. 26). De même, pour C. Courtin, la surdité en elle-même, prise sous l'angle physiologique, ne

peut en aucun cas permettre d'expliquer les difficultés spécifiques des jeunes élèves sourds. « Ce n'est pas la surdité par elle-même qui entraînerait des problèmes de maturation des aires frontales, aires essentielles dans la réflexion » (Courtin, 2002). D'après lui, les différences de maturation sont à expliquer en fonction des différences de stimulation linguistique et sociale. La plupart des chercheurs s'entendent pour accorder les mêmes capacités d'apprentissage aux enfants sourds qu'aux enfants entendants : « c'est la compétence dans la langue d'étude et non la surdité en soi, qui entraîne un déficit relativement à la capacité de conceptualisation » (Tremblay et Charron, 1992). Le retard de développement cognitif que l'on peut observer chez certains élèves sourds ne peut pas être analysé en dehors de leur contexte éducatif, linguistique et culturel.

III-4-1-2 Les facteurs familiaux

L'incidence de ces facteurs familiaux sur la réussite scolaire des élèves sourds a été étudiée par Bodner-Johnson (1986). Au travers d'interviews de parents, elle a identifié deux variables significatives : l'acceptation de la surdité de son enfant avec une vision positive de la communauté Sourde et un niveau élevé d'attentes à son égard. De tels facteurs pourraient être plus forts chez les parents sourds que chez les parents entendants mais ce n'est pas démontré. En effet, les travaux de M. Marschark et Spencer ont mis en évidence un effet important de l'intervention précoce sur le développement cognitif des enfants sourds de parents entendants (Marschark, Spencer, 2003). Marschark et *al*. relatent d'autres recherches montrant que des élèves qui affichaient des compétences élevées en lecture avaient eu le plus souvent des parents fortement impliqués dans le processus d'éducation précoce et avaient bénéficié d'une communication familiale efficace (Marschark et *al*., 2006, p. 28). Ainsi, la détection précoce de la surdité (avant 6 mois), l'information des parents sur les besoins cognitifs des enfants sourds et la réceptivité/réactivité des mères seraient des variables fondamentales dans le développement cognitif de l'enfant sourd, et ce, quelque soit le mode de communication utilisé par les parents (Courtin et Melot, 2006, p. 181).

D'un autre point de vue, C. Courtin fait référence à des recherches effectuées aux Etats-Unis sur les attentes des parents d'enfants sourds. Il y est question d'une différence d'attitudes dès le départ et dans la vie de tous les jours, entre ceux qui choisissent un mode d'éducation oral et ceux qui optent pour le bilinguisme. A propos de la dyade mère/enfant sourd oraliste, les chercheurs ont relevé que les mères sont alors particulièrement dirigeantes. Choisir de développer avant tout l'oralisation de l'enfant sourd, « entraîne une certaine rigidité de la part des parents, qui insistent beaucoup sur l'aspect de surface (la parole elle-même), quitte à faire répéter ses propos par l'enfant jusqu'à ce qu'il les prononce correctement (le niveau sémantique passe après !) » (Courtin, 2002, p. 185). Le but de la communication n'est plus de communiquer de l'information, mais des structures linguistiques. Par contre, il souligne que les dyades signeuses s'attachent plus au contenu du message que les dyades oralistes, et que les parents signeurs cherchent à faire passer le message, en changeant la formulation,

en tentant d'autres stratégies, etc. Au final, il résume ces travaux en indiquant que les parents entendants d'enfants sourds auraient tendance à sous-estimer les capacités de leur enfant.

Un défaut de communication et un déficit expérientiel

Nous voyons deux conséquences principales à cet état des recherches sur les facteurs familiaux dans le développement cognitif des enfants sourds de parents entendants : un défaut de communication efficace et un déficit expérientiel. Si un mode de communication efficace n'est pas mis en place de façon très précoce dans l'éducation de l'enfant sourd, par manque de stimulation d'un niveau adéquat, l'enfant sourd va finir par ne plus recevoir l'information nécessaire à son bon développement, sans que cela soit à mettre au compte de la surdité par elle-même. D'un autre côté, comme tout enfant en situation de handicap, une surprotection fréquente de la part des parents engendre un déficit expérientiel chez ces enfants. Ce déficit est d'autant plus aggravé que les nombreuses rééducations en orthophonie pendant la petite enfance risquent de « mordre » sur le temps de jeu nécessaire au développement cognitif de tout enfant. De plus, ces activités ludiques ne peuvent pas être accompagnées par des reformulations de la part des parents comme cela se fait dans des échanges naturels ordinaires entre enfants et parents.

En résumé, il apparaît que la mise à disposition précoce d'un mode de communication efficace et d'un langage accroît le développement de celui-ci qui à son tour pourra favoriser les progrès scolaires.

III-4-1-3 Les facteurs liés aux situations linguistiques des enfants sourds

Il s'agit alors d'examiner dans quelles situations, un tel environnement linguistique précoce est efficace ou pas.

III-4-1-3-1 Un environnement linguistique précoce en LSF efficace

Lorsque les enfants sourds naissent de parents sourds et signeurs, ils bénéficient de façon précoce à la fois d'un système de communication et d'un modèle linguistique. Les chercheurs s'accordent à dire que dans ce cas, les performances qu'ils obtiennent sont identiques à celles des enfants entendants. Ils reconnaissent aussi que les signeurs natifs ont un bon bagage culturel et des connaissances générales (Tremblay et Charron, 1992, Courtin, 2002, 2005, 2006, Marschark, 2003, 2006). Ce sont d'autres facteurs alors qu'il faudra examiner pour comprendre les difficultés d'apprentissage de ces élèves sourds. Par exemple, nous chercherons en quoi les langues signées introduisent des différences dans les formes d'apprentissage de ces enfants, ou quelle influence la pratique de la LSF a sur la conceptualisation. Dans tous les cas, notre travail consistera à former des enseignants qui conçoivent des adaptations pédagogiques pour permettre à ces élèves de produire des performances comparables à celles des entendants.

III-4-1-3-2 Un environnement linguistique précoce en français oral efficace

Lorsque les enfants sourds naissent dans une famille de parents entendants qui ont choisi pour eux une éducation orale. Ceux qui, au prix de gros efforts, réussissent à développer des stratégies de lecture labiale particulièrement efficaces, peuvent atteindre un bon niveau de maîtrise de la langue française. Ils peuvent ainsi compenser leur surdité au niveau des apprentissages scolaires. Cependant, comme nous l'avons déjà souligné, ce cas se trouve plutôt lorsque les élèves sont malentendants et beaucoup plus rarement lorsque la surdité est profonde, car alors les obstacles pour élaborer la langue française orale ou écrite sont souvent difficiles à surmonter. Dans ce cas, les facteurs déterminants dans les difficultés d'apprentissages sont plutôt à incriminer à leur fatigabilité et à leur lenteur à prendre et traiter les informations simultanément.

III-4-1-3-3 Un environnement linguistique précoce en français oral inefficace

La situation qui reste donc, est celle des enfants sourds de parents entendants non signeurs et pour qui l'éducation orale a échoué. Cette situation est encore la plus fréquente et la plus problématique, car elle voit des enfants sourds qui ne maîtrisent aucune langue, ni le français ni la LSF. Ils ne bénéficient souvent que d'un système de communication mixte et incomplet avec un apprentissage trop tardif d'une langue signée. L'absence de modèle linguistique, accentuée par la privation d'interactions sociales et culturelles, implique des difficultés scolaires pour ces élèves, particulièrement en ce qui concerne le passage au niveau de la pensée formelle et l'accès à la culture écrite.

Dans ses travaux, C. Courtin relève une corrélation positive entre le niveau de langue des signes d'un enfant sourd et le développement de ses capacités de lecture et d'écriture. Ces activités sont basées sur des processus cognitifs d'analyse de concepts au niveau des mots, de la phrase, du texte. Il souligne aussi que l'apprentissage de la lecture est basée sur l'acquisition antérieure d'une première langue dynamique, que ce soit l'oral ou la langue des signes. Ainsi, pour cette population d'enfants sourds qui n'a pu accéder à l'oral, nous partageons avec C. Courtin, l'hypothèse que « l'apprentissage de la langue des signes va permettre à l'enfant l'acquisition de ces concepts, puis de transférer ces connaissances vers l'écrit (comme le fait l'entendant de l'oral vers l'écrit) : connaissances conceptuelles, du sujet, du texte, pensée abstraite, compétences de composition, etc. » (Courtin, 2005, p. 42).

Or, certains sourds sont exposés pour la première fois à la langue des signes très tard, parfois même à l'adolescence, une fois que l'éducation oralisante n'a pas réussi. De ce fait, ils sont conduits à apprendre simultanément une première langue, la LSF et une seconde langue, le français (écrit). Même avec une bonne pratique, apprendre une seconde langue sans avoir une langue maternelle (ou première) comme base de référence, ne peut faire que ces élèves sourds obtiennent des résultats scolaires comparables à leurs pairs entendants. C'est la raison pour laquelle, il nous semble

fondamental que l'école propose à ces élèves un enseignement sérieux de la LSF et que le système scolaire développe une réelle politique vis-à-vis de l'apprentissage de la langue des signes, ce qui est tout à fait cohérent avec la loi de 2005.

Au final, nous retenons que des enfants sourds exposés précocement à un langage efficace, que ce soit un langage signé ou vocal, ont des performances en langue écrite, lecture et écriture, comparables à celles des enfants entendants. La connaissance du français écrit étant un facteur déterminant dans les apprentissages scolaires, nous en déduisons, au niveau éducatif comme au niveau familial, qu'un environnement linguistique précoce efficace devrait permettre de réduire les difficultés scolaires des enfants sourds.

III-4-2 Les caractéristiques cognitives des élèves sourds

L'hétérogénéité des réussites scolaires des élèves sourds a été abordée en relation avec les aspects communicationnels et langagiers. Nous choisissons de mettre en avant quelques caractéristiques dans les processus cognitifs des élèves sourds qui sous-tendent plus particulièrement les apprentissages mathématiques.

III-4-2-1 La mémoire

Après qu'il ait été longtemps considéré que les enfants sourds présentaient des déficits de mémoire, il est clairement établi maintenant que ce n'est pas le cas, mais qu'ils présentent des empans de mémoire correspondant à moins d'unités en signes que ceux des enfants entendants en langue parlée, à cause de la vitesse d'exécution articulatoire et non pas en raison de troubles. Les caractéristiques structurelles des unités de la langue des signes qui sont manipulées en mémoire de travail ne permettent pas de les articuler aussi vite que dans la production de parole.

Partant de postulat, les travaux de Marschark sur la mémoire révèlent des différences dans la représentation mentale et l'organisation des connaissances entre les sourds et les entendants, qui influent sur leurs performances. Pour ce qui est de la représentation mentale, la différence serait attribuable à la nature de la représentation même utilisée pour le codage en mémoire de travail, basé pour les uns sur la parole et pour les autres sur les signes (Marschark et *al*., 2006, p. 37). En ce qui concerne l'organisation des connaissances, les études révèlent des différences significatives au niveau du rappel en mémoire à long terme de textes et de séquences signées, ainsi que dans les tâches d'associations, avec des performances moins bonnes pour les élèves sourds que leurs pairs entendants. Les élèves sourds rappelleraient plutôt des fragments de l'information alors que les entendants auraient tendance à rappeler l'information sémantique de manière plus globale.

III-4-2-2 Le traitement de l'information

Les élèves ont difficilement accès aux informations s'ils ne bénéficient pas d'aides à la communication, mais une fois l'accessibilité mise en œuvre, une fois qu'elles sont disponibles en mémoire, comment traitent-ils ces données ?

III-4-2-2-1 Traiter visuellement des informations

Dans le domaine du traitement visuel, les sourds signeurs obtiennent de meilleurs résultats que les entendants ou que les sourds oralisants. Ils sont plus rapides à déplacer leur attention visuelle et à détecter des mouvements et des signes dans leur champ visuel périphérique (*ibid*, p. 36). Par contre, l'idée préconçue selon laquelle, pour les personnes sourdes, la perte auditive serait compensée par des gains au niveau de la vision est actuellement rejetée. Marschark et *al*. relatent des travaux qui montrent que les personnes signantes (sourdes ou entendantes) sont plus rapides que leurs pairs non signants dans la manipulation d'images mentales : ces avantages seraient donc liées à l'utilisation de la langue des signes et non à des yeux « d'or ».

III-4-2-2-2 Mettre en relation des informations

Dans le domaine du traitement de l'information par comparaison, ces auteurs font état d'études effectuées sur des élèves dans des tâches de résolution de problèmes. Ces travaux montrent que les élèves sourds se focalisent plus que les entendants sur l'information portée par chaque item pris isolément, plutôt que sur les relations entre les items (*ibid*, p. 38). Ces résultats confirment d'autres études dans lesquelles les performances entre élèves sourds et entendants sont similaires lorsqu'il n'y a qu'un seul paramètre pertinent dans une tâche, alors que les entendants obtiennent de meilleures performances lorsque la tâche requiert de prendre en compte deux paramètres simultanément (*ibid*.). Ces résultats nous semblent avoir des implications non négligeables sur les apprentissages mathématiques.

III-4-2-2-3 Catégoriser les informations

Les classifications, qui ont une importance reconnue dans les situations de raisonnement, s'effectuent plus précocement lorsque le problème est présenté à l'aide d'un support perceptif ou pratique, que lorsque les classements nécessitent l'introduction de propositions verbales. J. Bideaud et *al.* (1993) considèrent que coexistent, au cours du développement, deux types de catégorisations.

Une première modalité dite « logique » qui réduit la complexité du monde et utilise les classes logiques au sens piagétien.

> Par exemple, si nous reprenons l'expérience de Piaget relative à l'inclusion logique des classes, l'examinateur présente à l'enfant 10 marguerites et 2 roses et lui pose la question : « Y a-t-il plus de fleurs

ou plus de marguerites ? ». La réussite à l'épreuve survient vers 7-8 ans et nécessite de savoir que les roses, comme les marguerites, sont des éléments d'une classe d'ordre supérieure, c'est-à-dire de la classe des fleurs.

Une deuxième modalité de catégorisation, appelée « écologique » par ces mêmes auteurs, respecte davantage la complexité du monde réel en utilisant des prototypes ou des schémas.

Par exemple, si on propose à un enfant de classer des volatiles dans la famille des oiseaux, on constate qu'il choisit un moineau plutôt qu'une poule, car le moineau est un exemplaire plus typique de la catégorie des oiseaux que la poule. De même, il est possible de créer une classe collective en réunissant des objets selon un schéma « situationnel », comme, « tout ce qui se trouve dans une cuisine » ou, selon un schéma « événementiel », comme, « tout ce qui sert à faire sa toilette ».

Dans ces derniers cas, les enfants raisonnent par analogie en regroupant ensemble ce qui se ressemble par contiguïté : le passage à l'inclusion logique procéderait alors d'une « abstraction notamment suscitée par l'expérience linguistique et les apprentissages scolaires » (Bideaud et *al*., 1993).

La langue des signes et la catégorisation

En ce qui concerne plus particulièrement les enfants sourds, C. Courtin (1998) a étudié les effets que pouvait avoir l'utilisation de la LSF sur les capacités de catégorisation chez ces enfants lorsqu'ils sont nés de parents eux-mêmes sourds et signeurs. Du fait que la LSF est un système linguistique qui allie un aspect catégoriel inhérent à la structure de son vocabulaire, il observe de meilleures performances chez les enfants sourds que chez leurs pairs entendants ou sourds oralisants, dans les catégorisations de type écologiques.

Par exemple, pour énoncer un concept de niveau de catégorisation supérieur comme un « être vivant » ou un « mammifère », il est fréquent d'utiliser une suite de signes d'exemples prototypiques de cette catégorie définissant ainsi la classe en extension.

C. Courtin montre ainsi l'avantage des enfants sourds signeurs dans les activités de catégorisation, lié à l'influence de la LSF sur les processus cognitifs, notamment « par la capacité de génération et de manipulations d'images mentales impliquées par la communication en langue signée » (Courtin, 1998, p.70). D'après ses travaux, cette influence se fait sentir non seulement sur la construction de certaines représentations (la catégorisation) mais aussi sur leur manipulation (la flexibilité) et leur expression. Ainsi, il constate une plus grande flexibilité des enfants sourds signeurs : ce résultat peut surprendre puisque les enfants sourds sont généralement dits « rigides ». Peut-être cette « rigidité » renvoie-t-elle à des méthodes pédagogiques, bien souvent trop directives avec ces enfants, qui leur laissent peu d'espace pour réfléchir, expérimenter de façon autonome, réellement ou mentalement, et générer des hypothèses ?

III-4-2-3 Les démarches métacognitives

Cette dernière remarque « empirique » issue de nos observations, trouve un écho dans les propos de Marschark et *al*. Sur la métacognition. Nous avons souligné l'importance des compétences métacognitives en jeu dans les apprentissages mathématiques. Outre les moyens de médiation nécessaires pour exprimer les prises de conscience, à l'aide d'un mode de communication aisé, la faculté même de « se voir » en activité et d'envisager à distance son action est une compétence particulièrement sollicitée dans la recherche de problèmes mathématiques. **Les capacités à développer des hypothèses** ou à planifier les étapes de résolution d'une tâche seraient plus difficiles à mobiliser par des élèves sourds que par des élèves entendants, selon Marschark et *al*. (*op. cit*.) Les résultats des rares études sur le sujet laissent entrevoir que les élèves sourds envisagent moins souvent que les entendants « les différentes approches possibles avant d'entreprendre une tâche ou pendant qu'ils l'exécutent » (Marschark et *al*., 2006, p. 39). Les élèves sourds seraient moins conscients de leurs performances et n'arriveraient pas appliquer des stratégies qui pourtant font partie de leur répertoire. D'après ces auteurs, ce constat pourrait être rapproché d'un mode éducatif centré sur une approche plus « directive » qu'avec des enfants entendants, aussi bien de la part des parents que des enseignants : dans l'espoir d'assurer une pleine compréhension d'un problème comme d'une solution, les éducateurs ne privilégieraient pas une approche laissant à l'enfant la possibilité de tâtonner, de découvrir différentes stratégies et de les comparer en en discutant avec d'autres. Nous retrouvons dans ces propos les données empiriques que nous avons amassées au cours de notre expérience. Les conceptions qui voient la pensée des élèves sourds comme étant concrète et rigide, induisent des démarches pédagogiques « étroites et fermées » qui ne font que renforcer les inhabiletés invoquées initialement. Le choix que nous avons fait d'une démarche fondée sur la mise en activité dans des situations et la découverte selon les théories constructivistes, remet en cause ces conceptions.

L'accompagnement de l'activité d'un sujet, sa capacité à prendre de la distance par rapport à son action comme le traitement de l'information, requièrent des compétences linguistiques de régulation. Cet auto-contrôle est possible grâce au **langage intérieur**. La pratique d'une langue signée permet-elle une intériorisation de la « parole » ? C. Courtin nous montre que les enfants sourds de parents sourds ont un même développement cognitif sur ce point du langage intérieur que les enfants entendants (Courtin, 2002). Par contre les enfants sourds de parents entendants sont en retard par rapport aux sourds de parents sourds, aussi bien au niveau de la qualité du langage que dans l'intériorisation. Enfin, les enfants sourds signeurs présenteraient un meilleur développement de langage intérieur que les enfants sourds oralisants. (Courtin, 2000). Il souligne donc que la question de la possibilité de développer un langage intérieur efficient à partir de la communication en langue des signes ne se pose plus. Par contre, il reste encore des recherches à mener sur la forme sous laquelle le langage intérieur se produit dans ce contexte.

Au final, il semble donc que la langue des signes est efficiente pour le développement d'un langage intérieur, pour le développement cognitif et métacognitif. Ce qui implique que favoriser le développement cognitif d'un enfant sourd c'est d'abord lui permettre d'établir une communication aisée et précoce dans une langue de niveau suffisamment élevé pour qu'il puisse augmenter sa prise d'information, développer un langage intérieur efficace et ainsi améliorer ses capacités de traitement de l'information. Nous allons examiner maintenant comment ces conditions favorables au développement cognitif et métacognitif de l'enfant sourd interviennent également dans le processus de conceptualisation sur lequel sont fondés les apprentissages mathématiques, en particulier.

III-4-2-4 La conceptualisation

A quel niveau de chacune des trois principales étapes du processus de conceptualisation tel que nous l'avons défini dans le chapitre précédent les élèves sourds rencontrent-ils des difficultés ?

III-4-2-4-1 Un déficit expérientiel

Pour pouvoir extraire des ressemblances entre des situations qui paraissent différentes et en identifier des processus invariants, il est nécessaire que l'apprenant soit confronté à un nombre suffisamment conséquent de situations pour se constituer une base d'expériences, ce qui ne semble pas le cas d'une majorité d'enfants sourds. Le bagage expérientiel souvent insuffisant dans leur éducation évoqué précédemment nuit aux possibilités de construction d'invariants opératoires.

III-4-2-4-2 Le besoin d'un mode de communication confortable

Le fréquent manque de moyens de communication élaborés précocement implique pour certains enfants sourds des difficultés à s'abstraire du niveau perceptif et à objectiver les contextes et les situations qu'ils vivent pour conceptualiser. Il leur manque le « dire » pour prendre de la distance, commenter et généraliser le « faire ». Nous avons souligné à quel point la prise de distance nécessaire pour expliciter ses procédures et les discuter exige un mode de communication confortable. Or, dans les débats mathématiques tels que nous les avons décrits dans le chapitre II, non seulement les élèves sourds doivent préciser et argumenter leur point de vue, mais ils doivent aussi suivre les échanges dans le groupe et la parole qui passe des uns aux autres. Lorsqu'ils ne disposent pas d'un moyen de communication aisé, ils mobilisent toute leur attention pour lire sur les lèvres de leurs pairs mais aussi pour suivre les interactions, avec une perte d'informations encore plus grande.

III-4-2-4-3 Le besoin d'un système linguistique structuré

Au niveau de la nominalisation des propriétés caractéristiques du concept, qui permettent à ce dernier de changer de statut pour d'implicite devenir explicite, nous avons souligné combien un langage rigoureux joue un rôle fondamental. Lorsque les enfants sourds ne disposent pas d'une langue structurée, ils peuvent avoir « compris » intuitivement le signifié du concept mais éprouver des

difficultés pour représenter le concept dans un système de signifiants. Cette situation peut se retrouver chez des enfants sourds oralisants dont le niveau de français n'est pas suffisant pour maîtriser le vocabulaire et les structures syntaxiques spécifiques aux mathématiques que nous avons étudiés dans le chapitre II. Mais, des enfants sourds signeurs peuvent aussi ne pas maîtriser suffisamment la LSF pour exprimer des concepts abstraits ou comprendre l'interprète. Ils ont donc tous besoin d'améliorer leur connaissance de la langue qu'ils privilégient, pour représenter les concepts.

Pour résumer, sans actions suffisantes sur le réel et sans système linguistique structuré, les processus de conceptualisation et d'abstraction ne peuvent se mettre spontanément en place. Lorsque les enfants sourds bénéficient d'un environnement linguistique précoce efficace, il n'y a pas de retard démontré dans les travaux actuels (Courtin, Tremblay et Charron, *op. cit.*). Cependant, comme nous l'avons déjà souligné, les enfants scolarisés à l'heure actuelle sont encore rarement dans une telle situation éducative.

III-4-2-4-4 Des démarches de conceptualisation adaptées aux élèves sourds

Nous allons relater l'étude de R. Tremblay et F. Charron (1992) qui ont travaillé sur les démarches pédagogiques susceptibles de faciliter l'élaboration de concepts philosophiques mais qui nous donnent des repères intéressants quant au processus appliqué en mathématiques. Ils ont élaboré et testé dix « formules » pédagogiques fondées sur (1) un exposé magistral, (2) un jeu entre apprenants, (3) une discussion de groupe, (4) un exposé et une discussion à partir de schémas, (5) un exposé et une discussion à partir d'images symboliques et de textes, (6) un tutorat individualisé, (7) une analyse de texte, (8) une méthode inductive, (9) une méthode déductive, (10) des exercices de créativité. Les résultats obtenus positionnent en première place la discussion de groupe, viennent ensuite dans l'ordre, l'exposé et la discussion à partir d'un schéma et la méthode inductive. La démarche déductive arrive en cinquième position.

Que la démarche basée sur la **discussion de groupe** soit celle que les étudiants sourds préfèrent, ne nous étonne guère. Les situations où des personnes sourdes peuvent échanger sans entraves sont rares socialement et très motivantes pour elles. Ce phénomène est tout à fait similaire dans les classes et les situations où les élèves sourds sont regroupés : pour la plupart, ces enfants sont issus de milieu entendant et l'école est le premier lieu de communication confortable entre pairs. C'est encore une des raisons qui nous font privilégier l'intégration collective par rapport à l'intégration individuelle. Au-delà des aspects relationnels, que cette formule de discussion par groupe soit celle qui facilite le mieux la compréhension conceptuelle des élèves sourds, nous incite grandement à en tenir compte dans l'élaboration des séances d'apprentissages mathématiques.

De même, les bonnes performances d'une démarche pédagogique basée sur **l'exploitation de schémas,** devançant celle basée sur les images, nous confirment que le recours aux images, de par une

représentation trop proche de la réalité, peut nuire au processus de généralisation et rendre plus difficile une classification rigoureuse. Au contraire, les schémas présentent une structure dépouillée de détails anecdotiques et imposent un traitement à niveau d'abstraction supérieur.

En ce qui concerne une démarche orientée par **une logique inductive,** son rôle facilitateur dans la conceptualisation qui ressort de ces travaux, corrobore les options constructivistes que nous avons choisies.

Par contre, l'analyse qualitative de ces auteurs permet de constater que les personnes sourdes ont des difficultés avec la formule optimale des entendants, la logique déductive. D'un côté, ces résultats rappellent l'importance pour les personnes sourdes et donc les élèves, d'engager l'étude d'un concept par des exemples et des illustrations concrètes. Mais de l'autre, les difficultés singulières des personnes sourdes à saisir une démarche déductive, nous interrogent sur leur compréhension des rapports d'implications logiques. Nous rapprochons ce constat de la difficulté reconnue par tous les spécialistes de la surdité, que peut avoir un enfant sourd, du fait de sa perte auditive, dès son plus jeune âge, à établir des relations de causes à effets. Les événements surgissent dans son environnement sans qu'il ait pu s'y attendre, alerté par les bruits qui accompagnent cette irruption. Il ne peut alors pas établir de liens entre ces événements qui se succèdent sans qu'il comprenne leur enchaînement.

Nous retenons comme optimales pour les apprentissages conceptuels des élèves sourds, les démarches pédagogiques qui s'appuient sur la discussion de groupe, l'utilisation des représentations schématiques ainsi que les procédures collectives de découverte, tout en mesurant l'impact des difficultés d'implications logiques dans les apprentissages mathématiques.

Au final, le retard de développement cognitif que l'on peut observer chez certains élèves sourds doit être analysé en fonction de leur contexte éducatif, linguistique et culturel et ne peut pas être généralisé de façon systématique et abusive. Les difficultés scolaires des élèves sourds peuvent tenir à d'autres facteurs comme une communication difficile avec l'enseignant, avec la discipline enseignée ou encore avec ses pairs, comme à des fonctionnements cognitifs peu exploités habituellement en classe ordinaire ou encore à des comportements socio affectifs liés à une construction particulière de son identité. Une bonne grille de lecture d'une situation d'enseignement à des élèves sourds ne saurait se limiter à des connaissances relevant de tel ou tel domaine.

Du fait que les facultés cognitives n'existent pas indépendamment du contexte dans lequel elles sont sollicitées, il y a nécessité de s'attacher aux contenus d'enseignement propres aux différents champs disciplinaires, c'est-à-dire, pour nous, aux mathématiques.

III-4-3 Le développement des compétences mathématiques chez les élèves sourds

Les mathématiques passent souvent au second plan dans l'éducation des enfants sourds et dans les préoccupations des enseignants. Les besoins langagiers de ces élèves sont tellement centraux que bien souvent toute l'énergie des éducateurs y est investie. Les capacités cognitives développées ci-avant y ont été déclinées en fonction des compétences mises en œuvre dans les apprentissages mathématiques. N'oublions pas non plus, que les élèves sourds sont avant tout des élèves ; c'est donc dans le cadre théorique général sur les apprentissages mathématiques (voir chapitre II) que nous nous proposons d'examiner les difficultés et les potentialités particulières que certains d'entre eux peuvent détenir.

III-4-3-1 Les habiletés numériques

Plusieurs études permettent d'affirmer que la déficience auditive implique des difficultés dans les acquisitions mathématiques. Les plus récentes, celles de Nunes et Moreno (1998), situent les enfants sourds à plus d'un écart-type en dessous de la moyenne des enfants entendants. Selon J. Leybaert (2006, p. 224), une autre étude menée en Angleterre par Wood en 1984 sur la quasi-totalité des adolescents sourds de 15-16 ans indique que leurs difficultés en lecture sont nettement plus importantes qu'en mathématiques mais seulement 15% d'entre eux atteignent un niveau en mathématiques correspondant à leur âge. Ces travaux révèlent par la même occasion que les enfants intégrés dans l'enseignement ordinaire obtiennent un niveau supérieur à ceux scolarisés dans des établissements spécialisés, mais toujours inférieur à celui des entendants, avec 2 ans et demi à 3 ans d'écart. Ils attestent que les facteurs liés au niveau de surdité, au sexe, au type de scolarité ne peuvent être retenus comme causes de ce constat. Pour tenter de trouver des raisons qui expliqueraient ce retard, J. Leybaert a entrepris des recherches sur les premiers apprentissages numériques de très jeunes enfants sourds signeurs (*ibid.*, p.230). Au niveau de l'acquisition de la chaîne numérique verbale les enfants sourds ont plus de mal que les entendants, mais dans la maîtrise de la chaîne signée (en langue des signes belge), les enfants sourds manifestent un retard de deux ans par rapport aux enfants entendants. Une raison invoquée pourrait concerner la mémoire.

III-4-3-1-1 La mémorisation de la chaîne numérique

La rétention de la suite numérique fait nécessairement intervenir la mémoire de travail. Chez les enfants entendants, cette mémorisation de la suite des nombres fait intervenir la mémoire auditivo-verbale alors que chez les enfants sourds signeurs, c'est la mémoire visuo-spatiale qui est mobilisée. Or l'utilisation d'une forme de codage spatial est bien adaptée à la mémorisation de la localisation des items mais moins appropriée pour retenir une séquence. Cette hypothèse en relation avec la structure des langues utilisées dans l'acquisition de la suite numérique pourrait expliquer le décalage de performance. Par contre, les enfants sourds réussissent mieux que les entendants à effectuer le comptage à rebours. Leybaert explique ce résultat par le fait que « la séquence des nombres est stockée

dans une mémoire visou-spatiale chez l'enfant sourd signant, mémoire qui peut être scannée de manière quasi aussi efficiente à l'endroit qu'à rebours » (*ibid.*, p.231).

III-4-3-1-2 Le dénombrement

En mathématiques, le dénombrement est un schème qui se met en place dès les premières années. Lorsqu'un jeune enfant apprend à compter, il doit pointer tous les objets, un à un, sans en oublier et sans pointer deux fois le même, tout en énonçant la suite numérique conservée en mémoire et restituée de façon synchrone. De plus, l'enfant doit être capable de générer cette conduite à chaque fois que se présente à lui une situation de dénombrement. Ce schème repose sur des invariants opératoires qui sont, par exemple, l'utilisation par l'enfant de théorèmes-en-actes comme : « *Quel que soit l'ordre dans lequel je compte, je trouverai le même résultat* ». Le principe cardinal, qui consiste à savoir implicitement que, si on pose la question : « *Combien y a-t-il d'objets ?* » la réponse est donnée par le dernier mot prononcé dans la comptine numérique, constitue un exemple de concept-en-acte. Ainsi dénombrer une collection, repose non seulement sur la mémorisation de la chaîne numérique mais sur des opérations conceptuelles (Duquesne, 1998, 1999, 2001).

Or, malgré une chaîne numérique plus courte, à niveau scolaire égal, les enfants sourds témoignent de capacités de dénombrement et de compréhension du principe de cardinalité correspondant à celles des enfants entendants. Il semble donc que « le développement conceptuel des sourds, évalué par la tâche de dénombrement de collections, soit équivalent à celui des entendants de même niveau scolaire alors que leur développement linguistique est sensiblement retardé » (Leybaert, 2006, p. 232).

III-4-3-1-3 Le calcul

Pour réaliser des additions simples, les enfants commencent par compter les objets de chaque collection, les réunissent et dénombrent l'ensemble constitué de tous les objets. Progressivement, ils opèrent sans réunir physiquement les objets mais en comptant la première collection et en poursuivant le comptage sur les objets de la deuxième. Petit à petit, ils utilisent leurs doigts comme témoins des quantités à ajouter et enfin ils abandonnent tout référence aux objets pour traiter les cardinaux des deux collections avec les règles de calcul. Les procédures de calcul font intervenir la mémoire de travail, pour retenir les nombres à additionner et récupérer les faits numériques dans la mémoire à long terme (Duquesne, *op. cit.*).

Les enfants sourds présentent des difficultés pour effectuer des calculs qui ne sont pas vraiment encore expliquées. Puisque les procédures initiales utilisées pour faire du calcul requièrent l'utilisation des doigts et que les enfants sourds utilisent leurs doigts aussi pour représenter les mots-nombres, on peut se demander s'il n'y a pas télescopage entre les deux types d'utilisations des doigts. Nunes et Moreno (*op. cit.*) ont étudié les stratégies utilisées pour effectuer une soustraction, *a-b*. Les enfants entendants utiliseraient le comptage en avant de *b* jusqu'à *a* ou un comptage à rebours à partir de *a* en s'arrêtant à

b. Les enfants sourds feraient une estimation de l'écart, en gardant sur les doigts d'une première main la trace de ce cardinal. Avec l'autre main, ils représenteraient *b*, soit avec le signe de LSF si *b* est grand, soit à l'aide d'une représentation cardinale si *b* est petit (inférieur à 5). Puis, à partir du nombre de cette deuxième main, ils compteraient les doigts de l'autre main : s'ils arrivent à *a*, c'est que leur estimation était bonne, sinon, ils doivent refaire une autre estimation et itérer la même stratégie. Comme les entendants, ils utilisent le comptage, mais pour vérifier une estimation alors que les enfants entendants comptent pour générer une réponse. Cependant cette difficulté liée au comptage manuel n'est pas confirmée par d'autres études.

Des travaux de Bebko, signalés par Courtin, indiquent une plus grande lenteur des enfants sourds dans le calcul mental (Courtin, 2002, p. 193). Les capacités de mémoire de travail et la maîtrise d'une langue de travail sont alors à nouveau invoquées. Si l'enfant sourd maîtrise mal la langue qu'il utilise pour effectuer le calcul, la conservation des nombres sera d'autant plus difficile à effectuer, elle occupera donc plus de place en mémoire de travail et il en restera d'autant moins pour opérer le traitement ou récupérer les faits numériques.

Dans la situation d'enseignement actuelle, les enfants sourds sont majoritairement enseignés en français, c'est donc cette hypothèse qui nous semble la plus pertinente.

III-4-3-1-4 La résolution de problèmes numériques

Au niveau de la résolution de problèmes arithmétiques de type additif (étudiés dans le chapitre II), les enfants sourds montrent aussi des performances inférieures à celles des entendants mais l'ordre de difficulté pour les résoudre serait le même : les problèmes de transformations sont mieux réussis que ceux de compositions eux-mêmes mieux réussis que ceux de comparaisons. De même, à l'intérieur des problèmes de transformations, la recherche de l'état final est d'abord réussie puis celle de la transformation et enfin celle de l'état initial (Leybaert, *op. cit.*, p. 238). Là aussi, les facteurs linguistiques interviennent nécessairement au niveau de la lecture des énoncés.

Au final, les rares études dans le domaine des apprentissages mathématiques chez les enfants sourds laissent à supposer un cheminement de développement conceptuel semblable à celui des entendants mais présentant un décalage : nous faisons l'hypothèse que ce retard est principalement lié à des difficultés dues à un environnement linguistique appauvri. Nous espérons qu'une scolarisation adaptée puisse réduire cet écart en permettant à tous les enfants sourds d'accéder au français écrit et ce par le biais d'un mode de communication et d'une langue de travail maîtrisés, quels qu'ils soient.

III-4-3-1-5 Les relations circulaires entre les concepts mathématiques

De façon empirique, nos observations des enfants sourds en cours d'activité mathématique, ont fait ressortir des difficultés relatives à la circularité des propriétés mathématiques qui nous paraissent plus

importantes que pour des enfants entendants. Comme nous l'avons signalé dans le chapitre II, en mathématiques, un objet peut être caractérisé de plusieurs façons ou avoir différentes fonctions.

Par exemple, en géométrie, un parallélogramme est tout à la fois :
- un quadrilatère dont les côtés opposés sont parallèles deux à deux
- un quadrilatère dont les côtés opposés sont de même longueur deux à deux
- un quadrilatère dont les côtés opposés sont parallèles et de même longueur
- un quadrilatère dont deux côtés opposés sont parallèles et de même longueur
- un quadrilatère dont les diagonales se coupent en leur milieu et dont les côtés opposés sont parallèles
- un quadrilatère dont les diagonales se coupent en leur milieu

Une des caractéristiques essentielles des mathématiques réside dans le fait que les propriétés sont nécessaires et suffisantes ou pas, mais elles se renvoient les unes aux autres, sans qu'il soit possible de dire lesquelles sont premières ni lesquelles sont les plus importantes. Toute propriété peut être, soit déduite des autres, soit un point de départ, c'est-à-dire une définition lorsqu'elle elle est nécessaire et suffisante.

De même, dans le champ numérique, les différentes écritures d'un nombre ou la lecture possible dans les deux sens d'une égalité renvoient les écritures les unes aux autres sans que l'une soit première ou plus importante : selon la situation et l'économie de traitement qu'elle procure, on utilise l'une en faisant abstraction de l'autre. Pour résoudre une équation du second degré par exemple, on choisira une forme factorisée plutôt que son développement.

Ainsi, circuler d'une écriture à une autre, déduire une propriété d'une autre, et inversement, c'est travailler au niveau de la réversibilité des propriétés.

Notre expérience nous a fait remarquer que certains élèves sourds ont tendance à s'accrocher à la première forme, à la première écriture ou à la première propriété rencontrée, comme si elle était la plus importante et même quelquefois, comme si c'était la seule vraie. Il nous semble que cette difficulté peut être mise en corrélation, avec la mauvaise maîtrise d'une langue première ou naturelle : l'apprentissage d'une langue de base favorise l'apprentissage d'autres systèmes linguistiques comme les systèmes de signifiants utilisés en mathématiques. Nous interprétons aussi ce type de difficulté en lien avec les capacités à extraire une connaissance de son contexte d'apprentissage, c'est-à-dire en rapport avec des capacités d'abstraction dont le développement a déjà été évoqué. Enfin, certaines démarches pédagogiques « habituelles » avec ces élèves, en ne favorisant pas une démarche de découverte et l'émission d'hypothèses, pourraient accentuer les difficultés à envisager d'autres possibles que ce qui est présent, d'autres représentations, d'autres fonctions ou d'autres solutions. Envisager avec ces élèves, la diversité des formes et des fonctions des objets ou envisager la circularité de leurs relations, réclame souvent une intervention pédagogique spécifique et récurrente.

L'utilisation systématique de divers systèmes de signifiants et d'activités de reformulation d'un système à l'autre peut permettre de faire évoluer cette situation.

III-4-3-2 Une pensée « visuelle »

La forme iconique de la langue des signes peut-elle influer sur les apprentissages mathématiques des enfants qui la pratiquent ? Vygotski disait que « le langage ne sert pas d'expression à une pensée toute prête. En se transformant en langage, la pensée se réorganise et se modifie. Elle ne s'exprime pas mais se réalise dans le mot » ; nous pourrions ajouter de même avec les signes de la LSF. Il y a donc des chances que s'exprimer avec une langue qui donne « à voir » les informations dans un espace de signation, organise et façonne la pensée des locuteurs.

Des signes iconiques et génériques

Lorsqu'un élève emploie un terme abstrait ou un signe, il se réfère d'abord à une situation (ou à un objet) déterminée, typique. Ce n'est qu'ensuite, qu'il étend et généralise le sens du terme, en faisant référence non plus à une situation particulière mais à toute une classe de situations. Par exemple un triangle est signé dans une position spatiale avec une de ses bases horizontale, un carré est signé lui aussi posé sur l'un de ses côtés à l'horizontale. Chacun de ces signes, lorsqu'il est générique, renvoie l' « image » d'un cas particulier extrait de l'ensemble de tous les triangles (carrés) possibles. L'attache de certains signes LSF à des situations prototypiques représentant les concepts comporte un avantage certain, dans une première phase de nominalisation, puisque la référence analogique donne du sens à la représentation signée. Dans un deuxième temps, nous devons amener les élèves à étendre ces concepts et les signes qui y sont associés, à *tous* les triangles et à *tous* les carrés, par exemple.

C'est cette mise à distance du signe par rapport à la situation initiale de référence qui nous semble constituer un enjeu important et peut provoquer des difficultés chez certains enfants sourds. En voici un exemple relevé en 6e :

> G. révise les fractions avec son enseignante de soutien. Il est mis devant une collection de 28 jetons et il doit en prendre le quart. En LSF, un quart se signe en positionnant dans l'espace, le signe « un » en haut de l'espace de signation, un trait qui sépare ce dernier en deux parties et le signe « quatre » en dessous. Au bout de plusieurs essais infructueux, l'enseignante lui rappelle et lui « signe » la fraction correspondante : ¼. A cet instant, un éclair l'anime et en étant bien convaincu d'avoir enfin compris ce qu'on attendait de lui, il propose la solution suivante :
>
>

> Ainsi, ce collégien, pour comprendre une notion dont il avait oublié le sens, se « raccroche » à l'iconicité supposée du signe. Malheureusement, l'iconicité dans ce cas est liée à l' « image » de l'écriture (du signifiant) et non pas à la part de jetons représentée (le signifié).

Ainsi, en faisant appel à des éléments du référent dans ses représentations iconiques, la LSF établit une relation spéciale entre le signifié et le signifiant, qui n'engendre certainement pas la même manière d'extraire les caractéristiques des concepts et de les distinguer, que celle utilisée en français. De même, la globalité et la simultanéité des informations transmises en LSF obligent à opérer une transformation radicale de la présentation des informations pour aboutir à leur linéarisation et leur mise en séquences dans les écritures mathématiques.

III-4-4 Des besoins de formation pour prendre en compte les modes d'apprentissages des élèves sourds en mathématiques

Le questionnaire que nous avons fait remplir aux enseignants lors de leur arrivée en formation révèle entre autres que nombre d'entre eux reconnaissent éprouver des difficultés à enseigner les mathématiques à des élèves sourds (voir annexe 5, p.10). Nous verrons dans la partie investigation que la grande majorité invoque des raisons d'ordre langagier : soit au niveau communicationnel soit des difficultés qualifiées de « manque de vocabulaire ».

C'est d'abord leurs besoins que nous devons prendre en compte pour répondre à leur situation d'inconfort et de désarroi. Nous faisons l'hypothèse que s'ils sont mieux armés, pour répondre de leur côté aux besoins des élèves sourds, l'augmentation de leur professionnalisme qui s'ensuivra, dans un ensemble de réactions circulaires, à son tour améliorera le développement des compétences des élèves sourds et en retour diminuera leur malaise. L'enjeu du choix de nos scénarios de formation se décline donc à deux niveaux. L'objectif principal que nous visons est d'amener les enseignants-stagiaires à s'interroger sur les relations entre l'énonciation et la conceptualisation dans les apprentissages mathématiques pour leurs élèves sourds. La prise de conscience chez les enseignants que nous cherchons à mettre en scène s'appuie, suite à ce chapitre, sur les hypothèses que notre analyse des besoins particuliers des enfants sourds dans leurs apprentissages mathématiques a permis de mettre à jour.

Nous incitons d'une part, les enseignants à se demander quel rôle joue le mode de communication utilisé par les enfants sourds et le niveau de structuration de leur langage. Nous distinguerons le niveau de la compréhension de la consigne et de la mise en activité, de celui des interactions entre pairs pour chercher un problème, de celui des échanges pour participer à un débat scientifique, de celui pour accompagner l'action et développer une attitude métacognitive, de celui pour représenter les concepts mathématiques. D'autre part, nous visons, dans une démarche complémentaire, à ce que les

enseignants prennent conscience du rôle que joue l'activité de l'enfant sourd dans la construction de connaissances mathématiques.

CONCLUSION DU CHAPITRE III

Les hypothèses dégagées dans ce chapitre, sur lesquelles nous nous appuierons sont articulées autour des besoins spécifiques des élèves sourds dans leurs apprentissages mathématiques. Le déficit expérientiel évoqué chez certains enfants sourds, et le rôle facilitateur de la démarche inductive sont pour nous des repères fondamentaux pour construire des situations d'apprentissage mathématiques de découverte, de type expérimental. La mise en activité et la formalisation des connaissances sont facilitées par des supports visuels et schématiques. Les élèves sourds ont besoin pour apprendre, d'échanges entre pairs. Ces interactions dans les groupes d'apprentissage lors d'une activité de recherche nécessitent que les élèves sourds disposent d'une langue de travail confortable. Des aides à la communication sont à prévoir dans le dispositif de scolarisation. L'exigence de maîtriser un langage rigoureux pour représenter les connaissances mathématiques et les généraliser à d'autres situations, renvoie aux besoins des élèves sourds, quels que soient leur langue de référence, et donc à la nécessité pour l'institution de développer l'enseignement de la LSF pour les élèves qui en ont besoin et l'apprentissage du français écrit. Par voie de conséquence, une formation approfondie en LSF pour les enseignants spécialisés, un recrutement plus important d'enseignants de LSF et une amélioration de leur formation, sont aussi des conditions d'optimisation des apprentissages mathématiques pour la majorité des élèves sourds scolarisés.

A partir de ces hypothèses, nous cherchons à accompagner les enseignants dans la mise en œuvre effective de ces principes, en tenant compte des conditions socio affectives d'une scolarisation de tous les enfants. Nous réfléchirons à :

- *comment mettre en place une zone de dialogue et gérer les interactions dans une classe où sont scolarisés des élèves sourds ?*

Si tous les élèves sont sourds, encore faut-il qu'ils aient tous le même mode de communication or ce n'est pas toujours le cas puisque dans un même lieu on peut rencontrer des enfants dont les parents ont fait des choix différents concernant le mode de communication de leur enfant. De plus, les enseignants doivent eux-mêmes maîtriser ces modes de communication de façon approfondie pour être capables de gérer des échanges de type argumentatif entre leurs élèves. La difficulté risque d'être encore plus grande si les enfants sourds sont scolarisés au sein d'une classe qui comporte aussi des élèves entendants : la gestion ne peut être faite simultanément pour les deux groupes d'enfants par l'enseignant lui-même. Par contre, s'il est secondé par une interface de communication, un interprète ou un codeur, la gestion pourra être faite via cet intermédiaire moyennant cependant un certain décalage temporel et une organisation de la prise de parole très stricte.

- *comment organiser le travail réflexif de l'apprenant sourd ?*

Là encore, un accès tardif et une mauvaise maîtrise d'une langue, que ce soit la langue française ou la LSF, accentuent les difficultés pour organiser ce travail réflexif du côté de l'enseignant. La prise de conscience par la mise en mots ou en signes de l'action est plus difficile à assurer lorsque les élèves disposent d'un faible niveau de langue pour le faire.

- c*omment créer des conditions d'un apprentissage signifiant pour un élève sourd ?*

Pour que l'apprentissage s'enclenche, il doit avoir du sens pour l'apprenant. D'une part, la connaissance de la zone proximale de développement et des conceptions initiales des élèves, représente une première condition nécessaire pour produire de la motivation. Or, lorsque les élèves sont sourds et qu'ils ne partagent pas de façon aisée le même mode de communication avec leur enseignant, il est particulièrement difficile pour ce dernier d'accéder à cette connaissance par une évaluation adaptée. D'autre part, les enfants et adolescents sourds ayant peu de communication dans leur vie quotidienne, sont pour la plupart en recherche continuelle de sens de tout ce qui les entoure sans réussir à établir facilement de liens entre les événements et les éléments de leur environnement : leurs conceptions initiales sont souvent assez surprenantes et différentes de celles de leurs pairs sourds de milieu familial sourd ou de leurs pairs entendants de même âge. L'écart entre ces conceptions et les concepts scientifiques, objets de l'apprentissage, n'en est que plus grand. Les mises en situation de savoirs, porteuses de sens pour ces élèves restent à imaginer.

- *comment conjuguer sécurité et déstabilisation dans l'apprendre pour les élèves sourds ?*

Un enfant sourd se trouve perpétuellement dans une situation d'insécurité. Sa perte auditive induit qu'il n'a pas accès aux informations qui émanent de son environnement et des difficultés pour mettre en relation logique les événements qui lui arrivent ; l'insécurité est engendrée par l'incompréhension du monde qui l'entoure. Toutefois, la situation d'apprentissage est nécessairement déstabilisante. Un élève sourd aura plus de difficultés à accepter avec confiance cette remise en cause de ses savoirs antérieurs.

- c*omment favoriser la décontextualisation des connaissances des enfants sourds ?*

Un apprentissage est réussi lorsque l'apprenant utilise spontanément ses nouvelles connaissances dans des situations autres que celles qui ont servi à l'apprentissage. La diversité des situations requise pour reconnaître des ressemblances en faisant abstraction de leurs différences n'est pas toujours un contexte propice à enclencher le processus d'apprentissage : la peur de ne pas savoir, de ne pas réussir, peut inciter un enfant sourd à s'enfermer dans des situations maîtrisées donc familières et connues. Le besoin de se limiter aux situations « concrètes » peut signifier une recherche de situation sécurisante.

Avant d'envisager les stratégies de formation à concevoir pour répondre à tous ces besoins tout en tenant compte des contraintes du dispositif de formation et du système de scolarisation des enfants sourds, nous allons faire une synthèse des éléments théoriques qui ont mis en évidence cette complexité.

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE ET PROBLEMATIQUE

Avant de présenter dans une deuxième partie notre propre travail d'investigation, il nous faut faire (A) une synthèse rapide des références théoriques que nous avons convoquées. Ensuite nous regrouperons, en les structurant au sein d'une problématique (B), les questions que nous nous sommes posées, et proposerons sous forme d'hypothèses (C), des réponses anticipées à ces questions. Enfin nous présenterons le paradigme de recherche (D) dans lequel nous nous inscrivons et un premier état des méthodes d'investigations que nous avons mises en œuvre.

A- Une synthèse des repères théoriques

Enseigner les mathématiques à des jeunes personnes sourdes exige de conjuguer la connaissance de leurs besoins éducatifs particuliers avec l'analyse des concepts mathématiques à enseigner, des tâches qui permettent leur construction et des capacités qu'ils requièrent. Former des enseignants à la conception et à la gestion de ces mises en scène pédagogiques nécessite aussi une analyse des situations qu'ils rencontrent et de l'activité qu'ils mettent en œuvre pour les résoudre. Nous avons mis à jour la complexité du travail de construction par les enseignants en formation de connaissances singulières relatives à l'enseignement des mathématiques, à l'accessibilité de ces savoirs par des élèves sourds tout en tissant des liens entre expériences, réflexions, actions et relations à l'environnement.

Un système complexe

Nous avons défini la complexité d'un système au sens de Morin, c'est-à-dire constitué d'une multiplicité d'éléments différents, avec des liens, des antagonismes et des interactions entre ces éléments, auxquels peut s'ajouter une instabilité des situations. Le système que nous étudions c'est l'enseignement des mathématiques aux élèves sourds. Dans cette première partie, nous avons essayé d'analyser successivement les facteurs de complexité impliqués dans ce système. Nous avons considéré au sein des composants de ce système, les acteurs, les personnes, c'est-à-dire les enfants et adolescents sourds d'un côté et les enseignants de l'autre. Nous avons fait intervenir et étudié les objets de savoirs, les mathématiques et les modes de représentation et de communication des personnes, c'est-à-dire les langages. Au niveau des relations entre les éléments, nos préoccupations se sont orientées vers les interactions entre les acteurs, par exemple avec les représentations qu'ont les enseignants du handicap, des personnes handicapées et plus particulièrement de celles qui sont sourdes. Nous avons envisagé aussi les interactions des personnes avec les savoirs c'est-à-dire les rapports qu'entretiennent les enseignants comme les élèves sourds avec les mathématiques et avec les divers modes de communication utilisés dans le champ de la surdité. De plus, nous avons cherché à montrer comment les interactions entre les objets de savoirs sont des variables qui participent aussi de la complexité de la situation : par exemple, les relations qui existent entre les divers systèmes de

signifiants utilisés en mathématiques, la place du français ou d'un autre mode de communication oral, ou encore l'importance de l'écrit dans les apprentissages en mathématiques. Nous avons proposé dans le chapitre I, un schéma qui récapitule les interactions entre les éléments qui constituent le système d'enseignement des mathématiques à des élèves sourds (voir figure 1, p.22).

Une approche globale et multidimensionnelle

Les outils, concepts et catégories fondamentaux qui fondent la manière dont nous avons re-construit et analysé les problèmes de la professionnalisation de la formation des enseignants de mathématiques pour les élèves sourds sont :

- *la neuropsychologie et la psychologie cognitive*. La connaissance de la surdité dans ses aspects physiologiques influe sur le développement du sujet et son fonctionnement cognitif. Cette connaissance a permis de prendre en compte les particularités des activités à proposer pour rendre accessibles aux élèves sourds les savoirs mathématiques et contrôler certaines variables des situations d'apprentissage.

- *les sciences du langage*. La connaissance des caractéristiques de la langue des signes et de ses différences par rapport à la langue française a permis de mieux cerner les difficultés des enfants sourds à apprendre le français oral et écrit avec les incidences sur leurs apprentissages scolaires. La compréhension du mode de fonctionnement de la LSF apporte des éléments éclairant sur les possibilités de développement de toutes les potentialités des élèves sourds et sur les conditions d'une adaptation des dispositifs de scolarisation pertinente.

- *la psychologie cognitive-développementale*. La surdité et les difficultés de communication qu'elle risque d'entraîner, mettent en jeu les fonctions cognitives des élèves sourds et leur potentiel d'apprentissage, c'est-à-dire que la perspective développementale est concernée et a été mobilisée.

- *la didactique et l'épistémologie des mathématiques*. Une analyse du contenu mathématique des activités nous a semblé incontournable pour discriminer dans les conduites des élèves sourds ce qui relève des difficultés liées à la tâche de celles liées à leurs caractéristiques de fonctionnement cognitif. L'analyse a aussi porté sur les démarches sollicitées et les registres de représentation utilisés ou disponibles au niveau des enseignants pour concevoir les adaptations pédagogiques à mettre en place.

- *la didactique professionnelle et la psychologie du travail*. Une meilleure compréhension du travail d'enseignant et de ses effets afin de les transformer nous a invitée à analyser les tâches réelles auxquelles est confronté un professeur, les activités effectives qui caractérisent le métier, les compétences que ces activités mettent en jeu. Une analyse de type ergonomique a révélé la distance existant entre ce qui est fait réellement au niveau de l'enseignement des mathématiques et ce qui est prévu par l'organisation du travail au niveau institutionnel et social. Les cadres de la didactique

professionnelle nous ont permis d'en extraire des outils pour comprendre comment se construisent des savoirs, des compétences ou une identité, à partir de l'analyse clinique de situations singulières et de l'activité. Plus particulièrement, ces cadres nous ont aidée à mettre en avant le rôle de la conceptualisation dans le développement des compétences professionnelles.

- *les sciences de l'éducation*. Pour comprendre la complexité du contexte liée aux apprenants sourds et aux situations d'enseignement des mathématiques, nous avons emprunté aux sciences de l'éducation des outils intégrateurs. Nous avons eu besoin d'éclaircir les enjeux d'une formation adaptée dans la perspective d'envisager des scénarios de formation qui respectent cette complexité : « l'action de concevoir procède de démarches exploratoires, finalisées, reliantes et construites localement, qui, par essence même, concernent *l'Homme et ses organisations* » (J. Clenet, 2006), c'est-à-dire les sciences humaines et plus particulièrement celles de l'éducation.

Nous avons choisi de présenter une approche globale, loin d'être exhaustive mais suffisamment explicite dans chacun des domaines impliqués pour favoriser la lecture des professionnels non spécialisés dans le champ concerné. Le schéma suivant tente de récapituler notre approche théorique interdisciplinaire :

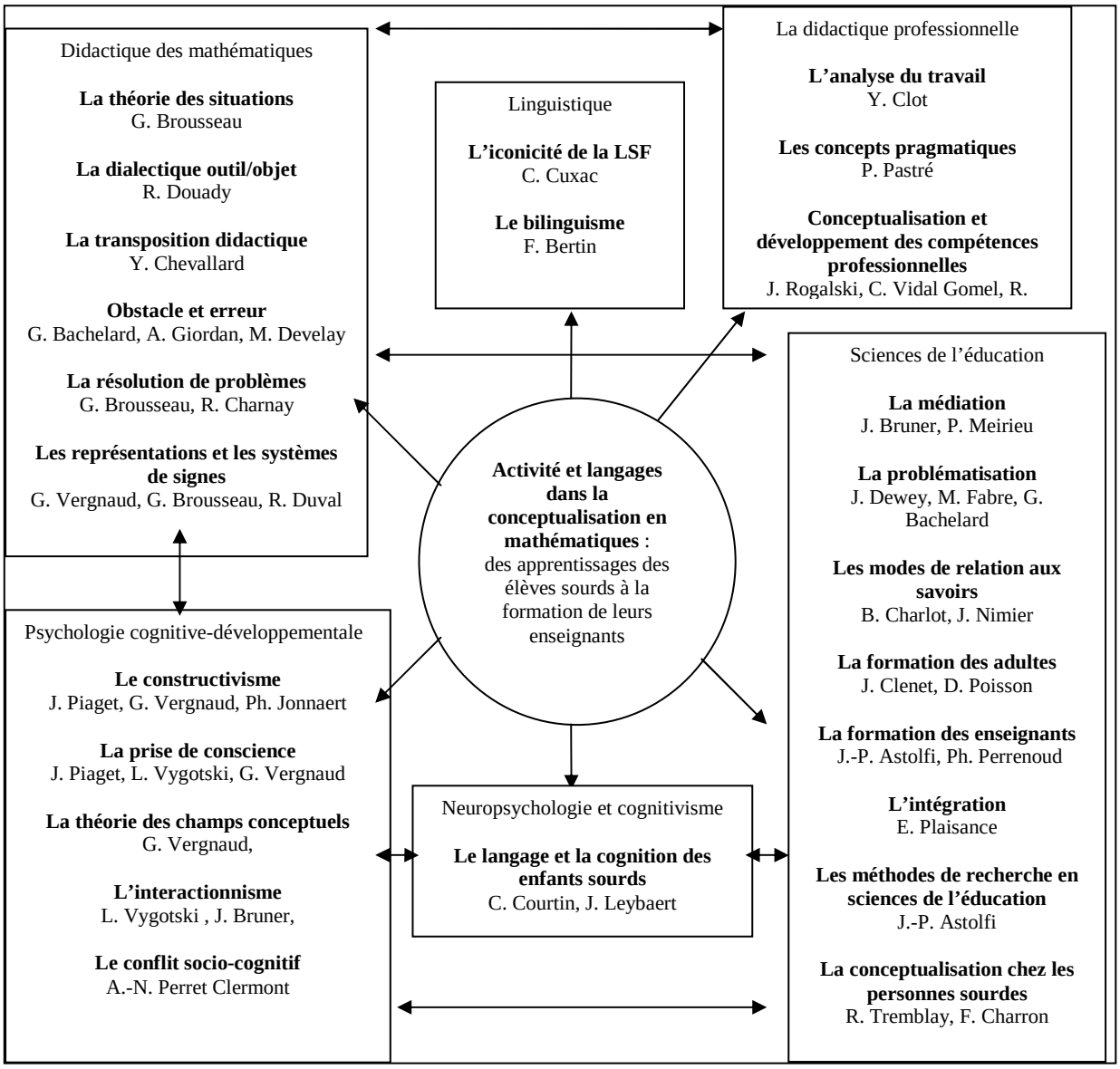


Figure 8 : Une approche théorique interdisciplinaire

B- La problématique

Le travail se déploie autour de trois catégories de questions qui se sont enchaînées les unes aux autres au fur et à mesure de l'avancée de la recherche et ont débouché sur un questionnement intégrant les unes aux autres. De même les hypothèses se sont construites chemin faisant selon une démarche constructiviste que nous avons appliquée à notre propre activité de recherche. Si les questions et les hypothèses se sont réparties et ont évolué au fil de la recherche, la linéarité du discours nous impose de les exposer de façon ramassée et ordonnée.

Les premières questions sont relatives aux représentations et à la gestion effective par les enseignants du premier degré des apprentissages mathématiques de leurs élèves sourds. Les secondes se rapportent d'une part, aux connaissances des enseignants sur la place des activités langagières dans les

apprentissages mathématiques. D'autre part, des questions complémentaires concernent la prise en compte par les enseignants des activités expérientielles dans la conceptualisation en mathématiques. La mise en relation de ces trois axes de réflexion introduit un troisième questionnement, plus global, sur la nature d'une formation visant à transformer les pratiques des professeurs qui enseignent les mathématiques aux élèves sourds.

Les questions relatives à la gestion effective par les enseignants des apprentissages mathématiques de leurs élèves sourds

Les enseignants du premier degré qui enseignent les mathématiques à des élèves sourds font souvent état de leurs difficultés à organiser les situations d'apprentissage. De quelle nature sont ces difficultés ? Comment les interprètent-ils et en fonction de quels paramètres les analysent-ils ? Quels sont leurs besoins et leurs attentes en formation pour surmonter ces difficultés ?

Les questions relatives à la connaissance des enseignants de la place des activités langagières dans les apprentissages mathématiques

Suite aux observations de terrain et au recueil des données précédentes, les enseignants rendent majoritairement les seules difficultés langagières responsables de tous les obstacles que rencontrent les élèves sourds face aux activités mathématiques. Les questions qui se sont alors posées à nous ont trait aux possibilités en formation de transformer cette représentation vers une analyse plus fine des diverses fonctions des systèmes de signifiants en mathématiques. Dans quelles situations problèmes seraient-ils conduits à réfléchir sur la place que tiennent les difficultés de communication des enseignants avec leurs élèves sourds, des enfants sourds entre eux ou avec d'autres élèves ? Comment les faire se questionner sur les conditions d'organisation d'une classe pour qu'un mode de communication minimal soit partagé entre les enseignants et les élèves sourds ? Comment concevoir des activités de recherche avec des phases de verbalisation des démarches des élèves, d'échanges et d'argumentation dans un débat scientifique, lorsque les élèves et l'enseignant ne partagent pas tous le même mode de communication ? Quelles contraintes et quelles solutions possibles en découle-t-il ?

Quelles situations de formation leur feraient prendre conscience de tous les enjeux des activités langagières dans l'activité mathématique sans réduire les unes aux autres ? Comment les amener à réaliser l'importance d'un étayage par l'écrit dans la mise en place d'un raisonnement mathématique ? Comment les aider à construire des situations d'apprentissage confortables au niveau de la communication pour mobiliser leurs élèves sourds ?

Les questions relatives à la prise en compte par les enseignants des activités expérientielles dans la conceptualisation des mathématiques

Une grande majorité d'enseignants pensent que les enfants sourds, et particulièrement ceux qui ne maîtrisent pas vraiment une langue, n'arrivent pas abstraire ou à généraliser. Comment les amener à réaliser l'importance de l'expérimentation, de l'action expérientielle dans divers contextes, au niveau du processus de conceptualisation ? Comment les conduire à concevoir que la verbalisation ou l'oralisation ne sont pas des critères d'élaboration d'un concept ? Quelles situations les conduiraient à replacer les unes par rapport aux autres, l'activité expérientielle du sujet sourd, le mode de communication, l'accompagnement de la pensée par une langue et le mode de représentation des connaissances dans une résolution de problème mathématique ?

Les questions relatives à la nature d'une formation visant à transformer les pratiques des enseignants de mathématiques pour des élèves sourds

Au final, la question première qui a motivé l'entreprise de ce travail se résume à : comment contribuer à améliorer la formation de ces enseignants pour mieux répondre à leurs besoins professionnels ? Quel type d'accompagnement leur permettrait de concevoir une meilleure adaptation pédagogique aux besoins des élèves sourds ? La professionnalisation peut-elle se réaliser dans et par l'action, la mise en situation, suivie d'une prise de conscience de cette action ? La prise de conscience suffit-elle à transformer les pratiques ?

C- Les hypothèses

Comme notre problématique, ces hypothèses portent sur trois aspects : la gestion effective des apprentissages, l'évolution des représentations sur les places respectives des langages et de l'activité dans la conceptualisation des mathématiques et la nature d'une formation dont le but est de transformer certaines pratiques professionnelles. Ces hypothèses se sont élaborées successivement tout au long de l'expérimentation aux cours desquelles des hypothèses intermédiaires ont été complétées par les suivantes.

Les hypothèses relatives à la gestion effective par les enseignants des apprentissages mathématiques de leurs élèves sourds

Nous sommes partie d'hypothèses établies implicitement liées à notre expérience d'enseignante de mathématiques confrontée aux apprentissages des enfants sourds.

Première hypothèse implicite : *la conceptualisation mathématique*

La principale difficulté, à la fois des élèves sourds et des enseignants pour élèves sourds, dans les situations d'enseignement-apprentissage des mathématiques, est liée aux processus de conceptualisation en mathématique.

En lien avec cette première hypothèse, nous en avons induit deux sous hypothèses :

Deuxième hypothèse implicite : les spécificités linguistiques des élèves sourds
Les difficultés à élaborer des concepts mathématiques sont liées aux problèmes spécifiques des langages dans le contexte de la surdité.

Troisième hypothèse implicite : *les démarches pédagogiques*
Les difficultés liées à la conceptualisation mathématique sont liées d'autre part aux méthodes pédagogiques expositives et déductives principalement mobilisées par les enseignants pour ce public.

Nous avons d'abord supposé que le rapport aux savoirs mathématiques des élèves sourds implique des difficultés d'apprentissage liées à leur déficit linguistique (pour la plupart) entraînant par là des problèmes pour conceptualiser les notions. Avant d'entreprendre cette recherche, nous avions prélevé des indicateurs relatifs à la validité de cette première hypothèse empirique. La troisième hypothèse implicite que nous avons formulée pour le besoin de ce travail concerne les méthodes pédagogiques mises en œuvre par les enseignants pour répondre à ces besoins particuliers des élèves sourds. Des démarches éducatives basées sur l'ostension, la déduction et une entrée par des connaissances de type déclaratif nous avaient signifié leur inadaptation pour prendre en compte ces besoins.

De ces fondamentaux nous avons déduit une première hypothèse de recherche.

Première hypothèse de recherche : *comprendre les représentations des stagiaires*
Essayer de comprendre ce qu'il en est chez les enseignants en formation. Les stagiaires analysent-ils les obstacles qu'ils rencontrent en faisant les mêmes suppositions que nous ? Sans entrer dans une vérification expérimentale hypothético-déductive, la validation ou du moins l'obtention d'indicateurs suffisants, en lien avec cette hypothèse de recherche, nous conduit à formuler une première hypothèse d'action.

Première hypothèse d'action : *une évaluation compréhensive*
Compte tenu de la complexité des situations, d'enseignement-apprentissage des mathématiques aux sourds, l'ingénierie pour une formation des enseignants à l'enseignement des mathématiques aux sourds nécessite une évaluation participative et compréhensive des difficultés rencontrées par les enseignants afin de conscientiser l'ensemble des acteurs concernés par l'ingénierie.

Après avoir confirmé, ce que l'expérience et l'observation directe semblaient nous montrer, à savoir, qu'un nombre non négligeable d'enseignants sont ou se déclarent « démunis » pour enseigner les mathématiques aux élèves sourds, nous constatons que les explications qu'ils invoquent alors confirment nos deux premières hypothèses implicites : ils ont bien conscience que les obstacles linguistiques et les difficultés d'abstraction des élèves sourds s'opposent à des apprentissages mathématiques efficients. Par contre, en regard de notre troisième hypothèse implicite, les résultats de notre première expérimentation révèlent qu'ils sont peu nombreux à pouvoir expliciter les origines de

ces obstacles d'un point de vue théorique, et qu'ils reconnaissent ne pas avoir les moyens de répondre de façon efficiente au niveau pédagogique : peu d'entre eux sont enclins à envisager une interdépendance entre les difficultés qu'ils constatent et les démarches pédagogiques qu'ils mobilisent.

Les hypothèses relatives à l'évolution des représentations sur les places respectives des langages et de l'activité dans la conceptualisation des mathématiques

Nos hypothèses initiales relatives aux places respectives de l'activité de l'apprenant et des facteurs linguistiques dans la conceptualisation mathématique, ainsi qu'une démarche pédagogique adaptée aux besoins des élèves sourds deviennent alors des hypothèses de recherche qui sous-tendent une série d'hypothèses d'action.

Deuxième hypothèse d'action : une congruence pour mesurer l'importance de l'action

En partant du postulat, que les enseignants ont tendance à reproduire ce qu'ils ont vécu dans leurs propres apprentissages, nous émettons l'hypothèse d'action que la mise en activité des enseignants-stagiaires dans des situations problèmes permet une prise de conscience de l'importance d'une démarche inductive en mathématiques. La mise en congruence entre la situation de formation et celle d'apprentissage pour leurs élèves sourds doit permettre de leur faire prendre conscience de l'importance d'une entrée dans les apprentissages mathématiques par l'activité de l'élève sourd et des diverses fonctions des langages naturels et symboliques pour s'approprier les connaissances mathématiques.

Troisième hypothèse d'action : la prise de distance par rapport à l'action
Les mises en situation ne suffisent pas. La distance prise par rapport à l'activité et la problématisation qui l'accompagne transforment les représentations des enseignants-stagiaires en connaissances théoriques transférables. Les pratiques de travail en petits groupes et de débats scientifiques permettent de leur révéler le rôle des interactions sociales dans l'appropriation des savoirs et constituent un point de départ pour le travail en équipe dans l'exercice de leur métier.

Les hypothèses relatives à la transformation des pratiques professionnelles

Quatrième hypothèse d'action : *une congruence pour comprendre les besoins des élèves sourds*
L'apprenant tente constamment, d'une part, de donner du sens à ce qui lui est enseigné et, d'autre part, de relier ceci à son expérience. Nous faisons l'hypothèse que, en vertu de la congruence des situations d'apprenants et de formateurs que vivent les enseignants-stagiaires dans leur formation en alternance, les placer dans des situations comparables à des apprenants sourds, leur permet de mieux comprendre les difficultés de leurs élèves et d'établir des ponts entre leur situation de terrain et celle de la formation. Que ce soit au niveau de l'importance de la mise en activité, de la diversification des situations, de celles des supports matériels ou visuels pour soutenir la pensée ou de la pertinence de

travailler à plusieurs, ces étayages mobilisés en formation peuvent être réinvestis dans une pratique de classe avec des élèves sourds.

De même, selon le même postulat que les enseignants ont tendance à reproduire ce qu'ils ont vécu dans leurs propres apprentissages, nous faisons aussi l'hypothèse que ceux qui auront pris goût à chercher un problème et à le trouver lors de la formation auront le désir et le dessein de transmettre ce plaisir de penser à leurs élèves.

Cinquième hypothèse : *un accompagnement renforcé en situation réelle*

Cependant, si la prise de conscience permet de faire évoluer les représentations des enseignants, elle ne suffit pas à transformer les pratiques. La confrontation à l'action effective, au travers d'une transposition en situation simulée ou directe, dans le champ professionnel de l'enseignant-stagiaire est nécessaire ainsi qu'un accompagnement renforcé sur son lieu d'exercice.

D- La méthodologie

Nous avons fait le choix d'une approche compréhensive sur un objet de recherche caractérisé par sa complexité.

Trois paradigmes de recherche : nomothétique, herméneutique et praxéologique

Si nous nous référons aux travaux de De Landsheere (1982), nous pouvons classer les recherches en éducation selon deux grands types : nomothétique et historique. Ce dernier privilégie les recherches de type *nomothétique,* centrées sur l'établissement d'invariants, produisant des modèles issus de la mise en évidence de régularités et de lois. Il les distingue des recherches dites *historiques*, auxquelles il reconnaît aussi une valeur mais avec un risque, celui que « la recherche pédagogique quitte ainsi peu à peu le scientisme, caractéristique des sciences peu évoluées, pour entrer dans l'ère du relativisme » (De Landsheere, 1982, p. 54). Astolfi préfère le terme de *herméneutique* pour qualifier ces recherches plus qualitatives, fondées sur la signification et l'interprétation de la réalité (Astolfi, 1993, p. 6). Ces recherches visent à rendre compte d'événements, à décrire et analyser des situations didactiques singulières pour en approcher la cohérence interne et s'efforcer de comprendre ce qui s'y joue. Le travail scientifique consiste alors à discuter et affiner l'interprétation de la situation en fonction d'un cadre conceptuel ou d'hypothèses théoriques. Au niveau de la place de l'action, si les recherches nomothétiques visent l'application du modèle construit, les recherches de type herméneutique ont pour but, au niveau de l'agir, d'influer sur des aspects décisionnels en tenant compte des divers aspects de la réalité. Face à cette typologie, Astolfi propose de dégager trois paradigmes de recherches : des recherches de régularités dont la logique est nomothétique, des recherches de signification qui renvoient au versant herméneutique et il ajoute les recherches dites de faisabilité à buts principalement praxéologiques (Astolfi, *ibid.*). Elles visent à constituer une capitalisation des différentes innovations

mises en place et à organiser ce corpus pour situer les uns par rapport aux autres les essais didactiques conduits dans les classes. Selon Astolfi, ces recherches ne se confondent pas avec les recherches actions puisqu'elles ne s'identifient pas à l'action elle-même ni aux transformations du réel que leurs effets innovatifs produisent. Elles introduisent de l'information dans les pratiques innovantes et une *mise en forme* grâce aux hypothèses et aux cadres théoriques initiaux. Pour Astolfi, « *l'entreprise praxéologique doit intégrer, l'analyse du processus social dans lequel est impliqué le sujet, le projet d'infléchir ce processus, l'action proprement dite avec ses stratégies et ses acteurs, les effets de cette action, et les anticipations pragmatiques que l'ensemble précédent permet de conjecturer raisonnablement* » (Astolfi, *ibid*., p. 8). C'est majoritairement dans ce cadre que nous nous situons.

Le choix d'une approche qualitative pour une recherche de type praxéologique

Notre premier objectif est exploratoire, c'est-à-dire qu'il a pour but de tendre à la compréhension des phénomènes observés. Dans ce contexte de recherche, les hypothèses émergent progressivement des faits observés et prennent appui sur les expérimentations « innovantes » mises en place. Un deuxième objectif de cette recherche de type praxéologique est de produire des savoirs d'action et de les clarifier en faisant, à un moment donné, dans un contexte donné, le tour d'horizon des possibles et des impossibles. La visée de ce travail n'est pas de produire des connaissances théoriques comme dans une recherche de type nomothétique mais de rendre les savoirs d'action produits, identifiables, afin qu'ils puissent constituer une source d'informations mise à la disposition des acteurs du système éducatif et utilisables pour infléchir autant que possible les pratiques de formation.

Cependant, nous comptons articuler deux finalités d'une recherche en éducation, à savoir, non seulement produire des connaissances utilisables par des praticiens mais aussi obtenir la reconnaissance scientifique des chercheurs concernés par le champ d'investigation choisi.

Implication et légitimité scientifique dans une recherche qualitative

En sciences humaines, il est admis que la recherche qualitative s'impose comme une démarche de compréhension des apprentissages humains et des phénomènes sociaux. J. Clenet souligne : « en jouant ce rôle, la recherche qualitative en sciences de l'éducation et de la formation peut rester fortement connectée aux processus et aux événements humains » (Clenet, 2007, p. 59). Autrement dit, il postule qu'une recherche en sciences de l'éducation ne peut être développée « hors contextes et hors sujets ». Dans ce cas, la recherche en sciences de l'éducation est un espace qui relie les activités des humains aux situations et aux phénomènes qu'ils souhaitent comprendre et modéliser : le chercheur se retrouve en contexte et impliqué dans la recherche. Se pose alors la question de la « scientificité » car cet engagement du chercheur par rapport à son objet de recherche suscite au sein de la communauté scientifique des réflexions épistémologiques.

Concevoir une recherche reliant des dimensions pragmatiques, épistémiques et éthiques

Pour avancer dans cette réflexion, Clenet propose de définir l'action du chercheur « qualitatif » produite de manière engagée et en contexte, comme celle de concevoir ; la conception « procède de démarches exploratoires, coopératives et finalisées, reliantes et construites localement » (*ibid*., p. 65). Il distingue dans l'action de concevoir trois dimensions qui, lorsqu'elles sont « en reliance », permettent de concevoir des recherches qualitatives pertinentes et scientifiquement légitimées : une dimension pragmatique qui consiste à « faire pour comprendre et comprendre pour faire… », une dimension épistémique qui concerne la production et la mobilisation de savoirs légitimés, et une dimension éthique qui comprend et intègre les deux dimensions précédentes. L'éthique est entendue par Clenet, dans le sens que lui donne F. Varela : la valeur éthique de l'agir humain conscientisé, producteur de savoirs modélisés et validés, ce qui mobilise l'intelligence en action en direction de finalités (Varela, 2004).

Les nouveaux contextes et modes de professionnalisation des enseignants nous semblent pouvoir être lus et compris dans l'interaction à établir entre, d'un côté, des phénomènes vécus et observés in situ de manière engagée, et de l'autre, des cadres de références théoriques interdisciplinaires à croiser et entrecroiser. Nous nous inscrivons donc dans l'approche qualitative définie par Clenet, en essayant de relier les trois dimensions qu'il exhibe pour produire une recherche scientifiquement légitimée. Mais concrètement, comment les intégrer ? Comment naviguer de la posture de praticien-formateur qui réfléchit, à celle de chercheur ? Il nous semble nécessaire pour ça de clarifier le processus identitaire du chercheur en lien avec le praticien.

Une posture de praticien-chercheur

Nous sommes à l'intersection entre deux identités : un praticien qui cherche, un chercheur qui pratique. Notre activité professionnelle génère et oriente nos activités de recherche, mais réciproquement, nos activités de recherche ressourcent et ré-orientent notre activité professionnelle. Comme le souligne C. De Lavergne, le trait d'union entre les deux termes de l'expression « praticien-chercheur », symbolise « la revendication d'un espace d'interaction plus étroit, dans cet « étayage mutuel » entre le monde professionnel et le monde scientifique » (De Lavergne, 2007, p.29). Nous retrouvons à ce niveau-là aussi la nécessité d'articuler pratique et théorie. C'est cette implication ou implexité[65] qui nous permet de construire un espace de transition et d'interaction entre les apports de la recherche en éducation et l'intérêt qu'ils peuvent présenter pour les enseignants aux prises avec les difficultés et les urgences à gérer sur le terrain.

[65] Jean-Louis Le Grand (2000) a forgé le terme « d'implexité », contraction des termes « implication » et « complexité ». L'implexité est relative à l'entrelacement de différents niveaux de réalités des implications qui sont pour la plupart implicites.

Outre cette appartenance à deux mondes, nous sommes aussi impliquée en tant que citoyen ; par exemple, le thème du handicap et plus encore les questions relatives à la surdité, nous sollicitent comme acteur social et sont porteurs de valeurs nécessairement empreintes de subjectivité. En tant que praticien-formateur également, nous devons admettre que ces valeurs sont souvent implicitement présentes dans notre action professionnelle. Au final, nous sommes donc triplement impliquée. Comme l'explique C. De Lavergne, le chercheur qui assume son implication, fait nécessairement appel à sa subjectivité, mais il questionne cette subjectivité même (De Lavergne, *ibid.*, p. 37).

Démarche et modes d'investigation

Nous avons suivi une démarche en plusieurs étapes. Dans un premier temps, nous avons cherché les ressources à notre disposition qui concernaient, de près ou de loin, notre sujet, c'est-à-dire les apprentissages mathématiques des élèves sourds, la formation des enseignants et la médiation. Nous avons constitué des corpus en recensant les productions théoriques existant sur notre problème : les questions d'enseignement, d'apprentissage et de formation d'un côté, celles sur la surdité et la scolarisation des enfants en situation de handicap, de l'autre. Nous avons consulté plusieurs sortes d'écrits comme des instructions officielles, des textes de lois, des ouvrages et articles théoriques. Nous avons utilisé aussi les ressources de sites web concernés par les différents thèmes de notre étude. Nous nous sommes également appuyée sur des observations issues de notre propre expérience.

Puis, nous avons essayé de distinguer les approches différentes ou au contraire, analogues, que proposaient les auteurs des travaux recueillis. Cette première analyse nous a permis d'identifier les différents facteurs impliqués dans la situation que nous cherchions à étudier et leurs interactions. Face à la complexité du problème une analyse systémique du contexte a été entreprise pour décider du « cadrage » à prendre et d'une première problématisation : les difficultés des enseignants du premier degré à enseigner les mathématiques aux élèves sourds. Un processus d'inductions partielles et successives nous a conduite à retenir comme facteurs intervenants dans ces difficultés, celles des élèves sourds eux-mêmes, à savoir, les activités langagières et les processus de conceptualisation. Nous avons alors délimité, classé et reconstitué les ressources de notre corpus en fonction de ces noyaux durs et de l'approche des apports théoriques. Des cadres théoriques privilégiés ont été posés.

Puis, en parallèle, dans un va-et-vient conséquent, nous avons formulé et reformulé des questions, des hypothèses et des objectifs que nous avons soumis à l'épreuve de l'expérience : aussi bien au niveau des élèves que des enseignants en formation. Petit à petit, nous avons élaboré des outils pour tester nos hypothèses ou nos observations : c'est à cette phase de la recherche que nous avons réalisé des questionnaires et des interviews des enseignants-stagiaires (annexe 5, p.10). L'analyse de ces données a permis d'objectiver les hypothèses que nous élaborions et les observations des effets produits par les mises en œuvre des situations de formation (annexe 6, p. 11).

L’interprétation qui a suivi nous a conduite à caractériser et généraliser un modèle de situation de formation, qui d’ajustements en ajustements, en contextes, a révélé une certaine pertinence. C’est à cette étape que le besoin de formalisation et de reconnaissance de légitimité scientifique est apparu.

Nous nous sommes inspirée d’un schéma proposé par M. Bailleul (2006, p.6) pour représenter les différents niveaux d’apprentissage du système que nous étudions et nous y positionner. Figurent dans cette schématisation, le micro-niveau des apprentissages mathématiques des élèves, puis le méso-niveau du développement des compétences des stagiaires en formation et enfin le macro-niveau de la recherche en éducation. Chacun des trois tétraèdres figure une situation d’apprentissage avec aux quatre pôles répartis : A, l’apprenant, M, le médiateur, S, les savoirs et E, l’environnement des situations d’apprentissage.

Nous nous situons sur le pôle Formateur qui devient Apprenant dans le dernier tétraèdre. En effet, en troisième place, nous avons du, en congruence avec les stagiaires, apprendre nous-même : en revisitant nos connaissances issues de l’expérience grâce à l’éclairage de données théoriques et en conceptualisant de nouveaux savoirs dans certains champs qui ne nous étaient pas familiers, en particulier dans les champs des sciences de l’éducation et de la didactique professionnelle.

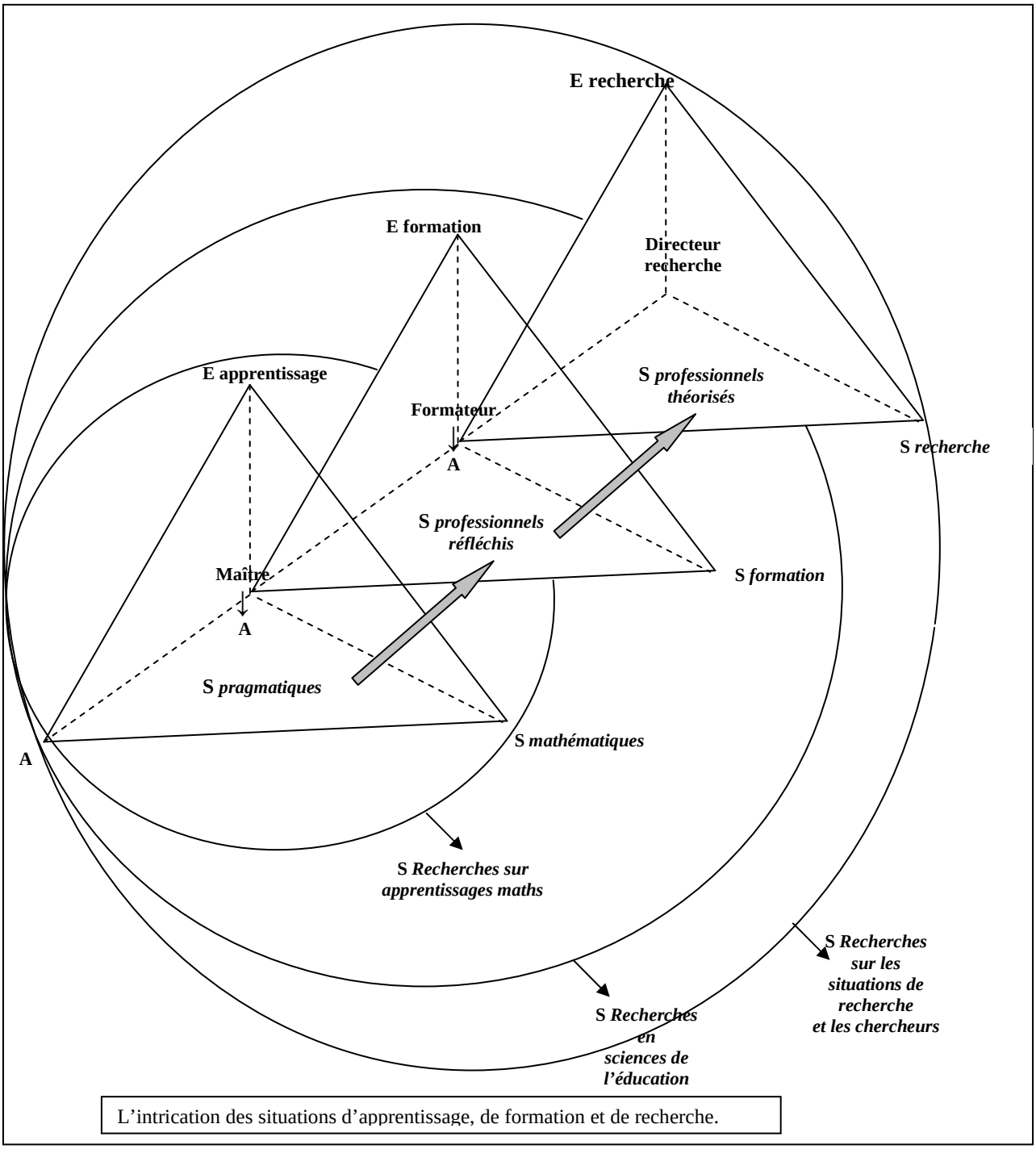


Figure 9 : L'intrication des situations d'apprentissage, de formation et de recherche

DEUXIEME PARTIE. ***Les places respectives de l'activité et du langage dans les apprentissages mathématiques***

CHAPITRE IV
LES ENSEIGNANTS FACE AUX APPRENTISSAGES MATHEMATIQUES DE LEURS ELEVES SOURDS : UN ETAT DES LIEUX DE LEURS REPRESENTATIONS

CHAPITRE V
UN PREMIER SCENARIO DE FORMATION : L'APPRENTISSAGE PAR LA RESOLUTION DE PROBLEMES

CHAPITRE VI
UN DEUXIEME SCENARIO DE FORMATION : L'APPRENTISSAGE PAR LA CONCEPTUALISATION

CHAPITRE VII
SYNTHESE ET DISCUSSION. FORMER *A* ET *PAR* LA CONCEPTUALISATION, QUELLE PERTINENCE ?

CHAPITRE IV. ENSEIGNER LES MATHEMATIQUES A DES ELEVES SOURDS : UN ETAT DES LIEUX SUR LES REPRESENTATIONS DES MAITRES

Pour prendre la mesure des difficultés éprouvées par les enseignants face à l'enseignement des mathématiques en direction d'élèves sourds, nous avons conçu une première situation que nous présentons dans ce chapitre en liaison avec notre première hypothèse d'action : *l'ingénierie pour une formation des enseignants à l'enseignement des mathématiques aux sourds nécessite une évaluation participative et compréhensive des difficultés rencontrées par les enseignants afin de conscientiser l'ensemble des acteurs concernés par l'ingénierie*.

Nous préciserons la méthodologie adoptée pour recueillir les données initiales, la population concernée et l'analyse qualitative que nous en faisons. Nous établirons une comparaison entre les résultats obtenus et les cadres théoriques que nous avons posés. Nous pourrons alors en déduire des hypothèses d'action de formation qui nous permettront de concevoir des scénarios de formation adaptés aux besoins des enseignants-stagiaires.

IV-1 Une méthodologie pour recueillir les représentations des enseignants stagiaires

Les représentations des enseignants stagiaires se réfèrent à un ensemble d'attitudes et d'idées, parfois de stéréotypes, qu'ils véhiculent de façon inconsciente et qui risquent d'affecter leur formation. La prise de conscience par les stagiaires de leurs propres représentations constitue selon nous, un préalable sans lequel ils ne pourront faire preuve de professionnalisme. Pour développer l'autonomie de pensée des stagiaires, un processus de « déconditionnement » est nécessaire, les conduisant à se libérer de certains a priori et préjugés qui encombrent la représentation de l'enseignement des mathématiques aux élèves sourds et du rôle qu'ils peuvent y jouer. Notre objectif est donc de faire émerger les représentations des enseignants, au départ de leur formation, pour initier cette première prise de conscience de leur activité professionnelle.

Nous avons utilisé un premier outil sous forme de questionnaire (voir annexe 5, p.10). Le recueil des réponses a été effectué dans le centre de formation lors de la première séance. Ensuite, un temps d'échanges a été organisé à partir du questionnaire et leurs points de vue consignés. Le but de cette deuxième phase est de permettre aux stagiaires d'éclairer leurs réflexions personnelles à l'aune de l'expérience professionnelle de leurs collègues. La variété des situations professionnelles des participants offre des supports qui favorisent une analyse comparative des difficultés rencontrées et un premier niveau de problématisation des situations vécues de par la formation en alternance. Il s'agit d'une démarche heuristique et d'un cadre réflexif. Ce moment se caractérise par une aide à la mise en mots, d'actes, d'actions et de choix pédagogiques, effectués souvent dans l'urgence sur le terrain par les enseignants stagiaires, c'est-à-dire en l'absence d'un vrai questionnement réflexif. Nous avons construit un cadre dans lequel chacun accepte de chercher seulement à comprendre les situations, avec

l'aide du point de vue et des interprétations des autres, mais sans qu'il y ait jugement de valeur. Dans un tel travail, nous postulons que l'enseignant en formation va pouvoir enrichir et travailler ses représentations du métier par la formulation et la confrontation avec les représentations des autres.

Le corpus de données est constitué des réponses aux questionnaires et des notes prises au cours des échanges. Son but est de repérer des indicateurs susceptibles de nous conduire à mieux comprendre les difficultés réelles des enseignants et à adapter nos scénarios pédagogiques au plus près de leurs représentations initiales dans la perspective de les faire évoluer. Nous avons effectué une analyse inductive des données issues des questionnaires, selon les trois étapes d'analyse des données qualitatives décrites par Miles et Huberman (2003) : la réduction des données, la condensation et la présentation de ces données. Ce travail a permis de faire émerger des catégories de difficultés que nous avons mises en correspondance avec nos cadres théoriques privilégiés et nos hypothèses (voir annexe 6, p.11). Les données quantitatives nous ont donné des indicateurs pour les croiser avec les notes prises lors des échanges et donner lieu à une analyse de type qualitatif.

IV-2 La population d'enseignants concernée

Nous avons limité notre étude à la situation des professeurs des écoles bien que nous agissions aussi auprès de ceux du second degré ; ce qui n'empêche pas que le contexte du second degré soit présent dans notre réflexion puisque les professeurs des écoles interviennent aussi dans les collèges et même quelquefois dans les lycées. La formation s'adresse à des enseignants déjà « formés » pour l'enseignement ordinaire ; elle représente une formation initiale pour les enseignements adaptés. Elle se déroule en alternance sur deux années. Une fois leur demande de formation acceptée, en fin d'année scolaire, ils viennent trois semaines à l'institut pour une sensibilisation à la problématique du handicap et de la scolarisation des élèves sourds. Tous ne connaissent donc pas la surdité à cette étape de leur première année de formation. L'année scolaire suivante, ils sont nommés obligatoirement dans une classe qui accueille des élèves sourds (CLIS, UPI, classe intégrée ou spécialisée). Ils viennent au centre de formation douze semaines, réparties en plusieurs sessions sur l'année scolaire, et professent le reste du temps dans une classe d'enseignements adaptés, accompagnés dans leurs classes par les formateurs de terrain : IEN-ASH, conseillers pédagogiques ou collègues spécialisés dans la surdité. Leur formation est validée par un examen le CAPA-SH en fin de cette deuxième année civile.

La séance dont il est question ici, se situe lors de leur arrivée en deuxième année au centre de formation, environ un mois après leur prise de poste sur le terrain. Rappelons que l'intervention que nous avons effectuée lors de leur première année de formation a été consacrée à un test d'association d'idées à propos des mathématiques dont il a déjà été question dans la partie précédente. Nous avons fait le choix de positionner cette séance d'évaluation des représentations en tout début de la formation, car elle permet aux enseignants qui sont confrontés pour la première fois à la surdité, de prendre un peu de distance par rapport aux difficultés qu'ils rencontrent dans la gestion de leur classe, difficultés

qui, en général, les submergent à cette période de l'année. C'est l'occasion pour eux de réaliser que ces difficultés sont partagées par nombre d'entre eux, c'est-à-dire qu'elles reflètent des questionnements dépassant leur propre cas. D'un côté, cette séance contribue à installer un climat de confiance dans le groupe, d'un autre la généralisation opérée conduit à formuler les problématiques qui feront l'objet des séances de formation suivantes.

IV-3 Les résultats des questionnaires

Nous disposons de notes prises à partir des échanges consacrés au thème des difficultés à enseigner les mathématiques à des élèves sourds portant sur trois années consécutives : ce qui représente trois promotions de stagiaires depuis la mise en place de la nouvelle formation en alternance. Au niveau quantitatif, nous avons obtenu 38 réponses aux questionnaires (voir tableau 2, p. 262).

IV-3-1 Présentation des résultats

Ils sont 84% à enseigner les mathématiques et 69% d'entre eux reconnaissent avoir des difficultés pour enseigner cette discipline à des élèves sourds. En maternelle, ils sont 21% contre 95% à l'école primaire et 30% dans le second degré : en effet, certains enseignent à plusieurs niveaux, en particulier tous ceux qui assurent un suivi individualisé des élèves sourds en intégration. Dans notre échantillon, 60% des enfants sourds sont intégrés dans une classe de l'école du quartier et parmi ces derniers, 30% sont scolarisés dans un dispositif qui permet une intégration collective alors que 70% sont intégrés de façon individuelle. Ces résultats confirment nos remarques du chapitre précédent sur la prédominance d'une scolarisation des enfants sourds en les « immergeant » dans des classes où ils se sentent bien souvent isolés sans pouvoir communiquer dans leur langue première.

Les causes auxquelles les enseignants attribuent leurs difficultés à enseigner les mathématiques à des élèves sourds concernent principalement les élèves eux-mêmes. Il est frappant de noter que seuls 9% interrogent leurs propres démarches pédagogiques : la plupart des difficultés sont imputées aux déficits de leurs élèves. Ce constat nous renvoie à notre troisième hypothèse de recherche concernant *les démarches pédagogiques adaptées aux besoins des élèves sourds*.

Les raisons unanimement invoquées par les stagiaires sont les déficits **en langue française** et des capacités d'**abstraction** jugées insuffisantes**.** Si tous accusent le déficit de leurs élèves en français, seuls 37% conçoivent qu'elles puissent être en rapport avec le contenu disciplinaire des mathématiques. Il nous semble intéressant de souligner qu'ils sont environ un quart à hésiter sur l'existence de difficultés intrinsèques à ce domaine et à utiliser des formules prudentes du genre « *je ne pense pas* », ou « *parfois* », ou « *peut-être un peu* ». Nous interprétons ce manque d'assurance par une prise en compte des caractéristiques de « surface » des concepts mathématiques ; ce constat révèle à nos yeux un manque de connaissances approfondies en didactique et en mathématiques peut-être également. Ces résultats confirment une de nos hypothèses initiales de recherche, à savoir : *la*

principale difficulté, à la fois des sourds et des enseignants pour élèves sourds, dans les situations d'enseignement-apprentissage des mathématiques, est liée aux processus de conceptualisation en mathématique

Au niveau des difficultés de **communication,** on retrouve une très grande majorité d'enseignants (63%) mis en échec par l'impossibilité de communiquer avec leurs élèves. Ce constat n'est pas surprenant en soi et confirme nos analyses précédentes par rapport à la perte de repères des enseignants lorsque la surdité fait irruption dans leur classe et au handicap qu'il provoque les concernant. Ceux qui n'ont pas de difficultés connaissent quelques rudiments de langue des signes. D'autres disent qu'ils se font comprendre « *par mime* » ou « *en montrant* » ou « *avec des dessins* ». Nous relevons aussi que 58% des stagiaires sont gênés dans leur activité de transmission des connaissances par ce manque de partage d'un même mode communication, alors que moins d'un sur trois ont conscience que cette situation influe de façon préjudiciable sur l'explicitation des procédures par les élèves. Tout d'abord ils ne réalisent pas spontanément que ce déficit les prive, en tant qu'enseignants, d'un contrôle sur les acquisitions effectuées par leurs élèves, mais ils n'envisagent pas suffisamment non plus le rôle de ces « mises en mot ou en signes » par les apprenants pour transformer leurs connaissances outils en tant qu'objets (voir chapitre II). Nous notons que ces résultats nous ramènent à la troisième de nos hypothèses initiales de recherche, à savoir : *le rôle des interactions sociales dans l'appropriation des savoirs mathématiques et de la prise de conscience de son activité.*

Il est important de remarquer que parmi les élèves scolarisés en maternelle, ces derniers sont encore un nombre non négligeable (10%) à arriver à l'école sans aucun mode de communication. Les échanges difficiles entre élèves ne sont pas ressentis réellement par les stagiaires comme une gêne : cet obstacle est signalé pour 15% d'enfants alors que d'après nos calculs 42% de leurs élèves sont intégrés de façon individuelle, c'est-à-dire sans partager un mode de communication confortable avec leurs pairs. Ces résultats nous invitent à penser qu'à ce niveau, les représentations devront être travaillées avec eux en formation. Ils révèlent une prise de conscience insuffisante du rôle joué par *les interactions entre pairs* dans les apprentissages mathématiques et c'est notre troisième hypothèse de recherche qui sera mobilisée pour aborder cette question.

Au niveau de la maîtrise d'un **système linguistique élaboré,** au-delà de l'unanimité du constat qu'une mauvaise maîtrise de la langue française représente la première cause des difficultés, il ressort de ces résultats que, à l'oral comme à l'écrit, c'est toujours le manque de vocabulaire qui constitue l'obstacle principal (85%). Il nous semble important de souligner que 26% des enseignants seulement regrettent un niveau insuffisant en LSF de la part de leurs élèves signeurs. Ces résultats indiquent que peu d'enseignants sont sensibilisés à l'importance de disposer d'une langue suffisamment structurée pour

s'approprier les savoirs mathématiques. Ce constat nous renvoie à notre deuxième hypothèse de recherche relative aux *facteurs linguistiques dans le processus de conceptualisation mathématique*.

De plus, le fait qu'il soit signalé presque autant de difficultés à l'oral qu'à l'écrit, signifie que, dans les pratiques, l'éducation basée sur l'oral est encore celle qui est la plus pratiquée malgré la fréquence des inconvénients que nous avons étudiés dans le chapitre III.

Au niveau des **mathématiques**, les nœuds des difficultés se concentrent sur la résolution de problèmes qui se place en première position (81%) et sur le calcul situé en deuxième position, assez près derrière les problèmes (62%). La résolution de **problèmes** est incriminée comme une situation d'apprentissage particulièrement échouée avec deux raisons essentielles mises en avant pour l'expliquer :

- la compréhension des consignes (au niveau de l'oral) et de l'énoncé (au niveau écrit),
- le choix des opérations (aspect conceptuel de la résolution)

Ces difficultés seront l'objet d'une réflexion en liaison avec notre deuxième hypothèse d'action relative à la mise en activité des apprenants dans des situations problèmes ainsi qu'avec les quatrièmes et cinquièmes hypothèses portant sur la compréhension des besoins des élèves sourds et la confrontation à des situations professionnelles réelles.

Les résultats sur les questions de l'élaboration du nombre et de l'acquisition du **calcul** répercutent en partie les travaux des chercheurs mentionnés dans le chapitre précédent.

Par contre, les avis sont partagés pour expliquer les difficultés à enseigner la **géométrie**. D'une part certains enseignants n'abordent pas ce domaine, par exemple en maternelle, d'autre part, les stagiaires justifient sa facilité d'accès au cours des échanges : « *la géométrie, c'est visuel* » ou « *c'est concret* ». Par contre, ceux qui signalent des difficultés, enseignent pratiquement tous au collège : entrent dans cette catégorie également les rares enseignants qui se heurtent à la complexité de l'apprentissage des démonstrations. Que les obstacles surviennent au niveau du second degré semble logique dans la mesure où, à ce stade des apprentissages mathématiques, la composante perceptive s'efface peu à peu au profit du raisonnement déductif formel (Duquesne, 2001).

Au niveau des capacités cognitives générales, c'est le manque d'**abstraction** qui est évoqué le plus massivement (86%). Il y a quelques hypothèses effectuées à propos du facteur mémoire et du repérage dans le temps. Ces interprétations des stagiaires recoupent là encore les travaux théoriques mentionnés dans le chapitre III. Ce constat légitime nos hypothèses de recherche premières relativement à la conceptualisation et au processus d'abstraction.

De même, le manque de méthodes rigoureuses, relativement peu cité, est à croiser avec le nombre de collégiens : 75% des élèves sourds scolarisés dans le second degré font dire à leurs enseignants qu'il serait important de prendre en compte ces difficultés dans leurs apprentissages mathématiques.

Dans le domaine **psychoaffectif**, il ressort que la plupart des enseignants insistent sur le fait que les élèves sourds sont en général motivés, sauf pour 21% d'entre eux, tous scolarisés en collège. Il est intéressant aussi de noter qu'un certain nombre d'enseignants pensent que le manque de confiance en soi est une variable qui intervient dans les difficultés (13%). Certains indiquent par exemple que leurs élèves « *se croient moins intelligents que les entendants* ».

Au niveau **pédagogique**, outre notre première remarque relative à la faible remise en cause à ce niveau, il est intéressant de noter le peu de travail par groupes institué par les enseignants : certains signalent même que leurs élèves « *ne travaillent pas ensemble d'eux-mêmes* » ou « *ne s'intéressent pas à ce que les autres disent* », réclamant l'attention de l'enseignant pour eux seuls. Ces observations sont à mettre en relation, d'une part avec les difficultés de communication au sein de la classe et donc avec celles à gérer les échanges, d'autre part avec le manque d'autonomie des élèves sourds systématiquement invoqué pour justifier les réticences à proposer de telles démarches. La conjonction de nos troisième, quatrième et cinquième hypothèses d'actions nous permettra d'aborder cette problématique.

Au final, à partir des résultats quantitatifs des réponses obtenues, notre première hypothèse relative à la compréhension des représentations enseignants sur l'enseignement des mathématiques aux élèves sourds se trouve confirmée sur un point essentiel : les enseignants ont conscience de l'importance des facteurs linguistiques dans les difficultés de leurs élèves sourds, sans pour autant en déduire des critères précis quant aux différentes fonctions des activités langagières dans les apprentissages mathématiques. Par contre, ils n'ont pas une conscience aigue de l'importance de la conceptualisation en mathématiques ni de celle de l'activité de l'apprenant sourd dans un tel processus. Enfin, nous déduisons des données dont nous disposons que leurs représentations sur l'impact des démarches pédagogiques et la nature de l'adaptation de celles-ci aux besoins des élèves sourds, sont impropres, ou tout au moins font preuve de connaissances insuffisantes.

Représentations des difficultés en maths des élèves de la part des enseignants

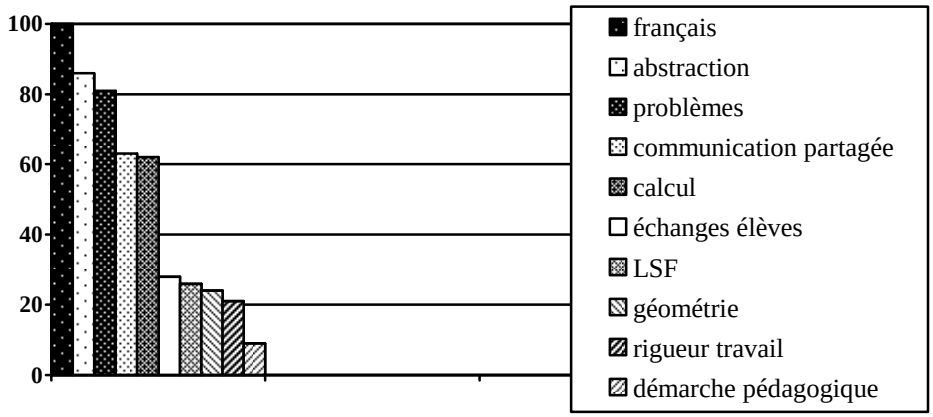


Figure 10 : Les représentations des difficultés en maths des élèves de la part des enseignants

IV-3-2 Synthèse des raisons invoquées pour expliquer les difficultés à enseigner les mathématiques aux élèves sourds

Liées à la discipline mathématique	Oui	37%		
	Parfois	26%		
	Non exprimé	21%		
Domaine mathématique concerné	Résolution de problèmes	81%		
	Nombre et calcul	62%		
	Géométrie	24%		
	Consigne	13%		
	Démonstration	5%		
La communication dans la classe	Défaut d'un mode de communication partagé	63%	En explication 58%	
			En compréhension des procédures 31%	
	Déficit d'échanges entre les élèves	15%	Tous en intégration	
	Elèves sans communication	0,05%	en maternelle	
Aspects linguistiques et métalinguistiques	Déficits en français	100%	Ecrit : 98%	Manque de vocabulaire : 85%
			Oral : 72%	
			Sans oral : 1%	
	Déficits en LSF	26%		
Aspects cognitifs	Difficultés d'abstraction	86%		
	Déficits de la mémoire	7%		
	Manque de rigueur dans méthodes de travail	21%		
	Manque de connaissances du monde extérieur		1 seul	
Aspects psycho affectifs	Manque de motivation	21%	un peu	
	Mauvaise image de soi en tant que mathématicien	13%		
Mise en œuvre pédagogique	Travail par groupes	0,05%		
	Gestion des échanges	5%		
	Gestion du temps	3%		
	Mise en activité	0,05%	« Très longue »	
	Difficultés à valoriser les élèves		1 seul	
	Utilisation TICE	0,05%		

Tableau 2 : Les résultats quantitatifs des représentations des stagiaires sur l'enseignement des mathématiques aux élèves sourds

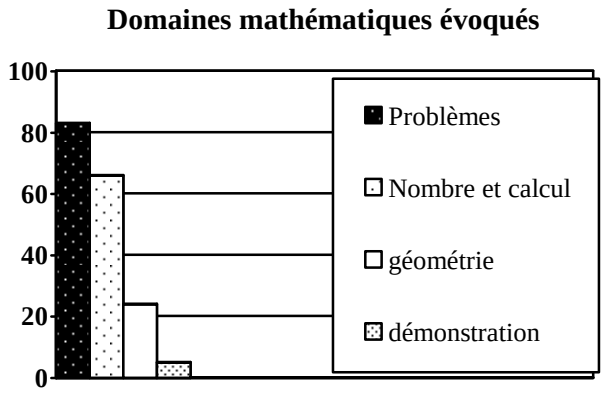


Figure 11 : Les domaines mathématiques évoqués par les stagiaires

IV-3-3 Analyse qualitative

Nous avons établi une catégorisation des réponses en fonction des aspects réducteurs révélés par les représentations des enseignants. Selon notre interprétation, ces représentations réductrices masquent le besoin de compétences pédagogiques plus pointues et mieux adaptées à la problématique de la scolarisation des enfants sourds ; ce qui légitime notre entreprise.

IV-3-3-1 Des facteurs imputés majoritairement aux élèves

Nous constatons d'abord que les difficultés sont majoritairement attribuées aux élèves eux-mêmes : peu d'enseignants interrogent leurs propres pratiques pédagogiques. Nous interprétons ce résultat d'une part, en rapport avec le fait que ces enseignants sont formés pour enseigner dans l'enseignement ordinaire et ont acquis, pour la plupart, une certaine expérience professionnelle. De plus, ce positionnement s'apparente à une conception générale chez la plupart des enseignants : l'erreur et le dysfonctionnement sont d'abord imputés à l'apprenant. Nous avons déjà souligné combien la confrontation au handicap est troublante et la réaction spontanée des enseignants qui consiste à réduire ce qui est de leur propre responsabilité pédagogique semble tout à fait naturelle. La recherche d'une réassurance contribue à améliorer les sentiments de malaise consécutifs aux difficultés rencontrées et l'inconfort de cette nouvelle position.

IV-3-3-2 Des facteurs réduits au manque de communication entre élèves et professeurs

D'autre part, un autre élément peut les inciter à masquer la nécessité de remettre en cause leurs compétences pédagogiques : le manque de mode de communication partagé. Ils sont très nombreux à le signifier. Rien n'est plus angoissant pour un enseignant que de ne plus pouvoir parler. Cette situation est handicapante autant pour l'élève sourd que pour le professeur. Face à cet obstacle, une évidence s'impose : apprendre la langue des signes est une condition nécessaire à l'exercice de son métier avec des élèves sourds. D'autant plus que, au cours des échanges, les enseignants qui

connaissent les signes, renvoient aux autres le confort de leur position. Au-delà des difficultés pour « expliquer » les contenus qu'ils ont à enseigner, des enseignants témoignent de leur désarroi au niveau relationnel : « *je suis malade le lundi matin quand mes élèves reviennent de week-end et veulent me raconter ce qu'ils ont fait* » ou *« je sais bien que lorsqu'ils rient, ils se racontent des histoires qui n'ont rien à voir avec la tâche qu'ils doivent faire* » ou « *certaines fois, je sens qu'ils échangent des propos à mon sujet en se moquant de moi,ils savent bien que je ne les comprends pas* ». Ces relations sociales sont d'autant plus importantes que les enfants sont petits.

Le nombre important d'enseignants qui regrettent de ne pouvoir « expliquer » les concepts à leurs élèves (58%), évoque des conceptions pédagogiques principalement basées sur la transmission. La tendance chez certains stagiaires, pourrait être, et est quelquefois, de penser que la seule formation dont ils auraient besoin se réduirait à l'acquisition de la LSF. Cette idée en sous-tend une autre : le savoir se transmet par des explications que ce soit à l'aide d'une langue vocale ou d'une langue signée.

IV-3-3-3 Des conceptions qui se focalisent sur les compétences linguistiques

Les difficultés liées à une mauvaise maîtrise de la langue française sont tout à fait réelles et il semble normal qu'elles constituent le principal obstacle dégagé pour expliquer les difficultés d'apprentissage des élèves sourds, même en mathématiques. Cependant, ce déficit ne devrait pas inciter à négliger d'autres facteurs qui pourraient révéler de réelles capacités chez des élèves sourds. Ces derniers peuvent construire des invariants opératoires et des règles de conduite implicites sans avoir les moyens linguistiques pour les rendre explicites et donc repérables par les enseignants. Réciproquement, l'importance donnée au vocabulaire indique une propension à croire qu'apprendre le signifié relatif aux connaissances mathématiques permet aux élèves d'accéder aux notions elles-mêmes. De même, face à un problème mathématique, les enseignants posent toujours la difficulté de la « compréhension » d'un énoncé comme seule variable pertinente pour mener à bien une tâche de résolution. Cette conception fondera un des scénarios de formation que nous proposons ici et nous incitera à concevoir une situation qui questionne certaines représentations des stagiaires : qu'est-ce que comprendre un énoncé de problème en mathématiques ?

Les données obtenues sur ce point attestent de la pertinence de notre questionnement initial : *comment amener les stagiaires à prendre conscience que, bien que ce soit une condition nécessaire, comprendre un énoncé de problème ne se limite pas à en comprendre les mots ni même son organisation syntaxique. Le résoudre requiert l'élaboration de concepts mathématiques : au-delà des mots, il y a des connaissances mathématiques car celles-ci ne sont pas que du langage.*

IV-3-3-4 Des conceptions qui ignorent les facteurs d'ordre conceptuel

La prescription d'une tâche aux élèves est caractérisée par tous comme l'énonciation d'une consigne soit donnée à l'oral, soit présentée à l'écrit sous la forme d'un énoncé de problème. Les seules

alternatives envisagées sont le dessin ou la monstration. Ces stratégies pour engager les élèves dans une tâche mathématique imposent, soit un bon niveau de compréhension de la langue française (orale ou écrite), soit une simple tâche d'exécution de la part des élèves. La difficulté à concevoir les apprentissages mathématiques par la résolution de problèmes, difficulté déjà présente dans l'enseignement ordinaire, augmente encore avec la prise en compte d'un public sourd. Les difficultés d'abstraction, unanimement évoquées à travers leurs difficultés à se dégager du fameux « concret » et de la manipulation, peuvent être mises en relation avec une pratique pédagogique qui s'appuie trop souvent sur le mime, la monstration ou les « manipulations », sans travailler au delà. Constater ces pratiques montre à quel point les capacités d'abstraction des enfants sourds sont interdépendantes des démarches pédagogiques et non pas, uniquement liées aux caractéristiques des apprenants eux-mêmes. Non seulement, les enseignants témoignent par là de leurs difficultés à surmonter l'existence de tels obstacles, mais les choix pédagogiques opérés peuvent renforcer de réels problèmes.

L'ensemble des résultats et l'analyse que nous en avons faite confirment la légitimité de nos hypothèses de recherche sur l'importance des paramètres conceptuels dans les apprentissages mathématiques et sur le besoin d'accompagner les stagiaires à mettre en place des démarches pédagogiques adaptées. Les hypothèses d'action que nous avons énoncées dans la conclusion de la première partie concernent les conditions et critères auxquels pourraient répondre des scénarios de formation capables d'opérer des transformations des représentations au niveau central plutôt qu'à celui des représentations périphériques.

IV-3-3-5 Des choix pédagogiques peu propices au développement de l'autonomie des élèves sourds

Devant la difficulté de communiquer avec leurs élèves, certains stagiaires font état de l'utilisation du « mime » ou du « dessin ». Ils disent « montrer » aux élèves la tâche à effectuer. Ces stratégies pédagogiques pourtant très courantes, sont à l'opposé d'une pédagogie de la découverte ou d'une démarche constructiviste qui privilégient et favorisent la prise d'initiatives chez les élèves sourds. Il est souvent fait allusion à la difficulté des élèves sourds à travailler de façon autonome : « *ils réclament l'attention de la maîtresse* », « *ils ont toujours besoin que je sois avec eux, sinon, ils ne font rien* »… Nous interprétons les conséquences de ces constats, dont la pertinence n'est pas contestée, en lien avec d'autres aspects de l'éducation et de la scolarisation des élèves sourds.

IV-3-3-6 Un accompagnement des élèves, le plus souvent individuel

Les enfants dits « handicapés » sont souvent dans une situation où ils sont « pris en charge », soit dans leurs familles où ils peuvent être surprotégés, soit dans les institutions. En effet, d'un côté le suivi médical implique des rééducations la plupart du temps individuelles et en relation duelle avec des adultes, de l'autre, l'enseignement différencié et adapté peut aussi s'entendre comme un enseignement

individualisé. Ainsi, le désir de s'adapter au plus près des besoins de l'enfant, peut provoquer paradoxalement des effets pervers comme l'isoler de ses pairs ou le maintenir en dépendance à l'adulte : « *ils ne s'intéressent pas à ce que disent les autres* », « *ils ne travaillent jamais ensemble* ». Nous avons déjà argumenté sur les limites de ce point de vue dans le chapitre III.

IV-3-3-7 Des difficultés pour les enseignants à organiser des groupes d'apprentissage

En ce qui concerne plus spécifiquement la question de la surdité, nous avons évoqué dans le chapitre précédent les multiples intérêts des intégrations collectives et du travail en groupes d'apprentissage. Or, il ressort de ce sondage auprès des stagiaires qu'ils organisent peu d'activités mathématiques en petits groupes dans leurs classes. Certains n'en ont pas la possibilité puisqu'ils sont « itinérants » c'est-à-dire qu'ils interviennent de façon ponctuelle, la plupart du temps, avec un seul élève sourd. Parmi ceux qui sont face à une classe, rares sont ceux qui s'y engagent. Gérer différents groupes leur semble très difficile et, ne se sentant pas suffisamment armés, ils renoncent rapidement devant les obstacles réels qui se présentent. Par exemple, les échanges post questionnaires révèlent que certains enseignants s'appliquent à mettre ensemble systématiquement, élèves sourds et élèves entendants : les raisons invoquées pour le choix d'une mixité des groupes de travail visent principalement des objectifs, tout à fait louables, de socialisation ou d'intégration sociale. Nous avons eu l'occasion d'aborder les écueils et les réelles difficultés engendrées par cette stratégie. C'est également en rapport avec les situations d'intégration individuelle que les difficultés d'échanges entre élèves ont été mentionnées dans le sondage.

Au final, les échanges ont permis aux stagiaires de prendre conscience de l'étroite imbrication des stratégies de différenciation, de travail par groupe et de développement de l'autonomie.

Conclusion intermédiaire

Notre hypothèse initiale, à savoir qu'un nombre non négligeable d'enseignants sont « démunis » pour enseigner les mathématiques aux élèves sourds, semble se confirmer ainsi que le postulat concernant le besoin de faire évoluer leurs représentations sur les causes de ces difficultés. Par suite, nous avons élaboré des hypothèses d'actions énoncées dans la conclusion de la première partie : pour engager les stagiaires à dépasser ces conceptions limitées et à envisager les interactions de plusieurs facteurs dans la prise en compte des difficultés exprimées, une déstabilisation, mesurée et contrôlée, de ces conceptions est nécessaire. A un deuxième niveau, nous avons postulé que les engager eux-mêmes dans une situation congruente à celle de leurs élèves sourds, par exemple pour résoudre un problème ou élaborer un nouveau concept, devrait aboutir à une remise en cause de certaines de leurs conceptions et les conduire à en construire d'autres, plus aptes à pallier leurs difficultés initiales.

IV-4 Concevoir un scénario pédagogique

IV-4-1 Une définition

Nous avons choisi de nous appuyer sur la définition du scénario pédagogique proposée par Brassard et Daele : un scénario pédagogique est « le résultat du processus de conception d'une activité d'apprentissage », processus s'inscrivant dans un temps donné et aboutissant à sa mise en oeuvre (Brassard et Daele, 2003, p.2). En ce qui nous concerne, l'activité d'apprentissage se confond avec le développement de compétences professionnelles et la mise en oeuvre s'inscrit à l'intérieur d'un dispositif, celui d'une formation en alternance déterminée par le décret relatif à l'organisation de la formation professionnelle spécialisée pour le CAPA-SH et pour le 2CA-SH. Pour concevoir des scénarios pertinents, nous avons dû tenir compte des moyens et des ressources que ce dispositif mettait à notre disposition pour opérationnaliser ces scénarios. Font partie intégrante également du scénario, les cadres théoriques sur lesquels nous nous appuyons, les besoins des stagiaires déterminés d'un côté par ceux des enfants sourds, et d'un autre côté par les représentations qu'ils ont de leur rôle dans l'enseignement des mathématiques.

Au final, nous appellerons donc scénario, l'ensemble constitué, de nos choix didactiques qui déterminent nos objectifs, des tâches retenues, des rôles respectifs des stagiaires et du formateur dans l'animation de l'activité, et des outils et processus envisagés pour le mettre en œuvre.

En tant que formateur nous avons pour tâche de mettre en œuvre des scénarios de formation pertinents. En tant que chercheur nous essayons de positionner les choix que nous avons opérés en fonction des nombreuses dimensions qui les articulent. Chacune de ces dimensions englobe un aspect particulier du développement d'un scénario tout en demeurant complémentaire aux autres. C'est cette formalisation qui servira de cadre à nos questionnements successifs pour faire évoluer et discuter la pertinence des scénarios imaginés.

IV-4-2 Les choix didactiques

Dans la conception des deux scénarios, nos choix didactiques cherchent à prendre en compte différents cadres théoriques.

L'orientation des buts de la formation

Les objectifs de la formation sont axés sur une prise de conscience et une identification des facteurs qui interagissent dans une activité mathématique. Les connaissances développées dans ce cours doivent être connectées à leur situation professionnelle. Le scénario doit se centrer sur des objectifs précis : prendre en compte les places respectives de l'activité de l'apprenant et des fonctions de communication et de représentation des langages dans les apprentissages mathématiques. Les activités feront référence à l'enseignement des mathématiques aux élèves sourds.

Nos conceptions de l'enseignement/apprentissage

Puisque, pour nous, apprendre signifie construire des apprentissages, et enseigner, guider ce processus ; le scénario proposera aux apprenants des mises en activité et en situation d'analyse réflexive sur leur activité, avec des opportunités d'expérimenter et de mettre en oeuvre dans des contextes authentiques les connaissances qu'ils auront apprises.

Nos conceptions des apprentissages des élèves sourds

Les interactions entre pairs, une pédagogie de la découverte, des supports visuels, des moyens de communication confortables conditionnent les apprentissages mathématiques des élèves sourds. Le scénario mis en place sera fondé sur une démarche inductive, appuyée sur des situations expérientielles en petits groupes d'apprentissage dans un environnement visuel et adapté.

Nos conceptions des mathématiques

La résolution de plusieurs situations problèmes permet de construire des invariants opératoires qui, une fois explicités, peuvent être dénommés et utilisés dans d'autres situations à l'aide d'un ou de plusieurs systèmes de signifiants. Le scénario proposera aux stagiaires différentes situations de résolution de problèmes et des temps d'explicitation des objets et des actions.

La prise en compte des représentations des enseignants –stagiaires

Les erreurs et les obstacles constituent une base de l'apprentissage. A partir de l'identification des difficultés des stagiaires et de leurs représentations, le scénario leur proposera des opportunités d'expérimenter et de mettre en œuvre dans des contextes authentiques les connaissances apprises.

IV-4-3 Les tâches et situations retenues

Déterminer les situations d'apprentissage et les tâches que nous voulons proposer aux stagiaires, nous incite à nous questionner sur :

- *l'orientation des tâches*

Les tâches visent l'appropriation de compétences liées à plusieurs domaines et une transposition dans leur pratique professionnelle. Le scénario doit proposer des activités proches de la réalité du terrain et du contexte d'exécution. Le scénario se fondera sur « l'identification » des stagiaires à leur public pour reconnaître la congruence entre leurs propres scénarios pédagogiques et ceux de formation.

- *l'activité de l'apprenant*

Les stagiaires ont à créer et élaborer eux-mêmes certains contenus. Le scénario doit prévoir des modalités et des outils appropriés à l'élaboration des connaissances. C'est la résolution de problèmes en situation simulée et la problématisation des situations professionnelles évoquées par les stagiaires suivies d'une analyse réflexive que nous retenons pour mobiliser leur activité.

- *les interactions*

Nous voulons promouvoir des interactions entre les apprenants stagiaires. Le scénario prévoira des activités et des moments de collaboration entre eux, avec des outils comme la mise en place de travaux de groupes, au cours des séances, et entre les sessions de formation, via internet. Un planning précis des présentations des travaux de chaque groupe à l'ensemble de la promotion sera organisé. L'élaboration de supports vidéo ou multimédia par exemple, sera proposée.

- *le travail en partenariat*

La formation doit préparer les apprenants à entrer dans une communauté professionnelle et à travailler en relation avec d'autres partenaires. Le scénario doit prévoir des moments d'échange pour apprendre à travailler en équipe et pour clarifier ses caractéristiques professionnelles.

IV-4-4 Les rôles respectifs des stagiaires et du formateur

Concevoir un scénario requiert de s'interroger sur la place des différents acteurs dans le processus de formation.

Le rôle du formateur

Son rôle principal est d'accompagner les enseignants stagiaires dans leur processus de formation. Le scénario le placera à côté d'eux, leur laissant certaines initiatives et un certain contrôle de leur formation. Selon les phases de l'activité, il aura plutôt un rôle d'expert en mathématiques et en adaptation des enseignements aux élèves sourds, ou d'aide technique pour les aider à concevoir leurs propres scénarios et à les mettre en œuvre.

Les sources de motivation

Les stagiaires tirent leur motivation de leurs objectifs professionnels. Le scénario sera centré sur leurs projets et leurs objectifs professionnels (motivation externe). Cependant, un environnement de formation convivial et des activités originales seront envisagés pour créer aussi des motivations plus personnelles chez les stagiaires ; par exemple, en leur permettant d'attribuer un sens nouveau à leurs connaissances mathématiques et découvrir le plaisir qui en découle (motivation interne).

La prise en compte des différences individuelles

Les enseignants stagiaires n'abordent pas tous les mathématiques avec le même enthousiasme ou une confiance égale. Le scénario devra envisager des possibilités d'adaptations en fonction de leurs difficultés. Des situations riches et complexes faciliteront une différenciation des démarches de résolution. Des activités par petits groupes apporteront sécurité et assurance facilitant leur engagement dans la tâche mathématique, par exemple.

IV-4-5 Les outils et les processus mobilisés dans la mise en oeuvre

Le dispositif dans lequel prennent place ces scénarios nous amène à envisager des outils et des démarches pour les mettre en œuvre.

- *Le soutien à la métacognition*

Développer des aptitudes métacognitives est un objectif important de la formation. Le scénario proposera des outils de support à la réflexion comme des questionnaires qui aident à une mise à distance réflexive personnelle et un cadre sécurisant pour contenir les échanges collectifs. Dans d'autres situations, le scénario s'appuiera sur des supports vidéo pour garder une trace de l'activité des stagiaires, qui sera ensuite co-analysée au travers d'une méthodologie inspirée de l'autoconfrontation croisée (Y. Clot et *al*. 2000).

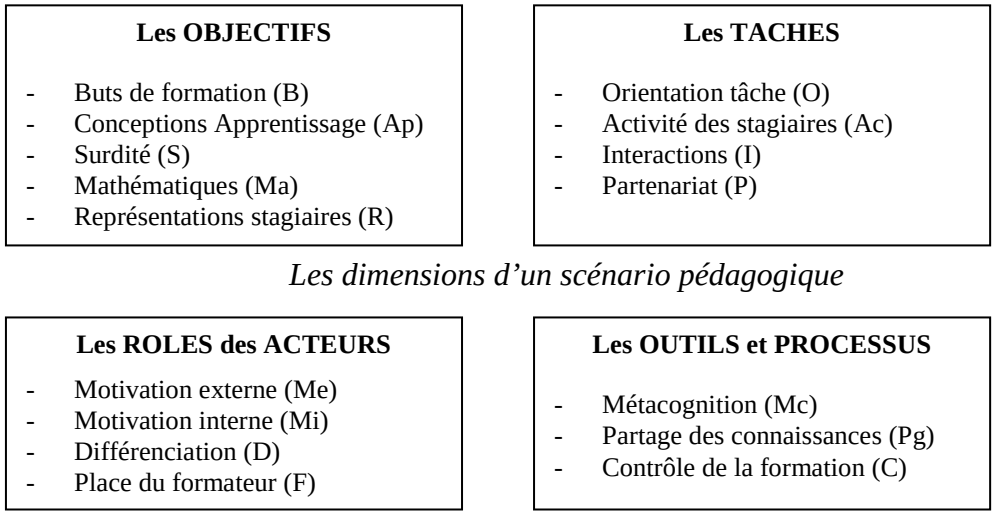
- *La gestion des connaissances produites*

Nous considérons le groupe de stagiaires comme une « communauté d'apprentissage » qui produit, partage et réutilise des connaissances. Le scénario prévoira les modalités de production, d'échange et de réutilisation dans d'autres domaines que ceux liés à la situation de formation au centre : par exemple, avec d'autres notions mathématiques et d'autres publics. Les groupes de stagiaires seront invités à exposer tour à tour les résultats de leurs travaux en utilisant des supports multimédias.

- *La régulation et l'évaluation du scénario*

Les stagiaires peuvent avoir un certain contrôle sur leur processus de formation et donc sur le scénario. Ce dernier devra leur permettre de prendre part à son évolution ou à son évaluation. Certains stagiaires, en fonction des contraintes et limites du dispositif, auront la possibilité de mesurer la pertinence des acquisitions effectuées en les testant au sein de leurs propres classes ou dans des ateliers de pratique accompagnée.

Nous proposons de synthétiser l'intrication de toutes ces dimensions dans le schéma suivant :



Les dimensions d'un scénario pédagogique

Figure 12 : Les dimensions d'un scénario pédagogique

En conclusion, les principes essentiels qui nous ont conduit à élaborer les scénarios visent à ce que les enseignants en formation développent leurs capacités à problématiser des situations en lien avec leurs pratiques professionnelles, à s'exercer à construire une démarche de type scientifique, à identifier les conditions d'une mise en œuvre d'une démarche pédagogique de résolution de problèmes, à pratiquer des débats de type scientifique, à expérimenter les processus métacognitifs, à connaître au plus près les caractéristiques de fonctionnement des élèves sourds.

IV-5 Une rapide présentation des scénarios

A partir de l'analyse des représentations des enseignants stagiaires sur l'enseignement des mathématiques à des élèves sourds, nous avons imaginé un premier scénario qui prenne en compte leur focalisation sur les aspects langagiers et les interroge sur la place d'une langue et des langages dans les apprentissages mathématiques. Ce scénario a abouti à la conclusion qu'une bonne communication et la maîtrise d'un langage structuré étaient nécessaires dans la construction des connaissances mathématiques mais que ce n'était pas suffisant pour expliquer certaines difficultés des enfants sourds.

Nous avons alors choisi d'explorer dans un deuxième temps, la problématique de l'accès à l'abstraction par des enfants sourds, elle aussi soulignée par les enseignants comme une difficulté qu'ils rencontrent fréquemment dans l'exercice de leur métier. Un deuxième scénario de formation a été alors conçu dans le but de mettre en évidence l'activité de l'apprenant sourd comme un autre facteur déterminant dans les processus de conceptualisation en mathématiques. Les activités expérientielles dans des situations diversifiées constituent une base essentielle de la conceptualisation en mathématiques.

Nous avons essayé de traduire des caractéristiques de chacune des dimensions qui constituent un scénario pédagogique, dans le cadre particulier des deux nôtres. Notons que pour un scénario donné, certaines dimensions peuvent prendre davantage d'importance que d'autres selon les étapes considérées. Nous donnons un premier aperçu des deux scénarios dans le tableau suivant en indiquant par leurs initiales les dimensions impliquées dans chacun.

<table>
<tr><th colspan="4">SCENARIO 1 : Etudier les places de l'activité et du langage dans la résolution de problèmes</th></tr>
<tr><td colspan="4">Activité 1 : Résoudre un problème mathématique</td></tr>
<tr><th>Objectifs</th><th>Tâches</th><th>Rôle des acteurs</th><th>Processus et outils</th></tr>
<tr><td>Faire vivre une situation de recherche en mathématiques à plusieurs

Compréhension de consignes

(B, Ap, S, Ma, R)</td><td>Problème de maths à résoudre en 3 groupes avec un énoncé donné sous 3 formes différentes et obligation de communiquer dans les seules langues choisies :
- que en français écrit et oral
- que en français écrit et en LSF
- seulement en LSF

(O, Ac, I, P)</td><td>Les stagiaires
- chercher en se mettant à la place d'un élève sourd
- travailler à plusieurs pour se rassurer
Le formateur
-observation non participative
- filmer les groupes au travail
(Me, Mi, D, F)</td><td>- partage des connaissances mathématiques et linguistiques
- moyens vidéo pour garder trace de la consigne en LSF
- 3 salles pour éviter les interférences entre les groupes
(Pg)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Activité 2 : Comparer les modes de résolution des 3 groupes</td></tr>
<tr><td>Conduire à identifier les différentes fonctions du langage dans la résolution de problèmes mathématiques</td><td>Tâche 1 : chercher les différences de fonctionnement entre les groupes</td><td rowspan="2">Les stagiaires
- une analyse réflexive et croisée de l'activité
- les échanges permettent d'objectiver
les fonctions du langage selon les étapes de la recherche
-conceptualisation des rôles respectifs de la communication et de la représentation
Le formateur
- gestion des échanges
- formalisation de l'analyse comparative
- synthèse théorisée
(Me, D, F)</td><td rowspan="2">- confrontation croisée des activités cognitives et relationnelles à partir des séquences filmées de chaque groupe

- soutien à la métacognition par cadre rassurant des échanges

- soutien au partage des connaissances par la réalisation d'affiches dans les 3 groupes

(Mc, Pg)</td></tr>
<tr><td>Amener à prendre conscience que la résolution de problèmes mathématiques n'implique pas que des facteurs linguistiques

(B, Ap, S, Ma, R)</td><td>Tâche 2 : chercher les ressemblances de fonctionnement entre les groupes

(O, Ac, I, P)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Activité 3 : atelier de pratique accompagnée pour un petit groupe</td></tr>
<tr><td>Permettre une expérimentation en situation effective dans une classe tenue par une enseignante experte

(B, Ap, S, R)</td><td>- concevoir un scénario pédagogique pour expérimenter la résolution du même problème dans une classe d'élèves sourds scolarisés ensemble dans une 5e SEGPA sur 4 séances
- préparation d'un compte rendu de l'atelier en direction du grand groupe

(O, Ac, I, P)</td><td>Les stagiaires
- conception, expérimentation, évaluations successives du scénario
- analyse réflexive de chaque séance pour ajuster le projet
Le formateur
Ressource pour opérationnaliser les actions pédagogiques avec l'enseignant d'accueil
(Me, Mi, D, F)</td><td>- soutien au partage des connaissances entre les participants au projet par la gestion des différentes phases de l'expérience
- aide à la gestion des « imprévus » par les formateurs
- séances filmées et consignées en vue de leur présentation

(Mc, Pg, C)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Activité 4 : Compte rendu de l'atelier au grand groupe</td></tr>
<tr><td>Amener à mutualiser l'expérience de réinvestissement en vue d'évaluer la pertinence du scénario
(B, Ap, S, Ma, R)</td><td>- Présentation de l'expérience
- Analyse comparative entre les obstacles rencontrés dans la résolution du problème par les élèves et par les stagiaires

(O, Ac, I, P)</td><td>- les stagiaires conceptualisent les savoirs sur le problème initial
- le formateur les institutionnalise

(Me, Mi, D, F)</td><td>- gestion des connaissances produites par le montage d'un film
- partage entre grand et petit groupe

(Mc, Pg, C)</td></tr>
</table>

Tableau 3 : le scénario de résolution de problème

SCENARIO 2 : Etudier la place de l'activité expérientielle dans la conceptualisation mathématique			
Activité 1 : Elaborer un concept mathématique			
Objectifs	**Tâches**	**Rôle des acteurs**	**Processus et outils**
Faire vivre une situation de recherche en mathématiques fondée sur des expériences en binômes (B, Ap, Ma, R)	Résoudre 3 situations problèmes en expérimentant à l'aide de différents supports : - les couleurs - les rotations - les pendules (O, Ac, I, P)	*Les stagiaires* - chercher en se mettant à la place d'un élève sourd - travailler à plusieurs pour se rassurer *Le formateur* -observation (Mi, D, F)	- soutien au partage des connaissances mathématiques par la mise en place des binômes - mise à disposition de divers supports matériels et visuels (Pg)
Activité 2 : identifier les caractéristiques du concept			
Conduire à identifier le concept et à le transférer dans d'autres situations (B, Ap, Ma, R)	Tâche 1 : énoncer les points « remarquables » dans chacune des 3 expériences Tâche 2 : comparer et chercher des ressemblances entre les 3 expériences Tâche 3 : trouver d'autres situations où ce concept intervient (O, Ac, I, P)	*Les stagiaires* - analyse réflexive sur les situations - activité de catégorisation *Le formateur* - gestion des échanges et prise de notes - formalisation des propriétés du concept - dénomination (Mi, D, F)	- soutien à la catégorisation par la notation sur affiche - soutien au passage à l'abstraction par des mises en commun régulières et successives - partage des savoirs par échanges entre les binômes (Mc, Pg)
Activité 3 : caractériser la démarche inductive de construction de concepts mathématiques			
Conduire à identifier les principes de la démarche inductive proposée pour faire élaborer des concepts mathématiques à des élèves sourds dans ses différentes étapes (B, Ap, S, R)	Tâche 1 : prendre une distance personnelle par rapport à l'expérience vécue Tâche 2 : confronter son analyse à celle des pairs pour en dégager des principes généraux (O, Ac, I)	*Les stagiaires* - analyse réflexive sur son activité - généralisation du processus de conceptualisation mathématique *Le formateur* - gestion des échanges réflexifs, formalisation (Me, D, F)	- soutien à la métacognition par un questionnaire - partage des savoirs par échanges collectifs (Mc, Pg,)
Activité 4 : imaginer un scénario à partir d'un autre concept mathématique			
Etre capable de transférer la démarche dans une situation professionnelle fictive (B, Ap, S, Ma, R)	- choisir un concept maths adapté au niveau de ses élèves - concevoir un scénario pédagogique pour expérimenter la démarche en petits groupes (O, Ac, I, P)	*Les stagiaires* - analyse didactique concept math - élaboration scénario *Le formateur* Ressource des groupes (Me, D, F)	- soutien maths par consultation documents et programmes - partage des savoirs dans les petits groupes via internet en inter session (Mc, Pg, C)
Activité 5 : chaque groupe expose son travail en faisant vivre son scénario au grand groupe			
Evaluer la pertinence du scénario par les capacités à mettre en scène et communiquer les connaissances acquises (B, Ap, S, Ma, R)	- présenter la réflexion du petit groupe - rendre accessibles le concept choisi et le scénario imaginé au grand groupe (O, Ac, I, P)	Animation du grand groupe par stagiaires *Le formateur* Observation participative (Me, Mi, D, F)	- mutualisation des groupes - évaluation de la formation par la mise en activité des pairs - présentation PMM (Mc, Pg, C)
Activité 6 pour certains : expérimenter le scénario imaginé dans sa propre classe			
Mise à l'épreuve dans une situation effective	Faire vivre et adapter le scénario à ses élèves	Gestion de la classe par stagiaire et co-analyse réflexive formateur	auto contrôle de la formation

Tableau 4 : Le scénario sur la conceptualisation

CONCLUSION DU CHAPITRE IV

La conjonction des deux scénarios de formation devrait aboutir à ce que les enseignants en formation considèrent qu'il n'y pas de conceptualisation sans compétences communicationnelles ni linguistiques mais que l'activité de l'apprenant sourd dans différentes situations constitue les fondements de la conceptualisation en mathématique. Leurs pratiques professionnelles pourraient, en conséquence, s'en trouver mieux adaptées, favorisant à la fois le développement des capacités des élèves sourds en mathématiques, et un bénéfice au niveau de l'épanouissement de leurs enseignants.

Nous tenons à souligner que les réactions des stagiaires face aux scénarios proposés au cours de notre recherche, nous ont guidée dans leur ajustement aux situations professionnelles réelles. Les points de vue des enseignants que nous avons « formés » ont grandement contribué à l'évolution de l'ensemble des activités et à leur articulation : c'est en partie à eux que nous devons la mise au point actuelle des prototypes de scénarios que nous soumettons à la discussion aujourd'hui.

CHAPITRE V. UN PREMIER SCENARIO DE FORMATION : L'APPRENTISSAGE PAR LA RESOLUTION DE PROBLEMES

Dans un premier temps nous contextualiserons les hypothèses que nous avons dégagées dans la première partie concernant les difficultés des stagiaires à enseigner la résolution de problème et la compréhension des consignes, puis nous essaierons de modéliser le scénario proposé en précisant les méthodes et moyens de recueil de données empiriques. Nous confronterons au fur et à mesure ces données à nos hypothèses d'action et de recherche en tissant au passage des liens avec la première partie de notre travail. Enfin, compte tenu de notre démarche de nature constructiviste, nous en dégagerons de nouveaux questionnements.

V-1 La problématique et les hypothèses élaborées dans le premier scénario

Nous rappelons que les résultats des représentations de l'enseignement des mathématiques aux élèves sourds, analysés dans le chapitre précédent, ont révélé leurs difficultés et le peu d'engouement, en général, qu'ils montrent pour remplir cette tâche. De plus, dans certains cas, ce sont les enseignants de la classe de référence qui enseignent les mathématiques, laissant ainsi le soin aux enseignants spécialisés de travailler avec les élèves sourds le domaine relevant de l'acquisition de la langue française. Pour d'autres, les difficultés en français de ces enfants sont telles qu'ils « avouent » privilégier les apprentissages dans ce domaine. De façon générale, la plupart d'entre eux attribuent leurs difficultés à des problèmes de langage et/ou de communication : les arguments les plus invoqués sont le manque de vocabulaire de l'enfant sourd, ses difficultés de compréhension et d'expression, principalement pour lire des consignes ou pour comprendre des énoncés de problème.

Dans le chapitre I, en nous basant principalement sur les remarques de l'Inspection Générale de mathématiques, nous avons évoqué les difficultés qu'ont les enseignants à travailler dans des perspectives d'apprentissages par problèmes en mathématiques. Nous avons également postulé que les enseignants, surtout lorsqu'ils sont placés dans des situations professionnelles déstabilisantes, ont pour habitude, de recourir aux « méthodes » qu'ils ont vécues en tant qu'élèves. Tenant compte de ces divers paramètres, nous rappelons et précisons les hypothèses que nous avons faites pour amener les enseignants en formation à concevoir les apprentissages mathématiques au travers de la résolution de problèmes.

V-1-1 Construire du sens à partir des significations mathématiques

D'une part, nos enseignants en formation, lors du premier test d'association d'idées effectué en première année de formation, soulignent pour la plupart un vécu très « scolaire » de leurs apprentissages mathématiques, peu motivant, si ce n'est ennuyeux ou rébarbatif. Nous faisons l'hypothèse d'action que résoudre des problèmes plus « originaux » présentés sous forme ludique, peut les conduire à remettre en cause ces représentations familières. D'autre part, nous avons analysé dans

le chapitre II, l'importance des connaissances en mathématiques et en didactique pour améliorer la pertinence de l'adaptation pédagogique des situations d'apprentissages aux besoins des élèves sourds. Le choix du scénario mis en expérimentation ici se doit de tenir compte de ces contraintes. Nous postulons alors qu'une analyse didactique d'une situation problème en mathématiques avec les stagiaires doit répondre à leur quête de sens dans cette discipline et leur permettre d'entendre le sens que les élèves donnent au problème tout en réussissant en parallèle à adapter le problème de façon à maintenir le fil de sa signification mathématique.

V-1-2 Apprendre à problématiser des situations

Nous postulons également que la plupart de nos stagiaires ont suivi un enseignement « classique ou traditionnel » des mathématiques, basé sur une méthode transmissive et déductive. En mathématiques, le modèle de référence, que nous supposons être celui qu'ils ont vécu en tant qu'élèves, est principalement organisé autour d'une première étape où sont exposés des outils comme définitions et théorèmes, suivie d'une deuxième phase où ces outils transmis doivent être appliqués dans des exercices standards. Dans ce cas, en tant qu'apprenants, les enseignants n'ont pas eu l'occasion de construire des savoirs mathématiques au travers de dispositifs qui donnent toute leur place à la problématisation, avec identification des possibles et des nécessaires. Nous en déduisons une hypothèse d'action, partagée par d'autres auteurs comme J.-L. Legrand (2000) ou L. Leroux et T. Lecorre (2007) relative à la place et au rôle du débat scientifique, qui a pour mérite de favoriser des situations d'échanges et des processus métacognitifs au travers d'une réflexive de la situation.

En nous reportant au cadre théorique présenté dans le chapitre II, nous choisissons de confier davantage de *responsabilités scientifiques* aux apprenants qu'ils soient élèves ou stagiaires. Avec Leroux et Lecorre, nous pensons que les situations de débats scientifiques représentent des dispositifs enrichissants pour les apprenants comme pour les formateurs : pour l'apprenant en lui donnant la possibilité de donner un sens plus intériorisé aux notions qu'il étudie, et pour le formateur en lui faisant découvrir les apprenants sous un nouveau jour (*op., cit*.). Mais cette conception nécessite un changement total de paradigme d'enseignement. Là où habituellement le professeur chasse le doute de la classe, il va au contraire le faire vivre, et là où le professeur habituellement dé-problématise le savoir afin de le rendre plus digeste, il va au contraire le problématiser... Cette conception pédagogique est d'autant plus « révolutionnaire » que, comme nous avons l'avons souligné dans le chapitre III, les enseignants pour élèves sourds, auraient plutôt l'habitude de mettre leurs élèves dans des situations où le doute est soigneusement évité, sous couvert de ne pas les déstabiliser. Face à la stabilité de cette conception chez les stagiaires, nous avons été conduite à faire une autre hypothèse d'action relative à l'intérêt de mettre nos stagiaires en situation d'apprentissage congruente avec celle de leurs élèves sourds.

V-1-3 Comprendre les conditions d'apprentissage des élèves sourds

Pour aider les stagiaires à mieux comprendre les obstacles que rencontrent leurs élèves sourds, nous avons choisi une situation dans laquelle les enseignants pouvaient se mettre à la place de leurs élèves, en empruntant des modes de communication inhabituels pour eux et en cherchant à comprendre un problème au travers de sa consigne. Nous faisons l'hypothèse qu'il y a congruence entre une démarche propice aux apprentissages pour les élèves sourds et celles favorables au développement de compétences professionnelles pour leurs enseignants. Les situations d'apprentissage « toutes prêtes » ne permettent pas une adaptation pédagogique optimale aux besoins des élèves sourds. Il en est de même des stagiaires en formation. Ces apprenants ne sont pas *dans* des situations d'apprentissage conçues comme des cadres fournis de l'extérieur mais *en* situation.

L'objectif de formation du scénario est de faire prendre conscience que la résolution de problèmes n'implique pas que des facteurs linguistiques, par exemple, dans la compréhension de la consigne. L'analyse de la situation de référence vise à faire émerger un questionnement sur le rôle d'une langue naturelle pour accompagner l'activité de recherche, communiquer ses procédures et représenter les objets mathématiques.

V-2 Les différentes phases du scénario

L'expérimentation s'est déroulée sur deux années consécutives avec les mêmes populations que celles que nous avons présentées dans le chapitre précédent, c'est-à-dire deux promotions successives de stagiaires en formation d'enseignants spécialisés dans l'enseignement aux élèves sourds. Il a été également expérimenté dans le cadre d'une formation d'enseignants spécialisés dans la surdité à l'île Maurice. Il se peut que nous fassions allusion à quelques résultats anecdotiques de cette expérience bien qu'elle n'entre pas dans le protocole. Le scénario est constitué de quatre étapes dont les deux premières étapes se déroulent au centre de formation. La première étape constitue une situation de référence choisie pour son aspect « déstabilisant » : la résolution d'un problème mathématique donné dans divers modes langagiers.

Activité 1 **:** résoudre un problème mathématique dans plusieurs environnements linguistiques en 3 groupes

Activité 2 : analyser les modes de résolution des 3 groupes selon les modes de communication « autorisés »

En tant que formateur, nous faisons l'hypothèse que l'aspect « artificiel » de la situation sera vécu par les stagiaires, non pas comme un choix de les « infantiliser » en leur proposant de se mettre à la place de leurs élèves, mais au contraire comme une tentative de leur faire vivre « de l'intérieur » les difficultés de communication. Ce cas représente une situation motivante par le projet professionnel

qu'elle vise. Un indicateur de la validité de nos hypothèses sera l'évolution du rapport des enseignants à l'activité de résolution de problèmes, avec un passage de l'appréhension au plaisir et donc celui d'une motivation extrinsèque à une motivation intrinsèque.

Activité 3 : mettre en scène l'activité dans une situation professionnelle réelle : un atelier de pratique accompagnée pour un petit groupe

La troisième phase se déroule sur le terrain mais, en relation avec les contraintes du dispositif global, elle ne peut concerner qu'un petit groupe d'enseignants : nous l'appelons atelier de pratique accompagnée. Ce dernier, dans le contexte précis de la recherche, s'est déroulé dans une classe dont l'enseignante titulaire est déjà spécialisée et accueille des élèves sourds : il s'agit d'une classe de 5^{e} SEGPA. Il a fourni l'occasion à ces cinq stagiaires d'expérimenter la situation de résolution problème en situation réelle et d'en réaliser la mise en scène pédagogique, en réinvestissant les apprentissages effectués dans les deux premières étapes.

Activité 4 : rendre compte de l'expérimentation en contexte réel au grand groupe de formation

Enfin, la quatrième étape a consisté pour ce groupe réduit, à présenter à l'ensemble de la promotion les résultats de son expérimentation.

V-3 Résoudre un problème mathématique dans plusieurs environnements linguistiques

V-3-1 Le problème : il s'agit dans la première étape de résoudre un problème mathématique dont la consigne est donnée dans trois modes de communication différents.

Enoncé du problème :

Trouver tous les carrés différents, partagés en quatre parties par leurs diagonales comme sur le dessin et entièrement coloriés avec 3 couleurs au plus.

La consigne du problème est volontairement suffisamment « floue » pour provoquer l'émission d'hypothèses ; les façons dont ces dernières sont conservées ou évacuées font partie de la résolution de ce problème. La résolution se déroule dans 3 contextes communicationnels différents. Les stagiaires sont répartis en 3 groupes dans 3 salles différentes pour éviter des interférences entre les groupes :

- le groupe A accède à la consigne énoncée oralement et écrite sur un tableau. Les modes de communication autorisés dans le groupe A sont le français oral et écrit.

- le groupe B n'a pas accès au français oral. Le problème lui est énoncé en LSF par l'intermédiaire d'un film où un interprète français/LSF signe la consigne. Le mode de communication oral entre les participants du groupe B est la LSF mais ils peuvent utiliser le français à l'écrit uniquement pour

s’expliquer. Ils n’ont donc pas le français pour comprendre la consigne et un langage peu aisé pour communiquer entre eux.

- le groupe C communique uniquement à l’oral à l’aide de la LSF. Comme pour le groupe B, il visionne la consigne à l’aide d’un support vidéo. Que ce soit au niveau de la compréhension comme à celui de la production, ils ne peuvent avoir recours qu’à la LSF ou au dessin.

V-3-2 Les tâches

Dans l’activité 1 de résolution du problème

La tâche consiste à résoudre le problème, par petits groupes ou non, comme les stagiaires le choisissent, en s’organisant à l’intérieur des trois groupes A, B, ou C et en utilisant uniquement les modes de communication « autorisés » dans leur groupe. Au bout du temps imparti à la résolution du problème (au maximum 1h30), chacun des 3 groupes doit fournir une affiche explicitant les différents questionnements survenus au cours de la recherche et les phases par lesquelles les participants du groupe ont cheminé pour aboutir à leur solution. L’affiche du groupe C est réalisée à l’aide de dessins ou de schémas. Cette affiche sera présentée et expliquée aux autres groupes au cours de l’activité 2. Chaque groupe a été filmé tout au long de sa phase de recherche. Un film « raccourci » avec les moments les plus pertinents a été conservé pour les échanges.

Dans l’activité 2 d’analyse des résolutions

L’explicitation et la compréhension des procédures de chaque groupe

Les trois groupes A, B, et C de stagiaires sont réunis dans une même salle. Chaque groupe présente, à tour de rôle, l’état de ses réflexions : un rapporteur explicite les questions que le groupe s’est posé, ses difficultés et ses réussites, en s’appuyant sur l’affiche réalisée. Les collègues des autres groupes sont invités alors à réagir pour, dans un premier temps, chercher à mieux comprendre le cheminement effectué par le groupe qui expose et les solutions qu’il propose. Cette présentation collective permet de distinguer les grandes étapes de la recherche pour chaque groupe. De son côté, après cette première séance, le formateur peut effectuer un assez court montage à partir d’extrais des enregistrements vidéo en fonction des étapes exhibées pour chaque groupe. A la séance suivante, la présentation filmée de la recherche de chaque groupe est projetée de façon collective. Une première analyse réflexive s’ensuit et voit les stagiaires poser des questions élucidantes sur les procédures qu’ils ont cru percevoir, sur les échanges entre les personnes du groupe considéré, sur la façon dont chacun est impliqué dans la recherche commune, etc.

L’analyse réflexive croisée des procédures

Avec pour objectif affiché de faire émerger les places respectives du langage et leurs fonctions, l’analyse qui suit se déroule en deux temps : l’un axé sur la recherche des différences entre les fonctionnements des 3 groupes, l’autre axé sur la recherche des ressemblances et points communs.

La généralisation de la place des activités langagières au cours d'une activité mathématique
Enfin, la consigne de généraliser et de synthétiser les remarques relatives à la place des activités langagières au cours de l'activité mathématique constitue un troisième temps de l'activité 2 d'analyse.

V-3-3 Le rôle du formateur et la méthodologie de recueil des données

Dans l'activité 1, outre la mise en scène et la mise en activité des 3 groupes, le formateur n'intervient pas dans cette première phase. C'est un contrat explicité dès le départ aux stagiaires. Il peut filmer les échanges dans chaque groupe, prélever et noter des indices selon une approche d'observation non participative. Son but est de « renvoyer » au grand groupe, ses observations en complément des traces filmées au moment de l'analyse réflexive de l'activité 2.

Il lui faut aussi « tenir » le temps pour que toutes les phases prévues soient menées à leur terme sans pour autant en briser la dynamique, aussi bien dans les activités de recherche que dans celles des échanges. Il relève aussi de la responsabilité du formateur de gérer la différenciation entre les groupes, en proposant des activités complémentaires à ceux dont l'activité de recherche a été plus courte, de façon à laisser le temps à chaque groupe d'aboutir à une solution satisfaisante pour lui. Lorsque les participants d'un groupe ont terminé leur recherche d'une part, et achevé la réalisation de leur affiche explicative de l'autre, le formateur peut leur proposer des fiches d'activités pédagogiques utilisant le jeu constitué des 24 carrés dessinés et découpés, de façon à laisser aux autres groupes le temps de mener à bien leur tâche : jeu du portrait, suites logiques, figures géométriques, domaines fermés, activités de recherche d'axes de symétrie avec un petit miroir, …

Dans l'activité 2, l'organisation des phases de partage des connaissances puis la gestion des échanges, constitue l'essentiel du rôle du formateur, dans un premier temps. Ensuite, la reformulation des procédures, des différences et des similitudes relevées tant sur les affiches que dans les passages filmés, contribuent, par son intervention, à formaliser et institutionnaliser les savoirs créés à l'occasion de cette activité, d'une part sur l'activité de recherche en elle-même d'autre part sur les places et les différentes fonctions d'une langue en correspondance avec les différentes phases de la recherche.

Au niveau méthodologique, nous n'avons pas choisi de faire un décryptage complet de tous les rushes vidéo en notre possession, comme nous l'avions prévu au départ. D'une part, au niveau des contraintes du dispositif de formation, nous ne pouvions pas réserver un temps plus long à l'analyse fine des enregistrements vidéo malgré les intérêts que cette analyse aurait pu comporter pour la formation. D'autre part, une analyse exhaustive de ces données pour notre recherche, aurait été non seulement « fastidieuse » mais peu pertinente au regard du but que nous visions, à savoir, provoquer la confrontation des différentes méthodes entre elles, ainsi que leur mise en relation avec les représentations initiales des enseignants. Nous n'avons pas cherché à mesurer statistiquement l'importance de l'évolution de ces conceptions mais plutôt visé à créer une dynamique de la réflexion

à partir du choix de la situation qui se voulait inhabituelle et « déstabilisatrice ». L'aspect original bien qu'artificiel de la situation déclenchante, a permis à chacun d'avoir un avis ou même un sentiment à exprimer. Une des raisons d'avoir choisi que le formateur filme les stagiaires en activité est d'initier chez eux une première façon de « se voir » fonctionner, au sens propre, pour en arriver à un sens plus figuré. Le travail par groupe devait permettre d'accepter plus facilement, d'un côté la recherche elle-même dans un domaine qui, comme nous l'avons déjà souligné, peut occasionner des réticences, de l'autre d'accepter également le regard des autres, porté non pas sur soi mais sur le groupe, donc ressenti de façon moins « impliquante » personnellement.

V-3-4 Les résultats relatifs à la résolution du problème

Nous pouvons déjà souligner un premier résultat relatif à une de nos hypothèses d'action : la motivation pour vivre cette expérience est grande de la part des stagiaires. Le sentiment d'inquiétude né de la crainte de ne pas avoir suffisamment de bases en LSF pour s'autoriser à participer à un groupe, a priori « muselé » dans son mode de communication, est vite remplacé par l'envie de se lancer dans l' « aventure » : pour preuve, la difficulté à trouver des stagiaires qui acceptent de participer au groupe réservé à ceux qui communiquent en français, oral et écrit. Au final, la peur de faire des mathématiques est vaincue par le désir de s'entraîner à communiquer en LSF. Un obstacle est déjà franchi, celui d'affronter un problème de mathématiques avec un vécu d'élève plus ou moins douloureux. La position du professionnel qui ressent la nécessité de communiquer avec ses élèves sourds, prend les devants : la situation proposée projette les stagiaires dans un projet professionnel au lieu de les infantiliser dans le contexte scolaire de résoudre un problème.

Pour rendre compte de la richesse des procédures de résolution comme des échanges entre les groupes, nous avons choisi de les classer de façon thématique, bien que cette linéarité du discours ne retrace pas fidèlement celle de la pensée en élaboration collective.

V-3-4-1 L'activité de résolution du problème comme source de prise de conscience

Avant d'examiner les questions que les stagiaires se sont posées tout au long de la recherche, nous donnons quelques éléments de la solution (voir annexe 9, p.14). Dans l'hypothèse où les carrés ne sont pas orientés dans le plan, les carrés superposables par rotation sont considérés comme identiques. Il est possible alors de trouver 24 carrés différents.

V-3-4-1-1 Le questionnement engendré par la compréhension de la consigne

La position du formateur de type observation non participative a pour but de laisser les groupes se confronter à l'activité de recherche d'hypothèses. La consigne ouvre à plusieurs interprétations possibles : selon nos choix théoriques et nos hypothèses d'action, nous avons choisi que le formateur ne puisse pas « expliquer la consigne » ni élucider les nombreux questionnements qui accompagnent

l'activité de recherche. Cette démarche d'interrogation d'une situation pour se la représenter et la traiter, est une composante essentielle de l'activité mathématique : nous avons déjà souligné l'écueil d'une démarche pédagogique qui ne suscite pas souvent cette attitude cognitive de la part des élèves sourds.

Les premières réactions des enseignants-stagiaires dans les 3 groupes, reflètent souvent un léger désarroi. Les remarques du groupe A face à l'énoncé commencent par : « *je n'y comprends rien* » ou « *la consigne n'est pas claire* » ou « *il manque des informations* ». Dans les groupes qui ont accès à la consigne en LSF, l'incompréhension se centre sur les signes : « *je ne comprends pas ce signe* », « *tu sais ce que veut dire ça ?* ». Finalement, très rapidement, chaque groupe transgresse le contrat initial et interpelle le formateur pour obtenir des éclaircissements. Mais … sans résultats.

Des hypothèses sur le sens des mots ou des signes

Devant l'obligation d'agir en autonomie, sans autres ressources que le groupe lui-même, les stagiaires s'engagent alors dans l'examen systématique de chaque petite unité de sens. Indépendamment du mode de compréhension ou de communication, ils effectuent des hypothèses sur le sens des mots ou des signes et débattent autour de leur éventuelle validité ou des contradictions qui surgissent. Nous rappelons que les groupes qui accèdent à la consigne en LSF, ont la possibilité de repasser la vidéo autant de fois qu'ils le veulent.

Une interprétation de l'action à effectuer pour *trouver*

Trouver ne signifie pas dessiner, ce qui implique que quelques stagiaires tentent de retrouver une « formule mathématique » et cherchent à évaluer le nombre de carrés possibles répondant aux contraintes de l'énoncé. Or, il n'est pas possible de trouver simplement ou naturellement, une formule combinatoire qui modélise la situation. Ils entreprennent alors de longs calculs, qui, s'ils semblent aboutir, produisent une infinité de solutions : ce sont alors les interactions dans le groupe qui provoquent le doute et relancent la recherche d'une autre hypothèse.

Une multitude de *carrés* possibles

Certains stagiaires pensent que la taille des carrés peut varier. Ils se retrouvent alors avec une infinité de solutions possibles. L'élimination de cette hypothèse relève certainement du contrat didactique : une demande exhaustive, donc finie, d'une infinité de solutions ne semble pas plausible dans le cadre de ce travail. De même, pour ceux qui imaginent que des carrés sont inscrits les uns dans les autres (nous avons rencontré cette interprétation avec les enseignants de Maurice). L'aspect perceptif de cette situation peut dérouter aussi. Un stagiaire s'est exprimé en disant : « *je ne comprenais pas pourquoi on parlait de carrés alors que moi, je ne voyais que des triangles* ». Nous avons étudié dans le chapitre II,

à quel point changer de point de vue est une démarche particulièrement importante en mathématiques : cet exemple illustre un type de difficultés que certains élèves sourds pourraient rencontrer.

Différentes constructions du sens de l'expression *3 au plus*

Ils ont été plusieurs stagiaires à ne pas être assurés d'avoir bien compris l'expression *3 au plus* ou même à n'avoir pas repéré la globalité de l'information formée des trois termes : certains utilisent 3 couleurs exactement, ni plus ni moins. Tout se passe comme si leur compréhension se réduisait à ne prélever que l'information numérique. Nous avons rencontré cette difficulté de compréhension de l'expression *n de plus que* lors d'une étude effectuée sur l'évaluation des compétences numériques chez des enfants en grandes difficultés (Duquesne, 1998, 1999, 2003a). Les erreurs d'interprétation d'une telle expression se partagent majoritairement entre une action qui ne tient compte que de l'information numérique et une autre qui ne s'intéresse qu'à la comparaison, au détriment de cette dernière. Il ne s'agit pas de considérer les enseignants en formation comme en difficulté, mais on peut imaginer que lorsque plusieurs contraintes restreignent les possibilités d'actions, l'esprit humain a naturellement tendance à abandonner quelques unes de ces contraintes. Dans la situation présente, la contrainte de ne pas utiliser plus de 3 couleurs entre en collision avec la perception des 4 régions à colorier, comme nous l'analysons dans le paragraphe suivant.

Cependant, une fois émise l'hypothèse que seulement *3 couleurs exactement* sont utilisées, la recherche est rapidement close : c'est ce cas qui s'est produit dans un des sous-groupes du groupe C. C'est en échangeant avec les autres sous-groupes et donc en étant confrontés à une autre interprétation que cette hypothèse a été abandonnée. D'autres suppositions ont été faites comme par exemple, choisir 3 couleurs pour un carré, 3 autres pour un autre carré et ainsi de suite, tant est si bien que de ce fait, les carrés sont effectivement tous différents. Mais là encore, les possibilités sont infinies et le contrat didactique intervient pour inciter à changer d'hypothèse.

Des facteurs spécifiques au passage d'une langue vocale à une langue signée

Par contre, les enseignants des groupes B et C ont rencontré de plus grandes difficultés encore avec cette expression : une méconnaissance du lexique en LSF est, dans ce cas, en partie responsable des erreurs d'interprétation. Les facteurs linguistiques sont des variables impossibles à négliger, d'autant plus lorsqu'on navigue entre deux langues si différentes comme le français et la langue des signes. Pour en donner un exemple, nous rapportons l'obstacle que nous avons rencontré lors de la conception initiale de cette expérimentation. Avec le souci de ne pas utiliser le français signé et ne pas donner aux enseignants l'exemple d'une langue des signes dénaturée, nous avons demandé à un collègue sourd, excellent signeur, de traduire l'énoncé du problème : sa traduction filmée servirait alors de consigne à notre situation de référence. La traduction a été extrêmement délicate et avec un résultat qui ne nous a pas permis de l'utiliser pour le cas présenté. En effet, sur le simple exemple de l'expression *3 au plus*,

ce collègue n'a pas pu se résoudre à traduire autrement que dans l'esprit d'une pure langue des signes. La traduction a donné quelque chose du style :

« *1 couleur, c'est bon, 2 couleurs c'est bon, 3 aussi mais 4 ce n'est pas possible.*

Ainsi, la traduction ne laissait plus de choix au niveau de l'interprétation et donc de la construction de sa signification. Le raisonnement est déjà pré-fabriqué dans l'expression même de la situation. Ce constat a souvent été fait et ne comporte pas que des inconvénients en situation pédagogique ; il peut même être très utile pour éviter des ambiguïtés dans des situations de transmission par exemple. Par contre, dans une situation conçue pour sa visée d'apprentissage de résolution de problèmes et donc pour favoriser l'élaboration d'hypothèses, cette façon de traduire s'oppose à l'intention pédagogique première. C'est pourquoi, suite à cet événement, nous avons fait appel à un interprète, qui plus est, à un interprète scolaire dont la double compétence linguistique et pédagogique a permis de préserver la nature de la langue des signes tout en respectant l'objectif d'apprentissage.

Une contradiction : 3 couleurs autorisées et 4 places à colorier

Le point sur lequel tous les groupes butent concerne la difficulté à colorier entièrement les carrés, c'est-à-dire les 4 parties, sans disposer de 4 couleurs. Quelque soit le mode de communication de la consigne, l'aspect visuel et perceptif de la contrainte, représenté par les 3 couleurs et les 4 places, saute « aux yeux » et engendre une contradiction pour envisager les premières solutions. Plusieurs choix peuvent apparaître pour surmonter cet obstacle. Par exemple, des parties laissées en « blanc » ne sont pas considérées comme coloriées et 3 couleurs sont utilisées pour les autres parties : les carrés ne sont alors pas *entièrement coloriés*. Ou délibérément, 4 couleurs sont utilisées en « oubliant » la contrainte de *3 couleurs au plus*. Là encore, c'est certainement une réaction naturelle dans le but d'alléger le poids des contraintes qui font obstacle à la résolution. Au paradoxe crée par les 3 couleurs pour 4 régions, doit se substituer un raisonnement suffisamment solide pour résister à l'aspect presque perceptif de la contradiction ; on pourrait même dire que le raisonnement va avoir pour but d'inhiber l'évidente impossibilité de 3 couleurs pour 4 places. Ce raisonnement consiste à déduire que deux triangles sont nécessairement coloriés avec la même couleur. Il reste encore un bout de chemin à effectuer pour déduire aussi que deux régions (au moins) coloriées de la même couleur peuvent être jointes ou disjointes.

La signification relative de *différents*

Le deuxième obstacle que tous doivent franchir, même s'il ne survient pas au même stade dans le déroulement de la recherche selon les groupes, concerne l'interprétation de l'expression « *carrés différents* ». Là non plus, la langue dans laquelle est donnée la consigne n'intervient pas car le signe « différent » en LSF est connu de tous les enseignants. Plusieurs choix sont possibles selon que l'on considère si la feuille sur laquelle les carrés sont représentés est orientée ou pas, ou selon que les

carrés sont fixés les uns par rapport aux autres ou pas. Il s'agit pour le formateur de laisser aux stagiaires le choix de ces solutions à partir du moment où ils sont conscients du rôle de variables qu'elles jouent. Cependant, devant l'importance du nombre de carrés trouvés dans un cas plutôt que dans un autre et la possibilité, une fois qu'on a obtenu une famille minimale, d'obtenir les autres par rotation, la plupart des stagiaires se rallient à la solution la plus simple qui consiste à considérer comme identiques tous les carrés superposables moyennant une rotation.

La difficulté de s'assurer qu'on les a trouvés *tous*

Cette préoccupation apparaît dans la plupart des groupes en fin de la phase de recherche. Quels que soient le mode de communication et la procédure privilégiée, il arrive un moment où se pose la question de la fin de la tâche. Mais à quel moment s'arrêter ? Cette question engendre la nécessité de convaincre les collègues de son groupe ou ceux des autres groupes que sa recherche a abouti. Le débat scientifique s'instaure et l'argument le plus convainquant est toujours celui qui se rapproche le plus de la preuve mathématique. C'est en se regardant argumenter à travers la projection de l'enregistrement vidéo que la prise de conscience commence à opérer. C'est là aussi que les différences de niveau de maîtrise de la langue de communication apparaissent clairement comme des facteurs fondamentaux dans le débat scientifique.

La place du langage dans la compréhension de la consigne

Nous avons pris en note le temps que chaque groupe a mis pour explorer les multiples pistes d'interprétation possibles de cette consigne. La différence de temps passé à comprendre ce qui est attendu n'a pas été très significative, de l'ordre de 5 à 6 minutes, en faveur du groupe A. Il nous semble intéressant de noter que les stagiaires ont été surpris de l'importance du temps passé sur l'énoncé, et surtout de l'existence de cette activité, dans tous les groupes. Par exemple, le groupe A était persuadé qu'il comprendrait bien plus vite et mieux que les deux autres groupes, puisque la langue de l'énoncé était sa langue de travail. Au contraire, ceux qui avaient l'énoncé en LSF ont renvoyé dans l'analyse croisée, qu'ils se croyaient les seuls à « galérer » dans de nombreuses suppositions. En tant que formateur, nous avons de notre côté renvoyé une remarque : les groupes B et C, très gênés au départ par le décryptage de l'énoncé, ont visionné plusieurs fois la consigne en tout début de recherche ; mais ils n'y ont pas eu de recours supplémentaires pendant le reste de la recherche, au contraire du groupe A, qui dit avoir repris la consigne écrite à chaque nouvelle hypothèse. La mémorisation en LSF s'est-elle effectuée au niveau global alors que la linéarité du français oblige à revenir au fur et à mesure sur les termes l'un après l'autre ? Ou bien la facilité de manipulation d'une feuille par rapport à celle de mettre en marche un caméscope favorise-t-elle le retour sur l'écrit? Ou bien est-ce une question d'habitude : l'utilisation pédagogique de la vidéo avec des élèves sourds permet de remplacer papier et crayon mais n'est peut-être pas encore entrée dans les habitudes des enseignants qui scolarisent ces élèves ?

Pour conclure sur le questionnement engendré par la compréhension de la consigne, le simple fait de noter sur une affiche les questions au décours de la recherche a permis déjà un premier niveau de prise de conscience de la part de stagiaires. Ils ont formulé leur première analyse de la façon suivante : d'une part, la complexité de l'activité de compréhension d'une consigne dépasse un simple déchiffrage des mots ou des signes, d'autre part, elle constitue une partie relativement importante de l'activité de résolution (en temps et en énergie). La consigne a été conçue à cet effet. Chacune des affiches renvoie le même constat : « *On ne voit pas dans quelle direction chercher* », « *on ne sait pas quoi chercher au départ* ». Ce constat reflète une habitude d'élève, qui la plupart du temps, n'est pas mis en situation de réelle recherche, car il sait ce qu'il cherche (une opération, un calcul, une équation, un nombre…) ou bien on lui indique ce qu'il doit trouver : « démonter que … », « calculer » ou « tracer une droite qui … ». Il connaît soit le résultat lui-même, soit la forme de ce qu'il doit trouver. Nous postulons que cette habitude se transmet d'enseignants à élèves qui, en devenant enseignants le transmettent à nouveau à leurs élèves. Or, dans le cas présenté, la déstabilisation que provoque l'énoncé vient du fait que chaque mot semble simple et connu, de même que les signes, et pourtant la démarche de résolution n'est pas transparente, pas apparente. La difficulté ne dérive pas des mots ou des signes pris isolément, hors contexte, mais de leur mise en relation dans une situation particulière ; c'est dans la conjonction et l'articulation des contraintes du contexte que réside la compréhension. En tant que formateur, nous insistons particulièrement sur ce point dans la synthèse pour amener les enseignants à changer leur point de vue sur la lourdeur et l'inefficacité d'un travail de vocabulaire *avant* la rencontre des situations, hors contexte, comme c'est pratiqué si régulièrement avec des enfants et adolescents sourds.

Une autre caractéristique de cette activité réside dans la diversité des modes de résolution qu'elle génère. Nous en faisons un rapide tour d'horizon avant d'engager la réflexion sur l'accompagnement de ces procédures par les interactions langagières et leur formalisation par les stagiaires via les affiches.

V-3-4-1-2 La diversité et la richesse des démarches cognitives

La recherche débute en général par des tâtonnements : les stagiaires dessinent des carrés qui répondent aux contraintes. Mais, certains, au contraire, ont une image dévalorisante de cette méthode par essais et donc avec la production inéluctable d'erreurs : ils expriment leur sentiment d'incompétence du type « *je ne vais pas colorier* » ou « *ce n'est pas possible que la solution soit des dessins* ». Il ne leur est certainement pas familier de résoudre des problèmes mathématiques « résistants et sérieux » sous cette forme plutôt visuelle. Certains essaient alors de se raccrocher à une formule mathématique ou tentent de ne pas recourir au dessin des carrés, en raisonnant sur des lettres (initiales des couleurs, par exemple) : ils réalisent des arbres de choix ou des permutations circulaires de lettres, ce qui les conduit à un grand nombre de solutions. Certains utilisent également des tableaux en codant différemment les

régions et les couleurs. Pour autant qu'elles semblent exhaustives, ces démarches sont difficiles à gérer jusqu'au bout car l'élimination des solutions surnuméraires est difficile à effectuer sans recours à une quelconque visualisation.

La démarche la plus courante consiste à dessiner les carrés au fur et à mesure et à les organiser petit à petit pour éviter de les reproduire. Cependant les classifications des carrés trouvés peuvent différer. Certains organisent leur recherche en fonction d'une couleur privilégiée et ensuite déclinent cette couleur selon le nombre de régions occupées : la couleur Rouge par exemple, peut occuper 4 ou 3 ou 2 ou 1 ou 0 régions. Ensuite, si le Rouge occupe 4 places, aucun autre carré n'est possible. Si le Rouge occupe 3 places, le Bleu peut en occuper 1 ou le Jaune 1. Si le Rouge occupe 2 places, ou bien le bleu en occupe 2 ou bien le Jaune en occupe 2, ou bien le Bleu peut en occuper 1 et le Jaune 1, mais il se peut que ce ne soit pas dans le même ordre ou encore de façon disjointe ou conjointe. Et ainsi de suite. Par exemple :

Les carrés avec 4, 3, 2, 1 régions coloriées de la même couleur

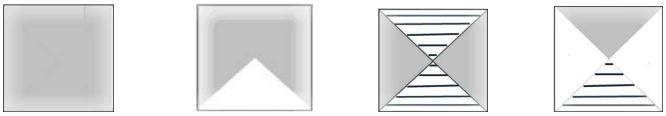


Figure 13

Un autre raisonnement peut être effectué à partir du nombre de régions de même couleur dans un carré. Soit il y a 4 parties d'une même couleur (cela donne 3 carrés distincts). Ensuite, on étudie les différentes possibilités lorsque 3 parties sont d'une même couleur : la 4^{e} partie peut être de l'une ou l'autre couleur restante. Lorsque 2 parties sont d'une même couleur, les 2 autres parties peuvent être d'une même couleur, soit disjointes soit conjointes, ou de couleur différente mais dans un ordre différent. Et ainsi de suite. Par exemple :

Les carrés avec 2 régions coloriées avec 2 couleurs

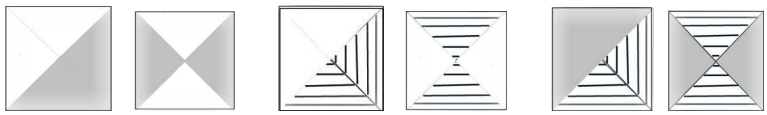


Figure 14

Enfin, une troisième classification consiste à organiser les carrés selon le nombre de couleurs dans un carré : O, 1, 2 ou 3. Les carrés d'1 couleur sont au nombre de 3. Ceux de 2 couleurs, selon que les parties son conjointes ou disjointes, qu'ils ressemblent à des « enveloppes » (6), à des « papillons » (3) ou des « moitiés triangulaires » (3) sont au nombre de 12, et ainsi de suite. Par exemple :

« Les enveloppes »

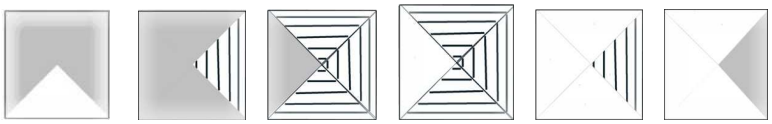


Figure 15

Une stratégie plus originale a consisté à trouver une analogie entre ce problème et la décomposition additive du nombre 4 : 4+0 correspondrait aux carrés entièrement coloriés, 3+1 aux « enveloppes », 2+2 aux « moitiés triangulaires » ou aux « papillons » avec 2 couleurs, 2+1+1 aux « moitiés triangulaires » d'une même couleur avec 3 couleurs (mais l'ordre intervient entre les deux autres couleurs) ou 1+2+1 aux « papillons » avec 3 couleurs.

Les « moitiés triangulaires » à 3 couleurs

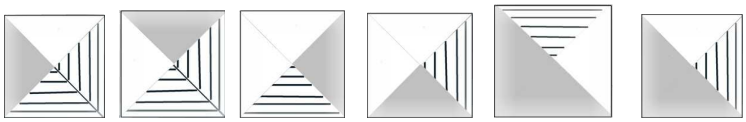


Figure 16

L'argument le plus développé par les stagiaires lors du débat de type scientifique pour convaincre de l'exhaustivité des solutions trouvées, se présente sous la forme d'une preuve par la contraposition : « *s'il y avait d'autres carrés, ils ne rempliraient pas les conditions requises ; donc, il n'y en a plus d'autres* ».

En résumé

Ce que les stagiaires ont retenu de l'explicitation des procédures, touche à la grande diversité de raisonnements recueillis pour résoudre un même problème : il ne leur a pas semblé toujours facile, une fois choisi un point de vue, d'en changer pour s'approprier la démarche d'un autre. Ils ont été confrontés à cet obstacle en travaillant à plusieurs : « *quand on est en train de chercher selon sa manière, on a du mal à comprendre la voie prise par un autre pour l'aider* ». En tant que futurs enseignants pour enfants à besoins spécifiques, ils sont voués à effectuer un tel transfert pour se « glisser » dans les démarches de la plupart de leurs élèves. Ce constat nous a conduite à envisager d'autres hypothèses d'actions relatives à la mise en œuvre d'une telle démarche en situation réelle (voir le paragraphe 4 de ce chapitre)

V-3-4-1-3 Les fonctionnements des groupes

C'est au niveau des interactions sociales que les fonctionnements des groupes diffèrent le plus, ce, en lien avec les modes de communication utilisés et surtout avec leur niveau de maîtrise. La projection filmée des phases où les stagiaires interagissent est particulièrement intéressante à ce sujet. C'est dans le groupe A, qui est censé maîtriser le mode communication autorisé puisqu'il s'agit du français oral,

qu'un consensus sur l'interprétation de la consigne s'est effectué le plus rapidement. Ce constat a favorisé chez les stagiaires la déduction que la discussion relative aux différentes interprétations possibles des contraintes de résolution est d'autant plus convaincante qu'elle mobilise un bon niveau d'expression.

V-3-4-1-4 Un niveau de langue suffisamment élaboré pour permettre le débat scientifique

Pour fournir un exemple d'un indicateur de validité de cette hypothèse, nous relatons ici un phénomène que nous avons pu observer dans le groupe C. Nous rappelons que ce dernier n'a pas d'autre mode de communication que la LSF. Une stagiaire (A.) identifie assez rapidement que d'envisager 3 couleurs au plus exige de colorier 2 régions d'une même couleur. Or, ses compétences en langue des signes sont nettement plus rudimentaires que celles de ses collègues. L'enregistrement vidéo montre avec brio, l'énergie qu'elle met à tenter de les convaincre, en vain, de l'intérêt de sa supposition. Son niveau de langue n'est pas assez élaboré pour mettre en place un discours argumenté. Et le film montre la façon dont ses collègues, bien que très à l'aise en LSF, s' « enlisent » dans des conjectures diverses ignorant ses arguments : A. cherche à les convaincre en faisant des dessins, en mimant, sans trouver le niveau de rationalité suffisant dans son expression pour l'emporter. L'expérience a été marquante pour l'ensemble du groupe car la conviction de A. était remarquable et le décalage avec ses collègues, saisissant.

Au contraire, dans le groupe B, les échanges ont été peu développés : la LSF a permis de saisir l'essentiel de la consigne mais n'a pas suffi à discuter du bien fondé d'un point de vue par rapport à un autre. L'enregistrement renvoie l'image de recherches plutôt individuelles, avec des personnes qui soulèvent des questions intéressantes mais qui ne sont pas saisies par le groupe pour avancer dans la résolution.

V-3-4-1-5 Des interactions différentes selon les phases de recherche

Par contre, alors que le groupe avait été très étayant dans la phase de compréhension de la consigne, les participants du groupe A se révèlent assez peu en interaction au moment de la recherche qui suit : les recherches s'effectuent là aussi, individuellement, ou par deux au plus et au mieux. Les participants justifient ce fonctionnement en lien avec leurs difficultés à comprendre les procédures élaborées par les uns et les autres, du fait qu'elles sont différentes de celle qu'ils ont choisie personnellement.

La comparaison des différentes organisations des groupes de travail fait émerger une alternance de recherches individuelles et de recherches par petits sous-groupes suivie à nouveau d'un échange collectif : il est nécessaire de s'accorder pour réaliser l'affiche.

V-3-4-1-6 Des compétences métacognitives à développer

Il nous semble important de signifier tout d'abord que la motivation et le plaisir de travailler à plusieurs, ont été soulignés : certains ont pourtant indiqué qu'ils ne s'étaient pas sentis, a priori, capables de travailler ainsi et qu'ils s'étaient surpris eux-mêmes, à apprécier les bénéfices de ce fonctionnement collectif et le plaisir qu'ils en ont retiré. Cela a été annoncé comme une réelle découverte. Notre quatrième hypothèse d'action relative au plaisir de penser même en faisant des mathématiques se trouve validée par ces indices.

Suspendre l'action dans le temps présent pour prendre du recul et se projeter

De l'analyse réflexive croisée des procédures, un point important a émergé dans la prise de conscience de la nécessité des allers et retours dans une recherche. Allers et retours vers l'énoncé, allers et retours dans un temps passé, qui exigent de s'arrêter d'agir donc d'arrêter le présent, pour se retourner sur un point de vue remis en cause par une autre donnée ; allers et retours dans le temps futur pour jauger de la distance qui reste à parcourir pour atteindre au but. La prise de conscience de la part des enseignants stagiaires du rôle de cette flexibilité mentale qui permet de changer sa représentation initiale d'une situation pour avancer dans la résolution du problème, pourrait-elle les inciter à mettre en scène des situations qui développent ces capacités chez leurs élèves sourds ?

Expliciter et catégoriser ses démarches

Dans chaque situation, il a toujours été précisé qu'une partie de l'activité consistait à noter systématiquement les différentes voies de résolution empruntées. Or, nous avons observé des difficultés de la part des stagiaires à expliciter leurs démarches. Nous avons été surprise par le niveau très descriptif de leurs interventions à ce sujet. Les affiches retracent les actions effectuées sur les carrés avec les couleurs, mais elles sont peu formalisées en termes d'activités cognitives générales comme *« émettre des hypothèses* », « *éliminer certaines d'entre elles* », « *chercher une preuve* » ou *« catégoriser les solutions trouvées pour établir la non existence de possibilités supplémentaires* ». La comparaison fait apparaître clairement que c'est le groupe A qui a identifié ses démarches en les catégorisant le plus précisément. Le groupe C, quant à lui, s'est trouvé très en difficulté pour rendre compte de ses tâtonnements. Les participants n'ont pas vraiment eu le temps d'atteindre l'objectif fixé de produire une affiche du fait qu'ils n'ont pas réussi à s'accorder entre eux : les explicitations dans un langue mal maîtrisée n'ont pas permis d'aboutir à un consensus sur ce qu'ils voulaient transmettre. Il nous a semblé intéressant de noter que le groupe B, qui rappelons-le, avait droit au français écrit, a produit une affiche lisible, structurée mais très « visuelle », où le texte est illustré en appui, par des schémas. Nous nous sommes posé la question de la difficulté éventuelle d'une traduction des échanges oraux (qui se sont déroulés en LSF) à leur consignation sous la forme d'une écriture linéaire (en

français). Certains participants de ce groupe ont expliqué avoir eu spontanément besoin de recourir à des représentations imagées.

En résumé

Nous déduisons de ces observations que, plus la situation est ambiguë, plus les interprétations prêtent à discussion et donc plus les échanges sont riches. Mais, selon les phases d'activité dans la résolution du problème, les interactions langagières et le poids du mode de communication ne prennent pas la même importance. Si une seule voie de résolution avait été possible, peu d'échanges et d'activité de construction du sens auraient eu lieu. Ce constat effectué par les stagiaires eux-mêmes est important à rapprocher des situations d'enseignement proposées généralement aux élèves sourds. Craignant de les mettre en échec, la plupart des enseignants estiment, a priori, qu'il n'est pas approprié de leur proposer des consignes sujettes à plusieurs interprétations. Il y a souvent confusion entre compréhension de la consigne pour pouvoir exécuter un travail « balisé » et compréhension d'une activité où la découverte permet de construire la signification petit à petit et donc des connaissances. Ces deux situations ne représentent pas les mêmes contextes d'apprentissage, tout en ayant chacune leur place dans une classe. Outre des activités d'entraînement guidées par des consignes précises, les élèves sourds sont tout à fait capables d'apprendre en questionnant des situations et en élaborant des hypothèses pour y répondre : c'est ce que la vie au quotidien dans un monde sonore leur impose en permanence.

Ainsi, à un premier niveau, celui de leur expérience en tant qu'apprenants mis à la place de leurs élèves, les réflexions des stagiaires indiquent une prise de conscience des besoins des élèves sourds confirmant notre quatrième hypothèse d'action sur l'importance de la mise en congruence avec leurs élèves. Nos hypothèses de recherche concernant les places relatives des activités langagières et des connaissances dans l'activité mathématique se trouve, à cette étape de déroulement du scénario, partiellement confirmée par une première prise de conscience de la part des stagiaires que résoudre un problème ne se réduit pas à en comprendre l'énoncé dans quelque langue que ce soit.

Nous expliquons les difficultés observées dans les groupes à caractériser les démarches de façon générale, d'une part, en lien avec l'aisance et la maîtrise du mode communication pour les participants des groupes B et C, d'autre part, en raison d'un manque d'habitude à prendre du recul par rapport à leur activité professionnelle, et peut-être encore moins vis-à-vis de leur propre activité cognitive. L'analyse à partir des affiches a permis d'approfondir les récits des difficultés rencontrées en les élaborant sous forme d'un questionnement : par exemple, si le temps d'exploration de la consigne a été si long dans un groupe, quel rôle le niveau de maîtrise du langage a-t-il joué ? A l'aide de quelles activités les hypothèses ont-elles été testées ? Au cours de quelles étapes les interactions ont-elles joué un rôle décisif pour la résolution ?

V-3-4-2 La formalisation des prises de conscience

Nous avons eu l'occasion de signifier dans le chapitre II à quel point les représentations liées au noyau central sont solidement ancrées et difficiles à remettre en cause. Le travail d'éclaircissement de ces représentations au cours de la recherche et grâce aux échanges, a permis d'ébranler certaines convictions. Comment concevoir la suite du scénario pour que cette évolution n'en reste pas au niveau des représentations périphériques ?

Si nous avons émis l'hypothèse qu'une mise en situation des stagiaires devait être suffisamment déstabilisante pour impliquer une remise en cause de certaines de leurs représentations concernant la résolution d'un problème de mathématique, il ne s'agissait pas pour autant de les fragiliser, ni en tant que mathématiciens ni en tant que professionnels. L'obstacle échafaudé pour cette déstabilisation « contrôlée » a été le choix d'une consigne paradoxalement « simple et peu claire ». L'hypothèse selon laquelle l'obstacle à franchir engendre une construction de nouveaux savoirs s'évalue en fonction du niveau de l'argumentation développée au cours de la problématisation. Nous postulons que c'est par la prise de conscience de son action en situation que la problématisation généralise les conduites opérées. Il en découle que c'est le recul, pris par rapport à la compréhension de la consigne et vis-à-vis de la discussion argumentée pour éliminer des pistes de résolution, qui constitue une première conceptualisation des principes qui ont gouverné leur action. La prise de conscience est d'autant plus élaborée qu'elle s'effectue avec la perspective de transmettre ces formalisations à d'autres. Une posture réflexive a conduit les stagiaires à identifier les opérations cognitives qui gèrent leurs représentations, à les repenser, à les transformer en conceptions.

V-3-4-2-1 Concevoir la consigne comme une occasion d'émettre des possibles

Dans leurs représentations initiales de l'activité de compréhension, les stagiaires ont intégré la possibilité que les consignes ne soient pas toujours exhaustives et transparentes. La formalisation collective a mis en avant la difficulté à distinguer une phase de compréhension de celle de la résolution proprement dite. Comprendre un énoncé c'est déjà le résoudre en partie. De même, qu'il ne suffit pas de connaître chacun des mots qui le constituent, il ne suffit pas d'entraîner les élèves à lire et à « bien relire » les énoncés de problèmes pour qu'ils se les approprient. Accepter ces conceptions implique nécessairement des changements de pratiques. Certaines raisons sont invoquées pour justifier un renoncement à ce changement. La justification la plus fréquente dénonce l'aspect chronophage de cette démarche, d'autant plus important que les élèves sourds ont nécessairement besoin d'un temps d'enseignement plus long du fait de l'impossibilité physique à prélever et traiter simultanément des données conceptuelles.

V-3-4-2-2 Faire des hypothèses, c'est construire des connaissances

Emettre des hypothèses c'est effectuer des inférences, les remettre dans la situation, tester leur validité par leur capacité à améliorer la compréhension du problème, c'est les comparer à d'autres, les articuler entre elles, les mener jusqu'à leur terme c'est-à-dire jusqu'à la solution. Le problème a été choisi en raison de la diversité des modes de résolutions qu'il permet. La recherche collective des carrés a rendu visible aux yeux des stagiaires que, pratiquement, chacun a son mode de fonctionnement cognitif avec des caractéristiques et une pertinence qui lui sont propres, sans qu'il soit nécessaire d'en valoriser un plus que l'autre. Nous soulignons ici une congruence évidente entre les enseignants en formation et leurs élèves sourds : leurs conceptions de l'erreur en mathématiques et leur croyance en l'existence d'une « bonne solution ». Les stagiaires, comme leurs élèves sourds, manquent de confiance en eux, du fait d'échecs et de souffrances, pour les uns liés à la discipline mathématique, pour les autres liés à une impression d'exclusion du monde sonore et entendant ou à un sentiment d'échec scolaire. Cette mauvaise image d'eux-mêmes, ne leur permet pas d'assumer des errances, des chemins indirects et sinueux, sans se sentir dévalorisés. Les stagiaires explicitent leurs démarches en s'excusant presque, pour certains, de n'avoir pas trouvé immédiatement l'organisation rigoureuse de tous les carrés : « *moi, j'ai été obligé de dessiner* » ou « *vous savez, j'ai colorié, j'ai bricolé, quoi* ». Quelle agréable surprise de constater qu'il y a dans ce type de procédures, une certaine efficacité.

Donner une responsabilité scientifique aux élèves sourds

Une autre conception fréquente chez les enseignants concerne les facultés des élèves sourds à émettre des hypothèses. Enseignants et autres adultes accompagnateurs des élèves sourds, vivent dans la crainte de ne pas suffisamment aider les élèves sourds dans leur scolarité. Cette attitude pédagogique peut engendrer une attitude très scolaire de la part des élèves sourds enclins à une espèce d'attentisme contraire à nos conceptions constructivistes.

> Nous illustrons ce phénomène par un exemple tiré de notre expérience. Une AVS sert d'interface à un élève sourd intégré dans un groupe d'adolescents entendants. A partir d'une situation de vie de classe qui nécessitait de trouver le centre d'un CD pour y apposer une étiquette, l'enseignante dessine un cercle pour représenter le CD et pose la question à toute la classe : *comment trouver le centre de ce cercle ?* L'intention pédagogique de l'enseignante est alors de favoriser l'émergence de diverses questions de la part de ses élèves dans un comportement d'apprenant actif. Des propositions commencent à surgir, lorsque l'AVS, n'y tenant plus, prend l'initiative d'expliquer à l'élève sourd qu'elle accompagne, une procédure de résolution, la sienne en l'occurrence. Son intervention coupe court à toute réflexion de la part de l'élève concerné, ne lui permettant de développer, ni des compétences cognitives, ni des capacités de flexibilité ni son autonomie. Laisser un élève dans la situation inconfortable de ne pas avoir de réponse immédiate, c'est nécessairement accepter sa déstabilisation momentanée, mais rapidement rééquilibrée par un contexte où la confiance existe, comme c'était le cas dans cette classe.

Apparemment, ce sont les adultes qui supportent le plus difficilement cette posture, surtout face à des élèves sourds à qui on veut « épargner » des difficultés de compréhension. Il nous semble que, s'il est nécessaire de proposer aux élèves sourds un accès confortable à l'information et un environnement sécurisant pour travailler, cela n'est pas à confondre avec l'impossible économie d'une mise en situation de construction de leurs connaissances. Du fait qu'apprendre c'est pouvoir franchir des obstacles, malgré toutes les précautions prises pour les ajuster aux conceptions de l'apprenant et pour mettre à sa disposition des éléments de médiation, sa position par essence même ne peut pas être confortable. La gestion de cet équilibre rupture/sécurité est plus particulièrement difficile à mettre en œuvre avec des élèves sourds, mais il ne nous semble pas qu'une sorte d'« assistanat » soit pertinent pour favoriser leur autonomie et leur développement en tant qu'individu.

La question est alors : comment mettre un élève sourd dans cette posture ? Avec Leroux et Lecorre (2007), nous pensons que le débat scientifique est une tentative pour mettre l'élève dans cette nouvelle posture en classe. Là où les élèves ne cherchent qu'une réponse mécanique à un stimulus scolaire, ils deviennent davantage critiques d'eux-mêmes et insatisfaits lorsque le sens leur échappe.

Notre hypothèse de congruence s'applique aussi à ce changement de posture de l'apprenant en mathématiques. Si en formation, les stagiaires vivent l'expérience de débats scientifiques les inclinant à constater que les énoncés mathématiques prennent du sens, nous faisons l'hypothèse qu'ils seront plus enclins à les mettre en place dans leurs classes. Nous interrogerons cette hypothèse dans la suite du scénario qui prévoit une mise en situation effective dans le cadre d'un atelier de pratique accompagnée.

V-3-4-2-3 Etayer la résolution par le groupe et les interactions

Chercher à plusieurs rassure : « *je me suis trompée, mais mon voisin m'a bien aidée* » ou « *en lui expliquant, ça m'a permis de réaliser que j'avais oublié des carrés* ». Les interactions permettent de clarifier son point de vue, expliquer facilite la généralisation mais « *essayer de comprendre les autres ce n'est pas si facile* ». Par contre, l'activité est facilitée lorsqu'un mode de communication est confortable : le groupe C en a été le témoin à ses dépens. Notre hypothèse de congruence a été vérifiée par la conscientisation de la part des stagiaires, en parallèle avec leurs propres fonctionnements, du besoin de proposer des situations interactives aux élèves sourds, adaptation pédagogique en faveur de laquelle nous avons argumenté dans le chapitre III.

V-3-4-2-4 Tenir compte du facteur temps dans le développement des compétences

L'énoncé a été choisi en raison de sa complexité et donc de la durée de son exploration. Faire apprendre en faisant chercher des problèmes, en problématisant des situations, prend du temps et les stagiaires ont réalisé le temps nécessaire à la résolution, puis celui requis pour rendre compte et comparer les différentes procédures. Ils ont pu mesurer le temps de gestation qui leur a été nécessaire

pour aboutir à des réponses formalisées et structurées à la question posée initialement sur les places respectives de l'activité et du langage dans la résolution d'un problème mathématique. Les enseignants craignent toujours de ne pas avoir assez de temps. Mais comme le souligne F. Connes (2003), c'est une illusion que de croire que, à tout enseignement correspond un apprentissage et à tout apprentissage correspond un enseignement. Et force est de constater que les élèves sourds ont besoin de plus de temps pour apprendre du fait du décalage constant entre l'émission et la réception d'un message, qu'il soit lecteur labial, avec ou sans codeur, signeur, avec ou sans interprètes : il n'est pas possible de signer et de dessiner les carrés simultanément. Là encore l'hypothèse de congruence a été renforcée.

V-3-5 Une prise de conscience effective mais insuffisante

La généralisation de la place des activités langagières au cours d'une activité mathématique a été effectuée en comparant les affiches et les séquences filmées. Nous avons noté, outre les difficultés à caractériser les procédures, une propension plus grande à repérer les différences que les ressemblances. Par exemple, les différences entre les procédures mobilisées dans chaque groupe sont bien identifiées, de même que celles concernant le niveau d'intensité des échanges selon le mode de communication ou celles relatives à la précision des explications pour prouver sa solution.

Par contre, il a été plus difficile d'amener les stagiaires à reconnaître les points communs entre tous les groupes : par exemple, en ce qui concerne l'activité, tous ont expérimenté avant de trouver une structure dans l'ensemble des carrés solutions. Au niveau des fonctions du langage, que ce soit en français ou en LSF, une bonne connaissance du lexique et de sa syntaxe est nécessaire pour comprendre la situation, sans être toutefois suffisante puisque tous les groupes ont élaboré des hypothèses relativement à la signification des expressions de l'énoncé. Ce niveau de connaissance élevé a été de même essentiel pour formuler et communiquer ses résultats de façon précise et rigoureuse. C'est par contre, le confort d'un mode de communication qui a permis des échanges fructueux et pertinents pour faire progresser le raisonnement.

Conclusion intermédiaire

Le constat que nous avons évoqué relatif aux difficultés pour les stagiaires à identifier les similitudes dans chacune des situations, les invariants d'un contexte à l'autre, nous a montré les limites de nos premières hypothèses d'actions propres à ce scénario.

Une seule activité, même si elle est assortie d'une analyse réflexive, ne permet pas un niveau de conceptualisation tel que les savoirs construits soient intégrés dans les conceptions comme des objets explicites et identifiés clairement.

Nous avons été renvoyée à un autre constat analysé dans le chapitre II, selon lequel les représentations des enseignants sont articulées autour d'un noyau central stable et solidement structuré. Leur remise

en cause est difficile : non seulement elle exige une intervention explicite en formation, mais du fait qu'elles continuent de fonctionner lors des situations réelles d'enseignement en alternance sur le terrain, leur évolution ne représente pas une transformation suffisante pour aboutir à une conceptualisation des actions et des principes qui la gouvernent, susceptible de changer les conduites et les prises de décisions.

Si la mise en situation de résolution de problème en congruence avec celle des élèves sourds au niveau du mode de communication a permis une prise de conscience de la part des enseignants, qu'en advient-il après ?

La prise de conscience et l'identification des points de vigilance suffisent-ils pour développer des gestes professionnels nouveaux ? La transformation de certaines représentations des enseignants sur l'enseignement des mathématiques à des élèves sourds en conceptions suffit-elle pour changer leurs pratiques ?

N'étant pas en mesure de répondre positivement à ces questions à ce point de l'expérimentation, c'est à ce moment de la recherche que nous avons fait notre cinquième hypothèse : c'est la confrontation à l'action effective, dans le champ professionnel de l'enseignant-stagiaire ainsi qu'un accompagnement renforcé sur son lieu d'exercice qui permettraient de mieux comprendre comment les prises de conscience effectuées dans la formation théorique peuvent être transférées dans une situation pratique. Nous avons alors imaginé un moyen de prolonger l'action de formation engagée au centre de formation par l'accompagnement d'une situation réelle de mise en résolution de problèmes des élèves sourds animée par des stagiaires.

V-4 Une mise à l'épreuve dans une situation effective de la résolution de problème

Dans le cadre de notre formation, nous avons pu organiser cinq séances de formation pour les stagiaires dans une classe dont l'enseignante titulaire est un professeur expérimenté : nous l'appellerons ici l'atelier de pratique accompagnée. Un groupe de stagiaires a volontairement choisi de mettre en scène l'activité de résolution de problème dans une situation professionnelle effective, au sein d'une classe de 5^{e} SEGPA. Nous présentons d'abord le contexte de cette classe et les caractéristiques des adolescents qui la composent, puis nous expliquons brièvement les tâches qui sont à la charge des stagiaires ainsi que notre rôle de formateur et ceux de l'enseignante de terrain et de l'enseignant de LSF. Après avoir décrit et analysé quelques étapes du déroulement de l'atelier, nous rapportons l'évaluation de cette situation par petit groupe des stagiaires impliqués. Enfin, nous présenterons la façon dont le compte rendu de l'expérience a été effectué par les stagiaires animateurs en direction du groupe entier. Nous en tirerons des conclusions au regard de nos hypothèses initiales.

V-4-1 Un atelier de pratique accompagnée

L'atelier s'est déroulé avec une dizaine d'adolescents, tous sourds et en grandes difficultés scolaires. La classe d'accueil est située dans une SEGPA où sont scolarisés des enfants entendants présentant aussi des difficultés scolaires. En dehors des récréations et de la prise des repas, des temps d'intégration sont organisés sur des projets sportifs, dans des ateliers préprofessionnels ou encore ponctuellement, dans des situations laissées à l'initiative de l'équipe éducative.

Le contexte de la classe d'accompagnement

Ces adolescents sourds n'oralisent pas mais possèdent un niveau de langue des signes correct sans pour autant en avoir une parfaite maîtrise : ils représentent pour la plupart une catégorie d'enfants suivis depuis l'âge de la maternelle et c'est à l'occasion de cette scolarisation qu'ils ont appris la langue des signes. Quelques uns ont d'abord suivi une scolarisation en intégration individuelle mais les difficultés qu'ils ont rencontrées les ont conduits à être regroupés dans cette classe. Deux élèves sont arrivés de l'étranger sans y avoir appris la langue des signes et enfin un élève est sourd, né de parents sourds. Aucun de ces jeunes ne peut être considéré comme lecteur : l'enseignante parle de « petits lecteurs » c'est-à-dire qu'ils réussissent plus ou moins bien à déchiffrer des petits textes mais la compréhension de ce qui est lu est, en général, très incomplète.

Ils bénéficient de cours *de* LSF et de cours *en* LSF comme les sciences ou la technologie. Ces enseignements sont donnés par un enseignant sourd qui travaille soit en responsabilité avec les élèves soit en partenariat régulier avec l'enseignante entendante sur des projets bilingues, comme par exemple l'apprentissage du français écrit : une analyse comparative des deux langues y est conduite en parallèle par les deux enseignants.

V-4-1-1 Les tâches à effectuer par les stagiaires

Dans l'activité 3, les cinq stagiaires ont choisi de mettre en scène pédagogiquement la résolution du même problème mathématique que celui qu'ils ont eu eux-mêmes à résoudre. Le premier bénéfice de cette similitude des situations de résolution de problèmes est que l'analyse didactique et le repérage des obstacles ont déjà été effectués au centre de formation, ce qui permet de gagner du temps pour se concentrer sur son opérationnalisation. Ils se répartissent les conduites de la classe tour à tour alors que les préparations comme les bilans d'ajustement sont menés en équipe conjointement par les stagiaires, l'enseignante d'accueil et l'enseignant de LSF et nous-même en tant que formateur. Le but principal de l'expérience consiste à concevoir une mise en scène pédagogique qui soit adaptée aux élèves de la classe, que ce soit au niveau du mode de communication, au niveau de l'exigence face aux difficultés inhérentes de la résolution du problème ou à celui du projet dans lequel cette résolution pourrait s'inscrire. Ils disposent de cinq séances pour conduire leur projet expérimental de façon à prendre en charge l'animation des élèves chacun une fois.

Dans l'activité 4, ces cinq stagiaires présentent leur expérience au grand groupe à leur retour au centre de formation. Dans le cas présent, ils ont choisi de garder des traces vidéos des temps forts du projet, en ont effectué un montage au centre de formation : c'est une occasion d'apprendre à manipuler les outils multimédias et l'écriture filmique, moyens qui représentent pour les élèves sourds signeurs une trace pour la mémoire (les autorisations des parents ont été demandées et obtenues).

V-4-1-2 Le rôle des formateurs

Cette recherche vise, en partie, à interpeller les limites du modèle d'alternance juxtapositive conçu comme un accompagnement à préparer un cours, l'appliquer en classe puis analyser les écarts à la norme pour les diminuer en vue de les supprimer. Il ne s'agit pas ici d'une visite par le formateur d'un maître novice qui fait un cours auquel assiste un expert et qui lui fait analyser ses erreurs. Dans le cas évoqué, cinq stagiaires font l'essentiel du travail sous la conduite du formateur du centre et des formateurs de terrain : ce petit groupe vit tour à tour la situation d'observé et d'observateur.

L'accompagnement des stagiaires consiste alors à étudier avec eux avant les séances, les possibilités de projet, la faisabilité des mises en scène envisagées, l'accessibilité des consignes et des mises en activité des élèves, ainsi que la gestion des aspects pragmatiques de l'organisation du projet. Pendant les séances, les formateurs jouent un rôle d'observateurs non participatifs, ou peuvent intervenir selon la volonté du stagiaire responsable de la séquence. Enfin, après la séquence, une analyse réflexive selon le schéma d'une autoconfrontation croisée permet aux stagiaires de prendre une distance par rapport à la conduite de classe qu'ils ont menée ; les formateurs renvoient aussi leurs points de vue. Les questionnements soulevés s'articulent autour de la compréhension du fonctionnement des élèves et de la manière d'installer le climat relationnel dans la classe (le *transfert didactique* selon C. Blanchard-Laville), de la gestion des événements imprévus, de la mise en place des facteurs d'adaptation et de l'évaluation des objectifs initialement prévus (Blanchard-Laville, 2003). Il en ressort en général de nouveaux objectifs plus ajustés aux difficultés et aux compétences identifiées lors de la séquence qui s'est précédemment déroulée.

Il apparaît lors de ces séances, que notre rôle de formateur est celui d'un tiers, qui se positionne comme « accompagnant-chercheur ». Ce n'est ni un expert-sachant, ni un « formateur-trésor des savoirs et des savoir-faire », mais plutôt un « questionnant » qui peut à la fois faire progresser la connaissance sur les conditions de la pratique (point de vue de la recherche), et faire progresser les acteurs accompagnés dans leurs démarches et leurs projets (point de vue de la formation) (Demol, Poisson, Gérard, 2003).

V-4-1-3 Les grandes lignes du projet

Le projet de cet atelier ponctuel s'insère dans celui plus général de la classe, élaboré par l'équipe éducative. Il est prévu que les élèves de cette classe partent en classe transplantée une semaine avec

une autre classe de 5e de la SEGPA. Le projet de résolution du problème des carrés est finalisé par la construction d'une boîte de jeux, que les élèves sourds emmèneront lors du transfert avec la perspective d'inviter les autres élèves (entendants) à jouer avec eux. Les carrés seront construits en cours de mathématiques, en cours de technologie, ils fabriqueront l'objet en bois avec l'enseignant de LSF et les fiches des règles des jeux seront écrites en cours de français. Avec les stagiaires, nous n'avons pas pu participer à l'ensemble du projet mais nous l'avons suivi tout au long de l'année depuis nos lieux professionnels respectifs.

V-4-1-3-1 Aménager la tâche : résoudre un problème isomorphe mais plus simple

La démarche du groupe stagiaires/formateurs a consisté à identifier les obstacles les plus délicats pour les élèves sourds de la classe en question. Les formateurs extérieurs au centre ont présenté les élèves de la classe, leurs difficultés principales au niveau de la compréhension du français écrit et leur mode communication (LSF). Les stagiaires ont été amenés à présenter aux formateurs extérieurs leurs attentes de cette étape de formation et donc le problème choisi. Il leur a fallu expliquer la problématique liée à la consigne en mettant l'accent sur ce qui leur semblait le plus important à leur communiquer. Cette activité a représenté pour notre action de formation, une deuxième verbalisation des éléments saillants de la situation : une sorte d'évaluation pour le formateur de l'appropriation par les stagiaires de ce que le grand groupe avait mis à jour lors de l'analyse réflexive collective au centre de formation.

C'est le rapport entre le nombre de couleurs à disposition et le nombre de cases à colorier qui a été retenu par eux comme le premier obstacle à aménager pédagogiquement pour les élèves. Il a donc été décidé pour la première séance, de proposer un autre problème plus simple :

Enoncé du premier problème :

Trouver tous les carrés partagés en deux parties comme sur le dessin.
Ils doivent être entièrement coloriés avec 3 couleurs au plus.
Ils doivent être différents.

Du fait qu'il n'y a que 2 régions à colorier et 3 couleurs, il n'y a pas le risque d'utiliser plus de couleurs mais par contre celui de modifier la configuration du carré partagé en 2 parties pour pouvoir utiliser toues les couleurs à disposition. Le deuxième obstacle retenu comme trop difficile à surmonter spontanément a été la question des rotations des carrés : l'aménagement prévu a consisté à distribuer aux élèves des carrés déjà découpés.

De notre point de vue de formateur, nous avons pu remarquer que l'analyse didactique de la tâche a été spontanément jugée essentielle ; c'est un point d'évaluation du scénario que nous interprétons de façon positive.

V-4-1-3-2 Aménager la gestion des phases de recherche et d'explicitation des procédures

Les stagiaires ont opté pour une organisation des élèves au cours de la recherche par petits groupes (trois groupes de trois ou quatre élèves chacun). En effet, cette composante de la mise en œuvre en situation effective était une des plus attendue de la part des stagiaires : conduire plusieurs groupes d'élèves sourds sans partager vraiment le même mode de communication avec eux est un obstacle que les stagiaires hésitent à franchir lorsqu'ils ne sont pas accompagnés. Le contrat de départ incluait donc que nous répondrions à cette attente. L'enseignant de LSF a aidé les stagiaires à identifier le niveau de langue des signes des élèves et les consignes ont été élaborées à l'avance avec son soutien. L'analyse de la consigne effectuée au centre de formation a permis d'identifier que la difficulté de compréhension de la consigne vient de la conjonction de plusieurs contraintes. L'aménagement imaginé pour pallier cette difficulté a consisté à consigner séparément les trois contraintes sur des étiquettes géantes. Ainsi, lors de la phase de mise en commun, les étiquettes pourraient être affichées au tableau et visibles de tous. Les textes des étiquettes sont « colorier entièrement », « 3 couleurs au maximum », « carrés tous différents ».

De même, pour permettre une bonne communication entre les groupes d'élèves à cette étape de la recherche, il leur a été distribué des affiches pour présenter à l'ensemble de la classe leurs démarches et leurs solutions : les carrés trouvés y seront fixés avec de la « patafixe » de façon à pouvoir les déplacer. Enfin, pour favoriser une compréhension mutuelle dans cette phase d'explicitation entre chaque groupe, les élèves ont chois 3 couleurs mais les mêmes pour tous les groupes.

V-4-1-3-3 Anticiper la gestion des différents temps de l'activité

La préparation de l'activité a nécessité de prévoir les durées de chaque étape : cette régulation temporelle est particulièrement difficile à anticiper mais elle conditionne l'aboutissement d'une activité. Nous avons relevé dans le chapitre I la difficulté soulevée par le rapport de l'Inspection Générale de mathématiques concernant les mises en commun dans les activités de résolution de problèmes qui n'étaient pas suffisamment abouties, voire même négligées : une mauvaise gestion du temps est souvent une raison première et très pragmatique pour expliquer cette défaillance relative à la prise de conscience de ce qui a été élaboré pendant la séance. Celle-ci s'est déroulée en 4 temps : une recherche par petits groupes d'environ 15 minutes, puis une première mise en commun avec présentation par chaque groupe de l'état de sa recherche (15 minutes environ), puis un retour en petits

groupes de 15 minutes environ également, avec la nouvelle consigne de vérifier qu'on a bien tous les carrés et enfin une dernière reprise collective.

V-4-1-3-4 Anticiper les obstacles rencontrés par les élèves et les relances à effectuer

Nous avons signalé dans le chapitre I, un type de difficulté, observé fréquemment chez des stagiaires lorsqu'ils ont à gérer une activité de recherche par groupes. Nous avons souligné qu'ils ont tendance à « corriger » les erreurs au fur et à mesure dans chaque groupe pris un à un, appauvrissant ainsi les phases d'échanges entre les élèves qui suivent l'étape de recherche. En tant que formateur, nous avons donc envisagé avec eux, à l'avance, les erreurs qui pouvaient surgir, comment les laisser émerger et comment les traiter dans les phases de mise en commun. Ainsi, les obstacles prévus sont la compréhension de « au maximum », « différents ». Il est proposé aux stagiaires de ne pas expliquer eux-mêmes ces notions mais de faire échanger les élèves sur les questions problématiques : les interprétations concrétisées par les solutions proposées sur les affiches, serviront à nourrir les échanges une fois les affiches exposées. Il est possible de prévoir que les carrés, même découpés, seront fixés sur les affiches selon des orientations différentes engendrant ainsi l'occasion de préciser le sens de « différents ». De même, il est prévisible que certains groupes pensent que les 3 couleurs doivent être utilisées dans un même carré ; le formateur s'efforce de rassurer et d'accompagner les stagiaires pour qu'ils réussissent à laisser émerger les diverses possibilités imaginées par les élèves. Exploiter dans les reprises collectives, en tout premier lieu, les interprétations les plus erronées, permet, de par leur élimination, une meilleure compréhension de la consigne utile à tous.

V-4-1-3-5 Gérer le débat scientifique

L'animation consiste alors à gérer les échanges en permettant à ceux qui ne sont pas d'accord de s'exprimer avec respect, pour « critiquer » le résultat et non pas la personne qui propose ce résultat. Le rôle de l'animateur est de donner du crédit à tous les arguments et de respecter une neutralité stricte pendant tout le débat. En effet, l'enseignant doit rester neutre chaque fois que les élèves ont la capacité de prendre l'initiative. « Le ressort du débat tient dans cette alchimie entre doute et certitude qui vit dans la classe. Le doute stimule la curiosité, l'intérêt et la confrontation des points de vue, la certitude donne à l'élève la force d'exprimer ses arguments et de les défendre » (Leroux, Lecorre, 2007). Il s'agit de laisser aux élèves la possibilité de douter lorsqu'une question est posée. Le rôle de l'enseignant est donc de mettre en évidence les oppositions de points de vue dans la classe Il va remettre en perspective les contradictions quand elles n'apparaissent pas assez fortement. Il peut aussi, à certains moments, effectuer une micro-institutionnalisation, afin de faire repartir la recherche quand trop de doute semble la paralyser ou bien quand un débat a permis de lever le voile sur une partie du problème et qu'il est nécessaire de stabiliser le travail déjà effectué. L'institutionnalisation va partir des éléments du débat pour établir des certitudes reconnues par tous.

Développer ces attitudes dans une classe ne s'effectue pas en une seule séance et relève plutôt d'un travail de longue haleine engagé par les enseignants de la classe. Ce changement de contrat didactique s'établit sur le long terme et dans une relation de confiance mutuelle. Ce n'est donc pas aux stagiaires que revient cette responsabilité mais ce climat étant installé, les stagiaires ont appris à le prendre en compte et à rester vigilants pour le maintenir. La façon dont le stagiaire établit une relation entre l'élève qui présente la solution envisagée par son groupe, le problème lui-même et les autres élèves amenés à donner leur avis représente une variable décisive pour mener à terme un débat constructif : c'est un des éléments qui constitue le *transfert didactique* (Blanchard-Laville, 2003).

Pratiquement, une situation génératrice de débat se présente de la manière suivante : chaque groupe d'élèves tour à tour expose ses productions par la « voix » d'un rapporteur, élève volontaire ou désigné si nécessaire pour favoriser l'expression de tous. Après la présentation d'un groupe, s'adressant collectivement aux élèves, chacune des 3 contraintes sur étiquettes est relue par le stagiaire-animateur : il pose pour chacune d'elle la question de son respect ou non à propos des carrés proposés. Par exemple, une affiche présente des carrés identiques mais fixés dans des positions différentes. Lorsque la question du respect de la contrainte « carrés tous différents » est soulevée, un élève commence par émettre son désaccord. Il lui est demandé d'expliquer pourquoi. Pour l'aider à préciser ses arguments, on peut lui demander de déplacer les carrés concernés de façon à rendre visible le fait qu'ils sont superposables. Ou pour le nombre de couleurs, si la solution proposée est un carré qui fait apparaître 3 régions, c'est la contrainte du dessin du carré générique qui n'est pas respectée puisqu'il n'y a que deux régions à colorier.

L'hypothèse que nous cherchons à valider dans cette situation de débat scientifique concerne l'adaptation des démarches pédagogiques aux besoins particuliers des élèves sourds. Nous avons étudié dans le chapitre III, des conditions d'apprentissages favorables à l'élaboration des connaissances mathématiques. Nous avons mis en avant des travaux qui soulignent pour ce faire, l'importance des discussions et interactions langagières entre personnes sourdes. C'est au niveau du débat scientifique que nous avons supposé l'efficience d'une stratégie de double piste suivie d'un accompagnement en situation effective sur le terrain. Pour les stagiaires, avoir vécu en tant qu'apprenants en formation des débats de type scientifique et pouvoir les vivre en tant qu'enseignants dans une situation effective, devraient leur offrir l'opportunité de réaliser qu'instaurer de tels débats avec des élèves sourds est possible mais que cela demande un changement radical du contrat didactique.

V-4-1-3-6 Gérer l'imprévu

Dans une situation effective, il y a toujours des événements imprévus qui se produisent ; c'est cette réalité qui en fait sa caractéristique de situation réelle par rapport à une situation de formation simulée même si cette dernière est une situation d'apprentissage réel. Des travaux de R. Etienne effectués à

partir d'analyse de vidéos, font apparaître que cent à cent dix imprévus se présentent dans l'espace d'une heure de cours et que seule une partie fait événement pour un enseignant expert (Etienne, 2007). Par contre, ces travaux révèlent que l'analyse du prévu ne concerne que 15% du temps de cours des professeurs novices alors que 85% de leur temps est consacré à faire face à des imprévus donc à de l'improvisation. Pour développer une telle expertise chez nos stagiaires, la démarche de formation qui semble la plus adaptée s'inscrit pour l'essentiel dans la vie du métier. Il s'agit donc de les accompagner dans la prévision la plus précise des événements comme nous l'avons évoqué dans les paragraphes précédents. Puis de les aider à identifier les imprévus, à les prendre en compte et enfin à mener à bien leur transformation en événements. Cette gestion exige des stagiaires une prise de recul par rapport à la conduite de sa classe. Pour favoriser cette mise à distance, le formateur peut utiliser à la fois les séquences filmées par l'un des stagiaires et les observations que les participants consignent pour alimenter l'entretien collectif et l'analyse croisée qui suivent la séance.

Pour résumer **la suite du projet**, les quatre séances suivantes ont proposé aux élèves, dans une organisation très proche de celle décrite ci-dessus, la résolution du problème des carrés partagés en 4 régions et coloriés avec 3 couleurs. La résolution complète a nécessité deux séances mais pour deux groupes d'élèves, il manquait encore un ou deux carrés à la fin des deux séances. La séance suivante (la quatrième) a donc été consacrée à *l'élaboration d'une sorte de « preuve »* pour que les deux groupes réalisent qu'ils ne les avaient pas tous trouvé et qu'ils les retrouvent. La première partie de la séance a consisté à isoler les trois groupes dans une salle avec un caméscope et un adulte. Leur tâche a été de s'accorder à l'intérieur d'un groupe sur une manière de convaincre les autres élèves qu'ils avaient trouvé tous les carrés. Ils ont effectué cette tâche en décidant d'une organisation des carrés et leur argumentation a été filmée. La LSF n'ayant pas d'écrit, la trace vidéo a servi aux élèves de cahier de brouillon pour pouvoir mémoriser et affiner leurs arguments. En deuxième partie de séance, le stagiaire a visionné *les trois films réalisés pour enclencher le débat scientifique* final. Suite à cette sorte de démonstration collective, les groupes ont complété leurs affiches avec les carrés manquants. La cinquième séance a consisté à projeter les élèves dans *la réalisation de la boîte de jeux***.** Il leur a donc fallu fabriquer un matériel de carrés, propre et de taille réduite. Cette exigence les a engagés dans une activité de géométrie pour tracer les carrés, les mesurer, dessiner les diagonales et retrouver toutes les configurations de couleur : ils ont du réinvestir les acquis de la séance de preuve en dessinant les carrés de façon méthodique pour ne pas en oublier. Le projet de classe transplantée a bien eu lieu. Ils nous ont envoyé des photos de leurs soirées « jeux » avec les autres élèves. Au final, les élèves sourds ont obtenu un tel succès avec leur boîte de jeux que des commandes de la part d'élèves de la classe d'entendants leur ont été passées.

Pour conclure sur la réalisation de ce projet de mise à l'épreuve d'une classe réelle de démarches pédagogiques abordées en situation de formation en centre. Suite à la première séance, chacun des stagiaires a pu réinvestir la démarche au cours des quatre autres séances, en l'enrichissant des

enseignements tirés des expériences de leurs collègues et de la réflexion collective tout en l'expérimentant par lui-même. Au fur et à mesure des séances, les formateurs ont pu noter une évolution, aussi bien dans les comptes-rendus écrits au niveau de la structuration des étapes de la démarche, que dans la gestion pédagogique au niveau de la prise en compte des erreurs, des imprévus, des échanges et des synthèses collectives. Nous interprétons cette évolution qualitative aussi comme une preuve de prise en charge par les stagiaires du contrôle de leur formation. Par contre, nous devons en souligner les limites, et ce, principalement au niveau du temps trop court, consacré à cette expérimentation : les stagiaires ont été très déçus de ne pouvoir participer à l'ensemble du projet de la classe.

L'implication des stagiaires dans cette partie du scénario, s'est mesurée également au temps qu'ils ont consacré à l'activité de mise en scène pédagogique d'un apprentissage mathématique par résolution de problème, à celui passé à établir des compte rendus écrits favorisant la mise à distance (voir annexe 16, p.27), comme à celui passé à monter un film, témoin de leur expérience, en direction de leurs collègues du centre de formation.

V-4-2 Le compte rendu et les interactions avec le groupe au centre de formation

Sans nous étendre sur la projection et l'exposé qui ont été faits au centre de formation, les échanges qui ont suivi ont montré un grand intérêt porté à la mise en œuvre pratique de la résolution d'un problème qu'ils avaient vécue eux-mêmes en tant qu'apprenants. Ils ont pu comprendre au plus près l'analyse des difficultés effectuée par les stagiaires « expérimentateurs » et les ont beaucoup questionnés sur les adaptations et aménagements mis en place.

Une analogie de difficultés entre les élèves sourds et les stagiaires

Les échanges ont révélé par exemple, qu'ils ont été relativement surpris que les difficultés éprouvées par les élèves concernés ressemblent d'assez près à leurs propres difficultés au moment de la résolution. L'hypothèse que nous avons émise sur l'existence d'une certaine congruence entre les conditions d'apprentissage des mathématiques des élèves sourds et celles de développement des compétences professionnelles de leurs enseignants peut être illustrée par ce constat des stagiaires eux-mêmes.

La parole des pairs

Du point de vue de l'évaluation de cette partie du scénario pour l'ensemble des stagiaires, l'expérimentation indirecte n'a certainement pas le même poids qu'une situation vécue. Les contraintes du dispositif ne nous permettent pas d'envisager des conditions semblables pour tous les stagiaires et dans toutes les disciplines. Si un compte-rendu ne permet pas une expérience directe, la parole de stagiaires rapportant une expérience, avec ses bénéfices et ses limites, possède un poids

certainement plus important qu'un discours de formateur sur le même sujet. C'est un des principes de l'autoconfrontation croisée souligné par Y. Clot. Lorsqu'on laisse les praticiens parler de leur métier, vient un moment où les praticiens s'accordent sur ce qui doit se faire : à ce moment, c'est le métier qui parle et non plus chacun des partenaires (Clot, 2000). Donc, pour entendre le métier, il faut les laisser parler entre eux et les écouter. Nous reconnaissons avoir beaucoup appris nous-même de ces activités que nous n'avions pas initialement prévues d'inclure dans le scénario. Nous avons d'autres projets de recherche en vue pour étudier des conditions encore plus pertinentes sur l'intégration des pratiques dans une formation théorique.

CONCLUSION DU CHAPITRE V

L'ensemble du scénario 1 vise à l'apprentissage par la résolution de problèmes. Les résultats obtenus de l'analyse de ce scénario illustrent et confirment nos hypothèses d'actions relatives à une démarche d'apprentissage adaptée aux apprentissages mathématiques des élèves sourds comme à celui du développement des compétences professionnelles des enseignants.

Ces derniers ont été confrontés, en double piste, à l'apprentissage par résolution de problèmes, à la fois, en mathématiques et en situation professionnelle effective. Nous avons souligné, au niveau de chacune de ces deux pistes, l'importance de l'activité de l'apprenant : en situation d'apprentissage des mathématiques et en situation d'apprentissage des gestes professionnels adaptés aux élèves sourds. *Pour comprendre comment faire des mathématiques, il est nécessaire d'en faire par soi-même, et pour comprendre comment faire faire des mathématiques, il semble aussi nécessaire d'en faire faire soi-même.*

Nous avons choisi dans ce scénario de faire vivre les situations aux enseignants en formation dans des contextes en congruence avec ceux de leurs élèves sourds. Ce choix a permis de mettre à jour les différentes fonctions des activités langagières en cours d'activités mathématiques pour des élèves sourds : *un mode de communication confortable et partagé pour accompagner l'action de recherche, un mode de représentation rigoureux et structuré pour formaliser son activité.* Ces fonctions langagières ont joué un rôle semblable dans la prise de conscience, de la part des enseignants, de l'existence des fonctions langagières elles-mêmes, puisque ce sont les analyses réflexives et les interactions entre les stagiaires, véhiculées par le français, qui ont permis de formaliser l'expérience qu'ils ont vécue de l'utilisation de plusieurs systèmes linguistiques (français, oral ou écrit, ou LSF).

Si ce scénario a permis aux stagiaires de prendre conscience de la nécessité des activités langagières pour accompagner l'activité mathématique, il a également soulevé la question de son insuffisance. *Qu'y a-t-il au-delà des mots ou des signes ?* Compte tenu de l'unanimité des attentes de la part des stagiaires, relevées dans les questionnaires initiaux par rapport aux difficultés des élèves sourds à abstraire, nous avons imaginé un autre scénario qui s'attache plus particulièrement à questionner la

place de l’expérience par rapport aux activités langagières dans le processus d’élaboration de concepts mathématiques. Notre perspective est toujours d’ordre praxéologique : nous cherchons à mieux comprendre ce processus pour mieux agir auprès des enseignants en formation et à leur faire mieux comprendre pour les faire mieux agir auprès des élèves sourds.

CHAPITRE VI. UN DEUXIEME SCENARIO DE FORMATION : L'APPRENTISSAGE PAR LA CONCEPTUALISATION

Dans un premier temps nous rappellerons les hypothèses qui pourraient expliquer les difficultés évoquées par les stagiaires pour favoriser la construction de savoirs abstraits chez les enfants sourds. Puis, nous décrirons les différentes étapes du scénario en indiquant pour chacune les moyens mis en place pour recueillir des données et l'analyse que nous en faisons. Nous présenterons d'abord la partie consacrée à la mise en situation expérientielle des stagiaires, la situation déclenchante. Nous nous pencherons ensuite sur la phase de prise de conscience des caractéristiques de cette situation de départ pour favoriser la conceptualisation mathématique chez les enfants sourds et nous enchaînerons sur l'analyse des apprentissages réalisés par les enseignants lors de la phase de réinvestissement dans une pratique de leur choix, apprentissages que nous rattacherons aux pratiques effectives dans les classes que nous avons pu suivre. Nous mettrons enfin, ces résultats en relation avec les résultats du premier scénario et les hypothèses que nous faisons quant à leurs éventuelles possibilités d'être transférés dans d'autres situations de formation.

VI-1 La problématique et les hypothèses élaborées dans le deuxième scénario

Les résultats concernant les représentations des professeurs que nous avons analysés dans le chapitre IV, ont révélé que ces derniers analysent unanimement une partie de leurs difficultés à enseigner les mathématiques aux élèves sourds, comme provenant d'un manque de capacités d'abstraction de leur part. Nous rappelons quelques unes des questions qui nous ont conduite à engager ce travail.

Comment amener les enseignants stagiaires à réaliser l'importance de l'expérimentation dans plusieurs contextes pour élaborer des concepts ? Comment leur faire concevoir que la verbalisation ou l'oralisation ne sont pas des critères de construction de concepts ?

Nous avons fait l'hypothèse qu'une mise en situation suivie d'une prise de conscience de l'action en situation permet de faire évoluer les représentations. Quelle situation permettrait cette prise de conscience concernant les processus de conceptualisation chez les élèves sourds ?

Compte tenu des besoins particuliers des enfants sourds en matière de construction de savoirs abstraits, quelles situations proposer aux enseignants en formation pour qu'ils mobilisent des connaissances qui leur soient utiles dans leur métier de professeurs pour leur enseigner les mathématiques ?

Nous nous sommes référée à l'analyse des besoins de ces enfants dans leurs apprentissages mathématiques, effectuée dans le chapitre III. Nous avons alors choisi comme objet de formation, l'identification d'un cadre pédagogique susceptible de favoriser la conceptualisation chez les élèves

sourds : une démarche expérientielle basée sur la découverte dans un processus inductif (Tremblay, Charron, 1992).

VI-1-1 Différentes situations possibles pour conceptualiser en mathématiques

En mathématiques, l'action permet la conceptualisation, soit dans des situations extraites du quotidien, soit dans des situations « conçues pour », de type artificiel. Nous postulons que les situations qui finalisent les apprentissages mathématiques dans un contexte familier sont particulièrement pertinentes pour permettre aux apprenants de comprendre le sens et la raison d'être des connaissances mathématiques, à savoir, modéliser le monde réel pour pouvoir mieux agir sur lui.

> Par exemple, construire le concept de nombre c'est comprendre qu'il permet de pallier l'absence des objets pour mettre en relation des quantités et agir sur elles. L'utilisation du nombre évite des procédures certes efficaces mais peu économiques comme par exemple, la correspondance terme à terme, pour comparer des collections d'objets spatialement ou temporellement éloignées. En effet, en ce qui concerne l'espace, le nombre permet la comparaison même si les collections ne sont pas présentes en un même lieu grâce au dénombrement et à la connaissance de la relation d'ordre sur les nombres. Et en ce qui concerne le temps, les représentations numériques et leurs propriétés constituent des outils appropriés, tant pour mémoriser des quantités d'objets qui ne sont plus disponibles, que pour anticiper sur des quantités d'objets qui ne sont pas encore là.

Saisir les enjeux de l'existence des connaissances mathématiques pour faire face à des situations de la réalité est un enjeu pédagogique qui nous préoccupe en tant qu'enseignante et en tant que formatrice (Duquesne, 2003a, 2003b, 2004).

Dans le scénario présenté ici, le parti a été pris d'explorer une autre voie : en effet, tous les concepts ne peuvent pas être conceptualisés à partir de situations concrètes ; c'est par exemple le cas du concept mathématique de *groupe*. Le choix d'une mise en scène pédagogique reliée à des situations issues de la vie quotidienne est traité par les stagiaires dans une autre étape du scénario.

VI-1-2 Les objectifs affichés

Lorsque le formateur choisit de mettre les stagiaires en situation dans ce scénario, il vise un double objectif : d'une part faire expérimenter en position d'élèves, les démarches au niveau pragmatique du processus de conceptualisation et d'autre part créer un support pour favoriser une réflexion en tant que pédagogues. En effet, l'objectif de ce travail n'est pas seulement de découvrir un nouveau concept, mais d'identifier une démarche qui permette de construire un concept à partir d'expériences et non pas à partir de sa définition langagière. Selon notre hypothèse d'action relative à l'intérêt d'une formation en double piste, placer les enseignants en situation congruente avec leurs élèves sourds a pour but de les conduire à privilégier une approche par l'expérimentation, sur des supports visuels et matériels, plutôt qu'une démarche fondée sur des explications orales ou écrites, les énoncés de définitions ou de propriétés.

VI-2 Les différentes phases du scénario

Le scénario comporte six étapes dans sa totalité. L'expérimentation de la première situation s'est déroulée en plusieurs temps et avec plusieurs publics. Dans un premier temps, en tant que formateur-concepteur du scénario, nous avons conçu la situation déclenchante que nous proposons ici, pour animer un atelier d'expérimentation dans le cadre d'un colloque à Suresnes, dont nous assurions la coordination : colloque intitulé « Conceptualisation et surdité » (Duquesne, 2005b)[66]. La situation initiale a donc été expérimentée par une centaine de participants, dont des enseignants entendants et une vingtaine d'enseignants sourds. Nous avons aussi expérimenté cette situation avec une quinzaine d'enseignants issus du système éducatif de l'Ile Maurice. Enfin, la majorité des participants de notre étude, ceux qui ont participé à l'ensemble du scénario, se compose d'une quarantaine d'enseignants du premier degré (la même population que celle concernée par le scénario 1) et d'une quarantaine d'enseignants du second degré. Tous accueillent des élèves sourds dans leurs classes.

VI-2-1 La situation « déclenchante » : élaborer un concept mathématique

La situation « déclenchante » constitue la première étape du scénario qui en comporte six au final. Cette première étape a été choisie, comme dans le scénario 1, pour son aspect « déstabilisant ». Nous faisons la même hypothèse quant à la nécessité d'une déstabilisation suffisante pour atteindre le noyau central des représentations des enseignants mais sans être « déstructurante » pour les stagiaires.

Dans cette situation, ils sont placés en position d'apprentis chercheurs mathématiciens pour vivre trois expériences différentes. Le but de la comparaison des trois activités qui la composent est de faire émerger les caractéristiques du concept de la structure mathématique de *groupe*. Le choix a été fait de mettre les enseignants en situation d'être comme les élèves, sans savoir où l'action peut les mener, dans une activité non directement fonctionnelle, avec l'hypothèse d'action que cette déstabilisation permet aux enseignants de mieux comprendre à quel point les élèves peuvent être déconcertés par des apprentissages abstraits.

Notre hypothèse de congruence sur les conditions d'apprentissage des élèves sourds, se situe ici, non plus au niveau des difficultés de communication, mais de celles propres à la découverte de nouvelles connaissances, avec l'insécurité qui peut accompagner la rencontre de l'inconnu. Le choix a été pris d'organiser la recherche mathématique en binômes pour diminuer cette insécurité et favoriser l'engagement dans la tâche.

Dans un premier temps, l'originalité des activités proposées sollicite plutôt une motivation d'ordre personnel, car l'objectif professionnel n'est pas directement accessible dès la première situation. Un

[66] Nous remercions ici chaleureusement l'ensemble de l'équipe du département Surdité de Suresnes de 2001, avec qui nous avons travaillé à l'opérationnalisation de cette situation initiale dans les ateliers du colloque.

premier indicateur de la validité de nos hypothèses consistera à mesurer l'évolution du rapport des enseignants à un concept mathématique « abstrait » ; la motivation des stagiaires à s'engager dans la mise en scène effective de concepts de leur propre choix sera pour nous un deuxième indicateur qui légitimera notre hypothèse relative à la nécessité d'expérimenter en situation réelle des prises de conscience « théoriques », émise dans la deuxième partie de notre scénario.

VI-2-2 Identifier les caractéristiques du concept

Une première analyse réflexive est organisée entre les binômes pour catégoriser les différences et les ressemblances entre les trois activités vécues dans la situation déclenchante. La catégorisation finale permet d'identifier les caractéristiques du concept de groupe en mathématique. Les stagiaires sont ensuite invités à chercher dans leurs connaissances, d'autres situations et contextes dans lesquels ce concept intervient. Cette étape constitue un premier niveau de conceptualisation : celui d'un concept mathématique.

VI-2-3 Caractériser une démarche inductive pour construire des concepts mathématiques

La troisième étape du scénario implique un déplacement de posture des apprenants vers une position d'enseignants pour élèves sourds. Ils sont alors amenés, à partir de leur expérience et au travers d'échanges au sein du groupe, à prendre une distance par rapport à l'action de conceptualisation mathématique qu'ils viennent de vivre. L'activité proposée a pour but de les amener à identifier les caractéristiques de situations pédagogiques propices à développer l'apprentissage des concepts mathématiques par des élèves sourds, dont, en particulier, la composante inductive. Cette étape constitue un deuxième niveau de conceptualisation : celui d'un cadre pédagogique favorisant la construction de concepts mathématiques chez des élèves sourds.

Ce niveau de conceptualisation est rendu explicite par une institutionnalisation de la démarche pédagogique basée sur l'expérimentation, la découverte et sur un processus inductif. La formalisation de cette démarche la transforme en objet de savoir susceptible d'être transféré dans d'autres situations. Les stagiaires tirent alors leur motivation des objectifs professionnels qui les engagent dans un nouveau projet, celui de la quatrième étape.

VI-2-4 Imaginer un scénario à partir d'un autre concept mathématique

La nécessité de faire prendre conscience aux enseignants de l'intérêt de développer du sens en mathématiques en proposant des activités fonctionnelles, est abordée par une quatrième activité. Le scénario leur donne la possibilité, par petits groupes, de mettre en contexte un concept choisi par eux, dans une mise en scène pédagogique orchestrée selon le cadre élaboré à partir de la situation de référence sur le *groupe mathématique*. A ce stade, le formateur les invite à se positionner en formateurs-concepteurs pour imaginer par eux-mêmes un scénario pédagogique en direction d'élèves

sourds du niveau scolaire qui les concerne. Le transfert de la démarche dans une situation professionnelle fictive permet un contrôle et une régulation par les stagiaires des acquis à propos de la conceptualisation des deux niveaux, celui d'un concept mathématique et celui d'un cadre pédagogique.

VI-2-5 Présentation collective des scénarios conçus par les petits groupes

L'objectif de cette phase est d'évaluer les capacités des stagiaires à réinvestir les principes d'une démarche inductive de façon suffisamment efficiente pour pouvoir la transmettre. La proposition de faire vivre à d'autres collègues les activités imaginées et de leur présenter le scénario a pour effet attendu de susciter des échanges réflexifs qui améliorent le niveau d'élaboration du concept de démarche pédagogique inductive. La communication exige une mise en scène et en mots qui augmentent encore la conscientisation des principes de la conduite pédagogique effectuée devant les collègues.

VI-2-6 Expérimentation du scénario dans une situation professionnelle réelle

Cette dernière phase a pu être expérimentée par certains stagiaires qui ont réussi à mettre en œuvre, dans leur propre classe, le scénario pédagogique qu'ils avaient imaginé au centre de formation avec leurs collègues. Les contraintes du dispositif de formation général n'ont pas permis d'accompagner de façon proche tous les stagiaires désireux d'effectuer cette mise à l'épreuve dans une situation professionnelle réelle. Nous relaterons le cas d'un accompagnement qui a pu être effectué lors d'une visite de stagiaires.

VI-3 Elaborer un concept mathématique à partir de situations expérientielles

Dans la conception d'un scénario pédagogique, le premier travail du formateur est de choisir les situations les plus fécondes pour atteindre les objectifs qu'il se donne. Les variables sont nombreuses et dans le cas présent il a fallu conjuguer plusieurs contraintes.

VI-3-1 La conception de la situation déclenchante

Le concept choisi doit être accessible au plus grand nombre d'apprenants possible, c'est-à-dire ne nécessitant que peu de connaissances préalables. Mais d'un autre côté, pour que l'expérimentation ait du sens, il faut trouver un concept peu connu pour que le processus d'élaboration soit le plus « réel » possible. Pour éviter que les apprenants s'appuient sur des connaissances antérieures qui masqueraient le processus, en tant que concepteur de la situation initiale, nous avons opté pour un concept « artificiel » c'est-à-dire loin de leur quotidien. Il faut aussi que cet exemple soit suffisamment abstrait pour que l'expérimentation illustre les difficultés à extraire des propriétés caractéristiques des concepts lorsqu'ils sont abstraits. Nous avons choisi volontairement un concept difficile dans le but de révéler plus nettement les difficultés, de les amplifier ainsi que d'amplifier les processus de

conceptualisation. Enfin, pour qu'il y ait un véritable travail de transfert à effectuer, le concept n'est volontairement pas un concept que les stagiaires ont à enseigner.

VI-3-1-1 Le choix du concept de « *groupe* »

Au final, en essayant de conjuguer l'ensemble de ces exigences, en tant que concepteur du scénario, nous avons choisi, la notion de *groupe* en algèbre[67]. C'est un concept relativement moderne dans l'histoire des mathématiques et qui est devenu un concept central en mathématiques. De plus, il est présent dans la vie quotidienne, dans la nature, malgré sa grande abstraction : le groupe des transformations du plan, en cristallographie, en théorie des nombres et en cryptographie…

> Un *groupe mathématique* est un ensemble muni d'un élément neutre nécessairement unique et d'une loi de composition interne qui satisfait trois axiomes : identité, inverse et associativité.
>
> - On appelle *loi de composition interne* dans un ensemble, une opération qui prend deux éléments de l'ensemble pour donner un résultat dans ce même ensemble. Ainsi, l'addition ou la multiplication sont des lois de composition interne dans l'ensemble des nombres naturels.
> De plus cette loi de composition interne satisfait les trois axiomes suivants :
> - Il existe un seul *élément neutre* : cet élément laisse tous les autres éléments inchangés lorsqu'il est combiné avec eux par la loi. Par exemple, 0 est un élément neutre pour l'addition et 1 est neutre pour la multiplication.
> - Chaque élément possède dans l'ensemble un *élément inverse ou symétrique* : c'est-à-dire un élément qui va défaire par composition, l'effet de la composition par un autre élément d'un élément donné. La notion d'élément symétrique généralise les concepts d'opposé en rapport avec l'addition ou d'inverse en rapport avec la multiplication : ces éléments symétriques n'existent pas dans les entiers naturels.
> - L'*associativité* exprime que lorsqu'on combine 3 éléments par cette loi on obtient les mêmes résultats en regroupant les 2 premiers ou les 2 derniers. L'addition et la multiplication des nombres entiers naturels sont des opérations associatives.
> Par exemple, (2+3) +4 donne le même résultat que 2+ (3+4).

En algèbre, la notion de groupe est une abstraction des opérations « naturelles » telles que l'addition ou la multiplication lorsqu'elles sont inversibles. Cette notion de groupe permet de modéliser des situations qui se retrouvent dans beaucoup de disciplines, non seulement en mathématiques, mais aussi en chimie et physique.

Par exemple, en cristallographie, la structure d'un cristal est complètement décrite par son groupe d'espace qui donne la position des atomes. De même en cryptographie, discipline qui s'attache à protéger des messages en s'aidant souvent de secrets ou de *clés*. Lorsque deux personnes souhaitent

[67] L'algèbre est la branche des mathématiques qui s'intéresse aux ensembles et aux opérations qui peuvent s'y effectuer. Elle recherche les conséquences générales qui découlent des propriétés de ces opérations, indépendamment de la nature précise des ensembles et des opérations en cause.

s'échanger des informations numériques de façon confidentielle, sur Internet par exemple avec le commerce électronique, celles-ci doivent recourir à un mécanisme de chiffrement de ces données numériques. RSA[68]est à l'heure actuelle le système à clef publique le plus utilisé (Netscape, la carte bancaire française, de nombreux sites web commerciaux...). RSA repose sur le calcul dans les groupes Z/nZ[69].

Les situations proposées aux stagiaires et que nous allons présenter dans le paragraphe suivant, comme celle des « rotations de disques » et celle des « pendules », sont basées respectivement sur des groupes de type Z/5Z et Z/12Z. En mathématiques, on dit que le travail s'effectue modulo 5 ou modulo 12. Au lieu de raisonner directement sur les nombres, le travail est effectué sur les restes par la division euclidienne, ici par 5 ou par 12. Il s'agit d'arithmétique modulaire c'est-à-dire d'un système arithmétique d'entiers modifiés, où les nombres sont « abaissés » lorsqu'ils atteignent une certaine valeur (ici, 5 ou 12).

Par exemple, 3 rotations composées avec 6 autres donnent un résultat de 4 tours (au lieu de 9) et 7 heures composées avec 8 autres, donnent 3 (au lieu de 15). La notion de permutation[70], sous-jacente dans la situation des « boîtes de couleurs », sert à fonder la théorie des groupes et à étudier par exemple, le sudoku ou le Rubik's cube.

VI-3-1-2 Le choix des situations expérientielles

Les situations expérientielles doivent mettre en scène le concept concerné : or, par définition, plus un concept est abstrait et plus il est difficile de l'appréhender dans des situations familières. En tant que formatrice, c'est à partir de notre connaissance de ses caractéristiques que nous avons cherché des situations illustratives.

Ensuite, parmi toutes les situations expérimentales imaginées nous avons du choisir les plus pertinentes selon les critères suivants :

- permettre à un apprenant de construire le concept donc d'en repérer assez rapidement ses caractéristiques ;

---

[68] **RSA** est un algorithme asymétrique de cryptographie à clé publique très utilisé dans le commerce électronique, et plus généralement pour échanger des données confidentielles sur Internet. Cet algorithme a été décrit en 1977 par Ron Rivest, Adi Shamir et Len Adleman ; les lettres **RSA** sont les initiales de leurs noms.

[69] La congruence modulo *n* étant une relation d'équivalence sur l'ensemble des entiers, on peut donc diviser cet ensemble en classes d'équivalences. La classe d'équivalence de l'entier *a* est l'ensemble des entiers *b* tels que. $a \equiv b \pmod{n}$ On la note $[a]_n$. L'ensemble quotient de $\mathbb{Z}$ par la congruence modulo *n* est l'ensemble $\{[a]_n | a \in \mathbb{Z}\}$, noté encore $\mathbb{Z}/n\mathbb{Z}$

[70] La permutation est une des notions fondamentales en combinatoire, c'est-à-dire pour des problèmes de dénombrement et de probabilités discrètes. Une permutation de *n* objets distincts rangés dans un certain ordre, correspond à un changement de l'ordre de succession de ces *n* objets.

- déterminer, dans un temps de formation « raisonnable » au plan institutionnel (3h), le nombre d'activités proposées : identifier des ressemblances nécessite d'être confronté à une certaine diversité pour pouvoir établir une comparaison ;
- rendre les participants les plus actifs possible ;
- proposer le recours à plusieurs matériels avec une présentation visuelle, figurative ou schématique ;
- ne recourir qu'à un nombre minimal de consignes langagières.

Les différentes situations à résoudre ont été construites pour aider les stagiaires à découvrir progressivement les propriétés caractéristiques du concept. Dans la conception du scénario, nous avons opté pour le choix de trois situations, afin que les enseignants-stagiaires disposent de suffisamment d'expérimentation pour avoir le temps d'élaborer ce nouveau concept, mais dans un temps limité par la situation de formation.

VI-3-1-3 Des conditions de recherche rassurantes : les binômes

Puisque nous postulons que dans toute situation d'apprentissage, tout le monde ne fonctionne pas de la même façon ni que personne ne comprend tout ni tout de suite, le choix a été fait de proposer un travail en doublette : formule pédagogique qui permet, entre autres avantages, d'éviter à certains d'éprouver des difficultés face à des tâches mathématiques et favorisent le confort de travail. Nous informons aussi les enseignants que cette situation n'a pas de visée évaluative et que nous nous engageons à ce qu'aucun jugement ne soit proféré pendant la séance de recherche (nous verrons dans l'analyse des échanges réflexifs que cette précision peut avoir une incidence sur l'activité des apprenants).

VI-3-1-4 Un matériel permettant la visualisation des activités

Notre hypothèse d'action selon laquelle l'apprentissage fondé sur la modalité de double piste augmente l'efficacité du scénario, nous fait choisir de mettre les stagiaires en situation congruente avec les apprentissages des élèves sourds, aussi au niveau des supports à l'activité ; les activités doivent présenter des caractéristiques propres à favoriser l'entrée dans la tâche des apprenants sourds. Nous avons souligné dans le chapitre III, combien la prise d'informations des élèves sourds peut bénéficier de l'utilisation de supports visuels. Le scénario vise à prendre en compte cette exigence. Divers matériels et supports mettant en jeu d'autres stimuli perceptifs que l'ouie, comme l'utilisation de compétences visuelles et des activités manuelles leur ont été proposés : il s'agit de boîtes au travers desquelles transitent des couleurs et des supports différents pour les représenter comme plusieurs types de cartes, des boîtes dessinées sur des feuilles avec ou non les couleurs correspondantes (voir annexe 10, p.15). Chaque participant peut recourir aux disques et aux cadrans d'horloges cartonnés qu'ils peuvent manipuler à leur gré, pour étayer leur recherche.

Pour aider les binômes à mémoriser leurs résultats, le formateur met à disposition des fiches pour guider l'expérience tout en essayant de limiter au maximum le nombre d'informations écrites (voir annexe 11, p.17). Des fiches essais présentées sous formes de schémas leur sont aussi fournies pour pouvoir noter leurs résultats rapidement et en utilisant le moins possible de formes langagières (voir annexe 10, p.16).

VI-3-2 Construire le concept de groupe : les situations et les tâches

Le formateur avertit les stagiaires qu'ils n'ont aucune chance de reconnaître spontanément ce concept et donc qu'ils doivent accepter de faire l'activité sans chercher à savoir tout de suite pourquoi ils la font. Ils sont placés dans des conditions similaires à celles des élèves qui vont découvrir un concept nouveau. Sauf que, face à une classe où le choix du degré de difficulté de l'exercice proposé se doit de tenir compte des acquis déjà effectués, il n'est pas possible au formateur de connaître, pour chacun d'eux, leur niveau de connaissance mathématique (ce n'est pas le but de la situation). De même, est souligné que cet atelier n'a pas pour but de faire découvrir un concept « applicable » avec des élèves : ce n'est pas un modèle de séance pédagogique.

Cette phase du scénario correspond aux activités 1 et 2, c'est-à-dire qu'elle comprend une phase de construction avec la comparaison de deux situations différentes, une phase d'émergence des différences et ressemblances, puis celle de la généralisation à une autre situation. Le scénario prévoit donc trois situations expérientielles avant la phase d'institutionnalisation qui correspond alors à l'activité 2 du scénario.

VI-3-2-1 Les situations expérientielles

La tâche consiste à expérimenter, en binômes, tour à tour, les situations « boîtes de couleurs », « rotations de disques » et « pendules ». Les situations sont présentées aux stagiaires à l'aide des supports matériels préparés à cet effet. Pour chaque activité, les consignes sont proposées sur des fiches qui leur sont distribuées par binômes. Ils ont la possibilité de choisir différents supports mis à leur disposition selon leurs besoins pour répondre aux questions inscrites sur les fiches. Ainsi, à chaque expérience, les stagiaires disposent d'une fiche et du matériel correspondant. Après chaque activité, ils sont invités à faire part collectivement de leurs remarques sur l'expérience qu'ils viennent de vivre en binôme. Ces notes serviront à repérer les différences et les ressemblances entre les activités pour en faire émerger les caractéristiques du concept visé : la structure de *groupe* mathématique.

VI-3-2-1-1 Première expérience : les boîtes de couleurs

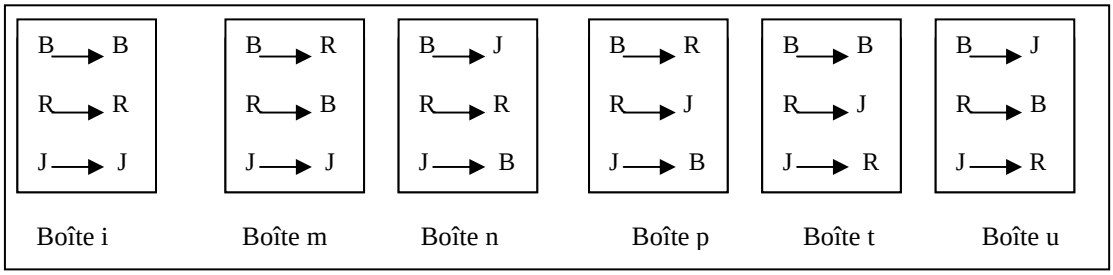


Figure 17 : les boîtes de couleurs

<u>1e consigne</u> : Voici des boîtes. On y met 3 couleurs en même temps. Ces couleurs peuvent être transformées. Nous avons choisi arbitrairement les changements de couleur ainsi que les noms des boîtes : ne cherchez pas une logique dans ce choix. (Note : B signifie bleu, R signifie rouge, J signifie jaune)

<u>2e consigne</u> : On propose de mettre 2 boîtes bout à bout, de les combiner en les faisant se succéder. Qu'est-ce qu'on trouve ? On décide d'écrire le fait de combiner les deux boîtes m et p comme suit : m + p = n

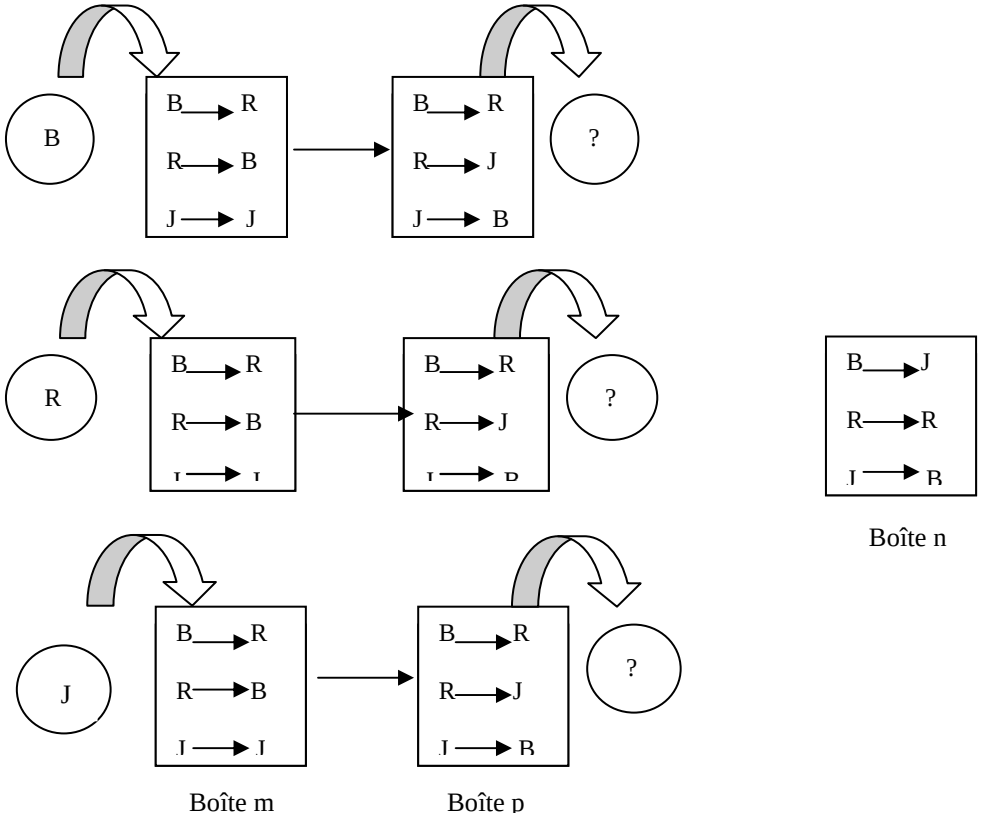


Figure 18 : Boite m « suivie de » Boite p

<u>3e consigne</u> : On vous donne une suite d'expériences à faire avec ces boîtes et vous choisissez le matériel[71] qui vous convient le mieux. Si vous voulez changer en cours d'activité, c'est possible. Vous avez aussi à disposition des fiches d'essais.

[71] Les cartes machines avec couleurs, les cartes machines avec lettres, les feuilles regroupant les 6 machines avec lettres noires, avec lettres couleurs, avec couleurs, les fiches d'essais (voir annexe 10, p. 15).

VI-3-2-1-2 Deuxième expérience : les rotations de disques

C'est une deuxième activité qui concerne le même concept. Il y a 5 secteurs sur chacun des deux disques concentriques qui constituent le matériel suivant :

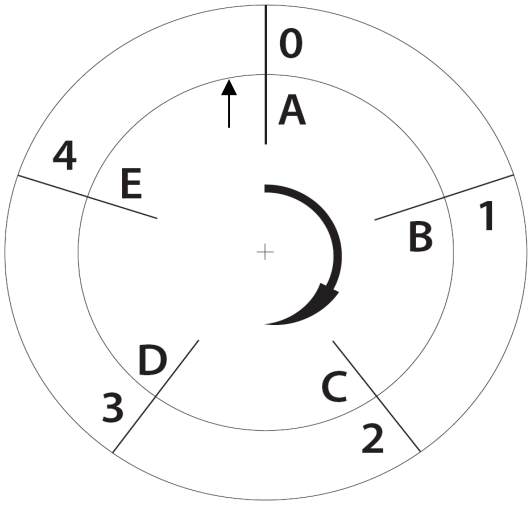


Figure19 : Les rotations de disques

1e consigne : *Pour bien repérer notre point de départ, on aligne le A devant le 0. On fait tourner le petit disque toujours dans le même sens.*

En partant de 0, lorsque le A vient en face du 1, on a tourné de 1 secteur; on notera R1.

En partant de 0, lorsque le A vient en face du 2, on a tourné de 2 secteurs; on notera R2.

En partant de 0, lorsque le A vient en face du 3, on a tourné de 3 secteurs ; on notera R3.

En partant de 0, lorsque le A vient en face du 4, on a tourné de 4 secteurs ; on notera R4.

En partant de 0, lorsque le A revient en face du 0, on a fait un tour complet ; on notera R0.

MAIS : En partant de 0, lorsqu'on fait 1 tour complet et qu'on tourne de 1 secteur, le A vient en face du 1. De même, lorsqu'on fait 3 tours complets et qu'on tourne de 1 secteur, le A vient en face du 1. Et ainsi de suite… Ainsi, lorsqu'on tourne de plusieurs tours complets et lorsque le A vient en face du 1, on a finalement tourné de 1 secteur. Ce que l'on note, c'est la position finale par rapport au point de départ. Toutes ces rotations reviennent à un écart par rapport au point de départ de 1 secteur, c'est-à-dire R1.

De même, à partir de 0, même si on a tourné de plusieurs secteurs, lorsque le A vient en face du 2, on a tourné de 2 secteurs. On appelle cette rotation R2. On fait de même avec les rotations qui se ramènent à celles de 3, 4 secteurs qu'on appelle R3, R4.

2e consigne ***:*** *On combine deux rotations à la suite. Par exemple R1 et R2 : on choisit 0 comme point de départ, on tourne d'un secteur, puis on continue de faire tourner le disque de 2 secteurs, mais cette fois sans revenir au point de départ 0. Que se passe-t-il ? On décide de noter cette combinaison R1+R2. On remarque qu'on obtient R3. On écrit alors R1+R2 = r3. De même, R4+R3 = R2.*

3e consigne : On vous donne des disques et une fiche d'expériences à faire avec les disques. Notez vos résultats.

VI-3-2-1-3 Troisième expérience : les pendules

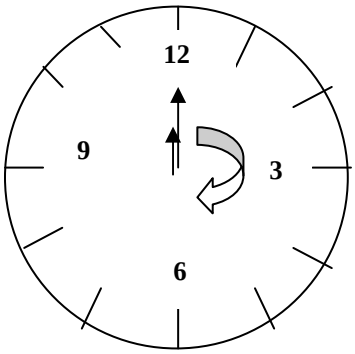


Figure 20 : Les cadrans de pendules

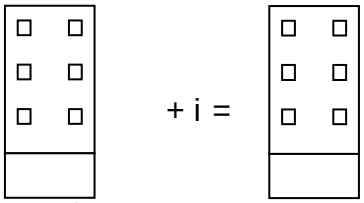
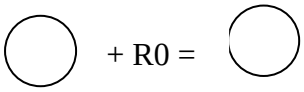
1e Consigne : *Voici des pendules qui ne mesurent que les heures. On vous propose de combiner des temps en heures avec ces pendules. Par exemple, imaginons qu'il est 8h et qu'un événement dure 10h, quelle heure indiquera la pendule ?*

2e consigne : On vous donne des pendules et une fiche d'expériences à faire avec les pendules pour noter vos résultats.

VI-3-2-2 L'identification des caractéristiques du concept de *groupe*

A partir des notes consignées au tableau par le formateur sur les différentes expériences, les stagiaires sont amenés à effectuer une comparaison pour y distinguer des différences et des ressemblances. Cette étape a pour but que les stagiaires mettent en œuvre une activité de catégorisation. Les éléments de la classe ainsi établie sont généralisés et constituent une formalisation des éléments caractéristiques du concept. Une fois ces propriétés nommées, les stagiaires sont incités à trouver d'autres situations dans lesquelles ce concept apparaît.

Mise en commun pour extraire les particularités du concept de *groupe (Tableau 5)*

Elément neutre		
 m + i = m n + i = n p + i = p u + i = u t + i = t i + i = i i est neutre *Quand on compose une boîte avec la boîte i on obtient la même boîte qu'au départ.*	 R0 + R0 = R0 R1 + R0 = R1 R2 + R0 = R2 R3 + R0 = R3 R4 + R0 = R4 R0 est neutre *Quand on combine une rotation avec la rotation R0 on obtient la même rotation.*	12+1=1 12+2=2 12+3=3 …. 12 est élément neutre
Eléments symétriques		
u + p = i p + u = i m + m = i n + n = i t + t = i i + i = i u et p sont symétriques m, n, t, i, sont leurs propres symétriques *A chaque boîte, on peut en faire correspondre une autre qui annule son effet.*	R4 + R1 = R0 R1 + R4 = R0 R2 + R3 = R0 R3 + R2 = R0 R0 + R0 = R0 R3 et R2 sont symétriques R4 et R1 sont symétriques R0 est son propre symétrique *A chaque rotation on peut en faire correspondre une autre qui annule son effet.*	1 et 11 2 et 10 3 et 9 4 et 8 5 et 7 6 et 6 sont symétriques
Associativité		
(n + t) + p = n + (t +p) …. $(1^e + 2^e) + 3^e = 1^e + (2^e + 3e)$ *On peut associer les boîtes 2 par 2 dans un ordre différent sans changer le résultat.*	(R1 +R2) + R4 = R1 + (R2 + R4) … $(1^e + 2^e) + 3^e = 1^e + (2^e + 3e)$ *On peut associer les rotations 2 par 2 dans un ordre différent sans changer le résultat..*	1+(4+5)=(1+4)+5 ….
Loi de composition interne		
Si on compose 2 boîtes, on obtient une boîte qui existe déjà dans l'ensemble.	*Si on combine 2 rotations, on obtient une rotation qui existe déjà dans l'ensemble.*	*La somme de deux nombres plus petits que 12 donne un nombre plus petit que 12.*

La généralisation du concept de *groupe* à d'autres situations

Les exemples les plus courants concernent les ensembles de nombres et les opérations arithmétiques ou algébriques les plus connus. Les entiers relatifs (Z) munis de l'addition forment un groupe : dans Z, l'élément neutre est 0 et tous les nombres ont un opposé ; par exemple, l'opposé de +3 est -3 puisque +3+ (-3) = 0. On peut donc y faire toutes les soustractions mais les nombres naturels (N) et l'addition ne forment pas un groupe car les entiers naturels n'ont pas d'opposés. Les éléments symétriques d'entiers ne sont pas dans (N). Par exemple, 9 n'a pas d'opposé dans (N). C'est pour cette raison qu'on ne peut pas y faire toutes les soustractions : par exemple 4-9 n'est pas un nombre entier naturel. Par contre les entiers relatifs munis de la multiplication ne forment pas un groupe : il y a bien un élément neutre, 1, mais les entiers relatifs n'ont pas d'inverses pour cette opération. Par exemple, l'inverse de 2 est ½ et n'est pas un entier. Ainsi on ne peut pas faire toutes les divisions dans (Z), alors qu'on peut les faire toutes dans l'ensemble des fractions (Q).

L'institutionnalisation de ce concept montre l'intérêt de disposer d'un ensemble et d'une opération qui forment une structure de groupe ; même si les éléments de l'ensemble ne sont pas des nombres, une structure de groupe permet d'assimiler ces éléments à des nombres relatifs et l'opération à l'addition des entiers relatifs autorisant ainsi certains calculs habituels.

VI-3-3 Le rôle du formateur

Dans l'activité 1, une fois le concept choisi et les situations expérientielles conçues, il reste au formateur à animer la mise en scène et la mise en activité des binômes, en expliquant à chaque expérience l'utilisation du matériel et des fiches correspondantes. Pendant que les stagiaires expérimentent dans les binômes, le formateur a l'occasion d'observer les procédures et les supports utilisés. C'est aussi dans ces phases qu'il note les difficultés de certains et observe les comportements des individus et des binômes.

Entre chaque expérience, le formateur a pour objectif de consigner les remarques des stagiaires en notant leurs propres expressions au plus près : en tant qu'animatrice d'une telle situation, nous choisissons de ne pas privilégier dès la première situation, les noms « scientifiques » utilisés par certains, quelquefois à mauvais escient d'ailleurs, pour ne pas « bloquer » l'expression des autres qui se considèrent comme moins experts en mathématiques. De même, nous choisissons de favoriser les propositions des stagiaires lorsqu'elles sont formulées à l'aide de schémas ou de dessins. Les reprises collectives, régulières, permettent de préparer progressivement l'abstraction nécessaire des supports des expériences, pour concentrer l'attention des stagiaires sur les propriétés des combinaisons définies dans les situations et non plus sur les éléments combinés.

Gérer la comparaison de ces propriétés aboutit à leur catégorisation **dans l'activité 2.** Enfin, la nominalisation de ces propriétés est à la charge du formateur ; selon les groupes de formations et leurs connaissances mathématiques antérieures, nous n'effectuons pas cette institutionnalisation obligatoirement dans un langage mathématique expert ou symbolique. L'identification des quatre propriétés une à une permet le deuxième niveau d'abstraction nécessaire pour les considérer simultanément dans la caractérisation du concept de *groupe* lui-même. A ce niveau, le *groupe* mathématique devient un objet de savoir transférable.

VI-3-4 La méthodologie de recueil des données

Au niveau méthodologique, nous avons procédé à l'enregistrement vidéo d'une première séance que nous avons dépouillée : nous n'avons pas choisi ce mode de recueil dans les expérimentations suivantes car le décryptage, très lourd, n'a pas apporté d'éléments différents de ceux que nous avons recueillis par d'autres moyens d'observation. Les questionnaires que nous avons élaborés en direction des stagiaires pour être utilisés après l'expérimentation, nous ont fourni des outils d'objectivation des données, intéressants aussi bien pour cette phase du scénario que pour la suivante concernant la conceptualisation d'un cadre pédagogique favorable à la conceptualisation mathématique chez les élèves sourds (voir annexe 12, p.18).

Un questionnaire support pour les échanges réflexifs

Un temps de distanciation réflexive sur les activités vécues a été laissé aux stagiaires pour répondre aux questionnaires ; ils ont eu le choix de répondre par écrit et de façon anonyme ou oralement, individuellement ou en binômes. Les échanges se sont faits questions par questions. Les questions qui concernent l'analyse du processus vécu de construction du concept de groupe sont les suivantes :

1- *Comment avez-vous procédé ?*
2- *Quel support avez-vous préféré ? Pourquoi ?*
3- *Quelle a été votre démarche pour chaque exercice?*
4- *A quel moment avez-vous éprouvé des difficultés ?*
5- *A quel moment avez-vous pris conscience des ressemblances ?*
6- *Quels sentiments sont apparus tout au long de la séquence ?*

Nos données concernent environ cent cinquante enseignants en formation au niveau des observations prises sur le vif au cours des expérimentations et des notes prises dans la phase d'échanges réflexifs (voir annexe 16, p.29). Nous disposons d'une centaine de traces écrites, 31 enseignants du second degré, 31 enseignants du premier degré, 23 enseignants participants à l'atelier du colloque dont seulement 8 enseignants sourds et 15 enseignants de l'île Maurice (voir annexe 13, p.19). Nous avons recueilli en outre, quelques entretiens post expérimentation effectués selon la méthode de l'entretien

semi directif auprès des enseignants des premiers et seconds degrés qui ont suivi le scénario de formation dans sa totalité.

Le choix d'une analyse qualitative

Malgré la taille du corpus recueilli et notre formation initiale en statistiques mathématiques, nous n'avons pas choisi de traiter ces données en y recherchant des régularités dont la logique est nomothétique. La complexité des contextes que nous étudions nous engage d'abord dans un processus de type herméneutique pour mieux comprendre ce qui s'y joue. Pour atteindre notre entreprise, à visée clairement praxéologique, une analyse de type qualitative nous semble plus appropriée. Dans cette analyse, nous n'avons pas envisagé de catégoriser les fonctionnements des enseignants face aux situations expérientielles, en fonction de critères comme leur surdité, leur appartenance au premier ou au second degré ou encore leur nationalité. Nous avons voulu éviter des généralisations du type « *les enseignants sourds opèrent comme suit* », « *les enseignants de mathématiques fonctionnent de telle façon* » ou « *les enseignants Mauriciens s'y prennent plutôt de cette manière* ». Ces critères ne nous sont pas apparus pertinents. En effet, nous avons relevé, dans les types de fonctionnement, aussi bien au niveau cognitif que psychoaffectif, de nombreux points apparentés entre tous les enseignants en formation. Les nombreux témoignages recueillis de la part des stagiaires sont signalés dans l'exposé par une retranscription de leurs discours en caractères italiques.

VI-3-5 Les résultats de l'élaboration du concept de groupe

Nous avons tout d'abord sélectionné les critères qui se sont révélés les plus fréquemment mentionnés dans les questionnaires et qui ont donné lieu aux échanges les plus approfondis entre les stagiaires. Nous avons ensuite organisé ces données en fonction des questionnements qu'ils ont induits pour notre sujet d'étude. Nous présentons une synthèse des aspects quantitatifs de nos résultats qui ont contribué à objectiver notre analyse dans le tableau 6 suivant.

Tableau 6 : Résultats relatifs à la conceptualisation d'un groupe mathématique

		Enseignants du 1e degré (31)	**Enseignants du 2e degré (31)**	**Participants à l'atelier du colloque (23)**	**Enseignants Mauriciens (15)**	**Total (100)**
Utilisation des supports	A chaque expérience	12	18	16	10	56
	uniquement pour la 1e l'expérience	13	1	5	1	20
	De moins en moins au cours des activités	5	6	2	4	17
	Pas du tout	1	5			6
	Sans réponse		1			1
Démarches selon les expériences	Tâtonnement	25	25	18	15	83
	Utilisation de la fiche d'essai	4	3	7	4	18
	L'activité 1 facilite les activités 2 et 3	17	19	15	4	55
	Recherche d'une connaissance maths	2	1			3
	Bonne collaboration dans binôme	14	11	12	14	51
Aucune difficulté		11	5	1	3	20
Difficultés liées aux situations expérientielles	Situation jugée déstabilisante	10	15	11	7	43
	Activité 1 jugée la plus difficile	9	17	14	8	52
	Non compréhension de la finalité	8	9	6	1	24
	Mémoriser la consigne			2	1	3
	S'abstraire des supports		1			1
Difficultés liées à l'histoire individuelle	Peur de l'échec	1	5	1		7
	Peur du jugement		1		1	2
	Peur des maths		2			2
Le processus de conceptualisation	Découverte progressive	24	18	18	9	69
	Découverte en fin de phase	5	9	5	1	20
	Pas de réponse	2	4		5	11
	Difficulté phase nominalisation	4	4	2	4	14
Aides apportées par :	Les supports	4	7	5	6	22
	La familiarité des activités 2 et 3	1	5			6
Vécus positifs par rapport aux activités expérientielles	Aspect ludique des activités	2	12	2	3	19
	Plaisir de chercher, curiosité	3	3	6		12
	Plaisir de réussir	9	5	3	7	24
	Plaisir de travailler à plusieurs	1	2	2	6	11
	Mise en confiance	1	1		1	3

VI-3-5-1 Une première déstabilisation

La première situation expérientielle est jugée déstabilisante par 43% des stagiaires qui répondent par écrit au questionnaire. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ce constat. En vertu de la première évaluation des difficultés des professeurs à enseigner les mathématiques, le facteur disciplinaire peut jouer un rôle négatif vis-à-vis des mathématiques elles-mêmes. Nous pouvons supposer que la mise en « demeure » de faire des mathématiques renvoie les enseignants à des souvenirs d'élèves douloureux comme nous l'avons déjà constaté à l'occasion du premier scénario chez les professeurs des écoles. Concernant ceux des lycées et collèges, la place prépondérante prise par la discipline dans les préoccupations des enseignants (voir chapitre I), peut renforcer un rapport au savoir mathématique privilégié pour ceux qui les enseignent, mais encore plus distant pour ceux qui enseignent une autre discipline. Peut-être aussi pouvons-nous nous interroger sur le rapport aux mathématiques des enseignants sourds qui ont participé à cette première partie du scénario ? Les observations et les notes que nous avons consignées lors des échanges montrent que ces personnes sourdes là, ne gardaient pas un très bon souvenir de leur scolarité. Il se trouve qu'elles sont issues d'une génération à laquelle l'école n'a proposé qu'une éducation orale (voir chapitre III), laissant un sentiment d'échec chez ceux qui n'ont pu en « profiter » pour accéder aux savoirs scolaires de niveau secondaire, et un sentiment de souffrance à ceux qui y ont eu accès mais au prix de tant d'efforts et d'inconfort.

VI-3-5-1-1 L'insécurité liée à toute situation d'apprentissage

L'accessibilité lors de la participation des enseignants sourds à l'expérimentation ayant été favorisée par la présentation des expériences directement en LSF, sans le décalage d'une interprétation, c'est bien la situation elle-même qui est rendue responsable de ce sentiment d'inconfort. Ils nous disent eux-mêmes leur gêne : « *on ne savait pas où on allait* » ou « *on a fait la fiche, on a réussi mais on ne savait pas dans quel but* ». Ainsi, ces enseignants nous signalent que leur insécurité provient de la méconnaissance de la finalité de l'activité, du sens de la tâche. Cette observation nous renvoie à la similitude des difficultés premières et basiques rencontrées par les élèves sourds, de façon spécifique, en lien avec leur exclusion du monde sonore.

Mais, ce que les stagiaires sourds expriment, ne représente-t-il pas un sentiment partagé par les autres stagiaires ? Nous remarquons alors, qu'un quart des personnes ayant répondu au questionnaire ressent ce malaise face à la finalité inconnue de l'activité. Pourtant, les objectifs ont été clairement et abondamment annoncés, aussi bien au niveau du concept mathématique lui-même que de la démarche. Mais les activités n'étant pas balisées par un schéma habituel, définition de la nouvelle notion et exercices d'application, la démarche a provoqué une déstabilisation : pour certains, dont les enseignants sourds avec qui nous avons travaillé, il a été difficile de surmonter l'obstacle d'une démarche pédagogique inconnue. Ce constat pose la question du réglage de l'intensité de la déstabilisation. Les réactions évoquées, mettent en évidence la nécessité d'adapter le niveau de

déstabilisation choisi au niveau de proche développement des apprenants. Dans tous les cas, ces observations nous rappellent que l'inconnu et le déséquilibre liés à tout apprentissage peuvent susciter un sentiment de crainte : pour apprendre, il y a nécessité de se laisser emmener, on ne sait pas où, pour découvrir, on ne sait pas quoi.

VI-3-5-1-2 L'ambivalence de la découverte

Nous inférons des données quantitatives qu'une bonne partie des stagiaires bute sur la première expérience (52%). Si nous mettons en correspondance ce nombre avec celui de stagiaires qui sont déstabilisés par cette première situation (43%) et avec celui des personnes qui ne comprennent pas où l'expérience les conduit (24%), nous pouvons nous demander si c'est le seul fait de ne pas comprendre la finalité de la situation qui induit la difficulté ou bien si la déstabilisation liée à l'aspect surprenant de la première expérience ne peut être également un obstacle. Non seulement, les stagiaires doivent faire face à la découverte de la finalité de cette situation mais aussi à celle de l'activité, car toute deux leur sont inconnues et inhabituelles au départ.

Découvrir une situation

Face à cet inconnu, certains stagiaires font état d'une difficulté à s'imaginer ce qu'ils devaient faire ; ils font alors des suppositions en fonction de leurs représentations des mathématiques ou du travail de formation : « *c'est trop facile* » ou « *ça ne ressemble pas à des maths* ». Cette observation rappelle la différence qui existe entre la conception que se fait l'apprenant de la tâche attendue et la tâche réellement attendue par le formateur. Outre l'importance du contrat didactique, ce constat confirme, d'un autre point de vue, la validité de notre hypothèse de congruence entre la formation des enseignants et les apprentissages des élèves : particulièrement avec des élèves sourds, les interprétations « hâtives » et « inadaptées » liées à une prise d'information partielle sont fréquentes et trompeuses.

Devant un matériel inconnu, par exemple, les boîtes de couleurs, les réactions peuvent être diverses : intérêt, envie de recherche, se sentir motivé, excité, se lancer un défi à soi-même, avoir envie de trouver. Ou bien : perplexité, déroute, stress, agressivité, manque d'intérêt. Ou encore un flou, ne pas savoir où je vais, le brouillard, impression de ne pas bien savoir ce que je cherche. Certains ont confiance et acceptent ce « *flou, car je sais que le formateur nous aidera et qu'on y arrivera* ».

VI-3-5-1-3 Se familiariser avec des situations inhabituelles

Les échanges post expérimentation ont fait apparaître que, de façon générale, le recours à un matériel dans une situation mathématique a surpris les stagiaires. Nous postulons que ces stagiaires, ont connu, en tant qu'élèves, des rencontres avec un nouveau concept mathématique, selon des stratégies moins

expérimentales ou moins actives, d'autant plus que l'annonce effectuée en début de séance, stipulait bien qu'il s'agissait d'un concept « abstrait » et de niveau scolaire au-delà du baccalauréat.

Des supports surprenants

Les observations tout comme les traces écrites renvoient deux types de comportement face à cette première déstabilisation liée aux supports : il y a ceux qui apprécient et ceux, réduits à quelques uns, qui se sentent dévalorisés par l'approche.

Par exemple, devant les boîtes de couleurs, les réactions sont singulières d'une personnalité à l'autre et peuvent être diverses : les réactions oscillent entre des remarques plutôt timides comme « *les supports sont inhabituels donc déconcertants* » ou l'expression d'une aide inutile comme « *je n'en ai pas eu besoin* » ou carrément parasitante comme « *il y a trop de matériel, ça noie* ». Elles peuvent aussi refléter des sentiments plutôt mitigés mais qui ont évolué positivement au cours de la recherche comme « *l'aspect ludique des supports, au début, nous a rebuté car nous avions l'impression que le travail n'était pas sérieux* » ou *«on a cru au début, qu'on nous prenait pour des enfants »*. Une autre personne renvoie un côté résolument négatif : « *il est difficile d'utiliser des outils comme les lettres ou les couleurs qui sont déjà une conceptualisation ; d'ailleurs le bleu et le rouge font du violet et non pas du jaune !* ».

Des supports surprenants mais étayants

Malgré cette surprise, ils sont au final 93% à dire avoir eu besoin de s'en servir, au moins dans la première expérience sur les boîtes de couleur. C'est que dans leur grande majorité, les stagiaires apprécient la présence des supports, par exemple, pour leur aspect ludique « *c'est ludique, ça nous plait, ça nous motive* » ou « *ils sont conviviaux et faciles à manipuler* ». Pour certains stagiaires, les supports facilitent la compréhension de la consigne et l'entrée dans l'activité. Nous observons que plus de la moitié des stagiaires utilisent les supports dans toutes les expériences, d'autres s'en servent de moins en moins (17%) après la première situation, et même plus du tout ensuite (20%). Curieusement, parmi ces derniers, malgré leur inutilité, les supports apportent un sentiment de sécurité : « *la présence des supports était rassurante, même si on ne les manipule pas* ». D'autres, au contraire, ont l'air de regretter la facilité qu'ils procurent : « *les supports étaient tellement visuels qu'on n'a pas eu beaucoup à calculer* ». Enfin, d'autres encore, indiquent leurs préférences pour les supports numériques, avec la familiarité à laquelle ils les renvoient : « *ce sont des supports habituels, comme ceux qu'on utilise à l'école* ».

Le concret, de l'abstrait devenu familier

Par exemple, certains stagiaires signifient explicitement la difficulté d'appréhender l'inconnu avec confiance en énonçant sa contraposée : « *les expériences sur les rotations et les pendules sont plus*

faciles ; elles rappellent le quotidien ». L'aspect familier d'une situation renvoie, non pas à une difficulté intrinsèque de la tâche, mais à la proximité que l'apprenant entretient avec elle. Ce ne sont pas parce que les couleurs sont abstraites que la situation des boîtes pose question, mais parce qu'elle est nouvelle et moins familière. L'apprentissage consiste alors pour l'apprenant à se familiariser avec cette nouveauté jusqu'à ce qu'elle lui devienne familière. En tant que formateur, c'est cet objectif que nous visons : que les stagiaires en formation se familiarisent suffisamment avec la connaissance des processus de conceptualisation en mathématiques pour améliorer leur enseignement des mathématiques auprès des élèves sourds. En tant que chercheur-concepteur, nous tentons, par l'analyse de la mise en scénario de ces objectifs, d'identifier des caractéristiques de pertinence d'un scénario, susceptibles d'être généralisées et transférées à d'autres contextes. Au final, « manipuler » des objets en mathématiques ne laisse pas indifférents les stagiaires, et les aspects déstabilisants de la première situation sont contre balancés par des bénéfices, en particulier celui de favoriser l'entrée dans l'activité.

VI-3-5-2 S'engager dans la tâche : de la plus difficile à la plus facile

Dans la première situation, la mise à disposition de différents outils d'aide, permet aux stagiaires d'entrer plus rapidement dans l'activité et de choisir celle qui leur correspond le mieux. Certains optent pour les boîtes elles-mêmes, pour les cartes avec les couleurs ou avec les lettres. Laisser la possibilité de choisir son entrée, permet de reconnaître les différents fonctionnements de chacun aussi bien au niveau des modalités que du rythme d'appropriation de l'activité dans laquelle il va s'engager : c'est un élément de différenciation qui est apparu comme essentiel à tous.

VI-3-5-2-1 Une difficulté équilibrée par une consigne donnée à voir

Nous pouvons noter tout d'abord que peu de stagiaires rendent compte de difficultés à comprendre la consigne. Les quelques personnes qui les signalent, font référence à leurs difficultés de compréhension du tableau à double entrée qui schématise l'ensemble des compositions de deux boîtes de couleurs. C'est donc plus au niveau de la représentation symbolique de la composition qu'à celui de l'entrée en activité que se situerait la difficulté.

Nous faisons l'hypothèse que la mise à disposition des supports matériels améliore nettement la compréhension de l'action attendue, au contraire de la situation de résolution de problème analysée au chapitre V. La présentation linguistique du problème des carrés que nous y avons étudiée, rend compte d'une entrée dans l'activité opposée à celle des situations expérientielles. Dans ce dernier cas, la consigne y est donnée à l'oral (en français ou en LSF) mais elle est accompagnée d'une action du formateur, qui montre une utilisation du matériel.

VI-3-5-2-2 Une difficulté équilibrée par une démarche active de l'apprenant

De plus, certaines remarques des stagiaires nous donnent à penser que le fait même d'avoir du matériel à disposition, incite à se mettre en activité : « *on tâtonne avec les outils* » ou « *on avance pas à pas avec le matériel* ». Certains exploitent au maximum la présence d'un matériel : « *on utilise deux outils différents pour vérifier qu'on ne se trompe pas* ». Pour d'autres la présence des supports aiguise la curiosité, elle aussi motivant l'action : « *les couleurs sont déroutantes mais le matériel est accrocheur* ». Certains sont « *excités par le défi à relever* » ou d'autres soulignent : « *ça a aiguisé notre curiosité* ».

L'aspect ludique et les supports visuels peuvent induire chez certains stagiaires une impression première de facilité qui s'avère trompeuse par la suite. Une personne se dit « *agacée* » car la situation lui résiste trop alors qu'elle « *sait que ce n'est pas si dur que ça* » ; une autre s'avoue « *vexée de ne pas trouver tout de suite, avec toutes les aides qu'il y a !* ».

Certains formalisent explicitement l'importance d'une expérience propre : « f*aire soi-même est différent que de voir faire l'enseignant* ». Au final, les stagiaires sont impliqués à 83% au moins, dans l'activité expérientielle : « *on a joué le jeu, en prenant plaisir à manipuler le matériel* » ou « *on s'est laissé prendre au jeu* ».

VI-3-5-2-3 Une difficulté rééquilibrée par la réussite

Alors que nombreux sont les stagiaires qui évoquent les difficultés que nous venons de mettre à jour pour la première situation des couleurs, nombreux sont aussi, ceux qui y greffent aussitôt une impression de facilité pour comprendre les deux situations qui la suivent, les rotations et les pendules. Ils sont 55% dans les questionnaires écrits à montrer la rapidité avec laquelle ils se sont approprié les situations 2 et 3 après avoir intériorisé la situation 1. Leur soulagement peut se mesurer au travers de leurs mots ou signes : « *pour les couleurs, on a galéré un peu, mais après, ça a été très vite* », ou « *on a tout de suite compris à la deuxième expérience que c'était la même logique* » et « *après ça a été de plus en plus vite* », « *on s'est pris la tête sur les couleurs, c'était long, mais après on a rattrapé tout le monde* ».

Le choix d'élaborer le processus par une tâche difficile

La question pourrait se poser alors de la pertinence à placer cette situation, reconnue la plus difficile, en première position ou pas. En partant d'un ordre inverse, l'entrée dans l'action aurait pu être effectuée plus « en douceur » et les difficultés se seraient présentées progressivement, croissant jusqu'à l'étape finale d'identification des propriétés caractéristiques du concept. Nous avons fait l'hypothèse qu'une déstabilisation était nécessaire pour faire bouger les représentations ancrées au niveau du noyau central. Le choix opéré de démarrer l'activité par la situation la plus difficile,

correspond à nos choix constructivistes : les cadres théoriques que nous avons choisis dans le chapitre I, définissent l'apprentissage comme une dialectique entre des situations de déséquilibre et de réorganisation des connaissances, des phases de rupture et de continuité. Les résultats de cette première activité composée des trois situations expérientielles, valident la pertinence de ce choix en montrant que les difficultés engendrées par la déstabilisation de la première situation, génèrent, en contre partie, une valorisation quasi systématique des stagiaires. Le bénéfice est doublé par le fait qu'à la fin des trois situations, les apprenants se trouvent en position de réussite pour aborder la suite du travail, l'identification des caractéristiques du concept.

VI-3-5-3 Les interactions entre affectif et cognitif

Les processus cognitifs génèrent des affects, qui à leur tour influencent la cognition, cette interaction participe de toutes les activités d'apprentissage. Nous avons dans l'ensemble des résultats de cette expérimentation, une panoplie étendue d'exemples pour illustrer ce postulat. D'autre part, la congruence entre les apprentissages des enseignants en formation et ceux de leurs élèves sourds leur apparaît très clairement. C'est dans le domaine de l'affectif que l'analyse réflexive de leur propre activité les renvoie le plus directement à celui de leurs élèves. Ils l'expriment clairement : « *c'est intéressant de se retrouver à la place des élèves aussi bien au niveau du raisonnement que du ressenti* ».

VI-3-5-3-1 Se mouvoir dans l'incertitude

Nous avons évoqué combien, concernant particulièrement la première situation, son aspect déstabilisant, nouveau, inhabituel, inconnu, incertain, peut engendrer d'insécurité. Cette insécurité elle-même, en retour, donne naissance à des comportements et des réactions différents : blocage, accroche aux connaissances antérieures, rejet total de participer…Ces systèmes de défense à leur tour engendrent des perturbations dans l'activité cognitive. Par exemple, des stagiaires s'avouent « *complètement bloqués par l'action* » ou disent « *je suis complètement nul en maths* ». Nous avons retrouvé ce complexe du mauvais élève chez certains stagiaires et particulièrement chez les enseignants sourds, qui, comme nous l'avons déjà souligné, ont souvent un passé scolaire douloureux.

Dans l'angoisse causée par cette incertitude, une personne a écrit : « *je n'étais préoccupé que d'une chose : il faut que je comprenne le reste importe peu* ». D'autres, dans un désir de tout comprendre, tout de suite, cherchent la formule miracle, celle qui résout tout. D'autres encore, démissionnent, car se sentant « *en état de faiblesse, ça incite à laisser l'autre agir* ».

Eviter de se retrancher derrière l'incertitude

L'incertitude c'est aussi être renvoyé dans la première situation à la nécessité de se décider malgré tout : plusieurs outils proposés impliquent *un choix*, certains peuvent réagir en voulant tout prendre, ou

doivent oser changer de matériel en cours de recherche et en prendre un nouveau, risquant par là de se singulariser par rapport au groupe.

L'incertitude est inhérente à toute activité cognitive complexe. Apprendre fait partie de l'activité de penser mais avec une difficulté particulière : apprendre, c'est accepter de prendre en soi de l'inconnu. Apprendre c'est justement se familiariser avec la peur de l'inconnu et beaucoup d'enfants en difficulté scolaire sont des enfants qui ont envie de savoir mais qui souvent ont peur d'apprendre. « Raisonner c'est aussi être capable de se mouvoir dans l'incertitude sans en devenir paralysé » (Duquesne-Belfais, Brun, Vanbrugghe, Viallefond, 2005, p. 61).

Apprivoiser l'incertitude

Savoir pourquoi l'incertitude est inhérente à l'apprentissage permet non pas de la supprimer mais de la supporter. Pour l'apprivoiser, du côté de l'apprenant, il s'agit de comprendre que l'affect est lié au raisonnement, qu'il est normal, donc susceptible de se répéter. Il est important que l'élève connaisse ces phénomènes pour modifier ses représentations, et ainsi accepter durant la tâche de traverser ces différents états. Cette connaissance lui permet d'être moins exigeant vis-à-vis de lui-même et de moins se culpabiliser de ne « *pas être à la hauteur* ».

Une stimulation inversement proportionnelle à l'incertitude

L'insécurité du départ peut faire place à un autre sentiment au cours de l'exercice, le fait de réussir, de trouver des repères, des ressemblances, de clarifier ce qui est demandé, ramène une certaine sérénité dans le travail. L'enthousiasme du départ peut baisser avec le temps ou face à un matériel plus conventionnel, proche du quotidien, identifié mathématique : « *une fois que j'ai eu compris que c'était la même logique, je me suis lassé* » ou « *la situation des pendules m'a ennuyée : on connaît* ».

VI-3-5-3-2 Prendre en compte la dimension émotionnelle dans les apprentissages

L'importance des observations que nous avons recueillies sur l'influence des facteurs affectifs sur les capacités cognitives ne doivent pas nous conduire à ignorer les données quantitatives : si les échanges ont mis l'accent sur l'inhibition de certains affects (pour 11% des stagiaires), les données quantitatives nous rappellent que 67% d'entre eux puisent leur motivation dans des stimuli positifs (voir annexe 13, p.19).

Un étayage par le plaisir

C'est d'abord le plaisir d'apprendre qui soutient l'activité. Pour cela, il importe que l'apprenant, élève ou enseignant en formation, vive des situations d'apprentissage où il éprouve le sentiment d'être compétent et autonome. Or, les expériences de réussite développent la motivation **:** se sentir penser, c'est quelque chose qui fait du bien, et qui va sécuriser le sujet dans l'investissement de lui-même, dans

son narcissisme psychique. La curiosité peut aider à développer ce plaisir de penser, ainsi que le plaisir de réussir : « *je suis contente d'avoir compris ce que c'était qu'un concept de niveau supérieur en maths* », ou « *je me doute bien que je ne le maîtrise pas mais tout de même je l'ai compris* ». Réussir à comprendre un concept de « *haut vol* », amène une revalorisation « narcissique » qui compense la peur éprouvée antérieurement à douter de ses capacités.

Une sécurisation par le travail à plusieurs

Le binôme et le grand groupe offrent un confort psychologique du fait qu'il évite de « *se retrouver seul face à la difficulté* » ou « *lorsque je ne savais pas, mon voisin était là et je savais qu'il saurait, lui* ». Dès l'instant où le climat relationnel permet respect et confiance, le groupe rassure : « *on s'est bien entendu, ça m'a aidé* », « *je ne savais pas mais je n'étais pas toute seule à ne pas savoir, donc je ne me suis pas affolée* », « *on s'est réparti les tâches : elle manipulait les cartes et moi j'écrivais* » …

Un climat relationnel propice à la confiance

La confiance est un élément qui revient souvent dans le discours des élèves et des adolescents en particulier. Nous avons été surprise de voir à quel point les stagiaires en formation y étaient également sensibles. Par exemple, la garantie de ne pas être évalué est une composante importante, que nous retrouvons également dans le cadre d'analyse de pratiques mis en place dans nos formations. Un stagiaire mauricien a écrit : « *quand on apprend, il ne faut pas évaluer* ». Cette phrase résonne en nous de façon particulière, car du fait des aspects très sélectifs du système scolaire de Maurice, nous mesurons la distance qui existe entre leurs représentations de l'apprentissage et celles des enseignants français.

Certains stagiaires ont apprécié la présence du formateur qui *« reste à côté d'un groupe en difficulté, sans le dévaloriser* », il soutient face aux obstacles. Il faut avoir confiance pour « *accepter d'aller là où on ne sait pas où ça va »*. Nous rapprochons encore cette nécessité d'avoir confiance pour suivre le formateur dans sa démarche pédagogique, sans trop savoir pourquoi, de celle des élèves sourds qui souffrent si souvent du manque d'éléments de compréhension dans un environnement sonore.

VI-3-5-4 Identifier le concept de *groupe* mathématique

Dans toutes les situations de formation où les situations ont été proposées, les propriétés ont toujours été trouvées : ce qui diffère d'une formation à l'autre, c'est le niveau de verbalisation utilisée pour les identifier et les nommer. Par exemple, des enseignants sourds comme des entendants, ont privilégié, dans les tableaux, les aspects visuels des propriétés pour les caractériser : les régularités, les diagonales, les permutations de lettres, symétries … Les personnes ayant des connaissances en mathématiques ont plutôt cherché à retrouver les noms de ces propriétés comme la commutativité ou l'associativité, qui, d'ailleurs, peuvent être embrouillées dans un ensemble de termes qu'ils pensent

relever de situations similaires : transitivité, distributivité etc. L'examen des données quantitatives confirment bien l'impression issue de nos observations : ils sont au moins 89% à avoir au final, découvert les caractéristiques du concept mathématique.

VI-3-5-4-1 Faire des analogies de façon progressive

Une grande majorité signifie avoir découvert progressivement les propriétés caractéristiques, au fil des expériences : 69%. En tant que formateur, c'était notre premier objectif. Les autres disent avoir effectué des analogies dès la deuxième expérience. Une question est de savoir si l'analogie a concerné plutôt la forme des situations, concrétisée par des fiches d'expériences semblables et des tables de composition très proches, plutôt les invariants opératoires des situations et leur activité, ou encore plutôt les propriétés des opérations de composition elles-mêmes induites par l'écriture des calculs sur les fiches. Certaines réponses de stagiaires permettent de mieux cerner comment s'effectué ce passage progressif d'une analogie de surface à une analogie de structure.

Par exemple, en retournant sur leur démarche certains disent : « *j'avais l'impression de faire des exercices répétitifs, mais au fur et à mesure, j'ai vu se dégager des caractéristiques pertinentes* » ou « *avec la pratique la logique est apparue* » ou encore « *au final, le but derrière tout ça était d'observer et de trouver des solutions à travers la logique, sans l'aide des supports* ».

D'autres expriment explicitement l'importance des mises en commun intermédiaires pour étayer la découverte, grâce aux « *reformulations des points remarquables dans les mises en commun à chaque expérience* ».

Une analogie effectuée dans la phase d'institutionnalisation

Pour les 20% de stagiaires qui déclarent avoir eu besoin de la mise en correspondance finale des trois situations pour y repérer des analogies, les difficultés ont été de plusieurs ordres : attache aux supports, mobilisation de connaissances antérieures erronées, ou recherche d'une seule propriété caractéristique pour le concept. Ces facteurs ont joué un rôle de distracteur dans le repérage d'analogies. Ce constat illustre dans un nouvel exemple, les difficultés intrinsèques à l'activité de catégorisation. Dans un premier temps l'apprenant se limite à repérer les différences, alors que dans un deuxième temps, il doit s'en abstraire pour se centrer sur les ressemblances.

VI-3-5-4-2 Des difficultés à s'abstraire des supports

S'abstraire des situations est ici fortement lié aux capacités à s'abstraire des supports. Par exemple, certains expliquent que tant qu'il s'agit de manipuler, ça va, mais pour trouver des liens « logiques », l'intrusion de la première expérience est, là encore, déstabilisante. En effet, trouver une ressemblance entre les « rotations » et les « pendules » semble plus facile : les supports sont circulaires, numériques et les raisonnements arithmétiques modulaires sont familiers à tous, même sans en avoir une

connaissance scientifique. Ce qui pose plus de difficultés c'est d'y rattacher l'expérience des « couleurs ». D'une part, il n'y a plus commutativité de l'opération, mais surtout, le raisonnement porte sur des transformations, ce qui représente une difficulté supérieure à celle de raisonner sur des objets (les compositions de rotations peuvent être traitées comme des opérations sur des secteurs angulaires et les heures comme des positions d'aiguille).

VI-3-5-4-3 Le rôle des connaissances antérieures

Au stade de la recherche des propriétés communes, les compositions des situations présentées évoquent, pour la plupart, le domaine des mathématiques : les opérations arithmétiques, les fonctions, et certaines qui peuvent être de fausses pistes.

De nos observations, ressort que les connaissances de l'apprenant représentent une gêne ou même une contrainte, surtout lorsque les adultes n'ont pas une formation scientifique. Plusieurs stagiaires ont évoqué la nécessité d'« *inhiber les connaissances mathématiques* » pour que la recherche aboutisse. En effet, essayer de retrouver une formule « magique », par exemple, peut inhiber la réflexion et empêcher d'avoir une disponibilité cognitive ouverte à des considérations nouvelles. Nous avons déjà mentionné ce type d'observations à propos de la situation des carrés (voir chapitre V). Des stagiaires nous ont interpellée sur les propriétés de la manière suivante : « *c'est quoi la formule ?* », « *il y a bien une formule pour ça, non ?* », « *il y a une formule, je le sais, je l'ai vue au lycée mais je ne m'en souviens plus »* ou encore « *comment on dit quand c'est bon dans les deux sens ?* »…

Pour d'autres, les connaissances scolaires et mathématiques ont plutôt joué un rôle facilitateur : « *ça sécurise et ça aide la recherche, de pouvoir identifier le domaine de connaissances concerné par la situation* ». Se retrouve ici une façon de limiter l'incertitude liée à l'élaboration de nouvelles connaissances.

VI-3-5-4-4 La nominalisation du concept de *groupe*

C'est l'étape la plus difficile de la première partie du scénario : la plus difficile pour le formateur et la plus difficile pour l'enseignant-stagiaire. Nous avons eu l'occasion de souligner que la représentation des connaissances mathématiques requiert l'utilisation d'un langage structuré et rigoureux. La formalisation des propriétés du concept engage souvent les stagiaires à faire appel à un vocabulaire spécifique ou à une écriture symbolique. C'est alors l'étape de l'activité qui fait émerger le plus de « blocages ». Il suffit que des mots « ésotériques » soient prononcés ou écrits au tableau, pour que remontent chez certains, des souvenirs douloureux de l'école, (comme chez les enseignants sourds avec qui nous avons opéré) ou des réminiscences négatives de cours de maths. Des réactions affolées apparaissent, proches de l'allergie : « *là, je ne comprends plus rien* » ou « *tant qu'on a parlé des boîtes et des pendules, j'ai suivi, mais après ça été le blocage* ». En bilan, beaucoup ont signalé leurs seules difficultés à cette étape. Par contre, nous ne négligeons pas d'autres réactions plus gratifiantes pour le

formateur comme : « *je suis vraiment contente, car j'ai appris un concept difficile sans que ça me paraisse difficile* ».

VI-3-5-4-5 La généralisation du concept de *groupe* à d'autres situations

Nos données concernant cette étape révèlent plus particulièrement la question du sens et de la portée « pratique » d'un concept abstrait. La difficulté à penser l'utilisation concrète d'un concept et son application dans la vie quotidienne est confirmée par la perplexité des stagiaires quant à l'utilité d'un tel concept dans leur vie quotidienne : les exemples donnés suffisent-ils à les convaincre ou restent-ils des mystères auxquels ils pensent n'avoir jamais accès ? Nos données induisent que, pratiquement tous ont établi un rapprochement avec les opérations numériques. De même, leur capacités à produire des exemples et des contre exemples d'ensembles de nombres possédant la structure de groupe ou non, laissent à penser qu'ils ont également compris le domaine de validité de ce concept, ses frontières, en quelque sorte. Cependant cette proximité avec des notions mathématiques plus scolaires n'ajoute que peu de signification « tangible » de la notion.

Conclusion intermédiaire

Le processus de conceptualisation d'un *groupe* mathématique a été vécu et bien identifié par une grande majorité de stagiaires. C'est le premier niveau de conceptualisation que visait la mise en place de ce scénario par la mise en situations expérientielles des apprenants formateurs. Les aspects déstabilisant des supports, de la mise en activité et des attentes du formateur ont été compensés par des comportements cognitifs soutenus par le plaisir de vivre une vraie recherche, de « faire des mathématiques en s'amusant », de travailler à plusieurs, de réussir et qui plus est, de réussir là où c'est « difficile ». Il nous semble toutefois incontournable de souligner les limites des propriétés didactiques de cette situation : si le concept de groupe a permis de valider notre hypothèse de recherche selon laquelle une situation devait présenter des caractères suffisamment déstabilisants pour créer une transformation des représentations, il ne représente pas un choix pertinent un niveau didactique. Force est de constater que sa présentation hors contextes, hors champ conceptuel, sans qu'il soit introduit comme une réponse à une question, ne permet pas de constituer une situation de formation propre à inviter les enseignants à concevoir les concepts comme des outils pour traiter des situations.

Ce premier constat relatif à la conceptualisation d'une notion mathématique effectué, qu'en est-il de celui relatif à la conceptualisation d'une démarche ? Comment une démarche vécue en tant qu'apprenant peut-elle être caractérisée de façon suffisamment explicite en tant qu'enseignant ? Comment cette conceptualisation en double piste peut-elle permettre de devenir pour les enseignants un objet de savoir transférable dans une situation professionnelle ?

VI-4 L’analyse réflexive pour conceptualiser la démarche

Nous rappelons que la poursuite du scénario s’effectue par une troisième activité de mise à distance des stagiaires par rapport aux activités qu’ils viennent de mener, dans le but de caractériser les propriétés d’un cadre pédagogique qui favorise la conceptualisation en mathématiques adapté aux élèves sourds. Nous faisons l’hypothèse que c’est grâce à l’analyse réflexive des situations qu’ils ont vécues, que les principales étapes de la démarche employée par le formateur pour les conduire à conceptualiser eux-mêmes un concept mathématique, pourraient être identifiées. Ils sont donc amenés dans cette phase du scénario, à se positionner en enseignant pour analyser une activité qu’ils ont vécue en tant qu’apprenant. Les deux modalités de recueil de données que nous avons mises en place sont les mêmes que dans l’expérimentation précédente : le questionnaire avec des questions centrées sur le réinvestissement professionnel (voir annexe 12, p.18) et les remarques orales et notes consignées lors du débat réflexif qui s’est appuyé sur le questionnaire. Les résultats quantitatifs sont synthétisés dans le tableau 7 ci-dessous (voir annexe 14, p.20).

		Enseignants du 1e degré (31)	Enseignants du 2e degré (31)	Participants à l'atelier du colloque (23)	Enseignants Mauriciens (15)	Total (100)
Intérêts de se retrouver dans une situation d'apprenant pour mieux transférer		5	5	5		15
Intérêts de faire expérimenter les élèves sourds		9	7	8	2	26
Intérêts de la diversité des situations pour un même concept		6	5	4		15
Intérêts des supports ludiques		3	6	1		10
Intérêts du travail de groupes pour les élèves sourds		8	7	5	12	32
Possibilités d'extension de la démarche à toutes les disciplines	oui	9	8	1		18
	non	1		1		2
	la question se pose	9	6	1		16
Représentations résistantes	Non compréhension	1	1	4	2	8
	Rejet		4			4
	Aucun intérêt	1				1
	Contre sens		3			3

Tableau 7 : Résultats relatifs à la conceptualisation de la démarche

Ce qui ressort majoritairement, à la fois du dépouillement des questionnaires et de nos notes sur les échanges post expérimentation, concorde avec les principes théoriques auxquels nous nous sommes référée et qui sous-tendent nos hypothèses d'action. L'intérêt de travailler en groupes pour les élèves sourds (32%) et celui de conduire les élèves sourds à s'engager dans un processus de conceptualisation à partir de situations expérientielles (26%) recueillent la plus forte proportion des stagiaires qui répondent aux questionnaires. Cependant, notre objectif de formation n'est pas d'en rester à ce premier

niveau de prise de conscience, et celui qui anime notre recherche est de comprendre dans quelles conditions cette prise de conscience devient suffisamment explicite pour que les enseignants en formation puissent produire des connaissances pédagogiques générales et transférables à d'autres situations.

VI-4-1 Une prise de conscience plus ou moins explicite des besoins des élèves sourds

L'analyse de la situation d'expérimentation cherche à évaluer l'évolution des représentations des enseignants relativement à leur compréhension des besoins des élèves sourds pour conceptualiser en mathématiques.

VI-4-1-1 Pour permettre aux élèves sourds de questionner une situation

Le rôle de l'activité dans la conceptualisation est identifié explicitement comme facteur substantiel dans l'émergence des propriétés, des différences et ressemblances entre les objets ; la consigne et ce qui est de l'ordre du discours ont été vécus comme peu efficaces en comparaison de l'activité propre, de l'expérience et de la manipulation. L'importance de l'action et de supports matériels et/ou visuels pour soutenir les raisonnements des élèves sourds, est explicitement identifiée et argumentée par une partie des stagiaires lors des échanges post expérimentation.

Nous notons toutefois, une propension de la part des stagiaires à assimiler la présentation « concrète » des situations à leur fonction expérientielle. L'aspect concret est entendu comme familier, extrait de la vie quotidienne ou ludique, alors que l'aspect expérientiel renvoie à la possibilité pour l'apprenant, d'agir sur des objets et d'en tirer des renseignements pour élargir ses connaissances. L'éventualité d'un étayage de l'apprentissage par un matériel ne préfigure pas nécessairement l'aspect expérientiel de la situation, de même qu'une situation peut être expérientielle sans être familière, si l'apprenant est invité à effectuer des essais, des erreurs, à se poser des questions à propos d'hypothèses : ces activités peuvent se pratiquer sur des objets réels ou pas, comme les nombres ou les figures géométriques, par exemple. Il y a donc dans ce domaine, des conceptions qui gagneraient à évoluer encore et d'autres hypothèses de recherche à élaborer.

VI-4-1-2 Pour proposer des situations diversifiées

La nécessaire diversité de situations à proposer aux élèves pour qu'ils puissent s'engager dans un processus de conceptualisation, est un élément de formalisation qui est entièrement revenu à la charge du formateur : peu de stagiaires en prennent conscience de façon spontanée. Cette remarque nous questionne quant à la compréhension du cadre pédagogique proposé, puisque dans ses fondements, la démarche est basée sur la comparaison et la recherche d'analogies : comment effectuer une comparaison s'il n'existe pas au moins deux éléments ? Nous verrons dans la suite de ce scénario, que

d'autres hypothèses d'actions ont permis de concevoir d'autres situations pour inciter les stagiaires à questionner à nouveau cette caractéristique.

VI-4-1-3 Pour mettre en place de vrais groupes d'apprentissage pour les élèves sourds

C'est la caractéristique de la démarche pédagogique qui a été la mieux reconnue par les stagiaires. Pour environ un tiers de ceux qui se sont exprimés à l'écrit, mais de façon plus nette dans les échanges oraux, l'intérêt pour les élèves sourds de pouvoir échanger entre eux a été ressenti « *de l'intérieur* » à l'occasion de cette activité. Selon leur témoignage, les situations leur ont permis de vivre ce que l'enfant vivait au quotidien, comme pour se rappeler « *qui nous étions quand nous étions enfants et qui nous sommes quand nous redevenons élèves* ». Ils ont vécu avec plaisir, l'interactivité des situations et l'apport des échanges explicitant au niveau de la formalisation ; ils infèrent de cette mise en congruence avec leurs élèves un principe pédagogique explicite.

Par exemple, la prise de conscience la plus frappante à nos yeux, est celle des enseignants de l'île Maurice : 80% d'entre eux mettent en avant ce choix pédagogique comme essentiel pour les élèves sourds. Nous analysons ce constat en le mettant en parallèle avec ce que nous avons appris de la culture professionnelle éducative de ce pays. Les enseignants sont dans un système où l'enseignement est totalement assimilé à la transmission. En ce qui concerne les élèves sourds en particulier, ceux que nous avons vus dans les classes sont entraînés à répéter les phrases lues au tableau par l'enseignant qui les indique avec son « bâton de maître d'école ». L'objectif premier visé est alors de leur apprendre à oraliser correctement plus qu'à développer des apprentissages. De plus, les conditions dans lesquelles les enseignants opèrent ne leur laissent guère le choix de favoriser l'activité de leurs élèves sourds ni de développer les capacités d'échanges et d'argumentation de ces derniers.

VI-4-1-4 Pour concevoir la transférabilité de la démarche

Nombre d'enseignants-stagiaires ne se posent pas la question de la transférabiblité de la démarche inductive à d'autres disciplines (67%). Mais ils sont environ autant à s'interroger sur la transférabilité de ces principes pédagogiques (16%) que ceux qui pensent ce transfert aller de soi (18%). Les réticences sont teintées d'ambiguïtés : d'un côté, certains stagiaires, ayant largement participé dans les situations expérientielles, se sentent « obligés » de reconnaître leur aspect stimulant, et de l'autre, ils tentent de justifier l'impossibilité d'une telle mise en œuvre dans leur classe au regard de deux arguments principaux : la discipline qui ne s'y prête pas ou le temps requis trop long pour que la démarche soit pertinente. Nous avons relevé des manifestations du type : « *c'est possible en maths mais dans d'autres disciplines ce n'est pas possible* », ou bien « *ça prend trop de temps et on n'aura pas le temps de finir nos programmes* » et ce, plus particulièrement dans le second degré. La lourdeur des programmes ou la difficulté de transposer la démarche dans une autre discipline, se traduit au final par un constat d'impuissance et de frustration chez les enseignants qui paraissent avoir pris conscience

de certains besoins des élèves sourds. En tant que formateur nous avons à cœur de répondre à cette attente et l'hypothèse que nous faisons quant à la pertinence d'une formation professionnalisante, au fur et à mesure de l'avancée de la recherche, se centre sur l'importance et la nécessité d'un accompagnement en situation réelle, renforçant la prise de conscience au centre de formation.

Au final, parmi ceux qui ont pris conscience, de façon relativement isolée, de certaines des propriétés caractérisant une démarche appropriée à favoriser le développement de concepts mathématiques chez les élèves sourds, seuls quelques uns ont réussi à rassembler ces propriétés dans une formalisation globale du concept de « démarche pédagogique adaptée ». La complexité de la prise en compte de l'ensemble de ces facteurs et contraintes explique pour une part ce constat réservé par rapport aux effets attendus de l'activité 3.

VI-4-2 Des représentations résistantes

Les stagiaires dont les représentations sont faiblement ébranlées, voire pas du tout, ne représentent pas un nombre négligeable : 16% des stagiaires qui ont répondu au questionnaire. Il faut compter dans leurs rangs, ceux à qui la démarche a complètement échappé parce que la tâche n'a eu aucun sens pour eux, ceux qui n'ont pas réussi à comprendre l'intention du formateur ou l'ont rejeté d'emblée, enfin ceux pour qui l'activité a semblé sans intérêt. Nous observons que le taux de résistance est nettement plus élevé que dans le scénario précédent. En conséquence, cette remarque nous amène à questionner certains facteurs qui pourraient jouer un rôle déterminant et que le dispositif de formation ne nous a pas permis de maîtriser : la durée et le temps par exemple, nécessairement longs pour qu'un processus de conceptualisation soit engagé de façon pertinente. La présentation du concept en dehors d'une situation fonctionnelle dans laquelle ce concept aurait été introduit comme un outil avantageux pour la résoudre ajoute encore à la difficulté de compréhension du sens de son action. Cependant, dans ce scénario, pour les besoins de la recherche, dont une des hypothèses première concerne l'importance de la déstabilisation, si nous avions voulu satisfaire des exigences didactiques relatives à la construction de concepts mathématiques par les situations, nous aurions perdu au niveau de la variable « déstabilisation ».

De même, des conditions de formation ponctuelle comme celles de notre intervention à Maurice ou celles d'un atelier lors d'un colloque, ne permettent pas de prendre en compte une autre variable de poids, l'adaptation de la tâche à l'état des conceptions initiales dans une zone proximale de développement des personnes en formation : aussi bien au niveau de leurs connaissances en mathématiques que de leurs représentations de l'enseignement-apprentissage aux élèves sourds.

VI-4-2-1 La non prise en compte de la zone de proche développement des stagiaires

Le nombre conséquent de personnes qui expliquent avoir pâti d'une incompréhension de la finalité de l'activité, alors que les objectifs pédagogiques auraient dû les mobiliser professionnellement, nous

amène à conclure que le sens de l'activité, aussi sur ce plan, est encore plus important que nous ne l'avions estimé. Si les stagiaires ont adhéré pour un grand nombre aux situations expérientielles, motivés alors de façon personnelle, pour un nombre non négligeable d'entre eux, l'activité n'a revêtu aucune signification au niveau de leur projet professionnel : elle se situait sans doute trop loin de leurs préoccupations, de leur zone de proche développement. L'impossibilité, dans le dispositif initial, d'établir un état des lieux de leurs conceptions initiales pour y ajuster la tâche, révèle ici les limites de cette partie de la mise en scène. Nous nous appuyons sur deux exemples pour illustrer le questionnement relatif à la prise en compte des conceptions des stagiaires au niveau des compétences en mathématiques et à celui des compétences professionnelles.

VI-4-2-1-1 L'ajustement des activités aux conceptions mathématiques des stagiaires

Cette difficulté à prendre en compte la zone proche de développement des stagiaires au niveau des compétences mathématiques peut être illustrée par la situation des adultes sourds avec qui nous avons travaillé. La situation particulière de ces personnes vient en grande partie d'une scolarisation qui, à l'époque, a ignoré leurs besoins. Cette scolarisation inadaptée a développé chez eux une angoisse particulière face au français écrit et un grand sentiment d'échec qui a altéré leur estime de soi pour tout ce qui touche aux apprentissages de type scolaire. Cette analyse permet de comprendre que la situation proposée était trop distante de l'état de leurs connaissances en mathématiques. Leur réaction montre clairement qu'une situation moins déstabilisante aurait été plus pertinente pour eux. Alors qu'ils ont effectué toutes les expériences avec succès, qu'ils ont effectué des analogies entre les situations, ils ressortent de la séance en ayant l'impression de n'avoir « *rien compris* ». Les ateliers ayant mixé stagiaires sourds et entendants, les termes spécifiques mathématiques qui ont été prononcés dans la phase de formalisation ont complètement « paniqué » ceux qui ignoraient totalement la signification de ces notions.

Face à ce qu'ils croient être un échec, ils analysent leur déstabilisation comme provenant du fait qu'ils ne savaient pas de quoi il était question ; ils ont raison, mais leur analyse ne les conduit pas jusqu'au point de réaliser que cette inconnue fait partie de la situation d'apprentissage. Ils ont réclamé une démarche qui leur aurait donné la définition du concept avant qu'ils entreprennent la résolution de tous les exercices, pensant par là qu'ils auraient mieux réussi : cette demande représente une conclusion totalement inverse de ce que la situation de formation vise. Nous avons retrouvé ce même contresens chez certains stagiaires entendants, particulièrement dans le second degré. Cet obstacle nous fait comprendre à quel point l'équilibre est difficile à tenir entre une déstabilisation nécessaire et une confiance suffisante pour supporter ce déséquilibre. Si le concept mis en situation avait été plus facile à identifier, la réussite aurait permis à ces stagiaires de surmonter leurs difficultés nées de cette incertitude comme nous l'avons analysé précédemment pour d'autres stagiaires.

VI-4-2-1-2 L'ajustement des activités aux conceptions de l'enseigner/apprendre des stagiaires

De même, en ce qui concerne notre difficulté à prendre en compte la zone de proche développement des enseignants en formation, au niveau du développement des leurs compétences professionnelles, nous pensons à l'exemple des enseignants Mauriciens comme élément loupe du phénomène. Ces enseignants de l'Ile Maurice scolarisent des enfants sourds dans des classes spécialisées. Nous devons tout d'abord examiner le facteur linguistique qui pourrait intervenir pour une part dans les difficultés que nous avons repérées. La langue officielle du pays est l'anglais, c'est donc aussi la langue dans laquelle les évaluations scolaires sont effectuées et de ce fait, officiellement c'est en anglais que les matières sont enseignées. Pratiquement, le français est couramment utilisé et parlé, comme un reste de résistance face à la colonisation anglaise. Mais, non moins pratiquement, la langue maternelle de presque toute la population est encore autre : majoritairement c'est le créole qui est le plus important alors que certaines communautés étrangères importantes peuvent aussi pratiquer une langue de leur pays d'origine, comme l'Inde par exemple, où les modes de communication diffèrent suivant les régions. Cette situation linguistique complexe a été un facteur déterminant dans la situation de référence du scénario 1 mais dans celle du scénario 2, elle n'est intervenue qu'au niveau de la formalisation des propriétés et à celui du rendu de l'explicitation (lisibilité des réponses au questionnaire).

Le facteur qui nous semble le plus décisif a trait au niveau des conceptions de l'enseignement/apprentissage de ces enseignants. Le système éducatif de Maurice est basé sur la transmission et l'accumulation de « savoirs académiques », des paliers d'un niveau scolaire à un autre marqués par des évaluations sélectives, et au final une gestion de la classe qui peut difficilement tenir compte des différences entre les individus de par le nombre élevé d'élèves dans les classes. Sans émettre de jugement, l'organisation de ce système étant intimement lié à l'histoire du pays, nous sommes amenée à replacer le contexte de scolarisation des élèves sourds au sein même de ce système. Par exemple, les enfants sourds qui ne maîtrisent aucune langue orale, se trouvent en grandes difficultés scolaires ; cet obstacle est clairement révélé par le faut qu'aucun élève sourd n'accède à l'enseignement du second degré. L'inscription de la langue des signes mauricienne comme langue à part entière dans la constitution du pays a été effectuée depuis très peu de temps et représente certainement un espoir pour permettre un accès plus grand de ces élèves aux savoirs « académiques ».

Au final, cette description a pour objet de permettre d'imaginer combien les principes et références pédagogiques diffèrent par rapport aux conceptions françaises. La situation déclenchante de ce scénario ne prend pas suffisamment en compte ces différences culturelles pour pouvoir montrer une pertinence relativement à la transformation des conceptions pédagogiques des formés. Si la conceptualisation de la démarche pédagogique n'a pas complètement atteint la production d'un objet

de savoir explicite, néanmoins, l'analyse réflexive et le bilan ont fait émerger une prise de conscience notable concernant les bénéfices de rendre les élèves plus actifs et de leur permettre de travailler à plusieurs.

VI-4-2-2 Conceptualiser, un processus sur le long terme

Les difficultés des stagiaires de façon générale à extraire les caractéristiques de la démarche pédagogique vécue, peuvent aussi être interprétées en fonction des contraintes d'ordre temporel. Le dispositif impose un temps limité et réduit consacré à la construction des postures professionnelles alors qu'une prise de conscience, une évolution des représentations, et une réelle conceptualisation de ces gestes, exigent un temps beaucoup plus long, qui ne peut être « ramassé » en une ou deux séances de formation en centre. Nous retrouvons des réflexions que nous avons élaborées dans le chapitre III concernant les apprentissages mathématiques. Il est congruent qu'il en soit de même pour le développement des compétences professionnelles. L'introduction en Europe et en France de nouveaux concepts comme « La formation tout au long de la vie » ou « la validation des acquis de l'expérience », au-delà des slogans réinterroge les conceptions et les usages de la formation professionnelle en les envisageant dans une temporalité étendue et discontinue. Comme le souligne P. Roquet, l'alternance est plus qu'un va-et-vient entre un univers éducatif et un univers expérientiel, « elle engage l'individu à construire un espace-temps autour de ses modalités d'apprentissage » (Roquet, 2004). L'alternance peut dès lors s'apparenter à un lent travail de construction qui répond à une conception intégrative de la formation, nécessairement lié à un projet individuel (Boutinet, 2004, p. 173).

Au final, nous résumons comme suit les points essentiels qui ressortent de notre analyse des difficultés de conceptualisation relativement à l'identification des caractéristiques de la démarche proposée :

- une émergence de certains principes « phares » liés au vécu des stagiaires en situation congruente avec leurs élèves : le rôle de l'activité, la place des supports, les bénéfices des interactions, l'importance des facteurs psychoaffectifs ;

- un premier niveau de prise de conscience pour certains, de chacune de ces caractéristiques qui constituent le concept de « démarche appropriée pour favoriser l'élaboration de concepts mathématiques chez des élèves sourds » ;

- une difficulté générale à considérer l'ensemble des caractéristiques de la démarche dans une formalisation qui prenne en compte la globalité de ses propriétés.

Conclusion intermédiaire relative aux processus de conceptualisation amorcés par les situations expérientielles

Pour conclure à propos des activités 2 et 3 du scénario ayant pour objet la conceptualisation, la première relative à la construction du concept mathématique de *groupe*, la deuxième concernant l'identification des caractéristiques d'une démarche favorisant l'élaboration de concepts mathématiques chez les élèves sourds, la comparaison des effets attendus de ces deux activités fait apparaître une différence de **degré dans le niveau d'élaboration**. L'analyse des données concernant la prise de conscience des processus mis en œuvre dans l'un et l'autre cas, révèle que la conceptualisation des propriétés du concept mathématique a atteint un niveau de formalisation plus élevé que celle des principes directeurs de la démarche pédagogique adaptée.

Peut-être retrouvons-nous là, une illustration de la plus grande difficulté qui existe à conceptualiser des objets, même abstraits (comme le groupe mathématique), même hors situation lui donnant sens, plutôt qu'une démarche, en l'occurrence ici, une stratégie pédagogique identifiée par tout un ensemble de conditions qui déterminent autant de conduites d'action.

En outre, si pour une partie des enseignants en formation, la mise en situation de congruence avec des conditions favorables aux élèves sourds permet une prise de conscience explicite, elle n'influe pas de façon significative sur les représentations des autres, soit parce que ces dernières restent implicites, soit parce que les stagiaires ne jugent pas nécessaire de le signaler. Ils déduisent de la congruence qu'ils ont vécue avec les conditions que vivent leurs élèves, que c'est intéressant d'être un apprenant actif, que c'est plus efficace d'apprendre à plusieurs, mais ils n'aboutissent pas à la caractérisation de l'objet de savoir visé, à savoir la conceptualisation du cadre pédagogique ; **la prise de conscience n'est pas suffisamment élaborée pour être transformée en objet de savoir.**

Nous en tirons une première conséquence par rapport à nos hypothèses de recherche initiales : la congruence dans ce cas, ne fonctionne que partiellement. Pour améliorer son efficacité, nous raisonnons encore une fois en double piste. La mise en activité des stagiaires en situation de congruence avec des apprenants en mathématiques et sourds, permet de mettre en évidence un certain niveau de conceptualisation. Cette même mise en activité étayée par une analyse réflexive, ne suffit pas à renvoyer des résultats du même ordre concernant la conceptualisation d'une démarche pédagogique adaptée. Nous en déduisons une nouvelle hypothèse que nous discuterons dans les paragraphes suivants : une mise en activité des stagiaires, en situation congruente avec celle d'un enseignant de mathématiques pour des élèves sourds, permettrait-elle de les amener à élaborer plus précisément le concept de démarche pédagogique adaptée ? Il s'agit alors de les placer en situation de concevoir une démarche pédagogique adaptée aux particularités d'apprentissage des élèves sourds.

VI-5 La transposition de la démarche pour mettre en scène un autre concept

Nous rappelons que la suite du scénario s'est effectuée avec les enseignants du premier et second degré de notre population de stagiaires.

VI-5-1 L'organisation des tâches et des rôles de chacun

Ces derniers sont invités à se mettre par groupes en fonction de leurs intérêts et connaissances soit en mathématiques, soit en direction d'un public particulier (maternelle, primaire, collège, lycée…). Le formateur est disponible en tant que ressource si besoin est ; son rôle premier ici a consisté à recueillir des observations sur chacun des groupes de stagiaires.

Modalités de travail proposées

La première tâche dévolue aux stagiaires consiste à choisir un concept mathématique et la deuxième, celle d'imaginer une mise en scène pédagogique pour un public sourd d'un niveau scolaire prédéfini. Les contraintes sont que ce scénario présente les caractéristiques extraites des activités précédentes.

Pour les inciter à penser l'aspect expérientiel du scénario imaginé, il leur a été demandé de présenter le résultat de leur réflexion au grand groupe en mettant leurs collègues du centre de formation, en situation d'apprenants, dans des conditions similaires à celles d'élèves sourds.

La séance de choix du concept mathématique et de choix des principes des activités, se déroule au centre de formation : le formateur est alors une ressource, tout comme le centre de documentation, pour affiner la connaissance des concepts et celle des programmes. Pour ouvrir sur une formation non restreinte à une forme présentielle et ne pas réduire la réflexion à la situation au centre de formation, les stagiaires sont encouragés à échanger ensuite par courrier électronique leurs tâtonnements successifs pour élaborer leur ingénierie pédagogique en dehors du temps de cours. Une courte séance de cours est proposée pour que chaque groupe puisse effectuer les derniers ajustements avant la présentation/mise en situation au grand groupe.

VI-5-2 Le choix des concepts effectué par les stagiaires

Les enseignants du premier degré dans l'ASH sont amenés à intervenir aussi bien auprès d'enfants de maternelle, d'écoliers ou de collégiens (et même quelquefois de lycéens). Ils professent en UPI ou « soutiennent » en suivi individuel la scolarisation des élèves à besoins spécifiques. De ce fait, certains thèmes liés aux programmes du second degré ont été abordés par des enseignants en formation dans le premier degré. De nombreux thèmes ont suscité une motivation suffisante de la part des stagiaires pour en conclure d'ores et déjà qu'un besoin de « mise au point » des concepts mathématiques leur a été nécessaire.

Les différents groupes ont adapté ces thèmes de recherche à des niveaux de scolarisation divers, tous en direction d'élèves sourds. Voici des exemples de champs conceptuels choisis par les groupes de stagiaires : la proportionnalité, l'addition, les nombres entiers relatifs, la division, la multiplication, la soustraction, les nombres décimaux, les angles, les vecteurs, surface/aire.

Nous choisissons de présenter le questionnement induit de l'analyse de cette première phase, avant d'interroger la nature des obstacles rencontrés par les stagiaires pour imaginer les adaptations pédagogiques favorables aux élèves sourds.

VI-5-2-1 Une première étape : caractériser le concept au sein d'un champ conceptuel

Ce qui apparaît le plus prégnant à travers nos observations sont les difficultés que les stagiaires éprouvent à définir les propriétés du concept. Que ce soit des enseignants du premier ou second degré, enseignant les mathématiques ou une discipline scientifique (comme certains enseignants de lycées professionnels), délimiter les contours du concept concerné dans un champ conceptuel plus large, les met en grande difficulté. Les échanges commencent souvent par de vrais désaccords entre eux sur les éléments du concept à garder comme caractéristiques.

VI-5-2-1-1 Expliciter les propriétés caractéristiques du concept choisi

Sur le thème des **nombres relatifs**, les enseignants CAPA-SH du premier degré se sont posés des questions comme : « *c'est quoi un nombre relatif ?* » ou « *ça représente quoi ? Une mesure de quoi ?* ». Ces questions renvoient effectivement aux fondements mêmes des connaissances mathématiques concernées. Les stagiaires sont tout à fait capables d'appliquer les règles de calcul entre nombres relatifs mais butent sur la compréhension de ces règles.

Sur le thème **des vecteurs**, ce sont des enseignants du second degré qui se heurtent à la difficulté de savoir quelles composantes essentielles extraire pour qu'un élève de seconde puisse en prendre conscience aussi bien dans les activités de maths que de physique. Ce n'est pas tant que ces enseignants ne connaissent pas ces propriétés, mais plutôt qu'ils ne sont pas capables de les exprimer spontanément, clairement, simplement, sans les formaliser dans un langage « savant ». Au final, les difficultés sont de répondre aux questions « *à quoi ça sert ?* » ou « *pourquoi faire ?* ».

L'exemple des **notions de surface et d'aire** interroge également des enseignants du premier degré du fait que certains n'ont pas pris réellement conscience qu'eux-mêmes confondaient les grandeurs et les mesures. Comment faire alors pour que des élèves comprennent les fameuses « conversions », si leur vigilance n'est pas attirée sur le paradoxe apparent de grandeurs identiques à qui sont attribués des nombres différents ?

Enfin, un exemple regroupe tous les enseignants, du premier comme du second degré, en maths comme en sciences, **la proportionnalité**. Cet exemple regroupe aussi toutes les difficultés. La

formulation explicite de son enjeu principal, à savoir comparer des rapports de mesures au lieu des mesures elles-mêmes constitue une première étape, nécessaire même si elle est insuffisante.

En résumé, cette étape qui semble incontournable a révélé bien des difficultés inattendues. Si les enseignants « savent faire » ils ne savent pas nécessairement pourquoi ce savoir faire-là existe et pourquoi il est mobilisé dans telle situation ou telle autre. Les stagiaires face à la situation de choisir un concept pour le mettre en scène reconnaissent leurs difficultés à « *se mettre à la portée de personnes non expertes* ». Au bout du compte, ils avouent expliquer la plupart du temps « *comment il faut faire* » et multiplier les exercices d'entraînement, mais ne savent pas comment rendre accessibles les raisons d'existence de ces savoir-faire. Dans le premier degré, l'utilisation permanente et systématique des fichiers n'encourage pas ce type de questionnement et il en est de même dans le second degré avec l'emploi des manuels. Ce mode d'utilisation des documents d'accompagnement ne peut pas être transposé lorsqu'il est question d'enseignement à des publics à besoins spécifiques.

Ces conceptions sont basées sur un enseignement uniformisé en direction des élèves, considérés malgré les évidences, comme un public homogène ; ce qui entre en contradiction avec le **concept d'enseignement adapté** c'est-à-dire un enseignement pensé et conçu pour que chaque élève puisse progresser selon ses besoins, ses difficultés ou ses compétences propres. Ce constat a renforcé ceux qui ont été rapportés dans le chapitre I, à savoir l'importance des besoins qu'ont les enseignants pour prendre en compte la diversité des publics qu'ils sont amenés de plus en plus à accompagner dans leurs apprentissages (rapport de l' IGEN).

VI-5-2-1-2 Identifier le niveau de conceptualisation attendu

Autour du questionnement instauré pour déterminer les caractéristiques du concept retenues, d'autres questions se greffent : « *quel niveau de conceptualisation doit-on viser ?* » ou « *quel est le niveau de maîtrise du concept qu'on cherche à obtenir* ? ». Ces interrogations expriment des difficultés à mettre en correspondance des connaissances intégrées dans des systèmes de savoirs scientifiques organisés aux différents niveaux de développement des compétences des élèves : nous retrouvons les fonctions de la transposition didactique. Les enseignants qui envisagent leur métier devant un public « traditionnel » n'ont pas nécessairement besoin d'opérer eux-mêmes cette transposition : les concepteurs des programmes et les auteurs de manuels le font de telle sorte qu'ils peuvent s'en remettre à eux de confiance. Lorsque les enseignants accueillent des enfants en difficultés ou en situation de handicap, cette transposition ne suffit pas à rendre tous les savoirs accessibles à tous les élèves.

VI-5-2-2 Une deuxième étape : la mise en situation expérientielle du concept

Une fois un consensus trouvé dans le groupe sur le concept mathématique qui va être mis en scène, une fois le niveau des caractéristiques du concept délimité, il reste aux stagiaires à envisager des

activités, de forme expérientielle, avec des questions que ce concept permet de résoudre plus efficacement, plus rapidement ou plus économiquement, qu'avec d'autres outils mathématiques. Nous avons observé plusieurs groupes dans lesquels, une autre conception obstacle peut surgir : les activités sont assimilées à des exercices répétitifs d'entraînement. Les interactions entre les stagiaires participent de la prise de conscience collective : les activités ne prennent pas place après l'identification du concept mais avant, elles ne visent pas à entraîner des savoir faire, mais à découvrir les propriétés, si les exercices sont trop répétitifs, les différences ne sont pas suffisamment importantes pour que la recherche de ressemblance produise de la connaissance.

Concevoir la nécessité de diversifier les situations

Pour permettre cette découverte, une mise en relation de la diversité est une première étape afin d'en exhiber des ressemblances, des propriétés ou des procédures invariantes. Nous réalisons à travers nos observations, que la diversité est mal déclinée. L'intervention du formateur permet d'illustrer sur l'exemple choisi par les stagiaires, différentes natures de la diversité : les tâches, les supports, les contextes des activités, les aides, les variables didactiques telles que le temps imparti, la taille des nombres, le nombre de questions etc. Mais aussi, car c'est la difficulté principale que nous avons relevée, recourir à différents champs ou domaines pour contextualiser le concept concerné : par exemple, en ce qui concerne le concept de proportionnalité, des situations de comparaison de proportion peuvent être illustrées dans des domaines comme la vie quotidienne, les sciences de la vie, la géographie, l'histoire etc. C'est la variété de ces champs d'application qui confère une signification à la notion : les activités sont l'occasion pour un élève sourd de découvrir d'une part le monde, d'autre part que les mathématiques sont utiles pour mieux le connaître.

Par exemple, la notion de vecteur a été expérimentée dans une première situation qui met en situation le corps de l'élève : des mouvements gymniques à reproduire à l'aide d'un schéma indiquant les appuis ; puis avec une situation qui fait interagir des objets entre eux, se poussant et se repoussant ; enfin, un exemple a été extrait d'une bande dessinée pour que les apprenants réalisent la différence entre l'attraction terrestre et l'attraction lunaire, tout en pouvant les comparer l'une à l'autre.

Cette prise de conscience, de la possibilité de diversifier les situations d'apprentissage est encore plus importante avec des enfants en situation de handicap car la nécessité de différencier les approches y est encore plus saillante : la prise de conscience s'effectue ici, en situation, non pas vraiment réelle, mais fictive.

Concevoir la nécessité du long terme pour le processus de conceptualisation

Une autre conception à battre en brèche concerne le temps nécessaire à la conceptualisation. Comme nous l'avons déjà signalé, les enseignants en formation ont tendance à penser que le processus doit aboutir au bout de quelques séances. Cette mise en situation d'envisager une séance adressée à des

élèves fait ressurgir ce type de représentations solidement ancrées. Certains expriment leur désir « *d'avancer dans le programme* » : ce qui est « fait » ou « vu » est considéré comme acquis, sans prise en compte que tout apprentissage d'un concept « voisin » déstabilisera de façon « normale » les acquis antérieurs et donc temporaires. Les interactions à l'intérieur d'un petit groupe permettent à chacun de s'exprimer plus en confiance et d'argumenter avec des exemples précis, pris dans la zone de proche développement commune aux participants des petits groupes.

VI-5-2-3 La présentation/mise en situation au grand groupe

La phase de mise en activité des collègues pour « tester » les activités imaginées permet une simulation de situation pédagogique. Elle met à nouveau les enseignants en formation en double piste : apprenant pour tester la validité des scénarios présentés et enseignants pour discuter des bénéfices et limites de ces ingénieries de la part de leurs collègues. Le rôle du formateur est de gérer ce débat de type scientifique qui emprunte aussi beaucoup à celui de type autoconfrontation croisée. L'aspect simulation ne risque pas de mettre en danger certains stagiaires en difficulté puisque l'implication de l'individu y est moindre que dans sa propre classe. Cette séance représente, avec le travail d'ingénierie par petits groupes, une évaluation par les stagiaires eux-mêmes de leurs capacités à réinvestir les connaissances acquises à partir des situations expérientielles sur la conceptualisation d'un concept mathématique et d'un cadre pédagogique adapté. Pour nous en tant que formateur, cette étape nous renseigne sur le niveau explicite de conceptualisation de ces deux objets de savoirs étudiés dans le scénario 2. En tant que chercheur-concepteur de scénario, l'hypothèse d'une pertinence de formation dans la mise en congruence, prouve une certaine pertinence moyennant une mise en situation à deux niveaux, celui des élèves sourds d'une part, et celui d'enseignants pour élèves sourds en simulation, d'autre part.

La pertinence d'un scénario pédagogique s'évalue à un niveau supérieur encore : celui des liens effectifs ET opérationnels établis avec la pratique professionnelle. Si certains enseignants ont élaboré après une telle expérimentation, de nouvelles conceptions se rapprochant de celles que le formateur-concepteur a cherchées à mettre en scène, comment les exploitent-ils dans leur pratique professionnelle ? Nous sommes à nouveau confrontée à l'hypothèse concernant la place de l'activité et celle de l'expérience réelle, pour conceptualiser la notion de cadre adapté à la conceptualisation des mathématiques chez les sourds, en situation professionnelle réelle. L'intérêt d'une formation en alternance intégrative n'est-elle pas de pouvoir mettre à l'épreuve de la réalité les connaissances produites sur le lieu de formation ? C'est ce que nous avons voulu tenter de comprendre malgré des conditions liées au dispositif général peu favorables.

VI-6 Le réinvestissement des connaissances dans la pratique réelle d'une classe avec des élèves sourds

Le cadre de notre recherche est celui d'une formation à caractère national. L'accompagnement des stagiaires dans leur classe est organisé par les formateurs de terrain mais peu d'interactions sont possibles avec le centre de formation du fait de l'éloignement géographique. Les correspondants départementaux des stagiaires du premier degré sont réunis une fois par an dans le centre de formation pour engager une collaboration et délimiter le rôle de chacun (voir annexe 15, p.21). Dans ce cadre les formateurs du centre peuvent « rendre visite » aux stagiaires dans leur classe, une fois par an, en se déplaçant dans toute la France. C'est à l'occasion de ces visites et dans le suivi de mémoires professionnels que, en tant que formateur, nous avons eu l'opportunité d'accompagner des stagiaires dans la mise en place effective d'activités directement issues des séances de formation sur la conceptualisation.

Nous présentons de façon succincte deux exemples de réinvestissement réel dans une situation de classe : un scénario observé lors d'une visite à propos de la conceptualisation des nombres relatifs et un scénario organisé sur plusieurs séances suivi à distance lors de l'encadrement d'un mémoire professionnel sur la proportionnalité (voir annexes 16, p.40).

Un scénario pour aborder les nombres relatifs en 5^{e} de collège

Il s'agit d'une seule séance à laquelle nous avons assisté lors d'une visite d'un stagiaire dans une UPI. En 5^{e}, les élèves sourds sont regroupés entre eux pour suivre les cours de mathématiques avant d'être en intégration au niveau de la classe de 4^{e}. Les cours de mathématiques à ce niveau sont assurés en partie par un professeur de mathématiques du collège et pour l'autre partie par un enseignant spécialisé du premier degré, coordinateur de l'UPI. C'est ce dernier qui a suivi la formation et à qui nous avons rendu visite. Des activités ont été proposées aux élèves en deux groupes : l'un en LSF et l'autre en LFPC. Les consignes sont enregistrées sur un ordinateur dans chaque groupe. Les élèves réalisent une affiche pour donner leurs solutions et un débat est organisé pour confronter les démarches utilisées par chacun des deux groupes.

En bilan de la séance menée par le stagiaire, nous avons noté une organisation des groupes, pensée pour tenir compte de l'hétérogénéité des modes de communication des élèves. L'utilisation des enregistrements vidéo a permis une plus grande autonomie des groupes d'élèves. Les activités ont été conçues de façon à pouvoir être étayées par différents matériels : un dessin représentant les différents niveaux de l'immeuble pour suivre un trajet imaginaire de l'ascenseur (activités 1 et 2), des jetons qui permettent de mimer la situation des voyageurs d'autobus, en choisissant plusieurs nombres de voyageurs pour l'état initial (activité 3), un thermomètre « artificiel » (activité 4). Le niveau de conceptualisation visé a correspondu à la compréhension des premiers calculs additifs des nombres

relatifs dans diverses situations toutes issues de la vie quotidienne. La phase de recherche a été écourtée pour éviter de supprimer la phase d'explicitation des procédures par chaque groupe : seules les activités de l'immeuble et du bus ont été expérimentées par les élèves. Le stagiaire a été surpris de la lenteur de ses élèves à résoudre les situations ; chaque élève a ressenti le besoin de vérifier par lui-même, tous les essais. La mise en commun des procédures a été gérée correctement, moyennant une traduction de la part de l'enseignant, pour passer d'un mode de communication à l'autre. C'est au niveau de la phase d'institutionnalisation que les difficultés ont été les plus importantes car le nombre de situations n'était pas suffisant pour en extraire une règle générale comme l'avait estimé l'enseignant-stagiaire. Les échanges qui ont suivi ont mis à jour la nécessité de multiplier les contextes et les situations numériques pour que puisse émerger une généralisation, d'autant plus que le stagiaire a été surpris par la durée plus longue que prévue des expérimentations.

Un scénario pour aborder la proportionnalité

A l'occasion de la rédaction d'un mémoire professionnel, une stagiaire professeur de mathématiques, a essayé de mettre en œuvre une démarche adaptée aux élèves sourds pour comprendre l'enjeu de la proportionnalité. Les élèves sont en 3^{e} d'un établissement spécialisé, tous signeurs, scolarisés dans un collège mais suivant les cours de mathématiques entre élèves sourds. L'enseignante a conçu un scénario qu'elle a mis en œuvre dans la classe sur deux séances. L'activité de départ consistait à proposer d'agrandir un puzzle de cinq pièces de telle sorte que les côtés qui mesurent 4cm au départ en mesurent 6cm à l'arrivée[72].

Le travail fourni a été intéressant de par le fait que, d'une part elle a été confrontée à la nécessité d'analyser quels obstacles l'introduction de ce concept révèle : la prégnance de la conception que l'addition seule permet l'augmentation. Ensuite, elle a du imaginer une situation suffisamment déstabilisante pour que les élèves butent, se posent des questions et discutent de la validité de leurs solutions : le puzzle est découpé en 5 éléments et chaque élève doit augmenter sa pièce indépendamment des autres. C'est la tentative de reconstitution finale qui permet de confirmer ou non que l'augmentation est correcte, selon qu'elle respecte ou non les proportions des pièces du puzzle. Enfin, la stagiaire s'est essayée à la gestion d'un débat mathématique. D'après l'analyse qu'elle a effectuée dans son mémoire, c'est cette dernière étape qui lui a semblé la plus difficile. En effet, ne possédant pas la langue des signes, le débat s'est déroulé avec le concours d'un interprète et cette pratique inhabituelle a dérouté la stagiaire.

Au final, les deux situations de réinvestissement brièvement esquissées ici, illustrent un phénomène dont l'impact se révèle suffisamment fort dans l'esprit des stagiaires pour qu'ils le mentionnent explicitement en fin de formation. Que ce soit à l'occasion d'un travail approfondi comme celui de la

[72] Activité tirée de l'ouvrage ERMEL, Equipe I.N.R.P, *Apprentissages mathématiques en 6e*, Paris, Hatier,1991.

rédaction d'un mémoire professionnel ou lors d'une séance ponctuelle dans sa classe en situation effective, la mise à l'épreuve de la réalité des connaissances acquises au centre de formation permet aux stagiaires de contrôler leur propre cheminement dans la compréhension des besoins des élèves sourds. Un enseignant-stagiaire le verbalise : « *il y a une différence entre savoir ce qu'il faut faire et le faire* ».

CONCLUSION DU CHAPITRE VI

Le scénario proposé dans ce chapitre a visé deux objectifs : faire vivre aux enseignants-stagiaires une situation en tant qu'apprenant pour élaborer un concept mathématique et les placer en tant qu'enseignant pour conceptualiser une démarche favorisant la conceptualisation mathématique chez des élèves sourds. Le concept choisi est celui de *groupe* mathématique. Le processus de construction de ce concept s'est déroulé en plusieurs temps. La première étape est composée de trois situations expérientielles que les stagiaires ont vécues en binômes. Elle a été suivie d'une deuxième phase d'échanges entre les participants qui a favorisé l'émergence de la conjonction des propriétés du concept de *groupe*. Une fois ce nouveau concept nommé, il a été réinvesti dans d'autres champs mathématiques. Une troisième phase a suscité un débat réflexif de la part des enseignants-stagiaires sur leur activité de conceptualisation. Ce premier niveau de conceptualisation a donné lieu à une analyse effectuée à partir de données recueillies par le biais de questionnaires individuels et de notes consignées lors des échanges réflexifs. Les aspects déstabilisants des situations, des supports et des attentes ainsi que la mise en congruence avec la situation d'élèves sourds, ont favorisé une prise de conscience qui a permis de rendre explicite l'objet de savoir mathématique.

Le deuxième objectif concerne la conceptualisation d'une démarche adaptée à l'apprentissage des mathématiques par les élèves sourds. Il s'agit pour les enseignants, à partir de la même situation déclenchante des trois expériences, de prendre suffisamment de distance pour se situer en tant qu'enseignants et caractériser l'ensemble de la démarche qu'ils ont vécue. C'est une conceptualisation de deuxième niveau qui doit faire émerger les propriétés caractéristiques d'une démarche inductive, basée sur des situations expérientielles, elles-mêmes soutenues par du matériel à explorer en vue d'étayer le raisonnement et les interactions entre les apprenants. La formalisation de ces propriétés n'a pas atteint un niveau explicite suffisamment élaboré pour devenir un objet de savoir pédagogique : pour la plupart des stagiaires, à l'issue de l'analyse réflexive, ces propriétés sont restées des concepts-en-actes et la transposition didactique de la démarche d'enseignement adapté n'a pas été jugée pertinente de par les résultats des données recueillies lors du débat réflexif. C'est par le réinvestissement dans des situations professionnelles vécues, de façon plus ou moins proche de la réalité, que ces concepts-en-actes sont devenus explicites. Il a fallu créer des situations expérientielles de type professionnel pour que les stagiaires puissent identifier plus explicitement les propriétés d'une

telle démarche. Ces situations ont varié entre des situations de simulation, des situations réelles et des situations effectives.

CHAPITRE VII. SYNTHESE ET DISUSSION. FORMER LES ENSEIGNANTS *A* ET *PAR* LA CONCEPTUALISATION

Ce travail avait pour objectif de comprendre les représentations des enseignants sur l'enseignement des mathématiques aux élèves sourds dans la perspective de les amener à prendre conscience de la place et du rôle des activités langagières comme de l'importance de l'activité des élèves sourds dans la conceptualisation mathématique avec pour perspective de transformer leurs pratiques professionnelles.

Nous avons abordé ces questions relatives aux apprentissages mathématiques sous trois angles : celui de la prise de conscience de la part des enseignants d'une part de la place des activités langagières, d'autre part de celle des situations expérientielles et celui de leur gestion mutuelle effective par les enseignants pour adapter leur enseignement à des élèves sourds.

Du point de vue de la place du langage dans la résolution de problème, nous voulions savoir quelle modalité de formation permettrait aux enseignants de prendre conscience que bien que nécessaire, dans ses fonctions de communication comme de représentation, le langage ne suffit pas à élaborer des concepts mathématiques. Du point de vue de la place de l'activité, nous nous sommes demandé quel était le rôle des situations expérientielles dans le processus de conceptualisation en mathématique pour des élèves sourds. Du point de vue de la professionnalisation des conduites pédagogiques, nous avons recherché comment les enseignants en formation s'appropriaient les situations de formation vécues au centre de formation et si la mise en congruence des enseignants avec leurs élèves sourds amélioraient leurs connaissances des besoins spécifiques de ces élèves.

Nous allons résumer, en les reliant, les résultats obtenus. Ensuite, il s'agira de les recentrer autour des concepts principaux qui ont guidé ce travail : les représentations initiales, l'expérience et l'activité en situation, l'analyse réflexive de l'activité par le biais des interactions, la prise de conscience, la conceptualisation. Enfin, nous en tirerons des enseignements de deux points de vue : celui des perspectives de recherche et celui des implications pour la formation des enseignants « ordinaires ».

VII-1 Une synthèse des résultats

VII-1-1 Les représentations des stagiaires sur l'origine de leurs difficultés à enseigner les mathématiques à des élèves sourds

Nous avons analysé les représentations des enseignants sur l'enseignement des mathématiques et sur les difficultés qu'ils prêtent aux enfants ou adolescents sourds.

Des conceptions ancrées : une pédagogie de transmission, des mathématiques réduites à un langage

Il ressort de notre analyse que les enseignants interprètent massivement les difficultés qu'ils ont à enseigner les mathématiques, en se focalisant sur les défaillances linguistiques de leurs élèves sourds. Les premières causes de ces difficultés sont imputées à la mauvaise maîtrise du français de ces élèves et aux difficultés à communiquer avec eux. D'une part, ne pas partager le même mode de communication gêne particulièrement les professeurs dans l'exercice de leur métier par l'impossibilité où ils se trouvent alors d'expliquer les nouvelles notions : le déficit de ces élèves en français est un obstacle pour une pédagogie de transmission basée sur la maîtrise du français écrit et prend toute son acuité, en mathématiques, dans les activités de résolution de problèmes. D'autre part, leurs représentations des mathématiques les incitent à croire que construire des concepts mathématiques équivaut à connaître les termes qui les désignent et comprendre un énoncé de problème se limite à en comprendre le vocabulaire et son organisation syntaxique. Leur faire prendre conscience que résoudre un problème mathématique requiert l'élaboration de concepts mathématiques est un des objectifs de la formation : au-delà des mots, il y a des connaissances mathématiques car les mathématiques ne sont pas que du langage.

Des choix pédagogiques peu propices au développement de l'autonomie des élèves sourds

Face aux difficultés à transmettre des savoirs mathématiques par le biais d'une langue maîtrisée, les enseignants choisissent souvent des stratégies pédagogiques de type ostension basées sur l'imitation et le figuratif. Ces démarches remettent en cause notre postulat constructiviste ainsi qu'une pédagogie de la découverte de type inductif, qui apparaît la plus appropriée au développement des capacités de conceptualisation des enfants sourds (voir chapitre III).

De plus, les résultats de l'analyse renvoient les difficultés des enseignants ainsi que celles de certains dispositifs institutionnels à envisager la différenciation pédagogique autrement que sous une forme individualisée : rééducations, soutien, « prise en charge » individuelle, suivi individuel dans une classe... Ainsi, le désir de s'adapter au plus près des besoins de l'enfant, peut provoquer paradoxalement des effets pervers comme l'isoler de ses pairs ou le maintenir en dépendance à l'adulte. Nous avons souligné dans le chapitre III, les différents facteurs qui montraient combien les enfants sourds tiraient spécifiquement parti des interactions avec leurs pairs.

Ainsi la conjonction de ces deux approches pédagogiques ne favorise pas le développement de démarches d'apprentissage autonomes chez les enfants et adolescents sourds.

Par suite, nous avons fait différentes hypothèses. D'une part des hypothèses de recherche selon lesquelles une formation basée sur l'activité du stagiaire et l'analyse réflexive de son activité le conduirait à conceptualiser des démarches pédagogiques, qui en tant qu'objets de savoir pourraient

être transférées et occasionner une plus grande professionnalisation. D'autre part des hypothèses d'action, comme celle qui suppose qu'une situation déstabilisante mais non déstructurante est nécessaire pour transformer des représentations ancrées au niveau du noyau central : un des vecteurs de la déstabilisation étant leur mise en congruence avec les situations d'apprentissage de leurs élèves sourds. Au coeur de cette congruence, nous avons présumé entre autres, que de proposer des activités originales et ludiques aux stagiaires leur permettrait de prendre un certain plaisir à faire des mathématiques, plaisir qu'ils auraient envie de partager avec leurs élèves.

VII-1-2 L'activité de résolution du problème comme source de prise de conscience sur la place du langage dans les activités mathématiques

La situation déclenchante choisie dans le premier scénario de formation consiste à trouver tous les carrés partagés en quatre régions et entièrement coloriés avec trois couleurs au plus. Elle est posée dans des environnements linguistiques différents LSF, LSF et français écrit, français oral et écrit.

VII-1-2-1 La compréhension de la consigne

La déstabilisation que provoque l'énoncé vient du fait que chaque mot semble simple et connu, de même que les signes, et pourtant la démarche de résolution n'est pas apparente. La difficulté ne dérive pas des mots ou des signes pris isolément, hors contexte, mais de leur mise en relation dans une situation particulière ; les stagiaires prennent conscience que c'est dans la conjonction et l'articulation des contraintes du contexte que réside la compréhension d'une consigne. La découverte que, quelque soit le mode de communication utilisé, tous ont interrogé la consigne pour résoudre la situation a été une prise de conscience suffisamment forte puisque les résultats montrent un début de transformation des représentations.

VII-1-2-2 La diversité et la richesse des démarches cognitives

Une autre caractéristique de cette activité réside dans la diversité des modes de résolution qu'elle génère. Ce que les stagiaires ont retenu de l'explicitation des procédures, touche à la grande diversité de raisonnements recueillis pour résoudre un même problème : il ne leur a pas semblé toujours facile, une fois choisi un point de vue, d'en changer pour s'approprier la démarche d'un autre. En tant que futurs enseignants pour enfants à besoins spécifiques, ils sont voués à effectuer un tel transfert pour se « glisser » dans les démarches de la plupart de leurs élèves et la mise en congruence leur a permis d'appréhender cette réalité.

VII-1-2-3 Faire des hypothèses c'est construire des connaissances

Si une seule voie de résolution avait été possible, peu d'échanges et d'activité de construction de sens auraient eu lieu. Ce constat effectué par les stagiaires eux-mêmes remet en cause une conception qui tend à confondre compréhension d'une consigne pour pouvoir exécuter un travail et compréhension

d'une activité où la découverte permet d'en construire la signification et donc de produire des connaissances. La prise en compte de ces différents contextes d'apprentissage implique un changement de point de vue de la part des stagiaires sur les capacités de leurs élèves sourds : ces derniers ne sont plus à considérer comme déficitaires mais comme capables d'apprendre en questionnant des situations et en élaborant des hypothèses pour y répondre.

VII-1-2-4 Etayer la résolution par le groupe et les interactions

L'analyse des échanges réflexifs post expérimentation met en avant que les stagiaires ont développé des compétences métacognitives : ils ont pris plaisir à travailler à plusieurs et en ont tiré des enseignements relatifs à la nécessité de posséder un mode de communication confortable pour s'engager avec confiance dans une recherche. La mise en congruence avec les élèves sourds a fonctionné comme un révélateur des difficultés que ces enfants subissent et une prise de conscience forte de leurs besoins à ce niveau.

VII-1-2-5 Le besoin d'un système linguistique élaboré

L'analyse réflexive de l'activité a exhibé la diversité de nature et de fonction des activités langagières et leurs interactions avec les tâches mathématiques selon les phases d'activité de la résolution d'un problème. Le choix de mettre en congruence les stagiaires avec leurs élèves sourds dans la résolution d'un problème énoncé dans plusieurs modes de communication, a permis de mettre à jour le besoin d'un mode de communication confortable et partagé pour accompagner l'action de recherche, et celui d'un mode de représentation rigoureux et structuré pour formaliser son activité. Besoin qui a entraîné une meilleure compréhension de la part des stagiaires de celui de leurs élèves Ces fonctions langagières ont joué un rôle semblable dans la prise de conscience, de la part des enseignants, de l'existence des fonctions langagières elles-mêmes, puisque ce sont les analyses réflexives et les interactions entre les stagiaires, véhiculées par le français, qui ont permis de formaliser l'expérience qu'ils ont vécue de l'utilisation de plusieurs systèmes linguistiques (français, oral ou écrit, ou LSF).

VII-1-2-6 La place et le rôle du débat scientifique pour développer des processus métacognitifs

L'hypothèse selon laquelle l'obstacle à franchir engendre une construction de nouveaux savoirs s'évalue en fonction du niveau de l'argumentation développée au cours de la problématisation. Nous postulons que c'est par la prise de conscience de son action en situation que la problématisation généralise les conduites opérées. Il en découle que, c'est le recul pris par rapport à la compréhension de la consigne, et vis-à-vis de la discussion argumentée pour éliminer des pistes de résolution, qui constitue une première conceptualisation des principes qui ont gouverné leur action. La prise de conscience est d'autant plus élaborée qu'elle s'effectue avec la perspective de transmettre ces

formalisations à d'autres. Une posture réflexive a conduit les stagiaires à identifier les opérations cognitives qui gèrent leurs représentations, à les repenser, à les transformer en conceptions.

Une prise de conscience, et après ?

Les résultats relatifs au premier scénario révèlent qu'une seule activité, même si elle est assortie d'une analyse réflexive, ne permet pas un niveau de conceptualisation tel que les savoirs construits soient intégrés dans les conceptions comme des objets explicites et identifiés clairement. Si la mise en situation de résolution de problème en congruence avec celle des élèves sourds au niveau du mode de communication a permis une prise de conscience de la part des enseignants, qu'en advient-il après ?

VII-1-2-7 Une résolution de problème professionnel

Pour répondre à cette question relative à la pertinence d'une transformation de certaines représentations des enseignants sur l'enseignement des mathématiques à des élèves sourds qui produise un changement de leurs pratiques professionnelles, le premier scénario a été prolongé par une situation de résolution de problème au niveau professionnel par des stagiaires. Ces derniers ont été confrontés, en double piste, à l'apprentissage par résolution de problèmes, à la fois, en mathématiques et en situation professionnelle effective. Les résultats soulignent, au niveau de chacune de ces deux pistes, l'importance de l'activité de l'apprenant en situation : en situation d'apprentissage des mathématiques et en situation d'apprentissage des gestes professionnels adaptés aux élèves sourds.

Si ce premier scénario a permis aux stagiaires de prendre conscience de la nécessité des activités langagières pour accompagner l'activité mathématique, il a également soulevé la question de son insuffisance.

VII-1-3 Deux niveaux de conceptualisation

Derrière les mots, il y a les concepts. Le deuxième scénario proposé a visé deux objectifs : faire identifier par les enseignants-stagiaires les étapes du processus qui permettent à un apprenant d'élaborer un concept mathématique et leur faire conceptualiser une démarche favorisant la conceptualisation mathématique chez des élèves sourds. Le concept mathématique choisi a été celui de *groupe* : ce concept difficile a été présenté en dehors de toute situation problème pour laquelle il représente une solution ou une réponse avantageuse. Ce choix a contribué au caractère déstabilisant de la situation. Le processus de construction de ce concept s'est déroulé en plusieurs temps. La première étape est composée de trois situations expérientielles que les stagiaires ont vécues en binômes. Elle a été suivie d'une deuxième phase d'échanges entre les participants pour favoriser l'émergence de la conjonction des propriétés du concept de *groupe*. Une fois ce nouveau concept nommé, il a été réinvesti dans d'autres champs mathématiques. Une troisième phase a suscité un débat réflexif de la part des enseignants-stagiaires sur leur propre activité de conceptualisation mathématique.

VII-1-3-1 Trois situations expérientielles pour identifier le concept de *groupe* mathématique

Pour le premier niveau de conceptualisation, celui de l'élaboration d'un concept mathématique nouveau, nous avons choisi, en fonction de nos références au constructivisme, une situation déclenchante déstabilisante de par sa complexité et son aspect inhabituel : expérience « concrète » pour construire un concept « abstrait », ou expérience inhabituelle pour construire un concept non familier, support non numérique, action sur des transformations et non sur des objets. Le choix opéré de démarrer l'activité par la situation la plus difficile, correspond à nos choix constructivistes et à notre hypothèse sur la nécessité d'une déstabilisation suffisante pour faire évoluer les représentations du noyau central. Les résultats de cette première activité composée des trois situations expérientielles, valident la pertinence de ce choix en montrant que les difficultés engendrées par la déstabilisation de la première situation, génèrent, en contre partie, une valorisation quasi systématique des stagiaires. Le bénéfice est doublé par le fait qu'à la fin des trois situations, les apprenants se trouvent en position de réussite pour aborder la suite du travail, l'identification des caractéristiques du concept. Ainsi, nous en concluons que les aspects déstabilisants des situations, des supports et des attentes ainsi que la mise en congruence avec la situation d'élèves sourds, ont favorisé une prise de conscience qui a permis de rendre explicite l'objet de savoir mathématique.

VII-1-3-2 Conceptualiser une démarche pédagogique favorisant la conceptualisation mathématique chez des élèves sourds

Le deuxième objectif concerne la conceptualisation d'une démarche adaptée à l'apprentissage des mathématiques par les élèves sourds. Il s'agit pour les stagiaires, à partir de la même situation déclenchante des trois expériences, de prendre suffisamment de distance pour se situer, non plus en tant qu'apprentis mathématiciens mais en tant qu'enseignants et caractériser l'ensemble de la démarche qu'ils ont vécue. C'est une conceptualisation de deuxième niveau qui doit faire émerger les propriétés caractéristiques d'une démarche inductive, basée sur des situations expérientielles, elles-mêmes soutenues par du matériel à explorer en vue d'étayer le raisonnement et les interactions entre les apprenants.

VII-1-3-3 Une prise de conscience plus ou moins explicite des besoins des élèves sourds

D'après les données recueillies suite à l'analyse réflexive, un premier niveau de prise de conscience pour certains, de chacune de ces caractéristiques qui constituent le concept de « démarche appropriée pour favoriser l'élaboration de concepts mathématiques chez des élèves sourds » a été effectué. Ils déduisent de la congruence qu'ils ont vécue avec les conditions que vivent leurs élèves, qu'il est intéressant d'être un apprenant actif, qu'il est plus efficace d'apprendre à plusieurs, mais ils n'aboutissent pas à la caractérisation de l'objet de savoir visé, à savoir celle du cadre pédagogique :

nous inférons des données recueillies qu'il leur a été difficile de considérer la conjonction des caractéristiques de la démarche et de l'identifier dans sa globalité.

VII-1-3-4 Une appropriation de la démarche par une expérimentation en situation professionnelle

De ce fait, il ressort que la formalisation de ces propriétés n'a pas atteint un niveau explicite suffisamment élaboré pour devenir un objet de savoir pédagogique : pour la plupart des stagiaires, à l'issue de l'analyse réflexive, ces propriétés sont restées des concepts-en-actes et la transposition didactique de la démarche d'enseignement adapté n'a pas été jugée pertinente de par les résultats des données recueillies lors du débat réflexif. La généralisation n'ayant pas couronné l'analyse réflexive, des représentations résistantes ont obligé à concevoir un prolongement du scénario pour que les enseignants-stagiaires puissent envisager la transférabilité de la démarche. C'est par le réinvestissement dans des situations professionnelles vécues, de façon plus ou moins proche de la réalité, que ces concepts-en-actes sont devenus explicites. Il a fallu créer des situations expérientielles de type professionnel pour que les stagiaires puissent identifier plus explicitement les propriétés d'une telle démarche. Ces situations ont varié entre des situations de simulation, des situations réelles et des situations effectives.

Nous tirons de ces résultats une conséquence par rapport à nos hypothèses d'action : la congruence avec les conditions d'apprentissage des élèves sourds ne fonctionne que partiellement. Si la mise en activité des stagiaires en situation de congruence avec des apprenants en mathématiques et sourds, permet de mettre en évidence un certain niveau de conceptualisation, cette même mise en activité étayée par une analyse réflexive, ne suffit pas lorsqu'il s'agit de conceptualiser une démarche pédagogique adaptée. Par contre, la mise en activité des stagiaires, en situation congruente avec celle d'un enseignant de mathématiques pour des élèves sourds, a permis une élaboration plus précise et plus générale du concept de démarche pédagogique adaptée, de par la nécessité d'opérer un transfert dans un autre contexte que celui de la formation.

Au final, les scénarios expérimentés ont positionné les stagiaires en double piste pour résoudre un problème mathématique comme pour conceptualiser en mathématiques. Pour conceptualiser une démarche pédagogique il leur a fallu l'expérimenter : en tant qu'apprentis mathématiciens pour mieux comprendre les caractéristiques de fonctionnement de leurs élèves mais aussi en tant qu'enseignants pour pouvoir caractériser leurs gestes professionnels et ainsi les généraliser. Ces résultats tendent à prouver que pour conceptualiser, que ce soit un concept mathématique ou un concept pédagogique, l'activité en situation est nécessaire. Les scénarios ont pu être prolongés par des mises en situation professionnelles du fait d'un dispositif de formation en alternance. Ces constats soulignent l'importance d'une formation en alternance intégrative, c'est-à-dire d'un dispositif qui permet un réel relais entre l'expérience effectuée dans l'exercice du métier mis en place dans la durée. Pour que cette

alternance soit intégrative, un accompagnement à la prise de conscience qui permet la transformation des concepts et théorèmes en actes professionnels en objets de savoirs théorisés et donc transférables gagne à être renforcé.

VII-2 Evaluation des effets attendus des scénarios de formation

L'évaluation des scénarios proposés a été obtenue au travers des observations effectuées par les stagiaires lors des bilans de formation, par l'intermédiaire de questionnaires de fin de formation et enfin à l'aide de données recueillies lors d'entretiens avec certains stagiaires effectués un an après la formation (voir annexes 16, p. 42). Les citations, que nous présentons dans l'exposé qui suit, sont toutes issues de ces interviews à un an de distance. Elles renvoient une prise de conscience plus généralisante des effets de la formation et donnent un petit aperçu des changements opérés dans les pratiques professionnelles[73]. Le dépouillement des questionnaires post formation fait état d'une remise en cause plus nette des représentations et d'une conscience plus précise des savoirs produits que les échanges réflexifs consécutifs au vécu des scénarios : l'écrit permet une mise à distance de l'action peut-être plus importante que le dire oral.

VII-2-1 La mise en congruence pour mieux comprendre les conditions d'apprentissages des élèves sourds

L'intérêt de la mise en situation de formation congruente avec celle de l'apprentissage des élèves sourds est un constat unanimement reconnu par les stagiaires. Tous en justifient les bénéfices par rapport à une meilleure compréhension de la surdité, de ses incidences sur les apprentissages et des besoins particuliers des élèves sourds. « *J'ai été en telle difficulté pour chercher avec un mode de communication que je ne maîtrisais pas, j'étais tellement bloquée que j'ai compris certaines réactions de mes élèves : comme l'abandon et la passivité ou une tendance à rester à l'extérieur dans une attitude moqueuse* », « *j'ai été surpris de prendre plaisir à faire des maths ; mais c'était des maths particulières, pas scolaires et motivantes* ».

Le même type de bénéfices a été relevé par ceux dont les représentations sur les mathématiques ne les incitaient pas à adhérer a priori aux activités : « *Ca a fonctionné pour moi alors que moi, les maths, je n'étais pas bonne ; donc ça m'a montré que c'était possible et ça donne envie de bâtir là-dessus* ».

VII-2-2 Des démarches pédagogiques impliquées dans la « passivité » et le manque d'autonomie des élèves sourds

Nous avons souligné dans le chapitre IV que nombreux étaient les stagiaires à réduire l'origine de leurs difficultés d'enseignants en mathématiques aux déficits et aux spécificités de leurs élèves sourds, sans envisager explicitement de questionner leurs démarches pédagogiques. A ce niveau également,

les questionnaires et les échanges montrent qu'un chemin a été parcouru dans la construction de nouvelles conceptions. La mise à distance opérée par rapport à leurs pratiques de terrain, grâce aux situations d'interactions entre stagiaires, organisées dans un cadre relationnel reconnu par tous comme rassurant, « déculpabilisant », exempt de jugements de valeur, a redonné toute sa place aux choix pédagogiques comme un facteur important pour comprendre les difficultés et les besoins des élèves sourds.

Qu'il s'agisse du besoin d'être acteur de ses apprentissages : « *les enfants sourds sont souvent passifs ; ils attendent que ça vienne tout seul et j'ai compris l'intérêt de leur redonner l'initiative* », « *ils sont habitués à être toujours en situation duelle en rééducation par exemple, et ils sont souvent en position d'exécuter ce que l'adulte lui demande sans qu'ils choisissent leur propre voie* » ou qu'il s'agisse du besoin d'être autonome : « *le formateur a été souvent en situation de retrait par rapport aux situations de formation : ça m'a fait comprendre que je ne l'étais pas assez avec mes élèves* », « *surtout qu'ils sont moins nombreux que des élèves ordinaires dans une classe ; on a tendance à être toujours sur leur dos* », « *on les sollicite tout le temps sans leur laisser le temps de réfléchir* ».

VII-2-3 Une appréhension plus fine de la problématique de la communication

Nous avons souligné dans le chapitre III l'importance des perturbations apportées par la présence d'un élève en situation de handicap dans une classe. Le manque d'efficacité de stratégies qui jusque là fonctionnaient, est encore plus accentuée lorsque les enseignants ont à enseigner à des enfants qui n'ont pas la « parole » habituelle et partagée par la majorité. L'angoisse de ne pas se « comprendre » ni se « faire comprendre » est déjà grande au niveau social, mais dans le cas de la situation d'enseignement, les retentissements sont encore plus conséquents aussi bien au niveau personnel que professionnel : « *J'ai ressenti une vraie frustration de ne pas pouvoir communiquer avec mes élèves* » ou «*je n'étais plus moi-même, malgré mes 20 ans d'expérience, je ne savais plus rien faire* ». Alors que l'influence des facteurs psychoaffectifs a été soulignée lors des activités de formation, la difficulté d'envisager un enseignement dans un environnement en étant « *détaché* » s'exprime comme suit : « *J'estime que le relationnel est premier dans notre métier et sans le relationnel, je n'arrive pas à enseigner* » ou « *ne pas avoir les mots m'a terriblement perturbée* ».

Une focalisation sur la communication au détriment d'autres apprentissages

Une conséquence directe de cette incommunicabilité consiste à centrer ses objectifs pédagogiques sur la communication, au risque de négliger le développement des compétences cognitives comme par exemple, celles construites en mathématiques : « *la difficulté de communication est tellement angoissante que je me suis rendue compte suite à la situation des carrés que je me focalisais entièrement dessus* » ; « *on est tellement perturbé par la question de la communication qu'on en vient*

[73] Les témoignages insérés dans l'analyse des évaluations proviennent des interviews et questionnaires effectués à distance de la formation.

à développer la communication pour elle-même » ou « *on oublie ses objectifs pédagogiques en rapport avec l'acquisition de connaissances, et surtout en mathématiques* » ou encore « *les mathématiques ne me semblaient pas un moyen de les faire progresser au niveau cognitif ; je me focalisais sur l'apprentissage de la langue française* ».

VII-2-4 Le concept d'adaptation en question. Jusqu'où adapter ?

La nécessité d'adapter l'environnement pour que les élèves sourds accèdent aux savoirs comme tout autre élève est à conjuguer avec la situation d'apprentissage nécessairement inconfortable. L'équilibre est difficile à trouver entre une attitude qui impute toutes les difficultés aux élèves et à leur handicap, et celle qui choisit d'aménager la situation pour réduire le handicap, sans pour autant réduire ses exigences à l'égard du développement des capacités des élèves : « *Le manque de communication avec eux m'incitait à tout simplifier* », « *je voulais que tout soit très explicite pour qu'ils puissent réussir* », « *je leur mâchais le travail* », « *je faisais à leur place* ». La prise de conscience d'une nécessaire attente positive vis-à-vis des élèves sourds rejaillit sur les aides à la communication, interfaces ou auxiliaires de vie scolaire qui accompagnent les élèves sourds dans leur scolarisation : « *les AVS font toujours tout à leur place, mais maintenant, j'insiste pour qu'ils les laissent se débrouiller, chercher, quoi* » ou « *apprendre, oui, c'est difficile et j'assume maintenant que pour eux aussi, sinon, ce n'est pas leur rendre service* », « *j'ai appris à les considérer comme des élèves, à les restaurer en tant qu'élèves* » ou « *j'ai compris que je devais aussi être exigeante avec eux, sans les surprotéger, car c'était les sous-estimer* ». La découverte qu'il peut être plus humiliant que gratifiant d'être considéré comme déficitaire et la confiance retrouvée dans son rôle d'enseignant conduit certains à le verbaliser comme : « *ils sont souvent assistés, par les interfaces par exemple* », « *j'ai compris qu'il était possible de les mettre en situation d'apprentissage sans me culpabiliser* » ou « *les considérer comme des assistés, c'est, quelque part leur manquer de respect* » ou encore « *on ne les traite pas assez comme des élèves qui peuvent avoir un développement cognitif comme un autre enfant* » et enfin « *adapter c'est difficile car comment savoir si c'est l'élève qui n'est pas capable et si c'est l'environnement qui n'est pas adapté ?* ». Ces réflexions montrent que si les enfants sourds étaient traités au départ en « objets déstabilisants », ils sont depuis considérés comme des sujets et même des auteurs de leurs propres projets.

VII-2-5 Un changement de regard sur les capacités des élèves sourds

Cette prise de conscience « en creux » d'une façon de considérer les élèves sourds autrement que comme des enfants ou des adolescents avant tout, implique un changement de regard qui ramène le rôle de l'enseignant à celui qui doit mettre en scène les savoirs pour les rendre accessibles à tous les futurs citoyens : « *avant, j'avais tendance à ne leur donner que des problèmes que je savais signer car j'avais peur qu'ils ne comprennent pas ce que je leur demandais ; maintenant, j'ai retrouvé une démarche que j'avais avec les entendants, les laisser chercher* » ; « *j'ai compris qu'il fallait aussi que*

ces élèves aient droit à l'erreur, à plusieurs possibilités de résolutions ; sans que j'aie peur de les laisser errer ».

En conclusion, l'inhibition pédagogique de certains stagiaires, engendrée par la rencontre avec la surdité et les difficultés de communication a été levée en partie. D'un côté en prenant part à des situations de formation suffisamment déstabilisantes pour provoquer une rupture dans des représentations et une remise en cause de pratiques inadaptées à la prise en compte des différences des élèves ; et d'un autre côté en vivant des situations suffisamment rassurantes pour les engager à améliorer certaines de leurs pratiques professionnelles. Nous donnons le dernier mot à une stagiaire qui s'exprime ainsi : « *les séances de maths, c'est le seul lieu de la formation, avec l'analyse de pratiques, où j'ai senti un lien entre l'enseignante que je suis et ma situation de stagiaire* »

VII-3 Former *à* et *par* la conceptualisation

VII-3-1 Une formation *à* la conceptualisation mathématique

Les résultats tels que nous les avons mis en relation les uns avec les autres, font ressortir que la conceptualisation en mathématiques est un obstacle pour de nombreux enseignants mais un obstacle surmontable lorsque les enseignants en formation sont mis en situation de congruence avec leurs élèves, dérangeant certaines convictions mais motivant les stagiaires par le projet professionnalisant qu'elle sous-tend. La pertinence du scénario a été nettement améliorée par la mise en situation effective des stagiaires pour apprendre à gérer le processus de conceptualisation au niveau des élèves et par la prise de conscience consécutive au travers de la communication de l'expérience à des pairs. Former *à* la conceptualisation en mathématiques est un premier niveau auquel la recherche permet d'apporter une réponse positive moyennant certaines hypothèses d'actions comme la mise en congruence avec les élèves, la déstabilisation et l'accompagnement dans la mise à l'épreuve de la réalité professionnelle.

VII-3-2 Une formation *à* la conceptualisation d'une démarche pédagogique adaptée

En ce qui concerne la conceptualisation d'une démarche pédagogique adaptée aux besoins des élèves sourds et à la caractérisation de quelques uns de ses principes directeurs, nous avons souligné que les résultats ne nous permettent pas une réponse aussi claire. Former *à* la conceptualisation dans ce domaine des procédures semble plus délicat du fait de la diversité des propriétés de cet objet et de ses interactions comme du fait que les propriétés du scénario 1 n'ont pas été mises en comparaison avec celles du deuxième scénario. Dans ce schéma également, l'expérimentation et l'activité de l'apprenant en tant qu'enseignant, même dans une situation non effective mais projetée, tout comme l'accompagnement lorsque la situation devient réelle, améliore nettement les résultats de la conscientisation des caractéristiques de ce savoir.

VII-3-3 Une formation *par* la conceptualisation

Enfin, la formation *par* la conceptualisation, fait référence au modèle de l'enseignant réflexif en valorisant chez les professionnels de l'enseignement, l'analyse de leurs propres pratiques, la résolution de problèmes et l'invention de stratégies pour faire face à des situations toujours uniques et nouvelles. **Une formation *par* la conceptualisation vise à articuler théorie et pratique** pour construire chez l'enseignant des capacités d'analyse des pratiques dans le but de théoriser son expérience et de réinvestir ces savoirs théoriques à nouveau dans sa pratique avec plus d'efficacité. Cette démarche est illustrée dans l'un et l'autre des deux scénarios, par une première phase de mise en situation où l'activité des apprenants stagiaires est mobilisée pour résoudre une question professionnelle et dont l'importance a été analysée par les stagiaires. Cette phase a été suivie de la désignation des éléments invariants qui, lorsqu'elle est arrivée à un certain niveau d'explicitation, a **produit une nouvelle connaissance relative à la conceptualisation d'un modèle de formation.** Le niveau de conscientisation a été impulsé et nourri dans les deux scénarios par les interactions entre les stagiaires et les compétences métacognitives qui en ont découlé. En fonction du postulat selon lequel les enseignants ont tendance à reproduire avec leurs élèves ce qu'ils ont eux-mêmes vécu, la généralisation de la démarche de formation en un modèle de formation, à visé à conduire les stagiaires à en repérer la congruence avec une démarche d'apprentissage favorable à l'élaboration de concepts par des élèves sourds ; donc à en identifier ses caractères transférables.

Cette prise de conscience a fonctionné dans certaines limites : la difficulté des stagiaires à opérer spontanément une comparaison entre les deux scénarios a été modérée et compensée par les résultats des bilans écrits et des entretiens post formation : plus la distance a été grande avec la situation de formation et plus la conscientisation a été effective. Ce constat nous renvoie, si besoin était, à la nécessité de concevoir de tels scénarios sur **le long terme**. Or, le dispositif de formation dans lequel nous avons travaillé, impose des contraintes temporelles qui, d'une part, ne permettent pas d'envisager un temps suffisant pour que ce processus soit explicitement construit, et qui d'autre part, réduisent les possibilités de diversifier les expériences de formation selon ce schéma. En effet, on peut supposer que la possibilité de faire vivre aux stagiaires plus de deux situations dans le cadre de ce modèle de formation aurait permis une meilleure conceptualisation.

Si les enseignants interrogés à distance, évoquent des changements dans leurs pratiques professionnelles, cette recherche ne s'est pas donnée les moyens d'évaluer la réalité ni la pertinence de cette amélioration. D'autres travaux dans ce sens ajouteraient une légitimité scientifique supplémentaire à notre recherche. De plus, d'autres situations de formation permettent de former *par* la conceptualisation ; nous pensons en particulier à la mise en place de cadres élaborés pour mettre en œuvre l'analyse de pratiques.

VII-4 Perspectives de recherches et d'actions

Nous allons aborder deux catégories de perspectives, la première est liée à l'aspect exploratoire de l'investigation que nous avons mise en place pour imaginer des scénarios de formation cohérents avec le contexte de la scolarisation de tous les élèves sourds. La seconde se rapporte à la question de leur modélisation éventuelle et de leur transférabilité dans un contexte plus général de formation, comme celle des professeurs « ordinaires » qui enseignent les mathématiques ou peut-être d'autres disciplines.

VII-4-1 Limites et perspectives de recherches

A chaque étape de notre travail, nous nous sommes heurté aux difficultés à mettre en place une méthodologie rigoureuse dans un domaine aussi complexe.

VII-4-1-1 Les limites de la méthode de recherche

Par exemple, il a été difficile de créer des conditions d'expérimentation exactement comparables entre les différents contextes de formation. Le fait de viser une analyse des représentations avant les situations de formation et après, nous a obligée à retenir certains indicateurs saillants mais à en négliger beaucoup d'autres : comme par exemple, l'étude des conceptions initiales des stagiaires pour pouvoir ajuster nos scénarios au plus près de leur zone proximale de développement. Le fait d'observer les stagiaires dans différentes situations comme celles d'apprentis mathématiciens dans une situation transposée didactiquement, celles d'enseignants-stagiaires se regardant agir en situation de simulation et celle d'enseignants-concepteurs se regardant agir en situation réelle, engendre certainement des biais au niveau de l'analyse, de même que les prises de note, prises sur le vif au cours des échanges réflexifs. Il se peut que focalisant notre attention sur tel ou tel facteur, elle lui donne plus d'importance qu'il n'en a réellement, bien qu'il soit issu d'informations en partie quantitatives.

Une posture multifonctionnelle

Au départ de ce travail nous avions estimé être engagée à trois niveaux : un premier niveau nous situe en tant qu'enseignante de mathématiques pour élèves sourds. Puis, au cours de la recherche, nous avons oscillé entre une identité de formateur engagée dans l'action qui a nourri notre recherche de scénarios innovants et une posture de chercheur impliquée dans la recherche qui a alimenté notre action de formation. En postulant la nécessité d'articuler la formation théorique des enseignants à leurs pratiques professionnelles, nous nous sommes mise nous-même dans une situation d'entre deux, en congruence avec nos stagiaires. Tantôt, notre identité bascule du côté du chercheur qui vise une production de savoirs plus ou moins théoriques ou tout au moins généraux ; tantôt notre posture nous centre plus sur l'action et la pratique de formation. En essayant de « faire pour comprendre » et de « comprendre pour faire », nous naviguons d'une posture à l'autre sans être assurée d'être

complètement et nettement d'un côté ou d'un autre. Nous avons pleinement conscience que la prédominance à certains moments d'un des statuts peut avoir des retentissements épistémologiques importants et discutables.

De plus, les résultats produits par la recherche nous incitent à considérer certains facteurs du dispositif de formation comme déterminants, par exemple, l'accompagnement des stagiaires en situation professionnelle effective ou la durée du processus de formation. C'est alors dans une quatrième posture de concepteur de dispositif que nous sommes amenée à envisager certains aménagements du cadre général de la formation. Par exemple nous privilégions la mise en œuvre d'une alternance intégrative au détriment d'une alternance juxtapositive comme celle qui a tendance à se normaliser dans certaines formations, ou nous cherchons à promouvoir un accompagnement des stagiaires plus participatif qu'une visite dans leur classe.

La congruence avec les acteurs de ma recherche, c'est-à-dire les stagiaires, ne s'arrête pas là. En effet, nous avons appliqué à nous-mêmes un processus de conceptualisation à partir de situations vécues et expérimentées : nous nous sommes retrouvée dans une posture d'apprenant-chercheur et avons du acquérir de nouveaux concepts, par exemple dans le domaine des sciences de l'éducation.

Une tentative de clarification de nos différents statuts

Nous avons eu l'impression d'adopter une posture dominante de formateur lorsque nous avons envisagé les hypothèses d'actions et les avons soumises à l'épreuve de la réalité des conditions de formation, comme la mise en congruence des stagiaires avec les élèves sourds, la déstabilisation des situations déclenchantes, le développement des compétences métacognitives par les interactions ou l'accompagnement sur le terrain.

C'est plutôt en tant que chercheur que nous avons tenté de mettre en forme les résultats issus de nos hypothèses sur la place de la conceptualisation et de les relier aux cadres théoriques posés en première partie, alors que nos observations nous inclinaient à faire évoluer nos hypothèses d'actions au fur et à mesure de l'avancement de notre travail. Nous avons en tant que chercheur essayé d'introduire de nouveaux points de vue dans les pratiques innovantes, liés au contexte particulier de la surdité tout en nous interrogeant sur ce qui pourrait peut-être dépasser ce cadre singulier.

De plus, face aux questions du handicap et de la surdité, c'est en tant que citoyen que nous sommes impliquée, mobilisée par des finalités sociales subjectives.

C'est cette implexité qui nous a permis de construire un espace de transition et d'interaction entre les apports de la recherche en éducation et l'intérêt qu'ils peuvent présenter pour les enseignants aux prises avec les difficultés et les urgences à gérer sur le terrain. Nous avons choisi de nous inscrire dans une approche qualitative, en essayant de relier les trois dimensions, pragmatique, épistémique et

éthique qui caractérisent une recherche de ce type, mais, concrètement, étaient-ce la méthode et la posture les plus efficaces pour résoudre ce type de problème ? Les réponses obtenues gagneraient à être complétées par d'autres méthodologies de recherche, dans d'autres dispositifs.

VII-4-1-2 Autres voies de recherches possibles

L'intérêt de cette exploration, outre les quelques réponses que nous avons apportées, est qu'elle peut faire émerger de multiples questions de recherche.

En ce qui concerne **la scolarisation des enfants sourds et plus généralement celle des enfants en situation de handicap** : Où se situent les enseignants par rapport à la question de la normalisation/différenciation ? Quels sont les impacts à long terme de la mise en place d'une communication mixte et des actions pédagogiques visant à encourager les élèves entendants à s'adapter à leurs pairs sourds ? Quels effets à long terme sur la socialisation des enfants scolarisés ensemble, quelle que soit la particularité de leurs besoins éducatifs, et sur leurs capacités réciproques à la tolérance ?

Au niveau de la scolarisation de tous les élèves : Comment les enseignants envisagent-ils la différenciation pour des élèves ordinaires qui présentent des niveaux de conceptualisation tous différents ? Quels effets éducatifs pourraient avoir un réel investissement de l'école à promouvoir des stratégies pédagogiques fondées sur la découverte et l'activité des apprenants ? Quels impacts à long terme, aurait une éducation des individus les invitant à se positionner comme acteurs de leur propre formation ?

Relativement à l'enseignement des mathématiques : Quelle place les enseignants réservent-ils au langage que ce soit à la communication, à l'accompagnement de l'activité de l'apprenant ou à la représentation des concepts ? La surdité catalyse et grossit les problèmes linguistiques mais qu'en est-il des enfants en grandes difficultés scolaires ?

Au niveau de la formation des enseignants : Quels effets la prise en compte généralisée des enfants en situation de handicap dans les classes peut-elle impliquer dans la gestion de la complexité et des différences ? Quels impacts peut avoir la prise en compte des différences de fonctionnement de chaque apprenant dans la conception de l'acte d'enseigner ? Quelles incidences sur les pratiques professionnelles et la mutualisation des savoirs professionnels peuvent contribuer à développer une formation qui considère tout enseignant comme futur formateur lui-même pour ses collègues ?

VII-4-2 La transférabilité de la démarche de formation en question

Les implications de notre recherche, au regard de nos options théoriques, sont limitées de deux points de vue au moins. Si le choix du concept mathématique de groupe a été effectué pour accentuer le caractère déclenchant de la situation de départ du scénario 2, il ne représente pas un bon choix d'un

point de vue didactique. Parallèlement à ce choix, les implications de notre recherche ne permettent pas aux enseignants en formation de prendre conscience de l'intérêt de mettre en scène des concepts mathématiques en liaison avec leur sens et leur utilité pour comprendre le monde environnant.

VII-4-2-1 Des implications limitées au niveau didactique

Un concept dont la fonction n'est pas mise en scène

Le concept de *groupe* en mathématiques est rattaché au champ conceptuel des structures algébriques : il en est un élément de base. Mais les exemples de groupes rencontrés habituellement par les stagiaires sont souvent cachés derrière des structures plus complexes comme celles de *corps*, d'*algèbre* ou *d'espace vectoriel*. Comme nous l'avons signalé dans le chapitre VI, ce concept est riche d'applications dans les autres disciplines ou dans l'environnement de vie quotidienne. Cependant, le scénario 2 a négligé ces caractéristiques et a mis en scène le concept de *groupe* dans un habillage artificiel, sans qu'il soit abordé comme une solution pour résoudre des situations problèmes, et en dehors du champ conceptuel qui lui donne son sens. C'est un choix délibéré que nous avons fait en laissant de côté notre posture de formateur et de didacticien. Ce qui est en contradiction avec nos choix didactiques nous a permis, en tant que chercheur, de créer une situation qui corresponde à nos hypothèses d'actions sous-tendues par celles de notre recherche, à savoir : c'est en déstabilisant les stagiaires qu'une évolution de leurs représentations a le plus de chance de produire des effets. Cette situation nous a permis de pousser au maximum le processus de déstabilisation et les stagiaires nous l'ont d'ailleurs bien fait remarquer lors des analyses rétrospectives. L'objectif n'était pas qu'ils « apprennent » le concept de groupe, ni lui donnent du sens à travers des problèmes à résoudre ; c'est la raison pour laquelle la situation déclenchante n'a pas été conçue comme une situation didactique.

Des situations vécues qui ne permettent pas d'expérimenter une activité de modélisation mathématique

En contre partie à ce choix, les trois situations expérientielles n'ont pas fourni aux stagiaires l'occasion de vivre une activité de modélisation mathématique de situations issues de la vie quotidienne, alors que nous connaissons leurs besoins dans ce domaine. Nous avons eu l'occasion d'analyser, combien, dans leur scolarité, les enseignants ont souvent été contraints d'entrer dans un système qui a voulu leur faire faire des mathématiques en les enrôlant dans des pratiques mathématiciennes dont ils n'ont compris ni l'intérêt ni la signification (chapitre II). En tant que formateur, nous pensons qu'il est primordial de susciter à nouveau chez ces adultes la curiosité de comprendre le sens de l'activité mathématique et l'intérêt de la mathématisation de certaines situations pour mieux les traiter (Duquesne, 2001). Or, au niveau de l'andragogie des mathématiques, le sens des activités mathématiques est contenu dans la fonction des concepts et leur utilité pour comprendre et agir sur l'environnement : celui familier de la vie quotidienne ou celui des autres disciplines. Et ce caractère

outil des concepts des mathématiques est certainement encore plus important au niveau de la pédagogie des mathématiques. En tant qu'enseignant de mathématiques et de façon encore plus fondamentale face à des élèves sourds, nous insistons particulièrement sur la nécessité que les apprenants comprennent le rapport des mathématiques au monde réel, leur fonction de modélisation et leur rôle de modèle. Apprendre à modéliser est un objectif de l'enseignement des mathématiques articulé à la connaissance des différents modèles mais qui s'y réduit trop souvent. Pour les besoins de cette recherche, nous avons mis volontairement de côté ces considérations didactiques bien qu'elles relèvent de notre rôle de formateur.

Du fait que les enseignants ne vivent pas en formation des situations qui, d'une part, leur signifient les applications possibles des concepts mathématiques les plus abstraits, d'autre part, leur « démontrent » quel gain pédagogique implique la compréhension de la part de leurs élèves des bénéfices apportés par la modélisation pour résoudre des problèmes de la vie quotidienne, les retombées ne peuvent qu'être limitées d'un point de vue didactique. Par conséquent, c'est en partie de côté, que de nouvelles pistes pourraient être envisagées et que nous les envisageons.

VII-4-2-2 Des perspectives de généralisation et de transférabilité de la démarche de formation

La démarche de formation caractérisée par une mise en activité des stagiaires, suivie d'une analyse réflexive qui aboutit à la formulation explicite des savoirs visés et leur réinvestissement dans une situation professionnelle avec l'aide d'un accompagnant, représente un modèle de formation suffisamment général pour être transféré dans d'autres contextes de formation des enseignants. Nous allons décliner, du plus particulier au plus général, les caractères de la stratégie de formation d'enseignants qui nous semblent pourvoir être généralisés et transférés à une communauté plus large que celle envisagée dans la recherche présente.

L'importance des facteurs linguistiques dans les apprentissages mathématiques

Nous avons privilégié une stratégie qui engage l'activité des stagiaires à partir de situations initiales suffisamment déstabilisantes pour remettre en cause leurs représentations selon lesquelles les apprentissages mathématiques se réduisent à des compétences linguistiques, oubliant par là leur dimension conceptuelle. Nous avons choisi dans le cadre de cette déstabilisation, de placer les enseignants dans des situations en congruence avec celles de leurs élèves pour les amener à mieux comprendre les caractéristiques de fonctionnement de ce public en cours d'apprentissage. L'entreprise a été située dans le cadre de l'enseignement à des élèves sourds. Ce contexte singulier engendre des problèmes linguistiques amplifiés mais qui peuvent exister également dans d'autres situations particulières comme celle des enfants présentant des troubles spécifiques du langage (TSL), ou dans des contextes plus généraux, comme celui des enfants de migrants, de milieux défavorisés ou en

grandes difficultés scolaires. Nous espérons qu'une étude cherchant à mieux saisir la complexité de situations amplifiées par la surdité permettra de mieux comprendre des situations peut-être moins complexes avec la perspective de mieux agir pour mieux les traiter.

La place de l'activité et de la résolution de problèmes dans l'enseignement des mathématiques

Une prise de conscience de l'importance de l'action et de l'expérience dans le processus de conceptualisation mathématique, a été effectuée dans le contexte de l'enseignement à des élèves sourds, de par une problématique spécifiquement orientée vers la communication. L'extension de cette prise de conscience à un contexte plus général dans la formation des enseignants pourrait contribuer à développer des démarches pédagogiques en mathématiques moins analytiques, moins réduites à des exercices formels, vidés de leur sens. Rendre tous les élèves plus actifs dans leurs apprentissages constituerait un réel progrès par rapport aux besoins évoqués dans le chapitre I.

De même, le choix que nous avons fait d'accompagner les enseignants dans la conceptualisation et la mise en oeuvre d'une démarche pédagogique appuyée sur la résolution de problèmes en mathématiques rejoint les préoccupations de l'inspection générale de mathématiques, consignées dans leur dernier rapport (Rapport n° 2006-034, juin 2006). Nous rappelons que le constat dominant de ce rapport souligne non seulement le *flou* qui caractérise cette notion chez les enseignants mais aussi leurs difficultés à envisager la résolution de problèmes, non comme une activité à part, mais comme fondatrice de tous les apprentissages mathématiques.

La conceptualisation d'une « démarche pédagogique adaptée »

Avoir choisi comme objet de savoir à construire en formation, le concept de démarche pédagogique adaptée, en vue de développer la conceptualisation mathématique chez des élèves sourds, pourrait être transposée avec bénéfice en direction d'un autre public : l'évolution des regards des enseignants sur la situation de handicap, de leur conscientisation par rapport à la prise en compte des besoins d'élèves sans les limiter à leurs déficits, de la nécessité de leur rendre leur statut d'élèves et d'œuvrer à leur autonomie, sont autant de considérations qui mériteraient d'être réinvesties dans d'autres domaines disciplinaires que les mathématiques, avec des enfants en situation de handicap pour d'autres raisons que la surdité, et peut-être même avec des enfants tout venant, puisque le propre d'un pédagogue est, dans tous les cas, d'adapter sa démarche pédagogique à son public, quelles que soient les compétences ou difficultés des élèves.

La prise en compte des différences et de l'hétérogénéité des élèves

Cette différenciation pédagogique, si elle est un horizon partagée par beaucoup, n'est, en aucun cas, et pour personne, une pratique systématique : adapter à chaque instant à chaque élève une situation d'apprentissage en tenant compte tout autant de ses stratégies d'apprentissage, de son rapport social au

savoir et de ses connaissances déjà stabilisées, exige de gérer un nombre énorme de décisions dans des temps extrêmement courts.

Nous avons fait appel dans le chapitre I, aux notes d'information du ministère de l'Education nationale sur les attentes des enseignants en formation : venait en première place leur besoin de développer des compétences pour prendre en compte dans leur enseignement les différences de leurs élèves. Besoin accru avec les perspectives ouvertes par la loi de 2005 sur l'obligation faite à l'école de scolariser tous les enfants, même lorsqu'ils sont en situation de handicap. Il semble que les résultats obtenus suite à la mise en place de nos scénarios en formation, pourraient justifier une ouverture en direction des enseignants en formation initiale. Les bilans de fin de formation de nos stagiaires mettent en avant une telle transférabilité. Ils nous disent en avoir tiré des bénéfices non seulement pour leurs élèves sourds mais pour tous les autres. Plus particulièrement, ce sont les professeurs du second degré qui sont le plus enclins à trouver des implications et applications dans leur démarche pédagogique « ordinaire ».

L'articulation théorie/pratique

L'articulation entre théories et pratiques appelle, selon P. Perrenoud, des « démarches de formation constructivistes, interactives, cliniques et différenciées » (Perrenoud, 1998, p.177). L'une des premières questions à laquelle ce travail a cherché à donner des réponses s'énonce comme suit : comment ne pas laisser à la seule charge du stagiaire le soin d'établir des relations entre une approche théorique dispensée au centre de formation et une expérience pratique sur le terrain ? C'est à cette question fondamentale que cherche à répondre aussi l'institution en promouvant une formation en alternance pour les enseignants. En quoi la démarche avancée dans le cadre de ce travail concourre-t-elle à améliorer l'articulation entre les deux pôles de développement de compétences ?

Dans le chapitre I, nous avons retenu de la pensée de Vygotski les deux sources d'intelligibilité du réel que sont les concepts scientifiques et les concepts quotidiens. Y. Clot relève que d'un côté Vygotski exprime sa méfiance à l'égard de l'habileté trop spécialisée, qui deviendrait routinière, qui « resterait enkystée dans une relation immédiate à son objet et ne pourrait, de ce fait, se généraliser », et par ailleurs il critique « le risque d'aveuglement inverse couru par une conceptualisation qui traite l'expérience en obstacle » (Clot, 1998, p.172). Nous avons conçu des scénarios de formation qui cherchent à éviter le repli sur soi de chacun des modes de connaissance du contexte professionnel d'un enseignant-stagiaire : les gestes professionnels issus de l'expérience et les savoirs théorisés hors contexte réel. Nous avons essayé de concevoir des scénarios et des démarches de formation qui prennent en compte les deux versants.

De cette recherche, il nous semble possible d'en retenir de façon générale, que pour tisser des liens entre les connaissances issues de la pratique et une pensée scientifique, il faut d'une part promouvoir l'action, d'autre part, faire en sorte que l'action, passée à « travers le crible de la pensée, se transforme

en une autre action, qui est réfléchie » (Vygotski, 1994, p.226). C'est dans ce but que nous avons privilégié dans les scénarios présentés, la mise en activité des stagiaires en situation et les échanges et confrontations entre collègues, pour qu'ils puissent se mettre à une distance suffisante de leur propre expérience. Pour comprendre une réalité complexe et s'y adapter, il apparaît qu'une démarche de formation qui s'efforce d'articuler théorie et pratique est incontournable : « les savoirs désincarnés sont certes de peu d'utilité, mais s'en remettre à sa seule expérience risque fort de ne pas suffire » (Garel, 2000). Or, les enseignants qui entrent actuellement dans le métier sont amenés à être confrontés de plus en plus à des situations d'enseignement complexes : la scolarisation de tous les élèves implique de développer de nouvelles compétences chez tous les enseignants.

Un mode de raisonnement inductif à développer chez les enseignants

Face aux nombreux paramètres qui sont en jeu dans les situations complexes qu'ils ont et auront à affronter, les enseignants doivent témoigner de disponibilité, de vigilance, et d'attention : il leur faut constamment analyser et sélectionner les informations pertinentes parmi celles qui surgissent. Nous avons vu que pour résoudre les problèmes rencontrés, l'expert n'utilise pas une procédure systématique (chapitre V). Sa décision n'est pas planifiée selon un algorithme, suite de règles à appliquer qui conduirait à coup sûr au résultat souhaité. Ne connaissant pas *a priori* les bonnes solutions, il privilégie le plus souvent, à partir des informations retenues, une approche heuristique reposant sur des hypothèses provisoires. Nous avons aussi évoqué les travaux de V. Tochon selon lequel, le mode de raisonnement privilégié reposerait en grande partie sur le « repérage des similitudes entre la situation qui se présente à lui et des situations déjà rencontrées ; il prendrait ses décisions en fonction des analogies repérées » (Tochon, 1993, p.139). Nous retrouvons ici les caractéristiques fondamentales des situations de conceptualisation que nous avons mises en scène dans notre démarche de formation.

CONCLUSION GENERALE

Nous avons une double visée, à la fois pragmatique, répondre directement à une demande sociale par une intervention en direction des enseignants, leur formation, et épistémique afin de tenter de produire des connaissances nouvelles sur les processus en cause à partir d'une réflexion sur cette action, notre action de concepteur de formation, et d'une analyse de ses effets. Les processus concernés se situent à plusieurs niveaux : la compréhension des représentations des enseignants sur les mathématiques et l'enseignement/apprentissage de cette discipline à des élèves sourds, l'ébranlement de ces représentations relativement aux places respectives d'un langage et de l'activité dans la conceptualisation mathématique et la conceptualisation d'un scénario pédagogique susceptible de favoriser la conceptualisation mathématique chez des élèves sourds. Ce faisant nous nous situons dans une perspective ergonomique qui cherche à articuler compréhension et action à propos de l'activité « réelle » du travail d'enseignant, de ses conditions d'exercice et de ses répercussions sur l'efficacité du travail dans un contexte donné.

Si nous avons argumenté en faveur de la transférabilité de certains paramètres qui caractérisent la démarche de formation que nous avons exposée ici, nous ne prétendons pas l'ériger en modèle de formation.

En tant que formateur, nous pensons qu'en pédagogie comme en éducation, un modèle peut difficilement exister et s'appliquer strictement à plusieurs situations. Nous pensons que la pédagogie est un lieu d'élaboration de pratiques originales dans lesquelles tous les facteurs ne sont pas objectivables ni maîtrisables. Il nous semble bien difficile dans ces conditions, d'évaluer l'efficacité d'une démarche pédagogique : une telle présomption reviendrait à considérer que l'on maîtrise toutes les variables. Par exemple, nous sommes convaincue que la personnalité du pédagogue est un paramètre décisif dans l'efficacité d'un scénario. De même, évaluer une telle efficacité pourrait revenir, en dernière limite, à négliger les initiatives des apprenants. C'est pourquoi, nous pensons avec Meirieu que « en matière pédagogique, la réussite n'est pas, n'est jamais, dans la perfection …La perfection verrouille... et c'est bien l'imperfection qui permet le travail permanent d'ajustement dans ce que nous nommons la métacognition » (Meirieu, 1993).

En tant que chercheur, les savoirs et résultats de notre travail sont modestes. Plus qu'une construction, c'est une reconstruction d'un corps de connaissances, une toute petite ouverture sur des phénomènes observés et mis en relation, que nous pensons avoir produite. Cette entreprise scientifique avait pour fonction essentielle de produire une nouvelle compréhension de la réalité scolaire, des enseignants et des élèves sourds. Cet éclairage peut-être nouveau, a été établi sur la base d'observations et d'actions sur cette réalité, pour faire émerger des relations entre les phénomènes et donner du sens à des phénomènes particuliers : sa finalité est d'améliorer l'action sur cette réalité. Il s'agit d'un petit

élément qui fait partie d'un ensemble de recherches dans le domaine spécifique de la formation, de l'enseignement des mathématiques et du développement des capacités cognitives des enfants sourds, avec une approche peut-être autre et complémentaire de celles qui existent déjà.

Nous avons cherché à dégager un sens et une cohérence, d'une situation complexe et singulière dans une approche compréhensive. L'enseignement des mathématiques aux élèves sourds, celui d'une discipline scolaire en général, la formation des enseignants, participent d'un projet social et culturel plus ou moins explicite. La pertinence scientifique supposée de ce travail ne se limite pas à des retombées éventuelles sur les actions pédagogiques des enseignants pour élèves sourds, mais réside aussi dans ses effets escomptés sur les pratiques enseignantes en général, et à travers elles, sur le développement des appétences et des compétences en mathématiques des élèves sourds comme de tous les élèves. En conséquence, ce travail vise non seulement la reconnaissance d'une pertinence théorique mais au-delà, celle d'une pertinence sociale.

Nous retenons principalement de notre recherche, trois conséquences qui nous semblent généralisables à la formation des futurs enseignants : (A) être confronté à un grand nombre de situations de type professionnel, (B) réfléchir les actions qui y sont mises en œuvre pour en dépasser la singularité, et (C) connecter les connaissances disciplinaires et méthodologiques aux situations professionnelles. C'est l'ensemble de ces situations et des conduites réfléchies qui constituent pour nous une formation par la conceptualisation.

(A) La rencontre avec de multiples situations professionnelles peut se décliner au centre de formation, dans des situations congruentes avec celles des élèves, fictives, simulées ou réelles, rapportées par ses pairs ou par lui-même, à partir de supports variés (oraux, écrits, vidéos). Notre recherche a montré qu'elles gagnent aussi à être des situations réelles, dans le lieu de l'alternance ou dans des classes où les stagiaires peuvent expérimenter. L'accompagnement des collègues experts ou des formateurs du centre de formation, consiste à problématiser les situations et à envisager et mettre en œuvre les solutions pour les résoudre. Cet accompagnement gagnerait à être renforcé.

(B) La réflexion, ancrée sur l'action, est conduite de façon à prendre en compte les données particulières propres à chaque situation, pour en dégager des points qu'elles ont en commun et construire, selon un processus inductif, des principes d'action généraux et adaptés à chaque situation. Les échanges avec des tiers sont propres à entraîner la mise à distance par rapport à sa propre pratique, à développer une démarche clinique qui va et vient entre l'expérience de terrain et la construction de savoirs professionnels.

(C) À partir des questions posées sur le terrain par l'enseignement des mathématiques, la recherche a montré que la réflexion disciplinaire doit être contextualisée dans un projet professionnel pour

constituer une grille de lecture pertinente des situations et apporter des éléments de réponses aux questions posées sur le terrain.

Au niveau de mon parcours personnel, je suis allée sur le terrain dans une nouvelle posture, à la rencontre des questions qui se posent pour en faire des objets de recherche et les transformer en questions scientifiques. Je me suis ainsi construit petit à petit une nouvelle identité, celle d'un chercheur qui souhaite mieux comprendre pour mieux agir.

Je me suis mise en situation congruente avec celle des stagiaires que je suis chargée de former. En identifiant des variables, en regroupant des phénomènes dans des catégories délimitées, en rationalisant et formalisant ce que j'ai acquis par l'expérience, je l'ai transformé en savoir, je l'ai conceptualisé à un niveau qui m'a permis de le transmettre, de le partager et de le soumettre au débat scientifique. De par la conception que j'ai actuellement, selon laquelle une recherche n'est pas seulement un produit mais un long processus qui s'inscrit dans la durée, je me sens engagée dans une entreprise qui n'est pas achevée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALIN, C. (2006), A propos du cahier des charges sur la formation des maîtres, http://www.cafepedagogique.net**,** 07-12-2006.

- ALTET, M. (1994), *La formation professionnelle des enseignants*, Paris, PUF.

- ALTET, M. (1996), Les compétences de l'enseignant professionnel : entre savoirs, schèmes d'action et adaptation, le savoir analyser, in PAQUAY, L., ALTET, M., CHARLIER, E., PERRENOUD, P., *Former des enseignants professionnels : Quelles stratégies ? Quelles compétences ?* Bruxelles, De Boeck Université, 3e édition 2001, pp. 28-40.

- ALTET, M. (2004), L'intégration des savoirs de sciences de l'éducation dans l'expertise enseignante : représentations et rapports aux savoirs professionnels des enseignants, in LESSARD, C., ALTET, M., PAQUAY, L., PERRENOUD, Ph., *Entre sens commun et sciences humaines*, Bruxelles, De Boeck, pp. 159-178.

- ARDECO, (2003), *Compétences complexes dans l'éducation et le travail. Qu'est-ce que la pensée ?* [CD Rom], Actes du colloque organisé par G. Vergnaud, Suresnes, Cnefei, juillet 1998.

- ARSAC, G., GERMAIN, G. & MANTE, M. (1988), *Problème ouvert et situation-problème,* Villeurbanne, IREM.

- ASTOLFI, J.-P. (1992), *L'école pour apprendre*, Paris, ESF.

- ASTOLFI, J.-P. & PETERFLVI, B. (1993), Obstacles et construction de situations en sciences expérimentales. *ASTER, 25*, pp. 193-216.

- ASTOLFI, J.-P. (1993), Trois paradigmes pour les recherches en didactique, *Revue française de pédagogie*, 103, pp. 5-18.

- ASTOLFI, J.-P. (2003), *Education et formation : nouvelles questions, nouveaux métiers*, Paris, ESF.

- AUDUC, J. -L., (2006), A propos des recommandations du H.C.E. pour la formation des maîtres, www.cafepedagogique.net **,** consulté le 01-12-2006.

- BACHELARD, G. (1938/1983), *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin.

- BAILLEUL, M. (2006), Des « savoirs didactiques » en formation d'enseignants de mathématiques, *Bulletin de l'APMEP*, n° 465, août 2006, pp. 505-520.

- BALACHEFF, N., *Une étude des processus de preuve en mathématiques chez les élèves de collège*, Thèse, Université Joseph Fourier, Grenoble, 1988.

- BANCEL, D. (1989), Créer une nouvelle dynamique de la formation des maîtres, *Rapport de la commission Bancel à Lionel Jospin Ministre d'état,* Paris, Ministère de l'Éducation nationale, de la Jeunesse et des Sports.

- BARBIER, J.-M. (1996, dir.), *Savoirs théoriques et savoirs d'action,* Paris, PUF.

-BARTH, B.-M. (1987), *L'apprentissage de l'abstraction*, Paris, Retz.

- BARUK, S. (1994), Langages : en mathématiques comme ailleurs, pour le meilleur et le pire, *Les Cahiers de Beaumont*, n°65/66, déc.1994.

- BASSIS, O. (1999), Cessez de leur poser des questions pour qu'ils s'en posent !, *Osez autrement,* Pour construire savoirs et compétences, FNAFPA-Europea.

- BEGUIN, P., & CLOT, Y. (2004), L'action située dans le développement de l'activité, *@ctivités, 1, (2)*, pp. 27-49, [en ligne], http://www.activites.org/v1n2.

- BELFAIS-DUQUESNE F.& BERTIN F., (2005), Etre et accueillir un adolescent sourd au collège, *La nouvelle revue de l'AIS*,1e trimestre 2005, n°29, pp. 99-113.

- BENOIT, H., BERTIN, F., CLAUDEL, F., DUQUESNE, F., VANBRUGGHE, A., (2003), Des UPI pour les déficients auditifs : une école d'ouverture, *La nouvelle revue de l'AIS*, 3e trimestre 2002, n°19, pp. 119-135.

- BENOIT, H., Comment en est-on venu à l'UPI ? Forme et signification d'un dispositif, *La nouvelle revue de l'AIS*, 1e trimestre 2003, n°21, pp. 33-48.

- BERTIN, F. (2000), *Le rôle de la LSF dans l'intégration des jeunes sourds*, Mémoire de DEA, dir. M. ABDALLAH-PRETCEILLE, non publié, octobre 2000.

- BERTIN, F. (2003), Intégration scolaire des élèves sourds et éducation bilingue : des objectifs contradictoires, *La nouvelle revue de l'AIS*, 1e trimestre 2003, n°21, pp. 139-148.

- BERTIN, F. & ABDALLAH-PRETCEILLE, M., (2003), Les enjeux d'une éducation bilingue et biculturelle pour les élèves sourds, *La nouvelle revue de l'AIS*, 3e trimestre 2003, n°21, pp. 91-100.

- BERTIN, F., CUXAC, C. (*coord*.) (2003), *La nouvelle revue de l'AIS*, Hors série, Langue des signes française ; enjeux culturels et pédagogiques, Suresnes, Editions du Cnefei, n°23, 3e trimestre 2003.

- BIDEAUD, J., HOUDE, O., PEDINIELLI, J.-L. (1993), *L'homme en développement*, Paris, PUF.

- BLANCHARD-LAVILLE, C. (1997), *Variations sur une leçon de mathématiques. Analyse d'une séquence : »l'écriture des grands nombres »*, Paris, L'Harmattant.

- BLANCHARD-LAVILLE, C. (2001), *Les enseignants entre plaisir et souffrance. Vers une écologie clinique du lien didactique*, Paris, PUF.

- BLANCHARD-LAVILLE C. (*dir*.), (2003), Mélanie tiens passe au tableau, une séance de cours ordinaire dans le prisme de la codisciplinarité, Paris, L'Harmattan.

- BODIN, A. (2006), Les mathématiques face aux évaluations nationales et internationales, PISA communication à l'EHESS, *APMEP*, [en ligne], http:/www.apmep.asso.fr., consulté en juillet 2007.

- BODNER-JOHNSON, B. (1986), The family environment and achievement of deaf students: a discriminant analysis, *Exceptional Children, 52*, pp. 443-449.

- BONAFE, F. (1993), Les narrations de recherche, *Repères-IREM*, n°12, 1993.

- BOURDIEU, P. (1993), *La misère du monde*, Paris, le Seuil.

- BOUTINET, J-P. (2004). *Vers une société des agendas. Une mutation des temporalités*. Paris : PUF

- BRASSARD, C., DAELE A., (2003), Un outil réflexif pour concevoir un scénario pédagogique intégrant les TIC, *Actes du colloque* **: «** Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain », Strasbourg.

- BRONCKART, J.-P. & BULEA, E. (2006)., La dynamique de l'agir dans la dynamique des discours, in J.-M. BARBIER & M. DURAND (*Eds*.), *Sujet, activité, environnement : approches, problèmes, outils*, Paris, PUF, pp. 105-134.

- BRONCKART, J.-P. , (2007, sous-presses), De l'activité collective à l'action et à la pensée individuelle. Pour une psychologie fermement vygotskienne, in *Activité humaine et conceptualisation : questions à Gérard Vergnaud*, Toulouse, Presses Universitaires du Mirail.

- BROUSSEAU, G., (1986), *Théorisation des phénomènes d'enseignement des mathématiques*, Thèse de doctorat, Bordeaux.

- BROUSSEAU, G. (1989), Utilité et intérêt de la didactique pour un professeur de collège, *Petit x*, n° 21, IREM de Grenoble.

- BROUSSEAU, G, (1998), *Théorie des situations didactiques, G*renoble, La Pensée sauvage.

- BROUSSEAU, G, (2000), Que peut-on enseigner en mathématiques à l'école primaire et pourquoi ?, *Repère IREM*, n° 38, janvier 2000, pp. 7-10.

- BROUSSEAU, G, (2004), Les représentations : étude en théorie des situations didactiques, *Revue des sciences de l'éducation, Vol. XXX*, no 2, 2004, p. 241 à 277, [en ligne], http://www.erudit.org/revue/rse/2004/v30/n2, consulté en septembre 2007.

- BRUNER, J. (1991), *Car la culture donne forme à l'esprit. De la révolution cognitive à la psychologie culturelle*, Eshel.

- CARON, F., (2004), Niveaux d'explicitation en mathématiques chez des étudiants universitaires, *Revue des sciences de l'éducation*, Vol. XXX, n° 2, 2004, pp. 279 à 301, [en ligne], http://www.erudit.org/revue/rse/2004/v30/n2, consulté en juin 2007.

- CARRE, P., MOISAN, A., POISSON, D. (1997), *L'autoformation : Psychopédagogie, ingéniere, sociologie*, Paris, PUF.

- CHARLOT, B., *Du rapport au savoir*, Anthropos, Paris, 1997.

- CHARLOT, B., BAUTIER, E., ROCHEX, J.-M., (1992), *Ecole et savoir dans les banlieues...et ailleurs*, Paris, A. Colin.

- CHARNAY, R. (1999), A la recherche du sens…, *Grand N*, n°64, IREM de Grenoble.

- CHARNAY, R. (2004), L'erreur peut être source de progrès, *Les cahiers pédagogiques* n ° 427, novembre 2004, pp.28-31.

- CHARRON, C., DUQUESNE, F., MARCHAND, M.-H., MELJAC, C., (2001), L'évaluation des conduites numériques des enfants en grande difficulté, in VAN HOUT, A., MELJAC, C., *Les troubles du calcul et dyscalculies chez l'enfant*. Paris, Masson, 2001.

- CHARRON, C. (2003), Comment appréhender le développement de la pensée ? Des approches mécaniste et conceptuelle à une lecture intégrée et relativiste, in *ARDECO*, Compétences complexes dans l'éducation et le travail. Qu'est-ce que la pensée ? [CD Rom], Actes du colloque organisé par G. Vergnaud, Suresnes, Cnefei, juillet 1998, pp. 455-463.

- CHARRON, C. MELJAC, C., PEYRAT, A.-M., NOEL, Y., DUQUESNE, F., VERGNAUD, G., GOMBERT, J.-E, (2004), *La compétence en « numéracie » est-elle garantie par le niveau de diplôme obtenu ?*, ANAlyse de la BASE de données en Numéracie IVQ 2002, Rapport final.

- CHEVALLARD, Y. (1985), *La transposition didactique*, Genève, La pensée sauvage.

- CHEVALLARD, Y. (1991), Dimension instrumentale, dimension sémiotique de l'activité mathématique, Actes du séminaire de didactique des mathématiques et de l'informatique, *Répertoire* 1990-1991 n° 122, pp. 103-107, Grenoble, LSD-IMAG/Université Joseph Fourier.

- CHEVALLARD, Y (2004), Pour une nouvelle épistémologie scolaire, *Les cahiers pédagogiques* n ° 427, novembre 2004, pp. 34- 36.

- CLENET, J. (1998). Accompagnement des apprentis formateurs et modélisations des pratiques pédagogiques, in *Autonomie et formation tout au long de la vie*, Lyon, Chroniques sociales, pp.146-154.

- CLENET, J. (2003), *L'ingénierie des formations en alternance*, Paris, L'Harmattan.

- CLENET, J. (2007), Complexité de l'approche qualitative et légitimation scientifique pour une genèse des possibles : relier pragmatique, épistémique, et éthique…, *Recherches qualitatives, hors série, numéro3*, 59-75, Actes du colloque Bilan et prospectives de la recherche qualitative, [en ligne], http://www.recherche-qualitative.qc.ca/hors_serie_3.html, consulté en juin 2007.

- CLENET, J. (2007), Apprendre et se former par alternance(s), [en ligne], http://passeport.univ-lille1.fr/claroline/API/document, consulté en juin 2007.

- CLOT, Y. (1998), *Le travail sans l'homme ? Pour une psychologie des milieux de travail et de vie*, La Découverte/Poche.

- CLOT, Y., FAITA, D., FERNANDEZ, G., SCHELLER, L., (2000), Entretiens en autoconfrontation croisée: une méthode en clinique de l'activité, *Pistes*, vol. 2, n°1, mai 2000, [en ligne], http://www.pistes.uqam.ca/v2n1/articles/v2n1a3.htm, consulté en mai 2007.

- CNDP, (1980), Contenus de formation à l'école élémentaire, cycle moyen, CNDP, 1980, p. 41.

- CONNES, F., (2003), Discussion et perspectives, in *ARDECO*, Compétences complexes dans l'éducation et le travail. Qu'est-ce que la pensée ? [CD Rom], Actes du colloque organisé par G. Vergnaud, Suresnes, Cnefei, juillet 1998, pp. 472-477

- CONNES, F., (2004), Problèmes de transposition didactique, *Petit x*, 64, pp. 62-81.

- COURTIN, C. (1998), *Surdité, langue des signes et développement cognitif*, Thèse de doctorat en psychologie, Université Paris V, 1998.

- COURTIN, C. (2000), The impact of sign language on the cognitive development of deaf children: the cases of theories of mind, *Journal of Deaf Studies and Deaf Education, 5*, pp. 266-276.

- COURTIN, C. (2002), Le développement de la conceptualisation chez l'enfant sourd, *La nouvelle revue de l'AIS*, 1e trimestre 2002, n°17, pp. 181-195.

- COURTIN, C. (2005a), Evaluation conceptuelle : qu'évalue-t-on exactement ?, *La nouvelle revue de l'AIS*, Actes du colloque de Suresnes des 9 et 10 décembre 2003, pp. 45-51.

- COURTIN, C. (2005b), Langue des signes française, français oral, Langue française parlée complétée et développement de la lecture-écriture chez l'enfant sourd, quelle complémentarité ?, *La nouvelle revue de l'AIS*, hors série : Enseigner en LSF, juin 2005, pp. 37-44.

- COURTIN, C., MELOT, A.-M. (2006), Le développement cognitif de l'enfant sourd : le cas des théories de l'esprit, in HAGE, C., CHARLIER, B., LEYBAERT, J., *Compétences cognitives, linguistiques et sociales de l'enfant sourd. Pistes d'évaluation*, Belgique, Mardaga, pp. 165-184.

- CUXAC, C. (1993), La langue des signes : construction d'un objet scientifique, in La Parole des Sourds, Psychanalyse et Surdités, *Psychanalystes* n° 46/47, Revue du collège de psychanalystes, pp. 97-115.

- CUXAC, C ; (1996), *Fonctions et structures de l'iconicité des langues des signes*, thèse de doctorat d'état, Université rené Descartes, Paris V.

- CUXAC, C. (2000), *La Langue des Signes Française (LSF) ; les voies de l'iconicité*, Faits de langues 15/16, Ophrys, Paris, 2000.

- CUXAC, C. (2003), Une langue moins marquée comme analyseur langagier : l'exemple de la LSF, *La nouvelle revue de l'AIS*, Langue des signes française ; enjeux culturels et pédagogiques, Suresnes, Editions du Cnefei, n°23, 3e trimestre 2003, pp. 19-31.

- CUXAC, C. (2005), Les Langues des signes : une perspective sémiogénétique, Présentation, Acquisition et Interaction en Langue Étrangère, [En ligne], http://aile.revues.org/document495.html, mis en ligne le : 14 décembre 2005, consulté en avril 2006.

- DALLE, P. (2005), Histoire et philosophie du projet bilingue, *La nouvelle revue de l'AIS*, hors série : Enseigner et apprendre en LSF : vers une éducation bilingue, juin 2005, pp. 7-18.

- DECAVES, A., (2001), L'apprentissage du sens, certes! Mais dans quel sens prendre le sens? *In* J.-C. LEBRETON (dir.), *Actes du XXVIIIe colloque COPIRELEM sur la formation des professeurs* (pp. 75-98), Tours, IREM d'Orléans-Tours.

- DE LANDSHEERE, G. (1982), *Introduction à la recherche en éducation*, Paris, Armand Colin.

- DELAPORTE, Y. (2002), *Les sourds, c'est comme ça*. Paris, Édition de la Maison des sciences de l'homme, 2002,

- DE LAVERGNE, C. (2007), La posture du praticien-chercheur : un analyseur de l'évolution de la recherche qualitative, *Recherches qualitatives, hors série, numéro 3*, pp. 28-43, Actes du colloque Bilan et prospectives de la recherche qualitative, [en ligne], http://www.recherche-qualitative.qc.ca/hors_serie_3.html, consulté en avril 2007.

-DEMOL, J.-N., POISSON, D., GERARD, C. (2003), *Accompagnement en formation d'adultes*, Les cahiers d'études du CUEEP, n°50-51, avril 2003.

- DESMARETS, A., JADIN, A., ROUCHE, N., SARTIAUX, P. (1997), Oh, moi les maths…, Talus d'approche.

- DE TERSSAC, G. (1996), Savoirs, compétences et travail, in J.-M. BARBIER (dir.), *Savoirs théoriques et savoirs d'action*, Paris, Presses universitaires de France, pp. 223-247.

- DEVELAY, M. (1992), *De l'apprentissage à l'enseignement*, Paris, ESF.

- DEVELAY, M. (1994), *Peut-on former des enseignants ?* , Paris, ESF.

- DEVELAY, M. (1996), Raisonner et résonance, *Cahiers Pédagogiques*, n°344/345, mai-juin 1996.

- DEWEY, J. (1938/1993), *Logique. La théorie de l'enquête*, Paris, Presses Universitaires de France.

- DIAS, T. (2004), A l'école élémentaire, une science expérimentale ?, *Les cahiers pédagogiques* n ° 427, novembre 2004, pp. 25-27.

- DOISE, W. & MUGNY, G., (1981), *Développement social de l'intelligence*, Inter Editions, Paris.

- DONNAY, J. (2001), Chercheur, praticien même terrain ?, *Recherches qualitatives, 22*, pp. 34-53, [en ligne], http://www.recherchequalitative.qc.ca/volume22.html, consulté en avril 2007.

- DOUADY, R. (1986). Jeux de cadre et didactique outil-objet. *Recherches en didactique des mathématiques, 7*(2), pp. 5-31.

- DOUADY, R., (2000), Les mathématiques au collège, *Repères-IREM*, n° 38, janvier 2000, pp. 11-13.

- DOUAIRE, J.et *al.* (2004), *Argumentation et disciplines scolaires*, INRP.

- DROUHARD, J.-P., (1995), Algèbre, calcul symbolique et didactique, *Actes de la VIIIe Ecole d'Eté*

de Didactique des Mathématiques.

- DUBREUIL, B. (2001), L'intégration : moyens ou finalités ? Intégration ou réintégration ?, *Communautés éducatives*, 117, pp. 6-18.

- DUFAYS, J.-L. (2006), « Au carrefour de trois méthodologies : une recherche en didactique de la lecture littéraire », in *L'analyse qualitative en éducation, des pratiques de recherche aux critères de qualités, Hommage à Michael Huberman*, Bruxelles, Editions De Boeck Université, pp. 143-164.

- DUQUESNE, F. (1998), Compétences arithmétiques : une aide au diagnostic et à l'action pédagogique, *A.N.A.E.*, Du bilan neuropsychologique aux démarches pédagogiques, n° 49 /50, pp. 189-192.

- DUQUESNE, F., (1999), Compétences arithmétiques : une aide au diagnostic et à l'action pédagogique, *Rééducation orthophonique*, Les activités logico-mathématiques, pp. 81-91.

- DUQUESNE, F., (2001), *Apprendre à raisonner à l'école et au collège*, Suresnes, Editions du Centre National de Suresnes.

- DUQUESNE, F., (dir.), (2002), Actes du colloque « conceptualisation et surdité », Cnefei, 10 et 11 mai 2001, L*a nouvelle revue de l'AIS*, n°17, 1e trimestre 2002, pp. 163-236.

- DUQUESNE, F., (2003 a), L'ECPN : des situations problèmes pour évaluer les principales fonctions du nombre, *GLOSSA*, Ve rencontres d'orthophonie, n°83, mars 2003, pp. 4-20.

- DUQUESNE, F., (2003 b), Quelques difficultés à surmonter pour enseigner les mathématiques à des élèves handicapés moteurs en UPI, *La nouvelle revue de l'AIS*, 1e trimestre 2003, n°21, pp. 149- 157.

- DUQUESNE, F., (2004), Les dyscalculies de l'enfant IMC : de la maternelle au collège, *La nouvelle revue de l'AIS*, 3e trimestre 2004, n°27, pp. 103- 113.

- DUQUESNE-BELFAIS, F. (2005), Les apprentissages mathématiques dans une éducation bilingue LSF/français, *La nouvelle revue de l'AIS*, hors série : Enseigner en LSF, juin 2005, pp. 119-129.

- DUQUESNE-BELFAIS, F., BRUN, A., VANBRUGGHE, A., VIALLEFOND, M. (2005), Des ateliers pour apprendre à conceptualiser, Conceptualisation et Surdité. La place de l'expérience et des langages dans la construction de concepts, Actes du colloque de Suresnes des 9 et 10 décembre 2003, *La nouvelle revue de l'AIS*, n°31, 3e trimestre 2005, p. 52-63.

- DUQUESNE-BELFAIS, F. (2006), Les difficultés en arithmétique des enfants dyspraxiques, *ANAE* n° 88/89, novembre-décembre 2006, vol. 18, pp. 184-190.

- DUQUESNE, F. & MELJAC, C. (2007 sous presses), Les concepts sont-ils démodés ?, in MERRI, M., (*coord.*), *Activité humaine et conceptualisation. Questions à Gérard Vergnaud*, Toulouse, Presses Universitaires du Mirail, (sous presses), novembre 2007.

- DUVAL, R. (1995), *Sémiosis et pensée humaine. Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*, Berne, Peter Lang.

- DUVAL, R. (.2003), L'organisation visuelle des tableaux, *Spirale* n°32, Université Lille3.

- DUVERT, R., (1996), *Langage et raisonnement*, IREM de Picardie.

- DUVERT, R., & ZAKHARTCOUK, J.-M., (1999), *52 outils pour un travail commun au collège*, CRDP de l'académie d'Amiens.

- EQUIPE « Elémentaire » de l'IREM de Grenoble, (1980), Quel est l'âge du capitaine ?, *Bulletin de l'APMEP*, n°23.

- ERMEL, (1999), *Vrai? Faux? ... On en débat!,* Paris, INRP.

- ERMEL, Equipe I.N.R.P., (1991), *Apprentissages mathématiques en* 6e, **,** Paris, Hatier.

- ETIENNE, R. (2007), L'analyse de situations d'éducation et de formation entre la clinique et l'ingénierie, Recherches qualitatives, Hors série n°3, Actes du colloque Bilan et Prospectives de la recherche qualitative, [en ligne], http://www.recherche-qualitative.qc.ca, consulté en avril 2007.

- FABRE, M. & VELLAS, E. (dir.), (2006), *Situations de formation et problématisation,* Bruxelles, De Boeck Université.

-FISCHER, J.-P., (2004), Les différences cognitives entre sexes : une autre approche et d'autres observations, *Pratiques psychologiques,* 10, pp. 401-413.

- FOUGERES, D., (1993), Inventaire des difficultés de lecture en mathématiques, *Cahiers Pédagogiques,* n°316, septembre 1993.

-FRACKOWIAK, P., (2006), Si l'on veut réellement changer la formation des enseignants, il faut avoir le courage d'affirmer que le modèle dit applicationniste a vécu, A propos des recommandations du H.C.E. pour la formation des maîtres, [en ligne], http://www.cafepedagogique.net **,** consulté le 01-12-2006.

- FRANCOIS, F., (1989), Langage et pensée : dialogue et mouvement discursif chez Vygotski et Bakhtine, *Enfance*, t. 42, n°1-2/1989.

- FUSELLIER-SOUZA, I., (2004), *Sémiogenèse des langues des signes. Étude de langues des signes primaires (LSP) pratiquées par des sourds brésiliens*, thèse de doctorat sous la direction de C. Cuxac, Université Paris 8, Saint-Denis, 2004.

- FUSELLIER-SOUZA, I., LEIX, J. (2005), L'expression de la temporalité en Langue des signes française (LSF), Conceptualisation et Surdité. La place de l'expérience et des langages dans la construction de concepts, Actes du colloque de Suresnes des 9 et 10 décembre 2003, *La nouvelle revue de l'AIS*, n°31, 3e trimestre 2005, pp. 21-44.

- GAILLARD, J.-F. & BRAGA, L.-W., (2004), Calcul et langage dans le développement et les troubles d'apprentissage, in COUTERET, P., *Les troubles spécifiques du langage oral et écrit,* [CD Rom], Scerén, CRDP, Nord Pas-de-Calais,

- GAREL, J.-P., (2000), Professionnaliser la formation des enseignants, *La nouvelle revue de l'AIS n°10,* 2e trimestre 2000, pp. 29- 41.

- GAREL, J.-P. & DUQUESNE, F., (2004), Enseigner à des élèves présentant une dyspraxie visuo-spatiale. Illustrations en mathématiques et en EPS, *La nouvelle revue de l'AIS n°27,* 3e trimestre 2004, pp. 53- 66.

- GERARD, C. (2005), *Action - recherche // recherche - action en formation, c'est-à-dire conjoindre l'expérience, la science et l'art, afin de les relier aux « Sciences Nouvelles d'ingénierie » en émergence,* Actes du Colloque « Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique », Cerisy, pp. 23-30, juin 2005.

- GIORDAN, A., (1999), (Re) construire les connaissances, *Sciences Humaines*, n°98, Octobre 1999.

- GIRODET, M.-A., (1996), *L'influence des cultures sur les pratiques quotidiennes de calcul*, Paris, Didier.

- GOHIER, C. (2004), De la démarcation entre critères d'ordre scientifique et d'ordre éthique en recherche interprétative, *Recherches qualitatives, 24,* pp. 3-17, [en ligne], http://www.recherche-qualitative.qc.ca/volume24.html, consulté en avril 2007.

- GOHIER, C., ANADON, & al. (2001), La construction identitaire de l'enseignant sur le plan professionnel : un processus dynamique et interactif, *Revue des sciences de l'éducation*, Vol. XXVII, no 1, 2001, pp. 3 à 32, [en ligne], http://www.erudit.org/revue/rse/2001/v27/n1/000304ar.pdf, consulté en mai 2007.

- GOIGOUX, R., CEBE, S., ROBERT, A., ELALOUF, M.-L. (2005), Améliorer la formation initiale des enseignants, Article pédagogique n°58, |en ligne], http://www.cafepedagogique.net, 18-01-2005, consulté le 01-12-2006.

- HAGE, C., CHARLIER, B., LEYBAERT, J., (2006), *Compétences cognitives, linguistiques et sociales de l'enfant sourd. Pistes d'évaluation*, Belgique, Mardaga.

- HAEUW, F. (2004), L'évolution des compétences des formateurs dans les dispositifs de formation ouverte, Innover en formation des maîtres et des formateurs d'adultes, *Les cahiers d'études du CUEEP*, n°54, Lille, USTL-CUEEP, juin 2004, pp.109-129.

- HEURTIER, E. (2004), *L'adaptabilité des comportements de communication dans des situations d'apprentissage interactif. L'adaptation des enfants entendants à un interlocuteur déficient auditif à l'école primaire,* ANRT diffusion, thèse soutenue le 7 octobre 2004, Grenoble.

- HITT, F. (2004), Les représentations sémiotiques dans l'apprentissage de concepts mathématiques et leur rôle dans une démarche heuristique**,** *Revue des sciences de l'éducation*, Vol. XXX, n° 2, 2004, p. 329 à 354

- HOUDE, O., KAYZER, D., KOENIG, O., PROUST, J. et RASTIEN, F., (1998), *Vocabulaire de sciences cognitives*, Paris, PUF.

- HOUDEMENT, C. (2004), Programmes de mathématiques 2002 : conceptions, perspectives et limites, *Actes du 31^{e} colloque de la COPIRELEM*, Paris, IREM Paris 7.

- INPES, La surdité de l'enfant. Guide pratique à l'usage des parents, *Dossiers Varia*, Ed. INPES, octobre 2005.

- JONNAERT, P. (2002), *Compétences et socioconstructivisme*, Bruxelles, De Boeck.

- JONNAERT, P., VANDER BORGHT, C. (2003), *Créer des conditions d'apprentissage. Un cadre de référence socioconstructiviste pour une formation didactique des enseignants*, Bruxelles, De Boeck.

- JONNAERT, P. (2003), *Compétences, actions, situations et problématisation*, Texte de l'intervention de Ph. Jonnaert aux rencontres du REF 2003 à Genève, [en ligne], http://www.ore.uqam.ca/Documentation/Jonnaert.

- JONNAERT, P. (2006), Action et compétence, situation et problématisation, in M. FABRE & E. VELLAS, *Situations de formation et problématisation*, Bruxelles, De Boeck Université, pp. 31-39.

- JONNAERT, P. (2007), Constructivisme, Site *ORE/UQAM*, mars 2007, [en ligne], http://www.ore.uqam.ca/Documentation/Jonnaert, consulté en mai 2007.

- JULO, J. (1995), *Représentation des problèmes et réussite en mathématiques*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes.

- JULO, J. (2003), Le pétrolier fait-il fausse route ?, *Cahiers Pédagogiques*, n°316, septembre 1993.

- JOHSUA, S. et DUPIN, J.- J., (1993), *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*, Paris, PUF.

- KAHANE, J.-P., (2004), Est-il bien utile d'enseigner les maths ?, *Les cahiers pédagogiques* n° 427,

novembre 2004, pp. 11-13.

- KUNTZ, G., (2000), Enseigner les mathématiques dans l'enseignement obligatoire : pour qui ? Pourquoi ?, *Repère-IREM*, n°38, janvier 2000, pp. 27- 29.

- LAKATOS, I. (1984), *Preuves et réfutations*, Paris, Hermann.

- LANGEVIN, P. (1964), *La pensée et l'action*, Paris, Éditions sociales.

-LAROCHE, F. (2004), Ce que crée veut dire, *Cahiers pédagogiques*, n°427, novembre 2004, pp. 19-21.

- LAVIGNE, C, Interroger « l'évidence » de la scolarisation des enfants sourds en milieu ordinaire, in *Scolarisation des élèves en situation de handicap ou de difficulté*, Actes du colloque inaugural, 20, 21 octobre 2006, Editions de l'INS HEA, Suresnes, 2006, pp.81- 97.

- LE BOTERF, G., (2001), *Construire les compétences individuelles et collectives*, Paris, Editions d'organisation.

- LEGRAND, M. (1997), La problématique des situations fondamentales et l'approche anthropologique, *Repères-IREM*, n°27, avril, 1997, pp. 81-125.

- LEGRAND, J.-L. (2000). *Implexité : implication et complexité*, Paris, Université Paris 8, [en ligne], http://www.fp.univparis8.fr/recherches/JLLeGrandimplexite.html, consulté en septembre 2007.

- LEROUX, L., LECORRE, T. (2007), Le débat scientifique en classe, *PLOT* n°19, APMEP, [en ligne], http://www.apmep.asso.fr/spip.php?article1784, consulté en septembre 2007.

- LE MOIGNE, J.-L. (2003), *La complexité de la formation appelle-t-elle des stratégies d'alternance ?*, Grand Atelier MCX « Formation et Complexité » de Lille 18 et 19 décembre 2003, [en ligne], http://cueep.univ-lille1.fr/mcx, consulté en août 2007.

- LEONTIEV, A. (1975/1984), *Activité, conscience, personnalité, traduction française*, Moscou, Editions du progrès.

- LEROUGE, A. (2000), LA notion de cadre de rationalité à propos de la droite au collège, *Recherches en didactique des mathématiques*, Vol 20-2, 2000.

- LEROUGE, A. (2003), Un dispositif innovant de conseil pédagogique: la visite de classe formative, *Tréma*, n° 20-21, avril 2003, IUFM de Montpellier.

- LOUIS, J.-M., RAMOND, F. (2006), *Scolariser l'élève handicapé*, Paris, Dunod.

- MARCHAND, M-H, CAUCHET C., DUQUESNE, F. (1998), De l'utilisation des tests de mathématiques, *A.N.A.E.*, Du bilan neuropsychologique aux démarches pédagogiques, n° 49 /50.

- MARSCHARK, M., SPENCER, P.E. (Eds.) (2003), *Oxford handbook of deaf studies, language, and education*, New York, NY, Oxford University Press.

- MARSCHARK, M., CONVERTINO, C., LAROCK, D. (2006), L'évaluation dans le domaine de la cognition, de la communication et des apprentissages chez les élèves et étudiants sourds, in HAGE, C., CHARLIER, B., LEYBAERT, J., *Compétences cognitives, linguistiques et sociales de l'enfant sourd. Pistes d'évaluation*, Belgique, Mardaga, pp. 26-53.

- MASCIOTRA, D. (2006), Situation-problème, relationalité et Spielraum, in M. FABRE & E. VELLAS, *Situations de formation et problématisation*, Bruxelles, De Boeck Université.

- MEIRIEU, P. (1988), *Apprendre…oui, mais comment*, Paris, ESF.

- MEIRIEU, P. (1992), *Enseigner. Scénario pour un métier nouveau,* Paris, ESF.

- MEIRIEU, P. (1993), Le statut de la pédagogie dans la réflexion éducative contemporaine ou à quelles conditions la pédagogie peut-elle encore espérer changer l'École?, Communication à la Société suisse de recherche en éducation, Locarno, [en ligne], http://www.meirieu.com/ARTICLES/locarno93.pdf, consulté en avril 2007.

- MEIRIEU, P. (1997), Groupes d'apprentissage, *Connexions n°68,* [en ligne], http://www.meirieu.com/ARTICLES/groupesetapprentissages.pdf, consulté en avril 2007.

- MELJAC, C, (2003), *Qui donc a inventé les maths ?* Collection « Brins de psycho », Ed L. Audibert.

- MERCIER, A. (2000), Les situations didactiques et mathématiques, *Petit dictionnaire à l'usage des débutants*, [en ligne], http://recherche.aix-mrs.iufm.fr/publ/voc/n1/mercier3/index.html, consulté en août 2007.

- MERRI, M., (*coord.*), (2007), *Activité humaine et conceptualisation. Questions à Gérard Vergnaud,* Toulouse, Presses Universitaires du Mirail, (sous presses), Novembre 2007.

- MEYNARD, A. (2002), *Quand les sourds prennent la parole,* Toulouse, Erès.

- MILES, M.B., et HUBERMAN, A.M. (2003), *Analyse des données qualitatives* (2e éd.), Bruxelles, De Boeck.

- MORIN E., (1999), *Relier les connaissances, le défi du XXIème siècle,* Paris, Seuil.

- MOTTEZ, B. (1979), La surdité dans la vie de tous les jours, *Publication du CTNERHI*, (étude effectuée en 1978-1979).

- MOTTEZ, B. (2006), *Les sourds existent-ils ?, Textes réunis par A. Benvenuto*, Paris, L'Harmattan.

- MUCCHIELLI, A. (2006), Les processus intellectuels fondamentaux sous-jacents aux techniques et méthodes qualitatives, *Recherches qualitatives, hors série, numéro 3,* 1-27, Actes du colloque Bilan et prospectives de la recherche qualitative, [en ligne], http://www.recherche-qualitative.qc.ca/hors_serie_3.html, consulté en avril 2007.

- NADOT, S. (dir.), (2003), L'analyse de pratiques dans le discours de la formation , in *Analyse de pratiques et professionnalité des enseignants*, Les Actes de la Desco, Université d'automne, 28, 29, 30, 31 octobre 2002, CRDP Basse-Normandie, 2003, pp. 15-22.

- NIMIER, J. (2006), *Camille a la haine et… Léo adore les maths. L'imaginaire dans l'enseignement,* Lyon, Aléas.

- NIMIER, J. (2007), La logique des associations d'idées, [en ligne], http://perso.orange.fr/jacques.nimier/page644.htm, consulté en septembre 2007.

- NONNON, E. (1995), Echos et résonances : stratification des parcours d'apprentissage et pluralité des fonctions de la verbalisation, in *Chacun, tous... différemment !*, *Rencontres pédagogiques* n°34, Paris, INRP.

-NUNES, T. & MORENO, C. (1998), Is hearing impairment a cause of difficulties in learning mathematics?, in C. Donlan (Ed.), The development of mathematical skills (pp. 227-254). Hove (UK): Psychology Press.

- OUDART, A.-C., (2004), Formation de formateurs « par et pour » la production collective d'outils pédagogiques, Innover en formation des maîtres et des formateurs d'adultes, *Les cahiers d'études du CUEEP*, n°54, Lille, USTL-CUEEP, juin 2004, pp. 129-143.

- OUDART, A.-C., (2005), De l'analyse de l'activité à l'ingénierie didactique, *Les cahiers d'études du CUEEP*, n°56, Lille, USTL-CUEEP, juin 2005, pp. 111-128.

- PALLASCIO, R., (2000), *Vers une contextualisation des apprentissages par compétences*, [en ligne], http://www.ore.uqam.ca, consulté en avril 2007.

- PAQUAY, L., ALTET, M., CHARLIER, E., PERRENOUD, P. (2001), *Former des enseignants professionnels : Quelles stratégies ? Quelles compétences ?* Bruxelles, De Boeck Université.

- PASTRE, P. (1997), Didactique professionnelle et développement, *Psychologie Française*, 42(1), pp.89-100.

- PASTRE, P. (1999), La conceptualisation dans l'action : bilan et perspectives nouvelles. *Education Permanente, 139*, pp. 13-35.

- PASTRE, P. (2003), Le rôle de la conceptualisation dans la construction des compétences professionnelles, in *ARDECO*, Compétences complexes dans l'éducation et le travail. Qu'est-ce que la pensée ? [CD Rom], Actes du colloque organisé par G. Vergnaud, Suresnes, Cnefei, juillet 1998, p.392-399.

- PERRENOUD, Ph. (1997), *Construire des compétences dès l'école*, Paris, ESF.

- PERRENOUD, Ph. (1998), De l'alternance à l'articulation entre théories et pratiques, in M. TARDIF, C. LESSARD, C. GAUTHIER (*dir*), *Formation des maîtres et contextes sociaux*, Paris, PUF.

- PERRENOUD, Ph. (1999), *Dix nouvelles compétences pour enseigner*, Paris, ESF.

- PERRENOUD, Ph. (2001a), *Développer la pratique réflexive dans le métier d'enseignant. Professionnalisation et raison pédagogique*, Paris, ESF.

- PERRENOUD, Ph. (2001b), *La place de l'analyse du travail réel en formation initiale : transposition et dispositifs*, [en ligne], http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_2001/2001_28.html, consulté en avril 2007.

-PERRET-CLERMONT, A.-N., (1979), *La construction sociale de l'intelligence*, Berne, Peter Lang.

- PIAGET, J. (1936), *La construction du réel chez l'enfant*, Neuchâtel, Delachaux & Niestlé.

- PIAGET, J. (1974), *La prise de conscience*, Paris, PUF.

- PLAISANCE, E., VERGNAUD, G. (1993), *Les sciences de l'éducation*, Paris, La Découverte.

- PLAISANCE, E. (1999), Quelle intégration ?, *La nouvelle revue de l'AIS*, n°8, 4e trimestre 1999, pp. 61-74.

- POISSON, D. (2002), Modélisation des processus de médiation-médiatisation : vers une biodiversité pédagogique, Lille, *CUEEP-USTL*-Trigone.

- POISSON, D. (2004), Autoformation et alternance : accompagner l'autodirection des apprentissages dans l'IUP des Métiers de la formation, *Les cahiers d'études du CUEEP*, n°54, Lille, USTL-CUEEP, juin 2004, pp. 27-39.

- POISSON, D. (2007), *Les piliers de l'autoformation en questions ? Fondements théoriques et pratiques des ingénieries des dispositifs de formations ouvertes à visée autonomisante*, 7e colloque européen sur l'autoformation, 18-19 mai 2007, www.infa.fr/autoformation.

- POLYA, G. (1967), *La découverte des mathématiques*, Tomes 1 et 2, Paris, Dunod.

- POPPER, K. (1991), *La connaissance objective*, Paris, Aubier (1e édition, 1972).

- PRAIRAT, E. et RETORNAZ, A. (2002), La polyvalence des maîtres en France : une question en débat, *Revue des sciences de l'éducation*, Vol. XXVIII, no 3, 2002, p. 587 à 615, [en ligne], http://www.erudit.org/revue/rse/2002/v28/n3/008335ar.pdf, consulté en avril 2007.

- PRESSEAU, A. (2000), Analyse de l'efficacité d'interventions sur le transfert des apprentissages en mathématiques, *Revue des sciences de l'éducation*, Vol. XXVI, n° 3, 2000, pp. 515-544, [en ligne], http://www.erudit.org/revue/rse/2000/v26/n3/000289ar.pdf, consulté en mai 2007.

- RABARDEL, P., SAMURCAY, R. (1995) : *Compétences au travail : réflexions pour un cadre théorique constructiviste*, 2nd Colloque Work process Knowledge : Theorical Approaches of competences at Work, Courcelles-sur-Yvettes, 19-21 octobre 1995.

- RABARDEL, P. et PASTRE, P. (*dir*.), (2005), *Modèles du sujet pour la conception. Dialectiques activités développement*, Toulouse, Octarès.

- RAVAUD, J.-F. (1995), La scolarisation des enfants handicapés, in TRIOMPHE, A., *Les personnes handicapées en France*, Données sociales, Paris, Éditions CTNERHI et INSERM, pp. 93-95.

- RICHARD, J.F. (1990), *Les activités mentales, comprendre, raisonner, trouver des solutions*, Paris, Armand Colin.

-ROBERT, A. et ROBINET, J., (1989), Représentations des enseignants de mathématiques sur les mathématiques et leur enseignement, *Cahier de Didirem*, Université - Paris VII, IREM.

- ROGALSKI, J., (2004), La didactique professionnelle : une alternative aux approches, de « cognition située » et «cognitiviste » en psychologie des acquisitions, *@ctivités, 1* (2), 103-120, [en ligne], http://www.activites.org/v1n2, consulté en juin 2007.

-ROQUET, P. (2004). Temporalités biographiques et temporalités institutionnelles : la construction identitaire de l'ingénieur promu. *Savoirs*, 4, pp. 99-121.

- ROUCHE, N. et LISMONT, L. (1999), Dire et écrire des mathématiques, *Bulletin APMEP*, n°423, septembre-octobre 1999.

- ROUCHE, N., (2000), Comment repenser l'enseignement de la géométrie, *Bulletin APMEP*, n°430, septembre-octobre 2000.

- SALLANDRE, M.-A., (2003), *Les unités du discours en Langue des Signes Française. Tentative de catégorisation dans le cadre d'une grammaire de l'iconicité*, Thèse de doctorat, Université Paris 8, Saint-Denis, 2003.

- SAMURCAY, R., PASTRE, P. (1995), La conceptualisation des situations de travail dans la formation des compétences, *Education Permanente, 123*, pp. 13-31.

- SAMURCAY, R., PASTRE, P. (1998), *L'ergonomie et la Didactique. L'émergence d'un nouveau champ de recherche : Didactique professionnelle*, Actes des journées Recherche et Ergonomie, Toulouse, février 1998.

- SAVOYANT, A., (2003), Compétence, performance et activité, in *ARDECO*, Compétences complexes dans l'éducation et le travail. Qu'est-ce que la pensée ? [CD Rom], Actes du colloque organisé par G. Vergnaud, Suresnes, Cnefei, juillet 1998, p. 411-418.

- SCHON, D. A. (1994), *Le praticien réflexif*, Montréal, Editions Logiques.

- SERRES, M., (1992), *Eléments d'histoire des sciences*, Paris, Bordas cultures.

- STERN, E. (1993), What makes certain arithmetic word problems involving the comparison of sets so difficult for children? *Journal of educational psychology*, 85, pp.7-23.

- SCHWARTZ, R. B., (2007), Les préoccupations concernant l'offre et la qualité des enseignants inspirent de nouvelles politiques dans de nombreux pays de l'OCDE. Voici pourquoi, *L'Observateur de l'OCDE* Nº 261, Mai 2007.

- TARDIF, M. LESSARD, C., Gauthier (dir.), (1998), *Formation des maîtres et contextes sociaux*, Paris, PUF.

- TOCHON, V., (1993), *L'enseignant expert*, Paris, Nathan.

- TREMBLAY, R. & CHARRON, F., (1992), *Conceptualisation et surdité*, Québec, Cégep du Vieux Montréal.

-VAN BORGHT, C., (2006), Du côté de la formation des enseignants en sciences : concevoir des problèmes, in FABRE, M. & VELLAS, E. (dir.), (2006), *Situations de formation et problématisation*, Bruxelles, De Boeck Université, pp. 125-143.

- VARELA, F. (2004). *Quel savoir pour l'éthique?* Paris, la Découverte.

- VELLAS, E. (2002), Une gestion orientée par une conception « auto-socio-constructiviste », in J. FIJALLKOW & Th. NAULT (*Eds*), *La gestion de la classe*, pp.103-128, Bruxelles, De Boeck.

- VERDIER, N. (2000), *Qu'est-ce que les mathématiques ?*, Le pommier-Fayard.

- VERGNAUD, G. (1990), La théorie des champs conceptuels, *Recherches en didactiques des mathématiques*, 10 2/3, Grenoble, La pensée sauvage, 1990, pp.133-170.

- VERGNAUD, G. (1991), Langage et pensée dans l'apprentissage des mathématiques, *Revue Française de Pédagogie*, n°96, juillet-août-septembre 1991, pp. 79-86.

- VERGNAUD, G., VINATIER, I. (1998), Connaissance et action : comment les réunir en une seule théorie, *La nouvelle revue de l'AIS*, n°1/2, 2e trimestre 1998, Suresnes, Cnefei.

- VERGNAUD, G., (1998), Les apprentissages mathématiques, in Actes du colloque « Du bilan neuropsychologique aux démarches pédagogiques, Expériences concernant l'enfant cérébrolésé », *ANAE*, n° 49, 1998, p. 202.

- VERGNAUD, G. (1999), Un point de vue de psychologue, in G. GLAESER, *Une introduction à la didactique expérimentale des mathématiques*, Grenoble, La pensée sauvage.

- VERGNAUD, G. (2000), *Lev Vygotski, pédagogue et penseur de notre temps*, Paris, Hachette.

- VERGNAUD, G. (2003a), La conceptualisation, clef de voûte des rapports entre pratique et théorie, in *Analyse de pratiques et professionnalité des enseignants*, Les Actes de la Desco, Université d'automne, 28, 29, 30, 31 octobre 2002, CRDP Basse-Normandie, 2003, pp. 48-57.

- VERGNAUD, G. (2003b), Qu'est-ce que la pensée ?, *ARDECO*, Compétences complexes dans l'éducation et le travail. Qu'est-ce que la pensée ? [CD Rom], Actes du colloque organisé par G. Vergnaud, Suresnes, Cnefei, juillet 1998, p. 5-23.

- VERGNAUD, G. (2004), *Apprentissages et didactiques : où en est-on* ?, Paris, Hachette Education.

- VIDAL-GOMEL, Ch., (2003), Compétences critiques dans le domaine de la maintenance des systèmes électriques. Élaboration d'hypothèses à partir de l'analyse d'accidents et d'incidents, *ARDECO*, Compétences complexes dans l'éducation et le travail. Qu'est-ce que la pensée ? [CD Rom], Actes du colloque organisé par G. Vergnaud, Suresnes, Cnefei, juillet 1998, pp. 359-366.

- VIDAL-GOMEL, Ch., ROGALSKI, J. (2007), La conceptualisation et la place des concepts pragmatiques dans l'activité professionnelle et le développement des compétences, *@ctivités*, 4 (1), pp. 49-84, [en ligne], http://www.activites.org/v4n1/v4n1.pdf, consulté en juillet 2007.

- VIROLLE, B. (2004), Les implants cochléaires et la langue des signes. Une cohérence fondatrice, in A. GOROUBEN & B. VIROLLES, (*coord*.), *Le bilinguisme aujourd'hui et demain*, CTNERHI-Gers, Paris, pp. 166-187.

- VON GLASERSFELD, E. (2004), Introduction à un constructivisme radical, in JONNAERT, Ph. & MASCIOTRA, D. (dir.), *Constructivisme : choix contemporains. Hommage à Ernst von Glasersfeld*, (pp. 291-317), Québec, Presses de l'Université du Québec.

- VYGOTSKI, L. (1998), *Pensée et langage*, 3e édition de la traduction française, Paris, La dispute, 1934-1937, (1e édition).

- VYGOTSKI, L. (1994), *Défectologie et déficience mentale*, sous la direction de K. Barisnikov et G. Petitpierre, Neufchâtel, Delachaux et Niestlé.

- WALLON, H. (1970), *De l'acte à la pensée*, Paris, Flammarion.

- WEIL-BARAIS, A. (2003), Intérêt des thèses interactionnistes pour l'étude de la formation des compétences complexes, in *ARDECO*, Compétences complexes dans l'éducation et le travail. Qu'est-ce que la pensée ? [CD Rom], Actes du colloque organisé par G. Vergnaud, Suresnes, Cnefei, juillet 1998, p. 429-432.

- WEIL-BARAIS, A. & al. (2004), *Les apprentissages scolaires*, Rosny-sous-bois, Breal.

- YVON, F., GARON, R. (2006), Une forme d'analyse du travail pour développer et connaître le travail enseignant : l'autoconfrontation croisée, *Recherches qualitatives*, Vol. 26(1), 2006, pp. 51-80, [en ligne], http://www.recherche-qualitative.qc.ca/Revue.html, consulté en juin 2007.

Revues

- APMEP, (1978), Aides pédagogiques pour le cours élémentaire, Elem Math V, publication de l'APMEP, 1978.

- Scolarisation des élèves en situation de handicap ou de difficulté, les partenariats de recherche et de formation de l'INS HEA, Actes du colloque inaugural, Editions de l'INS HEA, 2007.

- La nouvelle revue de l'AIS, Langue des signes française ; enjeux culturels et pédagogiques, Suresnes, Editions du Cnefei, n°23, 3e trimestre 2003.

- La nouvelle revue de l'AIS, Enseigner et apprendre en LSF : vers une éducation bilingue, Suresnes, Editions du Cnefei, Hors série, juin 2005.

- Conceptualisation et Surdité, Actes du colloque de Suresnes des 10 et 11 mai 2001, *La nouvelle revue de l'AIS*, n°17, 1e trimestre 2002.

- Conceptualisation et Surdité. La place de l'expérience et des langages dans la construction de concepts, Actes du colloque de Suresnes des 9 et 10 décembre 2003, *La nouvelle revue de l'AIS*, n°31, 3e trimestre 2005.

- European journal of special needs education, volume 18, number 1, march 2003.

- European journal of special needs education, volume 18, number 2, june 2003.

- European journal of special needs education, volume 19, number 2, june 2004.

- European journal of special needs education, volume 20, number 4, November 2005.

Documents officiels

- Conseil supérieur de l'éducation (1994), *Pour des apprentissages pertinents au secondaire*, Québec, Direction des communications du Conseil supérieur de l'éducation.

- Arrêté du 22 février 1995.

- Sommet européen de Lisbonne, Conclusions de la Présidence, 23 et 24 mars 2000, http://www.info-europe.fr/document.dir/fich.dir/QR001100.htm.

- Bulletin Officiel Hors Série n° 1, 14 février 2002.

- L'enquête nationale française IVQ 2002 a évalué les compétences en « numératie » utilisées dans la vie quotidienne de plus de 1400 adultes de 18 à 65 ans.

- Arrêté du 5 janvier 2004, Bulletin Officiel n°4 spécial du 26 février 2004 pour la formation au CAPA-SH

- Arrêté du 5 janvier 2004, Bulletin Officiel n°26 du 1e juillet 2004 pour la formation au 2CA-SH

- . Enquête second degré, *Portrait des enseignants de collèges et lycées. Interrogation de 1 000 enseignants du second degré en mai-juin 2004,* Catherine LARIVAIN et Jean-Yves CORMIER, Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et Direction de l'évaluation et de la prospective.

- Bulletin Officiel Hors Série n°5, 9 septembre 2004.

- Note d'information sur les enseignants des écoles publique et la formation Note d'information du Ministère de l'Education Nationale et de la Recherche, du 17 mai 2006, *Les enseignants des écoles publiques et la formation,* http://www.education.gouv.fr/cid2759/les-enseignants-des-ecoles-publiques-et-la-formation.html

- Note d'information sur les enseignants des lycées et collèges publics et la formation, du 26 septembre 2006, http://www.education.gouv.fr/cid3961/les-enseignants-des-lycees-et-colleges-publics-et-la-formation.htmlRapport de l'Inspection Générale à Monsieur le Ministre de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche, Rapport - n° 2006-034, juin 2006, p. 15,

- circulaire n° 2006-119 du 31-7-2006

- Cahier des charges de la formation initiale des enseignants. Commission Pietryk, 2 février 2006. Gilles de Robien, ministre de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, a transmis le lundi 27 novembre 2006 au Haut Conseil de l'Éducation (H.C.E.) le projet de cahier des charges rénové de la formation des enseignants des premier et second degrés.

- HCE, Recommandations du Haut Conseil de l'Education pour la formation des maîtres, novembre 2006, in Flash du 06-11-2006 du café pédagogique, [en ligne], http://www.cafepedagogique.net/lesdossiers/Pages/formation_index.aspx .

- Mise en œuvre du cahier des charges de la formation des maîtres, C. n° 2007-045 du 23-2-2007, BO n°9 du 1e mars 2007

- DREES et DEPP, La scolarisation des enfants et adolescents handicapés, *Etudes et résultats*, mars 2007, n°564.

- OCDE (2005), *Le rôle crucial des enseignants : attirer, former et retenir des enseignants de qualité*, Paris.

Sitographie

http://perso.orange.fr/jaques.nimier
http:// www/.cndp.fr /textes_officiels/ecole/math
http://recherche.aix-mrs.iufm.fr
http://www.ore.uqam.ca/Documentation/Jonnaert
http://cueep.univ-lille1.fr/mcx.
http://www.meirieu.com/
http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main
http://www.erudit.org/revue/rse
http://www.activites.org/
http://www.inrp.fr/vst
http://www.cafepedagogique.net
http://www.info-europe.fr
http:// www/.cndp.fr
http://www.education.gouv.fr
http:/www.apmep.asso.fr.
http://www.recherche-qualitative.qc.ca
http://www.urapeda.org/France/sommaire.html
http://www-irem.ujf-grenoble.fr/new2006/accueil/

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION----------6
Une histoire de vie professionnelle ----------10
PREMIERE PARTIE : ***Des repères théoriques pour mieux comprendre la complexité des besoins de formation en mathématiques des enseignants pour élèves sourds***----------18

CHAPITRE I : LE TRAVAIL D'ENSEIGNANT----------19
I-1 Les enjeux d'une formation des enseignants ----------19
I-1-1 Le travail enseignant, p. 20
I-1-2 Les savoirs enseignants, p. 22
I-1-3 Former pour faire évoluer les pratiques enseignantes, p. 23
I-1-3-1 L'évolution des conceptions de l'enseignant, p. 24
I-1-3-2 Les différentes conceptions de l'élève, p. 25
I-2 Les processus d'acquisition des connaissances ou de développement des compétences----------26
I-2-1 L'empirisme, p. 26
I-2-2 Le behaviorisme, p. 28
I-2-3 Le cognitivisme, p. 29
I-2-4 Le modèle constructiviste, p. 32
I-2-4-1 Piaget : une théorie de l'activité, p. 32
I-2-4-2 Vygotski : une théorie de la médiation, p.33
I-2-4-2-1 Les concepts scientifiques et quotidiens, p.33
I-2-4-2-2 La zone de proche développement et la médiation de l'adulte, p.34
I-2-4-2-3 La médiation sémiotique, p.35
I-2-4-2-4 Le langage constitué, p. 35
I-2-4-2-5 Le langage intérieur, p. 35
I-2-4-3 L'approche socioconstructiviste, p. 37
I-2-5 La théorie des champs conceptuels, p. 38
I-2-5-1 Les schèmes et les connaissances-en-acte, p. 39
I-2-5-2 Les champs conceptuels, p. 40
I-2-5-3 La prise de conscience, p. 40
I-2-5-4 Les représentations langagières, p. 42
I-3 Les compétences nécessaires à une meilleure professionnalisation des enseignants----------43
I-3-1 Le concept de compétence en sciences de l'éducation, p. 44
I-3-1-1 Compétence et situation, p. 45
I-3-1-2 Compétence et activité, p. 46
I-3-2 Le développement des compétences professionnelles, p. 48
I-3-2-1 Le champ de la didactique professionnelle, p. 49
I-3-2-2 La place de la conceptualisation dans le développement des compétences professionnelles, p. 51
I-3-3 Les besoins de formation des enseignants, p. 55
I-3-3-1 Un état des lieu, p. 56
I-3-3-1-1 Une attente de formation orientée plus vers la réalité des terrains, p. 56
I-3-3-1-2 Une articulation théorie/pratique insuffisante, p. 57
I-3-3-1-3 La prise en compte de la diversité des publics, p. 58
I-3-3-1-4 Une formation à la relation pédagogique, p. 58
I-3-3-1-5 Un positionnement professionnel difficile, p. 59
I-3-3-2 L'avenir de la profession d'enseignant, p. 59
I-3-3-2-1 Enseigner est un métier, p. 60
I-3-3-2-2 Les compétences sont attendues d'un enseignant, p. 61
I-3-3-2-3 Prendre en compte l'évolution du métier d'enseignant dans la formation ? p. 63
I-4 La professionnalisation de la formation des enseignants----------67
I-4-1 Des situations qui favorisent le développement de compétences professionnelles, p, 67
I-4-2 Théorie/pratique : une opposition à dépasser, p. 69
I-4-2-1 Des conceptions à remettre en cause, p. 70

I-4-2-2 Les interactions entre le théorique et le pratique, p. 70
I-4-3 Une réponse : la formation par l'alternance, p. 71
I-4-3-1 Des difficultés à organiser l'alternance, p. 71
I-4-3-2 L'alternance pour penser en reliance, p. 73
I-4-3-3 L'accompagnement dans l'alternance, p. 73
I-4-3-4 Une congruence entre les stagiaires et leurs élèves, p. 74
I-4-3-4-1 Une stratégie en double piste, p. 75
I-4-3-4-2 Action et analyse de l'action, p. 76
I-4-4 Théorie/pratique : une relation dialectique à mettre en scène, p. 76
I-4-4-1 Une approche par résolution de problèmes, p. 77
I-4-4-2 Une approche par construction de problèmes, p. 79
I-4-4-3 Une prise de conscience pour problématiser une situation, p. 80
CONCLUSION DU CHAPITRE I ----------80

CHAPITRE II : LES MATHEMATIQUES ET LES ENJEUX DE LEUR ENSEIGNEMENT----------83
II-1 Les besoins de formation en mathématiques des enseignants----------85
II-1-1 L'évolution historique des mathématiques et de leur enseignement, p. 85
II-1-1-1 Avant 1970, p. 86
II-1-1-2 La rupture des « maths modernes », p. 87
II-1-1-3 Une nouvelle tendance : la place de la résolution de problème, p. 88
II-1-1-4 Vers le socle commun de connaissances et compétences, p. 90
II-1-1-5 Des éléments saillants dans les conceptions actuelles, p. 91
II-1-1-6 Les enjeux de l'enseignement des mathématiques à l'école et au collège, p. 92
II-1-2 Les représentations des enseignants sur les mathématiques, p. 93
II-1-2-1 Des représentations entre opinions, croyances et conceptions, p. 95
II-1-2-1-1 Une représentation *en* mathématique, p. 95
II-1-2-1-2 Une représentation *sur* les mathématiques, p. 95
II-1-2-2 Les conceptions sur les savoirs mathématiques en jeu, p. 98
II-1-2-2-1 Une première nécessité : connaître les mathématiques, p. 98
II-1-2-2-2 Le sens et l'utilité des mathématiques, p. 100
II-1-2-2-3 Les mathématiques, une discipline « vivante », p. 103
II-1-2-2-4 Une assimilation de l'abstraction la complexité, p. 105
II-1-2-2-5 Les mathématiques, connaissance ou langage ? p. 107
II-1-2-2-6 Les mathématiques, rigueur, contrainte ou formalisme ? p. 108
II-1-2-3 Les facteurs psychoaffectifs dans les représentations sur les mathématiques, p. 109
II-1-2-4 Les facteurs sociaux dans les représentations sur les mathématiques, p. 110
II-1-3 Les représentations des enseignants sur l'enseignement des mathématiques, p. 111
II-1-3-1 Une conception résistante : le rôle de l'enseignant est d'expliquer, p. 113
II-1-3-2 Une conception basée sur la transmission, p. 114
II-1-3-3 L'erreur et l'accompagnement à la difficulté, p. 116
II-1-3-3-1 L'analyse a priori des enjeux du savoir mathématique, p. 117
II-1-3-3-2 L'analyse des manières d'étudier des élèves, p. 118
II-1-3-3-3 Une stratégie pédagogique qui exploite l'erreur, p. 121
II-1-3-4 Apprendre les mathématiques à plusieurs, p. 123
II-1-3-5 Apprendre par la résolution de problèmes au quotidien, p. 125
II-1-3-5-1 Des difficultés à intégrer la résolution de problèmes dans l'apprentissage, p. 125
II-1-3-5-2 Pratiquer les mathématiques expérimentales, p. 126
II-1-3-5-3 Connaître la didactique des mathématiques, p. 127
II-2 Des repères théoriques pour enseigner les mathématiques----------128
II-2-1 Construire des situations pour favoriser l'élaboration des concepts mathématiques, p. 130
II-2-1-1 S'appuyer sur les conceptions initiales des apprenants, p. 131
II-2-1-2 Limiter la portée de certaines conceptions, p. 133
II-2-1-3 Introduire une connaissance en tant qu'outil, p. 136
II-2-1-4 Favoriser l'extension du domaine de validité d'une connaissance, p. 138
II-2-1-5 Transformer un nouvel outil en objet de savoir, p. 139

II-2-1-6 Construire la signification d'un concept mathématique, p. 140
II-2-2 Des compétences à développer pour mettre en scène des connaissances mathématiques, p. 141
II-2-2-1 Apprendre à construire les situations de résolution de problèmes, p. 141
II-2-2-2 Pouvoir identifier une classe de situations pour une connaissance, p. 143
II-2-2-3 Naviguer des connaissances « outils » aux connaissances « objets », p. 144
II-2-2-4 Favoriser la pluralité des raisonnements, p. 145
II-2-2-5 Maîtriser le temps didactique, p. 146
II-2-2-6 Mettre en place le contrat didactique, p. 147
II-2-2-7 Gérer l'activité de chaque élève, p. 147
II-2-3 Le rôle des systèmes de signifiants en mathématiques, p. 149
II-2-3-1 Représenter les connaissances mathématiques constituées, p. 151
II-2-3-1-1 Désigner les objets mathématiques, p. 152
II-2-3-1-2 Construire des phrases mathématiques, p. 161
II-2-3-1-3 Comprendre et produire des énoncés mathématiques, p. 169
II-2-3-1-4 Apprendre à symboliser, p. 172
II-2-3-1-5 Savoir traiter chaque mode de représentation et passer de l'un à l'autre, p. 175
II-2-3-2 La place de l'activité langagière dans la régulation et le contrôle d'un raisonnement, p. 179
II-2-3-2-1 Débattre en mathématiques, p. 180
II-2-3-2-2 Les différents processus de preuve utilisés par les élèves en mathématiques p181
II-2-3-2-3 Différentes situations d'activités langagières pour valider une solution mathématique, p. 182
II-2-3-2-4 Des difficultés à passer d'un langage de communication à un langage formalisé, p.187
II-2-3-2-5 Le rôle de l'enseignant dans l'organisation des débats mathématiques, p. 188
II-2-3-3 Le langage intérieur pour accompagner une activité mathématique, p. 190
CONCLUSION DU CHAPITRE II----------191

CHAPITRE III : LA SCOLARISATION DES ELEVES SOURDS ET LEURS MODES D'APPRENTISSAGE ----------194
III-1 L'école et le handicap----------194
III-1-1 Une définition du handicap, p. 195
III-1-2 L'évolution de la politique française de scolarisation des enfants handicapés, p. 196
III-1-3 Un état des lieux sur la scolarisation des enfants et adolescents en situation de Handicap, p. 199
III-2 Les enjeux de la loi de 2005 pour la formation des enseignants----------201
III-2-1 Les difficultés pour un enseignant d'opérationnaliser l'accessibilité pédagogique, p. 201
III-2-1-1 Changer ses repères par rapport à la norme, p. 201
III-2-1-2 Changer ses représentations sur les élèves, p. 202
III-2-1-3 Changer son rapport au savoir, p. 202
III-2-1-4 Changer ses démarches pédagogiques, p. 202
III-2-1-5 Changer ses relations avec les autres professionnels, p. 203
III-2-1-6 Changer d'identité professionnelle, p. 203
III-2-2 La nécessité de repenser la formation des enseignants, p. 204
III-3 La scolarisation des enfants et adolescents sourds ----------205
III-3-1 L'audition d'un enfant sourd, p. 205
III-3-2 La communication, p. 206
III-3-2-1 La communication orale, p. 206
III-3-2-2 La langue des signes française, p. 208
III-3-2-3 Le français signé, p. 210
III-3-3 L'éducation des enfants sourds, p. 210
III-3-3-1 Une histoire de l'éducation des sourds en France, p. 211
III-3-3-2 Les différentes formes de scolarisation des enfants sourds, p. 213

III-3-3-2-1 Les structures d'accueil, p. 214
III-3-3-2-2 Les diverses modalités d'accompagnement des élèves sourds, p. 214
III-3-3-3 La problématique de la scolarisation des enfants sourds en milieu ordinaire, p. 216
III-3-3-3-1 Aménager les situations de construction des connaissances, p. 216
III-3-3-3-2 Intégrer tout en favorisant la construction identitaire, p. 219
III-4 Les modes d'apprentissage des enfants et adolescents sourds----------221
III-4-1 Les facteurs impliqués dans le développement cognitif des jeunes sourds, p. 21
III-4-1-1 Les facteurs biologiques, p. 221
III-4-1-2 Les facteurs familiaux, p. 222
III-4-1-3 Les facteurs liés aux situations linguistiques des enfants sourds, p. 223
III-4-1-3-1 Un environnement linguistique précoce en LSF efficace, p. 223
III-4-1-3-2 Un environnement linguistique précoce en français oral efficace, p. 224
III-4-1-3-3 Un environnement linguistique précoce en français oral inefficace, p. 224
III-4-2 Les caractéristiques cognitives des élèves sourds, p. 225
III-4-2-1 La mémoire, p.225
III-4-2-2 Le traitement de l'information, p. 226
III-4-2-2-1 Traiter visuellement des informations, p. 226
III-4-2-2-2 Mettre en relation des informations, p. 226
III-4-2-2-3 Catégoriser des informations, p. 226
III-4-2-3 Les démarches métacognitives, p. 228
III-4-2-4 La conceptualisation, p.229
III-4-2-4-1 Un déficit expérientiel, p. 229
III-4-2-4-2 Le besoin d'un mode de communication confortable, p. 229
III-4-2-4-3 Le besoin d'un système linguistique structuré, p. 229
III-4-2-4-4 Des démarches de conceptualisation adaptées aux élèves sourds, p. 230
III-4-3 Le développement des compétences mathématiques chez les élèves sourds, p. 232
III-4-3-1 Les habiletés numériques, p. 232
III-4-3-1-1 La mémorisation de la chaîne numérique, p. 232
III-4-3-1-2 Le dénombrement, p. 233
III-4-3-1-3 Le calcul, p. 233
III-4-3-1-4 La résolution de problèmes numériques, p. 234
III-4-3-1-5 Les relations circulaires entre concepts mathématiques, p. 234
III-4-3-2 Une pensée « visuelle » , p. 36
III-4-4 Prendre en compte les modes d'apprentissages des élèves sourds en mathématiques dans la formation, p. 237
CONCLUSION DU CHAPITRE III----------238

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE ET PROBLEMATIQUE----------241
Synthèse ----------241
Problématique----------244
Les hypothèses----------246
La méthodologie----------249

DEUXIEME PARTIE : ***Les places respectives de l'activité et du langage dans les apprentissages mathématiques***----------255

CHAPITRE IV : LES ENSEIGNANTS FACE AUX APPRENTISSAGES MATHEMATIQUES DE LEURS ELEVES SOURDS : UN ETAT DES LIEUX DE LEURS REPRESENTATIONS----------256
IV-1 Une méthodologie pour recueillir les représentations des enseignants ----------256
IV-2 La population d'enseignants concernée ----------257
IV-3 Les résultats----------258
IV-3-1 Présentation des résultats, p. 258
IV-3-2 Synthèse des raisons invoquées pour expliquer les difficultés à enseigner les mathématiques aux élèves sourds, p. 262
IV-3-3 Analyse qualitative, p. 263

IV-3-3-1 Des facteurs imputés majoritairement aux élèves, p. 263
IV-3-3-2 Des facteurs réduits au manque de communication entre élèves et professeurs, p. 263
IV-3-3-3 Des conceptions qui se focalisent sur les compétences linguistiques, p. 264
IV-3-3-4 Des conceptions qui ignorent les facteurs d'ordre conceptuel, p. 264
IV-3-3-5 Des choix pédagogiques peu propices au développement de l'autonomie des élèves sourds, p. 265
IV-3-3-6 Un accompagnement des élèves, le plus souvent individuel, p. 265
IV-3-3-7 Des difficultés pour les enseignants à organiser des groupes d'apprentissage, p. 266
IV-4 Concevoir un scénario de formation----------267
IV-4-1 Une définition, p. 267
IV-4-2 Les choix didactiques, p. 267
IV-4-3 Les tâches et situations retenues, p. 268
IV-4-4 Les rôles respectifs des stagiaires et du formateur, p. 269
IV-4-5 Les outils et les processus pour la mise en œuvre, p. 270
IV-5 Une rapide présentation des scénarios----------271
CONCLUSION DU CHAPITRE IV----------274

CHAPITRE V : UN PREMIER SCENARIO DE FORMATION : L'APPRENTISSAGE PAR LA RESOLUTION DE PROBLEMES----------275
V-1 La problématique et les hypothèses élaborées dans le premier scénario----------275
V-1-1 Construire du sens à partir des significations mathématiques, p. 275
V-1-2 Apprendre à problématiser des situations, p. 276
V-1-3 Comprendre les conditions d'apprentissage des élèves sourds, p. 277
V-2 Les différentes phases du scénario----------277
V-3 Résoudre un problème mathématique dans plusieurs environnements linguistiques----------278
V-3-1 Le problème, p. 278
V-3-2 Les tâches, p. 279
V-3-3 Le rôle du formateur et la méthodologie de recueil des données, p. 280
V-3-4 Les résultats, p. 281
V-3-4-1 L'activité de résolution du problème comme source de prise de conscience, p. 281
V-3-4-1-1 Le questionnement engendré par la compréhension de la consigne, p. 281
V-3-4-1-2 La diversité et la richesse des démarches cognitives, p. 286
V-3-4-1-3 Les fonctionnements des groupes, p. 288
V-3-4-1-4 Un niveau de langue suffisamment élaboré pour permettre le débat scientifique, p. 289
V-3-4-1-5 Des interactions différentes selon les phases de recherche, p. 289
V-3-4-1-6 Des compétences métacognitives à développer, p. 290
V-3-4-2 La formalisation des prises de conscience, p. 292
V-3-4-2-1 Concevoir la consigne comme une occasion d'émettre des possibles, p. 292
V-3-4-2-2 Faire des hypothèses, c'est construire des connaissances, p. 293
V-3-4-2-3 Etayer la résolution par le groupe et les interactions, p. 294
V-3-4-2-4 Tenir compte du facteur temps dans le développement des compétences, p. 294
V-3-5 Une prise de conscience effective mais insuffisante, p. 295
V-4 Une mise à l'épreuve dans une situation effective de la résolution de problème----------296
V-4-1 Un atelier de pratique accompagnée, p. 297
V-4-1-1 Les tâches, p. 297
V-4-1-2 Le rôle des formateurs, p. 298
V-4-1-3 Les grandes lignes du projet, p. 298
V-4-1-3-1 Aménager la tâche : résoudre un problème isomorphe mais plus simple, p. 299
V-4-1-3-2 Aménager la gestion des phases de recherche et d'explicitation des procédures, p.300
V-4-1-3-3 Anticiper la gestion des différents temps de l'activité, p. 300
V-4-1-3-4 Anticiper les obstacles rencontrés par les élèves et les relances à effectuer, p. 301

V-4-1-3-5 Gérer le débat scientifique, p. 301
V-4-1-3-6 Gérer l'imprévu, p. 302
V-4-2 Le compte rendu et les interactions avec le groupe au centre de formation, p. 304
CONCLUSION DU CHAPITRE V----------305

CHAPITRE VI : UN DEUXIEME SCENARIO DE FORMATION : L'APPRENTISSAGE PAR LA CONCEPTUALISATION ----------307
VI-1 La problématique et les hypothèses élaborées dans le deuxième scénario ----------307
VI-1-1 Différentes situations possibles pour conceptualiser en mathématiques p308
VI-1-2 Les objectifs affichés, p. 308
VI-2 Les différentes phases du scénario----------309
VI-2-1 La situation « déclenchante » : élaborer un concept mathématique, p. 309
VI-2-2 Identifier les caractéristiques du concept, p. 310
VI-2-3 Caractériser une démarche inductive pour construire des concepts mathématiques, p. 310
VI-2-4 Imaginer un scénario à partir d'un autre concept mathématique, p.310
VI-2-5 Présentation collective des scénarios conçus par les petits groupes, p. 311
VI-2-6 Expérimentation du scénario dans une situation professionnelle réelle, p. 311
VI-3 L'élaboration du concept mathématique de *groupe* ----------311
VI-3-1 La conception de la situation déclenchante, p. 311
VI-3-1-1 Le choix du concept de « *groupe* », p. 312
VI-3-1-2 Le choix des situations expérimentales, p. 313
VI-3-1-3 Des conditions de recherche rassurantes : les binômes, p. 314
VI-3-1-4 Un matériel permettant la visualisation des activités, p. 314
VI-3-2 Construire le concept de *groupe* : les situations et les tâches, p. 315
VI-3-2-1 Les situations expérientielles, p. 315
VI-3-2-1-1 Première expérience : les boîtes de couleurs, p. 316
VI-3-2-1-2 Deuxième expérience : les rotations de disques, p. 317
VI-3-2-1-3 Troisième expérience : les pendules, p. 318
VI-3-2-2 L'identification des caractéristiques du concept de *groupe*, p. 318
VI-3-3 Le rôle du formateur, p. 320
VI-3-4 La méthodologie de recueil des données, p. 321
VI-3-5 Les résultats de l'élaboration du concept de *groupe*, p. 322
VI-3-5-1 Une première déstabilisation, p. 324
VI-3-5-1-1 L'insécurité liée à toute situation d'apprentissage, p. 324
VI-3-5-1-2 L'ambivalence de la découverte, p. 325
VI-3-5-1-3 Se familiariser avec des situations inhabituelles, p. 325
VI-3-5-2 S'engager dans la tâche : de la plus difficile à la plus facile, p. 327
VI-3-5-2-1 Une difficulté équilibrée par une consigne donnée à voir, p. 327
VI-3-5-2-2 Une difficulté équilibrée par une démarche active de l'apprenant, p. 328
VI-3-5-2-3 Une difficulté rééquilibrée par la réussite, p. 328
VI-3-5-3 Les interactions entre le cognitif et l'affectif, p. 329
VI-3-5-3-1 Se mouvoir dans l'incertitude, p. 329
VI-3-5-3-2 Prendre en compte le dimension émotionnelle dans les apprentissages, p. 330
VI-3-5-4 Identifier le concept de *groupe* mathématique, p. 331
VI-3-5-4-1 Faire des analogies de façon progressive, p. 332
VI-3-5-4-2 Des difficultés à s'abstraire des supports, p. 332
VI-3-5-4-3 Le rôle des connaissances antérieures, p. 332
VI-3-5-4-4 La nominalisation du concept de *groupe*, p. 333
VI-3-5-4-5 La généralisation du concept de *groupe* à d'autres situations, p. 334
VI-4 L'analyse réflexive pour conceptualiser la démarche----------335
VI-4-1 Une prise de conscience plus ou moins explicite des besoins des élèves sourds, p. 337
VI-4-1-1 Pour permettre aux élèves sourds de questionner une situation, p. 337
VI-4-1-2 Pour proposer des situations diversifiées, p. 337
VI-4-1-3 Pour mettre en place de vrais groupes d'apprentissage

pour les élèves sourds, p. 338
VI-4-1-4 Pour concevoir la transférabilité de la démarche, p. 338
VI-4-2 Des représentations résistantes, p. 339
VI-4-2-1 La non prise en compte de la zone de proche développement des stagiaires, p. 339
VI-4-2-1-1 L'ajustement des activités aux conceptions mathématiques des stagiaires, p. 340
VI-4-2-1-2 L'ajustement des activités aux conceptions de l'enseigner/apprendre des stagiaires, p.341
VI-4-2-2 Conceptualiser, un processus sur le long terme, p. 342
VI-5 La transposition de la démarche pour mettre en scène un autre concept----------344
VI-5-1 L'organisation des tâches et des rôles de chacun, p. 344
VI-5-2 Le choix des concepts effectué par les stagiaires, p. 344
VI-5-2-1 Une première étape : caractériser le concept au sein d'un champ conceptuel, p. 346
VI-5-2-1-1 Expliciter les propriétés caractéristiques du concept choisi, p. 346
VI-5-2-1-2 Identifier le niveau de conceptualisation attendu, p. 347
VI-5-2-2 Une deuxième étape : la mise en situation expérientielle du concept, p. 347
VI-5-2-3 La présentation/mise en situation au grand groupe, p. 349
VI-5-3 La présentation/mise en situation du grand groupe, p. 348
VI-6 Le Réinvestissement des connaissances dans la pratique réelle d'une classe avec des élèves sourds----------349
CONCLUSION DU CHAPTRE VI----------351

CHAPITRE VII : SYNTHESE ET DISCUSSION. FORMER *A* ET *PAR* LA CONCEPTUALISATION, QUELLE PERTINENCE ?----------353
VII-1 Une synthèse des résultats----------353
VII-1-1 Les représentations des stagiaires sur l'origine de leurs difficultés à enseigner les mathématiques à des élèves sourds, p. 353
VII-1-2 L'activité de résolution du problème comme source de prise de conscience sur la place du langage dans la résolution d'un problème mathématique, p. 355
VII-1-2-1 La compréhension de la consigne, p. 355
VII-1-2-2 La diversité et la richesse des démarches cognitives, p. 355
VII-1-2-3 Faire des hypothèses c'est construire des connaissances, p. 355
VII-1-2-4 Etayer la résolution par le groupe et les interactions, p. 356
VII-1-2-5 Le besoin d'un système linguistique élaboré, p. 356
VII-1-2-6 La place et le rôle du débat scientifique pour développer des processus métacognitifs, p. 356
VII-1-2-7 Une résolution de problème professionnel, p. 357
VII-1-3 Deux niveaux de conceptualisation, p. 357
VII-1-3-1 Trois situations expérientielles pour identifier le concept de *groupe*, p. 358
VII-1-3-2 Conceptualiser une démarche pédagogique favorisant la conceptualisation mathématique chez des élèves sourds, p. 358
VII-1-3-3 Une prise de conscience plus ou moins explicite des besoins des élèves Sourds, p. 358
VII-1-3-4 Une appropriation de la démarche par une expérimentation en situation professionnelle, p. 359
VII-2 Evaluation des effets attendus des scénarios de formation ----------360
VII-2-1 La mise en congruence pour mieux comprendre les conditions d'apprentissages des élèves sourds, p. 360
VII-2-2 Des démarches pédagogiques impliquées dans la « passivité » et le manque d'autonomie des élèves sourds, p. 360
VII-2-3 Une appréhension plus fine de la problématique de la communication, p. 361
VII-2-4 Le concept d'adaptation en question. Jusqu'où adapter ? p. 362
VII-2-5 Un changement de regard sur les capacités des élèves sourds, p. 362
VII-3 Former *à et par* la conceptualisation----------363
VII-3-1 Une formation *à* la conceptualisation mathématique, p. 363

VII-3-2 Une formation *à* la conceptualisation d'une démarche pédagogique adaptée, p. 363
VII-3-3 Une formation *par* la conceptualisation, p. 364
VII-4 Perspectives de recherches et d'actions----------365
VII-4-1 Limites et perspectives de recherches, p. 365
VII-4-1-1 Les limites de la méthode de recherche365
VII-4-1-2 Autres voies de recherches possibles, p. 367
VII-4-2 La transférabilité de la démarche de formation en question, p. 367
VII-4-2-1 Des implications limitées au niveau didactique, p. 368
VII-4-2-2 Des perspectives de généralisation et de transférabilité de la démarche de formation, p. 369

CONCLUSION GENERALE----------373

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES----------376
TABLE DES MATIERES----------392
INDEX DES FIGURES ET DES TABLEAUX ----------400
GLOSSAIRE ----------401
ANNEXES

http://le-ptit-blog-de-l-ais.over-blog.com/

INDEX DES FIGURES ET TABLEAUX

FIGURE 1 : Le système d'enseignement des mathématiques aux élèves sourds----------22
FIGURE 2 : Une stratégie de formation en double piste ----------75
FIGURE 3 : Les « plus » en LSF ----------132
FIGURE 4 : La symétrie axiale ----------134
FIGURE 5 : Trouver des droites parallèles----------157
FIGURE 6 : Des droites parallèles----------160
FIGURE 7 : Un triangle rectangle ----------170
FIGURE 8 : Une approche théorique interdisciplinaire----------244
FIGURE 9 : L'intrication des situations d'apprentissage, de formation et de recherche------254
FIGURE 10 : Les représentations des difficultés des élèves de la part des enseignants -------261
FIGURE 11 : Les domaines mathématiques évoqués par les stagiaires----------263
FIGURE 12 : Les dimensions d'un scénario pédagogique----------270
FIGURE 13 : Les carrés avec 4, 3, 2, 1 régions coloriées de la même couleur----------287
FIGURE 14 : Les carrés avec 2 régions coloriées avec 2 couleurs----------287
FIGURE 15 : « Les enveloppes » ----------288
FIGURE 16 : « Les moitiés triangulaires » à trois couleurs ----------288
FIGURE 17 : Les boîtes de couleurs----------316
FIGURE 18 **:** Boite m « suivie de » Boite p ----------316
FIGURE19 : Les rotations de disques----------317
FIGURE20 : Les cadrans de pendules----------318

TABLEAU 1 : Des nombres proportionnels----------162
TABLEAU 2 : Les résultats des représentations des stagiaires sur l'enseignement des mathématiques aux élèves sourds----------262
TABLEAU 3 : le scénario de résolution de problème----------272
TABLEAU 4 : Le scénario sur la conceptualisation----------273
TABLEAU 5 : Mise en commun pour extraire les particularités du concept de *groupe*-------319
TABLEAU 6 : Résultats relatifs à la conceptualisation d'un groupe mathématique ----------323
TABLEAU 7 : Résultats relatifs à la conceptualisation de la démarche----------336

GLOSSAIRE DES SIGLES

AIS Adaptation intégration scolaire
APMEP Association des professeurs de mathématiques de l'enseignement public
ARL Ateliers de raisonnement logique
AVS Auxiliaire de vie scolaire
ASH Adaptation scolaire et scolarisation des élèves handicapés

2CA-SH Certificat complémentaire pour les enseignements adaptés et la scolarisation des élèves en situation de handicap (second degré)
CAAPSAIS Certificat d'aptitude aux actions pédagogiques spécialisées d'adaptation et d'intégration scolaire
CAPA-SH Certificat d'aptitude professionnelle pour les aides spécialisées, les enseignements adaptés et la scolarisation des «élèves en situation de handicap (premier degré)
CAPEJS Certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement des jeunes sourds (ministère de la santé)
CIF Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé
CLIS Casse d'intégration scolaire
CNEFEI Centre national d'Etudes et de Formation pour l'enfance Inadaptée
CNDP Centre national de documentation pédagogique
COPIRELEM Commission permanente des IREM pour l'enseignement élémentaire
CPR Centre pédagogique régional
CTNERHI Centre Technique National d'Etudes et de Recherches sur les Handicaps et les Inadaptations
CUEEP Centre Université-Economie d'Education Permanente

DEPP Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance (MEN)
DRESS Direction de la recherche, des études et de la statistique (Ministère de l'Emploi…)

EHESS Ecole des hautes études en sciences sociales
ERT European Round Table of Industrialists

GAPP Groupe d'Aide Psycho Pédagogique
GFEN Groupe français d'éducation nouvelle
GRETA Groupement d'établissements publics (locaux d'enseignement)

HCE Haut Conseil à l'Education

IDD Itinéraires de découverte
IEN-ASH Inspecteur de l'éducation nationale adaptation scolaire et scolarisation des élèves handicapés
IGEN Inspection générale de l'éducation nationale
IMC Infirmité motrice cérébrale
INPES Institut national de prévention et d'éducation à la santé
INRP Institut national de recherche pédagogique (ancien INRDP)
INS HEA Institut national supérieur de recherches et de formation pour l'éducation des jeunes handicapés et les enseignements adaptés
IREM Institut de recherche sur l'enseignement des mathématiques
IUFM Institut universitaire de formation des maîtres
IVQ Information sur la vie quotidienne
IVT International Visual Theatre

LSF	Langue des signes française
LFPC	Langue française parlée complétée
MAFPEN	Missions académiques à la formation des personnels
MDPH	Maison départementale des personnes handicapées
NRAIS	Nouvelle revue de l'AIS
OCDE	Organisation de coopération et de développement économique
OMS	Organisation mondiale de la santé
PEI	Programme d'enrichissement instrumental
PE1, PE2	Professeurs des écoles, 1ère année et 2ème année d'IUFM
PISA	Program for international student assessment
PMM	Projet multi media
PPS	Projet personnalisé de scolarité
RASED	Réseau d'aides spécialisées aux élèves en difficulté
SEGPA	Section d'enseignement général professionnel adapté
TICE	Technologies de l'information et de la communication pour l'éducation
TPE	Travaux personnels encadrés
TSL	Troubles spécifiques du langage
UPI	Unité pédagogique d'intégration
URAPEDA	Union régionale des associations de parents d'enfants déficients auditifs
VAE	Validation des acquis de l'expérience

ANNEXES

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Les différents types de surdité----------3

ANNEXE 2 : Les degrés de surdité et la correction auditive----------4

ANNEXE 3 : La langue française parlée complétée ou code LPC----------5

ANNEXE 4 : La Langue des signes française----------6

4-1 La reconnaissance de la Langue des signes française comme une langue à part entière----6
4-2 Le lexique de la LSF----------8
4-3 La grammaire de la Langue des signes française----------9

ANNEXE 5 : Questionnaire initial en formation des enseignants du premier degré----------10

ANNEXE 6 : Les représentations sur les difficultés d'enseigner les mathématiques à des élèves sourds et schéma de présentation des scénarios----------11

ANNEXE 7 : Présentation du scénario 1 sur la résolution de problème----------12

ANNEXE 8 : Présentation du scénario 2 sur la conceptualisation----------13

ANNEXE 9 : Les 24 carrés différents qui répondent au problème du scénario 1----------14

ANNEXE 10 : La situation des boîtes de couleurs----------15

10-1 Les boîtes de couleur----------15
10-2 Fiche essais pour les combinaisons des boîtes de couleurs----------16

ANNEXE 11 : Fiches correspondant aux situations expérientielles----------17

ANNEXE 12 : Questionnaire support de l'analyse réflexive sur la conceptualisation---------18

ANNEXE 13 : Résultats relatifs à la conceptualisation d'un *groupe* mathématique----------19

ANNEXE 14 : Résultats relatifs à la conceptualisation d'une démarche favorisant la conceptualisation des élèves sourds en mathématiques ----------20

ANNEXE 15 : Exemple de collaboration entre formateurs du centre de formation et des formateurs de terrain----------21

ANNEXE 16 : Des exemples de données

16-1 Exemples de réponse aux questionnaires initiaux en formation----------24
16-2 Exemple de comptes-rendus de séances en pratique accompagnée----------27
16-3 Exemples de notes prises sur les bilans réflexifs des enseignants en formation----------29
16-4 Exemples de réponses aux questionnaires sur la conceptualisation----------32
16-5 Exemple de scénarios imaginés par stagiaires----------40
16-6 Exemple de questionnaires d'évaluation de fin de formation----------42

ANNEXE 17 : Les différentes structures additives et soustractives ----------48

ANNEXE 1 Les différents types de surdité (INPES, 2005)

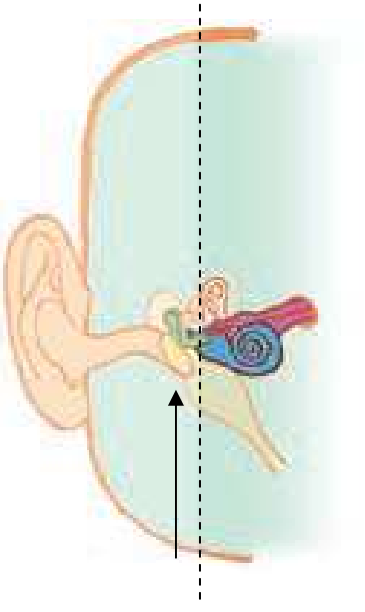
Les surdités de transmission

- Elles sont dues à des atteintes de l'oreille moyenne et/ou externe. Ce sont les plus fréquentes. La perte auditive est inférieure à 60 dB.
- Beaucoup peuvent bénéficier d'un traitement médical et/ou chirurgical.
- Les surdités de transmission les plus fréquentes sont souvent *acquises* dans la petite enfance : *otites séreuses*, perforation du tympan, etc.
- Elles peuvent être *congénitales*, dues à des malformations de la face et de l'oreille (*aplasie* majeure ou mineure).

Les surdités de perception

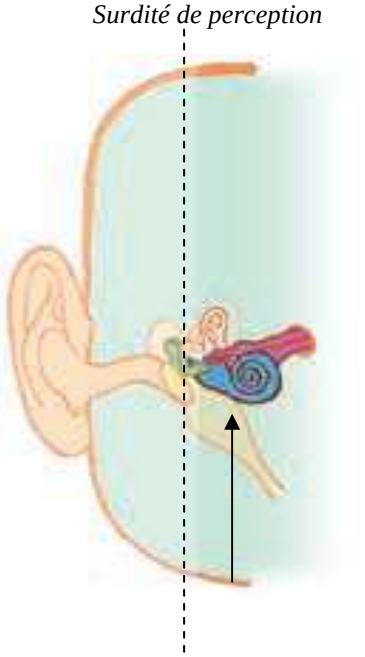
- Elles sont dues à une atteinte de l'oreille interne et/ou des voies et centres nerveux.
- Elles sont moins fréquentes.
- Elles peuvent être légères, moyennes, sévères ou profondes.
- Elles ne sont pas accessibles à un traitement médical et/ou chirurgical. Les surdités de perception peuvent être acquises (infection pendant la grossesse, médicaments, pathologie à la naissance, méningites, etc.) ou *génétiques* (isolées ou associées à d'autres atteintes, visuelles par exemple). Parfois, les deux types de surdité sont combinés : on parle alors de surdité mixte. Une surdité peut être isolée ou associée à d'autres troubles ou déficiences qui doivent être diagnostiqués et traités de manière spécifique. La surdité peut apparaître progressivement ou brusquement. Elle peut s'aggraver à certaines périodes de la vie et même fluctuer, c'est-à-dire s'aggraver puis s'améliorer selon les moments.
- La surdité peut s'installer : avant la naissance, on dit qu'elle est congénitale. Elle est présente à la naissance, qu'elle soit d'origine génétique ou acquise par maladie pendant la grossesse. À la naissance, la surdité est dite néonatale. Après la naissance, la surdité est dite post-natale.

Surdité de transmission



Atteinte de l'oreille moyenne ou externe

Surdité de perception

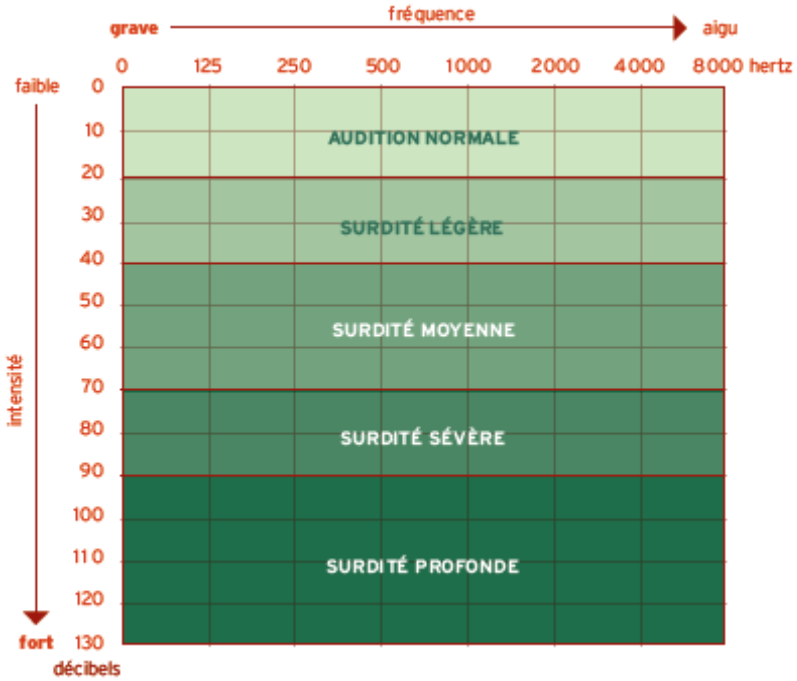


Atteinte de l'oreille interne

ANNEXE 2 Les degrés de surdité et la correction auditive

Les degrés de surdité

Les surdités de l'enfant sont classées en fonction des seuils auditifs. L'audiogramme permet de savoir ce que l'enfant peut entendre (intensité, composition fréquentielle des bruits et de la parole). Mais cela ne veut pas dire qu'il a reconnu le bruit ou qu'il a compris le mot prononcé. Si toutes les fréquences ne sont pas entendues au même niveau, la parole est déformée. Les enfants atteints de surdité de perception perçoivent en général moins bien les fréquences aiguës que les fréquences graves.



L'échelle de sensibilité auditive (INPES, 2005)

La correction auditive

Un appareil de correction auditive (ou prothèse auditive) traite les sons environnants pour qu'ils soient mieux perçus par l'oreille déficiente. L'appareil le plus souvent proposé aux enfants est le contour d'oreille. Cependant, il faut savoir qu'une prothèse ne restitue jamais une audition normale, mais elle permet à l'enfant d'entendre certaines informations sonores et de contrôler sa voix de façon plus ou moins efficace en fonction du degré de surdité. Dans un premier temps, on essaie toujours d'adapter des appareils de correction auditive. Si le bénéfice est insuffisant pour les sourds profonds, on peut alors proposer un implant cochléaire qui nécessite, lui, une intervention chirurgicale.

ANNEXE 3 : La langue française parlée complétée ou code LPC

Mis au point aux Etats-Unis par le docteur R. Orin Cornett en 1967, le cued speech (nom anglais du LPC) s'est d'abord développé dans les pays anglophones. Il est aujourd'hui adapté à plus de 40 langues dans le monde. Le LPC est un moyen pour les sourds, et notamment les enfants sourds, de recevoir la langue française par la vue, comme l'entendant la reçoit par l'ouïe.

La main du locuteur, placée près du visage complète le mouvement des lèvres, permettant ainsi de lever l'ambiguïté existant entre plusieurs phonèmes correspondant au même mouvement des lèvres.

Exemple de codage : « Elle a un piano à pile, et plus de pile d'ailleurs... », en 9 images

01-elle a un...

02-elle a *(la)*...

03-un piano a...

04-pile et...

05-pile et...

06-et plus...

07 de pile...

08-d'ailleurs...

09-d'ailleurs...

Les clés du code LPC

Les 8 configurations des doigts pour coder les consonnes phonétiques

et toute voyelle non précédée d'une consonne

Les 5 positions de la main pour coder les voyelles phonétiques

position COTE position POMMETTE position BOUCHE position MENTON

et toute voyelle non précédée d'une consonne

position GORGE

(ALPC : http://www.alpc.asso.fr/code01-c.htm)

ANNEXE 4 : La langue des signes française

4-1 La reconnaissance de la langue des signes comme une langue à part entière

La reconnaissance des langues des signes comme langues à part entière, a été le fait de pionniers, tel Stokoe aux États-Unis dès le début des années 1960. Ils sont partis d'une sorte de degré zéro de la recherche et ont dû construire entièrement la langue des signes en tant qu'objet scientifique (Cuxac, 1993).

La langue des signes existe en France depuis plus de deux siècles. Cependant, en 1880, lors d'un congrès international tenu à Milan et regroupant, pour l'essentiel, des enseignants spécialisés, l'interdiction de la pratique de la langue des signes dans les établissements chargés de l'éducation des jeunes sourds fut majoritairement préconisée. Cette résolution qui visait surtout les échanges maîtres-élèves et les communications entre élèves et qui a été suivie par le gouvernement français, eut, à l'exception des États-Unis, des effets très préjudiciables pour la communauté Sourde. Cette interdiction d'environ un siècle de la LSF, « est ressentie par les sourds comme un tel traumatisme que cela va affecter pour longtemps et en profondeur les relations que, jusque là, ils entretenaient avec les entendants, l'image qu'ils se faisaient de la langue dominante, orale et surtout écrite » (Cuxac, 2005). Peu avant 1980, d'abord à Paris, puis en province, va s'opérer un bouleversement majeur qui affectera les rapports et les rôles de chacun au sein de la communauté sourde : il s'agit de l'accession des signes et pratiques gestuelles des sourds au rang de Langue des Signes. Les travaux de B. Mottez ont pour une large part contribué à cette nouvelle représentation de « la surdité dans la vie de tous les jours » et de la langue des signes (Mottez, 1979).

La structuration générale du dire en LSF est actuellement un sujet de recherche qui en révèle sa richesse et sa complexité. « Les séquences langagières sont en relation iconique très forte avec le point de départ extralinguistique de l'expérience réelle ou imaginaire à transmettre » (Cuxac, 2003). Le modèle théorique proposé par Cuxac, distingue deux procédés de construction du dire : dire en donnant à voir et dire sans montrer. Le dire en donnant à voir, s'appuie principalement sur l'iconicité dont les bases sont les configurations de la main, son orientation, l'emplacement, la mimique, le regard et son mouvement d'une forme dans l'espace ou d'un déplacement par rapport à un repère fixe comme marque temporelle. Grâce à tous ces paramètres ce sont des milliers de formes différentes qui sont données à voir.

La théorie de l'iconicité

C. Cuxac considère l'iconicité intrinsèque de la langue des signes comme un principe fondateur à toute description. M. A. Sallandre (2003) s'est appuyée sur cette théorie pour détailler et approfondir les premières structures de la langue de signes mises en avant par C. Cuxac (2000). Le modèle ainsi révélé par C. Cuxac est un modèle théorique applicable à toutes les langues signées (langues visuo-gestuelles) puisque les recherches se fondent sur un modèle sémiogénétique. C'est-à-dire que l'auteur tente d'expliquer la naissance des Langues des Signes institutionnalisées à partir de l'origine et de la création des signes (par les enfants sourds ou par les Sourds isolés ou de petites communautés), (Fusellier-Souza, 2004).

Ce modèle original prend en compte l'iconicité des langues signées:

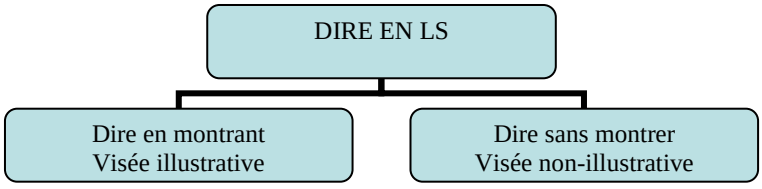
- *l'iconicité d'image* est l'existence d'un lien de ressemblance direct, plus ou moins étroit, entre le référent et le signe qui s'y rapporte (Cuxac, 1993).

- *l'iconicité de diagramme* est d'ordre syntaxique: pour les Langues des Signes, entre dans la construction des références temporelles, spatiales et actantielles (Cuxac, 2003).

Les deux visées en LSF

On répertorie ainsi deux grandes manières de *dire* en LSF, d'après Cuxac (2000): *dire en montrant* (Structure de Grande Iconicité, panel des structures de transferts) et *dire sans montrer* (lexique standard, pointages, dactylologie).

Ces deux manières de *dire* sont visibles grâce aux deux visées : illustrative et non illustrative.



4-2 Le lexique de la langue des signes française

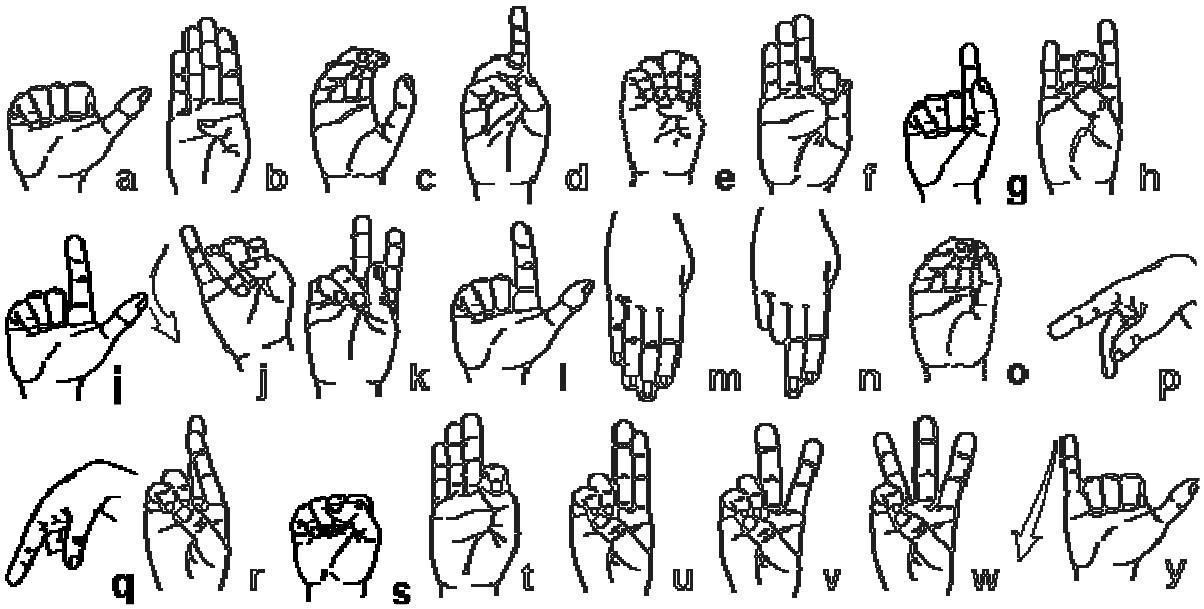
Le lexique des signes est constitué de :

- *des signes dits iconiques* (liés au dire en montrant): beaucoup de signes peuvent être faciles à retenir même pour un entendant car il font partie du mime pour des actions, des objets, des lieux ou paysages, des animaux.

- *des signes standard (ou arbitraires*, liés au dire sans montrer) : les signes influencés par la langue française sont des signes standards. En côtoyant le monde des entendants, la LSF a aussi intégré des signes directement en relation avec le français et souvent les premières lettres des mots sont associées à des mouvements plus ou moins arbitraires, par exemple le *v* de *vert*, *vrai* ou *vacances*, le *r* de *rêve* ou de *raison*, le *s* de *sœur* ou le *f* de *frère*…

L'alphabet dactylologique est un exemple de signes créés afin de faire lire les mots français aux sourds. Il permet aux sourds d'épeler des mots à des entendants qui ne connaissent pas le signe correspondant, mais le plus souvent c'est pour épeler leur nom ou celui d'une ville dont le signe n'est pas encore connu.

L'alphabet dactylologique



(http://www.lsf.lesud83.fr/spip.php?rubrique1)

4-3 La grammaire de la langue des signes française

La syntaxe de la LSF

L'ordre des signes suit la succession dans l'événement réel ou bien, localisant puis localisé, contenant puis contenu, fixe puis déplaçable….Prenons un exemple simple, pour décrire une action, on indique tout d'abord le lieu, puis le temps, ensuite le sujet et enfin l'action. Cet ordre suit la logique de la pensée visuelle qui entraîne une mise en scène systématique de ce qui se dit : le décor est tout d'abord planté, les acteurs entrent ensuite en scène et l'action peut enfin débuter…

Les clefs de la grammaire LSF

- *Les expressions du visage* pour indiquer le sens de la phrase.
- *La ligne du temps* : le signeur situe l'action sur la ligne du temps (Fuselier-Souza, Leix, 2005).
- *Les classificateurs* : des gestes pronominaux montrant le rôle ou la forme du référent.
- *Les verbes uni et pluri-directionnels* :

  - Les verbes pluri-directionnels. Pour signer « Je te téléphone », le locuteur fera le signe *téléphone* de lui vers son interlocuteur. En revanche, « Tu me téléphones » se fera en signant *téléphone* de l'interlocuteur vers le locuteur.

  - Les verbes uni-directionnels: qu'on utilise le « je », le « tu » ou le « il » le verbe aura la même forme comme par exemple les verbes « aller », « manger ».

« Certaines idées reçues sur la langue des signes résistent encore comme l'opinion, par exemple, qu'elle jouerait un rôle de séparateur entre la communauté Sourde et celle des entendants : dans la mesure où grâce à l'interprétation, elle permet à des personnes sourdes d'accéder à de nombreuses activités sociales du monde entendant, la langue des signes est au contraire un facteur d'intégration » (Belfais-Duquesne et Bertin, 2005).

ANNEXE 5 : Questionnaire initial en formation des enseignants du premier degré

1- A quel niveau enseignez-vous ?
Vos élèves sont-ils dans un dispositif d'intégration ?

- collectif ?
- individuel ?

Vos élèves sont-ils

- oralisants ?
- signeurs ?

Pratiquez-vous un peu la LSF ?
2- Enseignez-vous les mathématiques ?
si non, pourquoi ?

3- Avez-vous des difficultés à enseigner cette discipline à des élèves sourds ?

4- Les difficultés sont-elles plutôt dues aux notions mathématiques elles-mêmes ?

- Autour du nombre et du calcul ?
- Autour de la résolution de problèmes ?
- Autour de la géométrie ?
- Autres :

5- Sont-elles plutôt dues à des difficultés de communication entre vous et les élèves ?

- Pour expliquer ?
- Pour comprendre leurs procédures ?
- Autres :

6- Sont-elles plutôt dues à un déficit d'échanges entre les élèves ?

7- Sont-elles plutôt dues à un déficit en langue ?

- En Français ?
- En LSF ?
- A l'oral ?
- A l'écrit ?

8-Sont-elles plutôt dues à un manque de méthode de travail ?

9-Sont-elles plutôt dues à leurs difficultés d'abstraction ?

10-Sont-elles plutôt dues à un manque de motivation ?

11-Sont-elles plutôt dues à une mauvaise image de soi en tant que mathématicien ?

12- Vous semblent-elles d'ordre pédagogique ?

- Gestion du temps
- Gestion des échanges
- Travail par groupes
- Mise en activité

13- Utilisez-vous les TICE en classe ?

Autres réponses ou hypothèses ?

ANNEXE 6 : Les représentations sur les difficultés d'enseigner les mathématiques à des élèves sourds et schéma de présentation des scénarios

Liées à la discipline mathématique	Oui	37%		
	Parfois	26%		
	Non exprimé	21%		
Domaine mathématique concerné	Résolution de problèmes	81%		
	Nombre et calcul	62%		
	Géométrie	24%		
	Consigne	13%		
	Démonstration	5%		
La communication dans la classe	Défaut d'un mode de communication partagé	63%	En explication : 58%	
			En compréhension des procédures : 31%	
	Déficit d'échanges entre les élèves	15%	Tous en intégration	
	Elèves sans communication	0,05%	en maternelle	
Aspects linguistiques et métalinguistiques	Déficits en français	100%	Ecrit : 98%	Manque de vocabulaire : 85%
			Oral : 72%	
			Sans oral : 1%	
	Déficits en LSF	26%		
Aspects cognitifs	Difficultés d'abstraction	86%		
	Déficits de la mémoire	7%		
	Manque de rigueur dans méthodes de travail	21%		
	Manque de connaissances du monde extérieur		1 seule réponse	
Aspects psycho affectifs	Manque de motivation	21%	« un peu » ou « parfois »	
	Mauvaise image de soi en tant que mathématicien	13%		
Mise en œuvre pédagogique	Travail par groupes	0,05%		
	Gestion des échanges	5%		
	Gestion du temps	3%		
	Mise en activité	0,05%	« Très longue »	
	Difficultés à valoriser les élèves		1 seule réponse	
	Utilisation TICE	0,05%		

Tableau 3 : Les représentations des stagiaires sur l'enseignement des mathématiques à des élèves sourds

ANNEXE 7 : Présentation du scénario 1 sur la résolution de problème *(tableau 4)*

<table>
<tr><th colspan="4">SCENARIO 1 : Etudier les places de l'activité et du langage dans la résolution de problèmes</th></tr>
<tr><td colspan="4">Activité 1 : Résoudre un problème mathématique</td></tr>
<tr><th>Objectifs</th><th>Tâches</th><th>Rôle des acteurs</th><th>Processus et outils</th></tr>
<tr><td>Faire vivre une situation de recherche en mathématiques à plusieurs

Compréhension de consignes

(B, Ap, S, Ma, R)</td><td>Problème de maths à résoudre en 3 groupes avec un énoncé donné sous 3 formes différentes et obligation de communiquer dans les seules langues choisies :
- que en français écrit et oral
- que en français écrit et en LSF
- seulement en LSF

(O, Ac, I, P)</td><td>Les stagiaires
- chercher en se mettant à la place d'un élève sourd
- travailler à plusieurs pour se rassurer
Le formateur
-observation non participative
- filmer les groupes au travail
(Me, Mi, D, F)</td><td>- partage des connaissances mathématiques et linguistiques - moyens vidéo pour garder trace de la consigne en LSF
- 3 salles pour éviter les interférences entre les groupes

(Pg)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Activité 2 : Comparer les modes de résolution des 3 groupes</td></tr>
<tr><td>Conduire à identifier les différentes fonctions du langage dans la résolution de problèmes mathématiques</td><td>Tâche 1 : chercher les différences de fonctionnement entre les groupes</td><td rowspan="2">Les stagiaires
- une analyse réflexive et croisée de l'activité
- les échanges permettent d'objectiver
les fonctions du langage selon les étapes de la recherche
-conceptualisation des rôles respectifs de la communication et de la représentation
Le formateur
- gestion des échanges
- formalisation de l'analyse comparative
- synthèse théorisée
(Me, D, F)</td><td rowspan="2">- confrontation croisée des activités cognitives et relationnelles à partir des séquences filmées de chaque groupe

- soutien à la métacognition par cadre rassurant des échanges

- soutien au partage des connaissances par la réalisation d'affiches dans les 3 groupes

(Mc, Pg)</td></tr>
<tr><td>Amener à prendre conscience que la résolution de problèmes mathématiques n'implique pas que des facteurs linguistiques

(B, Ap, S, Ma, R)</td><td>Tâche 2 : chercher les ressemblances de fonctionnement entre les groupes

(O, Ac, I, P)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Activité 3 : atelier de pratique accompagnée pour un petit groupe</td></tr>
<tr><td>Permettre une expérimentation en situation effective dans une classe tenue par une enseignante experte

(B, Ap, S, R)</td><td>- concevoir un scénario pédagogique pour expérimenter la résolution du même problème dans une classe d'élèves sourds scolarisés ensemble dans une 5e SEGPA sur 4 séances
- préparation d'un compte rendu de l'atelier en direction du grand groupe

(O, Ac, I, P)</td><td>Les stagiaires
- conception, expérimentation, évaluations successives du scénario
- analyse réflexive de chaque séance pour ajuster le projet
Le formateur
Ressource avec l'enseignant d'accueil
(Me, Mi, D, F)</td><td>- soutien au partage des connaissances entre les participants au projet par la gestion des différentes phases de l'expérience
- aide à la gestion des « imprévus » par les formateurs
- séances filmées et consignées en vue de leur présentation
(Mc, Pg, C)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Activité 4 : Compte rendu de l'atelier au grand groupe</td></tr>
<tr><td>Amener à mutualiser l'expérience de réinvestissement en vue d'évaluer la pertinence du scénario
(B, Ap, S, Ma, R)</td><td>- Présentation de l'expérience
- Analyse comparative entre les obstacles rencontrés dans la résolution du problème par les élèves et par les stagiaires

(O, Ac, I, P)</td><td>- les stagiaires conceptualisent les savoirs sur le problème initial
- le formateur les institutionnalise

(Me, Mi, D, F)</td><td>- gestion des connaissances produites par le montage d'un film
- partage entre grand et petit groupe

(Mc, Pg, C)</td></tr>
</table>

ANNEXE 8 : Présentation du scénario 2 sur la conceptualisation *(tableau 5)*

<table>
<tr><th colspan="4">SCENARIO 2 : Etudier la place de l'activité expérientielle dans la conceptualisation mathématique</th></tr>
<tr><td colspan="4">Activité 1 : Elaborer un concept mathématique</td></tr>
<tr><th>Objectifs</th><th>Tâches</th><th>Rôle des acteurs</th><th>Processus et outils</th></tr>
<tr><td>Faire vivre une situation de recherche en mathématiques fondée sur des expériences en binômes

(B, Ap, Ma, R)</td><td>Résoudre 3 situations problèmes en expérimentant à l'aide de différents supports :
- les couleurs
- les rotations
- les pendules

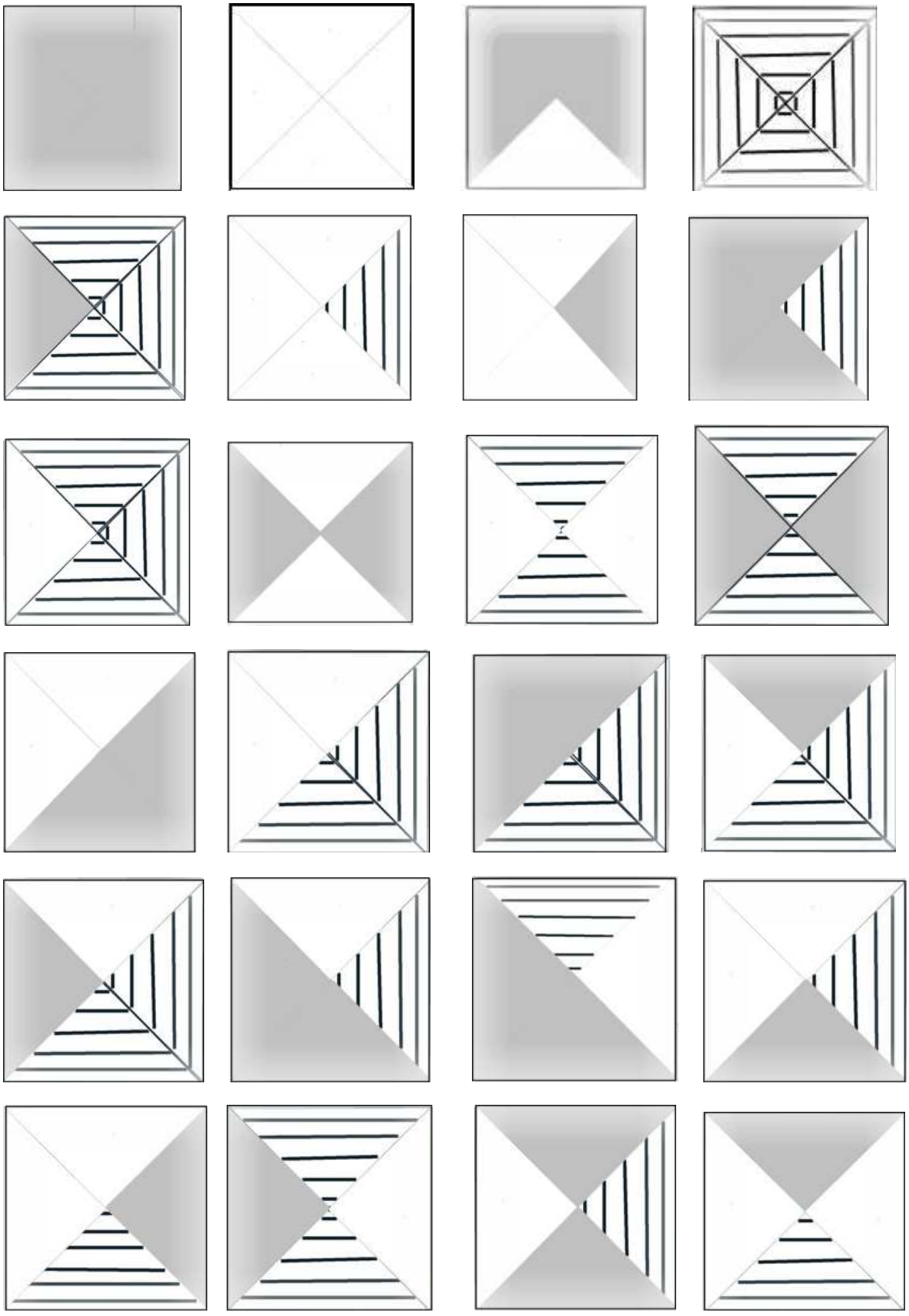
(O, Ac, I, P)</td><td>Les stagiaires
- chercher en se mettant à la place d'un élève sourd
- travailler à plusieurs pour se rassurer
Le formateur
-observation
(Mi, D, F)</td><td>- soutien au partage des connaissances mathématiques par la mise en place des binômes
- mise à disposition de divers supports matériels et visuels
(Pg)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Activité 2 : identifier les caractéristiques du concept</td></tr>
<tr><td>Conduire à identifier le concept et à le transférer dans d'autres situations

(B, Ap, Ma, R)</td><td>Tâche 1 : énoncer les points « remarquables » dans chacune des 3 expériences
Tâche 2 : comparer et chercher des ressemblances entre les 3 expériences
Tâche 3 : trouver d'autres situations où ce concept intervient
(O, Ac, I, P)</td><td>Les stagiaires
- analyse réflexive sur les situations
- activité de catégorisation
Le formateur
- gestion des échanges et prise de notes
- formalisation des propriétés du concept
- dénomination
(Mi, D, F)</td><td>- soutien à la catégorisation par la notation sur affiche
- soutien au passage à l'abstraction par des mises en commun régulières et successives
- partage des savoirs par échanges entre les binômes
(Mc, Pg)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Activité 3 : caractériser la démarche inductive de construction de concepts mathématiques</td></tr>
<tr><td>Conduire à identifier les principes de la démarche inductive proposée pour faire élaborer des concepts maths à des élèves sourds dans ses différentes étapes

(B, Ap, S, R)</td><td>Tâche 1 : prendre une distance personnelle par rapport à l'expérience vécue
Tâche 2 : confronter son analyse à celle des pairs pour en dégager des principes généraux
(O, Ac, I)</td><td>Les stagiaires
- analyse réflexive sur son activité
- généralisation du processus de conceptualisation mathématique
Le formateur
- gestion des échanges réflexifs, formalisation
(Me, D, F)</td><td>- soutien à la métacognition par un questionnaire
- partage des savoirs par échanges collectifs
(Mc, Pg,)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Activité 4 : imaginer un scénario à partir d'un autre concept mathématique</td></tr>
<tr><td>Etre capable de transférer la démarche dans une situation professionnelle fictive

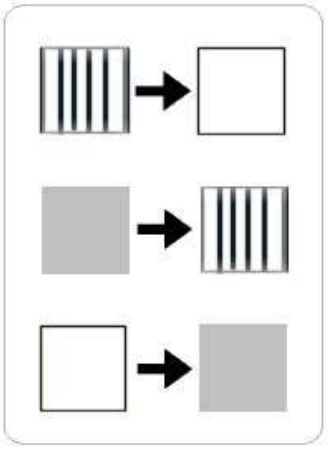
(B, Ap, S, Ma, R)</td><td>- choisir un concept maths adapté au niveau de ses élèves
- concevoir un scénario pédagogique pour expérimenter la démarche en petits groupes
(O, Ac, I, P)</td><td>Les stagiaires
- analyse didactique concept math
- élaboration scénario
Le formateur
Ressource des groupes
(Me, D, F)</td><td>- soutien maths par consultation documents et programmes
- partage des savoirs dans les petits groupes via internet en inter session
(Mc, Pg, C)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Activité 5 : chaque groupe expose son travail en faisant vivre son scénario au grand groupe</td></tr>
<tr><td>Evaluer la pertinence du scénario par les capacités à mettre en scène et communiquer les connaissances acquises
(B, Ap, S, Ma, R)</td><td>- présenter la réflexion du petit groupe
- rendre accessibles le concept choisi et le scénario imaginé au grand groupe
(O, Ac, I, P)</td><td>Animation du grand groupe par stagiaires
Le formateur
Observation participative
(Me, Mi, D, F)</td><td>- mutualisation des groupes
- évaluation de la formation par la mise en activité des pairs
- présentation PMM
(Mc, Pg, C)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Activité 6 pour certains : expérimenter le scénario imaginé dans sa propre classe</td></tr>
<tr><td>Mise à l'épreuve dans une situation effective</td><td>Faire vivre et adapter le scénario à ses élèves</td><td>Gestion de la classe par stagiaire et co-analyse réflexive formateur</td><td>auto contrôle de la formation</td></tr>
</table>

ANNEXE 9 : **Les 24 carrés qui répondent au problème du scénario 1**

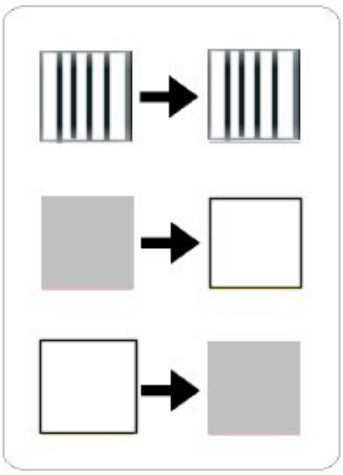


ANNEXE 10 : Fiches pour la situation des boîtes de couleur

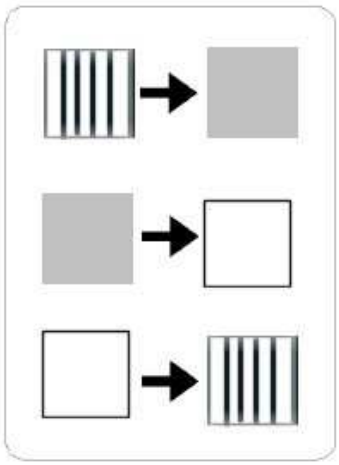
10-1 <u>Les boîtes de couleur</u>



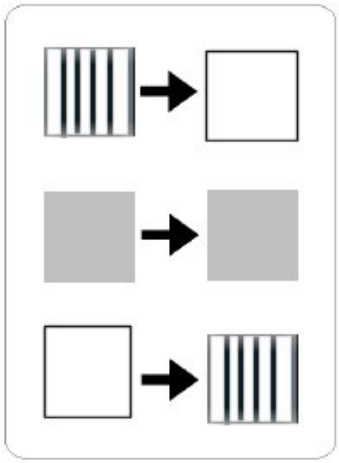
boite u



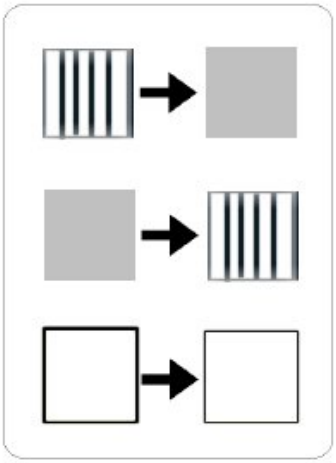
boite t



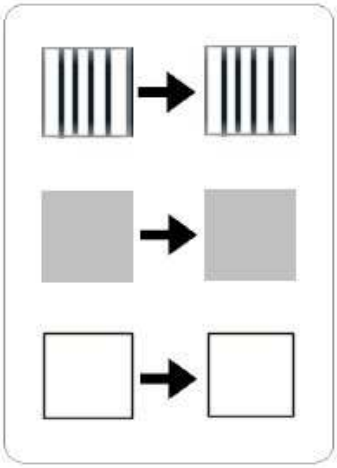
boite p



boite n

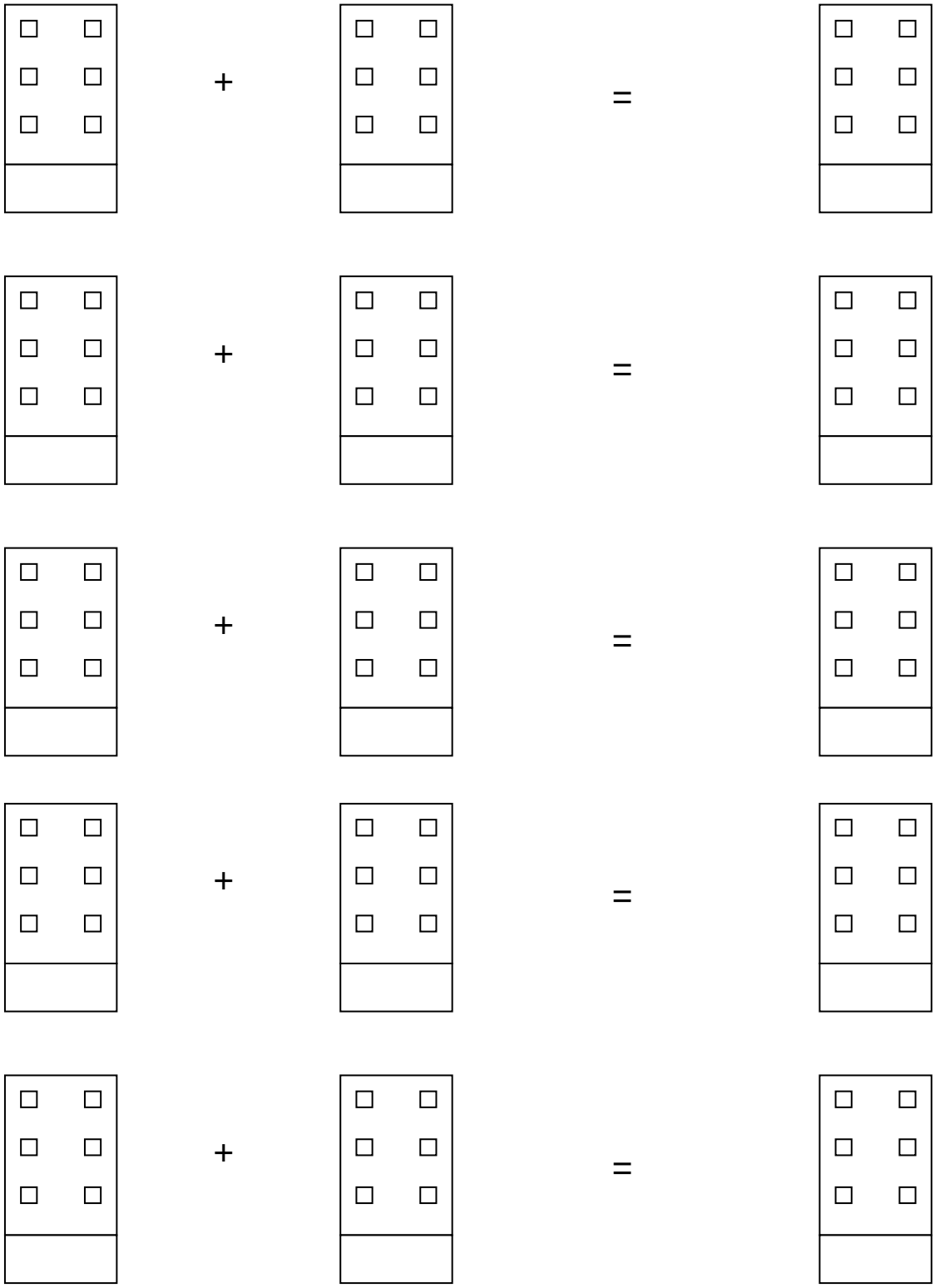


boite m



boite i

10-2 Fiche essai pour les combinaisons des boîtes de couleurs



ANNEXE 11 : Fiches correspondant aux situations expérientielles

Fiches pour l'expérience des boîtes de couleur

+	i	m	n	u	t	p
i	**i**		**n**	**u**	**t**	**p**
m		**i**	**p**	**t**	**u**	**n**
n	**n**	**u**	**i**		**p**	
p	**p**	**t**	**m**	**i**	**n**	
t	**t**	**p**	**u**	**n**		**m**
u	**u**	**n**	**t**	**p**	**m**	**i**

1- Calculez n+p m+I p + m.
2- Complétez la table d'addition suivante
3- Que peut-on dire de : u+p p+u m+m n+n t+t i+i ?
4- En utilisant la table, calculez (m+n)+p et m+(n+p)

Fiche pour l'expérience des rotations de disques

+	r0	r1	r2	r3	r4
r0	**r0**	**r1**	**r2**	**r3**	**r4**
r4	**r4**	**r0**	**r1**		**r3**
r3		**r4**	**r0**	**r1**	
r2	**r2**	**r3**	**r4**		
r1	**r1**	**r2**		**r4**	**r0**

1. Calculez r4+r3 r2+r3
2. Complétez la table d'addition suivante
3. Que peut-on dire de r1+r4 r4+r1 r2+r3 r3+r2 r0+r0 ?
4. En utilisant la table, calculez (r1+r2)+r4 et r1+(r2+r4)

Fiche pour l'expérience des pendules

+	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11	11	12	1		3	4	5		7	8	9	10
10	10	11	12	1	2		4	5	6	7		9
9	9	10	11	12	1	2	3		5		7	8
8	8	9	10	11		1	2	3	4	5	6	7
7	7	8	9	10	11		1	2	3	4		6
6	6	7	8	9	10	11		1	2	3	4	5
5	5	6	7	8	9		11	12	1	2		4
4	4	5	6	7	8	9		11		1	2	3
3	3	4	5	6	7		9	10	11	12		2
2	2	3	4	5	6	7	8		10	11	12	1
1	1	2	3		5	6	7	8		10	11	

1. Complétez la table d'addition suivante
2. Retrouve-t-on les mêmes propriétés que dans les autres expériences ?

ANNEXE 12 : Le questionnaire support de l'analyse réflexive sur la conceptualisation

La conceptualisation mathématique

7- Comment avez-vous procédé ?
8- Quel support avez-vous préféré ? Pourquoi ?
9- Quelle a été votre démarche pour chaque exercice?
10- A quel moment avez-vous éprouvé des difficultés ?
11- A quel moment avez-vous pris conscience des ressemblances ?
12- Quels sentiments sont apparus tout au long de la séquence ?

La conceptualisation d'un cadre pédagogique favorisant l'élaboration de concepts mathématiques chez les enfants sourds

13- Suite à l'approche pédagogique que vous avez vécue, quelles questions avez-vous, ou quels liens faites-vous avec votre propre pratique professionnelle ?
14- Que gardez-vous de cette expérience ?

ANNEXE 13 : Les résultats relatifs à la conceptualisation d'un *groupe* mathématique

		Enseignants du 1e degré (31)	Enseignants du 2e degré (31)	Participants à l'atelier du colloque (23)	Enseignants Mauriciens (15)	Total (100)
Utilisation des supports	A chaque expérience	12	18	16	10	56
	uniquement pour la 1e l'expérience	13	1	5	1	20
	De moins en moins au cours des activités	5	6	2	4	17
	Pas du tout	1	5			6
	Sans réponse		1			1
Démarches selon les expériences	Tâtonnement	25	25	18	15	83
	Utilisation de la feuille d'essai	4	3	7	4	18
	L'activité 1 facilite les activités 2 et 3	17	19	15	4	55
	Recherche d'une connaissance maths	2	1			3
	Bonne collaboration dans binôme	14	11	12	14	51
Aucune difficulté		11	5	1	3	20
Difficultés liées aux situations expérientielles	Situation jugée déstabilisante	10	15	11	7	43
	Activité 1 jugée la plus difficile	9	17	14	8	52
	Non compréhension de la finalité	8	9	6	1	24
	Mémoriser la consigne			2	1	3
	S'abstraire des supports		1			1
Difficultés liées à l'histoire individuelle	Peur de l'échec	1	5	1		7
	Peur du jugement		1		1	2
	Peur des maths		2			2
Le processus de conceptualisation	Découverte progressive	24	18	18	9	69
	Découverte en fin de phase	5	9	5	1	20
	Pas de réponse	2	4		5	11
	Difficulté phase nominalisation	4	4	2	4	14
Aides apportées par :	Les supports	4	7	5	6	22
	La familiarité des activités 2 et 3	1	5			6
Vécus positifs par rapport aux activités expérientielles	Aspect ludique des activités	2	12	2	3	19
	Plaisir de chercher, curiosité	3	3	6		12
	Plaisir de réussir	9	5	3	7	24
	Plaisir de travailler à plusieurs	1	2	2	6	11
	Mise en confiance	1	1		1	3

ANNEXE 14 : Les résultats relatifs à la conceptualisation d'une démarche favorisant la conceptualisation des élèves sourds en mathématiques

		Enseignants du 1e degré (31)	Enseignants du 2e degré (31)	Participants à l'atelier du colloque (23)	Enseignants Mauriciens (15)	Total (100)
Intérêts de se retrouver dans une situation d'apprenant pour mieux transférer		5	5	5		15
Intérêts de faire expérimenter les élèves sourds		9	7	8	2	26
Intérêts de diversité des situations pour un même concept		6	5	4		15
Intérêts des supports ludiques		3	6	1		10
Intérêts du travail de groupes pour les élèves sourds		8	7	5	12	32
Possibilités d'extension de la démarche à toutes les disciplines	oui	9	8	1		18
	non	1		1		2
	la question se pose	9	6	1		16
Représentations résistantes	Non compréhension	1	1	4	2	8
	Rejet		4			4
	Aucun intérêt	1				1
	Contre sens		3			3

Tableau5 : Résultats relatifs à la conceptualisation de la démarche

ANNEXE 15 : Exemple de collaboration entre formateurs du centre de formation et des formateurs de terrain

Relevé de conclusions
Rencontre correspondants départementaux de formation/référents INS HEA
17 novembre 2006

Pièces jointes :
- *Liste des correspondants de formation et des référents INS-HEA des stagiaires Capa-SH option A, B, C*
- *Plans de formations*
- *Annexe textes réglementaires*

Contexte :

Cf. annexes indiquant les textes réglementaires de référence.
Les stagiaires subissent durant l'année de Capa-SH une pression importante liée à l'alternance, aux conditions et exigences de formation et d'exercice professionnel (densité de la formation, gestion des aspects matériels, gestion de la classe et du remplacement dans un contexte parfois inédit, mémoire, préparation de l'examen...) Le référent INS HEA et le correspondant départemental concourent au bon déroulement de la formation en alternance et de l'examen, leurs échanges et leurs rencontre lors de la journée des correspondants de formation organisée à l'INS HEA devrait permettre progressivement une meilleure harmonisation des conditions de formation et de certification des stagiaires.

Contexte général de collaboration :
L'INS HEA pilote la formation, notamment dans ses modalités présentielles (sessions à l'INS HEA) et électronique (plateforme de téléformation, suivi intersession), il n'est en aucun cas prescripteur d'injonctions à destination des inspections dont dépendent les stagiaires ou des rectorats qui gèrent les conditions générales de passation de leur examen. En conséquence, il ne peut par la voix des référents des stagiaires, au même titre que les correspondants départementaux, qu'assurer une fonction de régulation, d'alerte et d'information auprès des différentes instances de décisions.
Grâce à un réseau de correspondants de formation progressivement mis en place depuis le début des formations Capa-SH, l'institut de formation se fixe pour objectif de mieux réguler les modalités de formation et de certification et mieux en harmoniser les conditions.

Missions des référents de formation et des correspondants départementaux :

Rôle du référent de L'INS HEA :
- Il est l'interlocuteur privilégié du stagiaire, notamment pendant les intersessions.
- Il reçoit les demandes particulières du stagiaire et y répond directement ou en les orientant vers d'autres personnels, formateurs ou administratifs de l'INS HEA.
- Le plus souvent, il est aussi le directeur de mémoire du stagiaire.
- Il établit une relation avec le correspondant départemental du stagiaire.
- Il informe le correspondant de la situation du stagiaire à l'INS HEA.
- Il collecte des informations sur le contexte d'exercice du stagiaire et la politique locale.
- Il rend visite au stagiaire (une fois)

Rôle du correspondant départemental :
- Il est l'interlocuteur privilégié du stagiaire sur son lieu d'exercice.
- Il aide et conseille le stagiaire dans sa prise de fonction d'enseignant accueillant des élèves en situation de handicap.
- Il contribue à la régulation des conditions d'exercice, de formation de certification du stagiaire (tuilage avec le remplaçant, possibilité de visite d'établissements ou services, organisation de l'examen…)
- Il assure l'interface avec l'IEN-ASH
- Il facilite la collecte de données utiles à la formation (projets, ressources documentaires…)
- Il s'enquiert des conditions de passation de l'examen (particulièrement pour les enseignants ayant un poste d'éducateur, un poste en SAPAD, un poste au chevet ou un poste itinérant)
- Il aide l'enseignant-stagiaire à concevoir l'épreuve pratique de l'examen

Choix du correspondant départemental :
Certains correspondants sont conseillers pédagogiques, d'autres ont été choisis parmi les enseignants spécialisés de l'option. Le choix dépend des ressources et fonctionnements locaux, quelques stagiaires bénéficient d'un suivi par un conseiller pédagogique et un enseignant.

Visite du référent INS HEA au stagiaire :
Une visite du référent INS HEA au stagiaire, sur son lieu d'exercice, est prévue. Elle peut consister en une observation en situation, suivie d'une discussion et peut être conduite conjointement avec le correspondant départemental, ou séparément.
Quoiqu'il en soit, le déplacement du formateur peut être l'occasion d'une rencontre avec le correspondant (Selon les besoins et les possibilités).
La question de la circulation d'écrits relatifs aux visites auprès des stagiaires semble délicate. Elle sera résolue au cas par cas, selon les contextes particuliers et en accord avec le stagiaire.
L'écrit libre, peu formalisé, en tant qu'outil de formation, servant à garder trace des points évoqués lors de la visite n'est pas remis en question, en revanche, l'idée d'une trace remise à l'IEN-ASH (membre parmi quatre de la commission d'examen) pose problème. Il peut apparaître comme l'élément d'un dossier préalablement constitué sur le stagiaire en vue de son évaluation, ce qui n'est pas évoqué dans le texte relatif à la certification.

Communication d'informations entre référents et correspondants :

Le correspondant départemental et le référent INS HEA s'échangent des informations et harmonisent leurs interventions afin d'articuler les deux moments de cette alternance.
La mutualisation d'informations se fera selon des modalités variables (rassemblement annuel de début d'année, courriels, contacts téléphoniques, éventuellement visite conjointe au stagiaire…)

Mémoire :

Le suivi du mémoire est assuré par le référent INS HEA, y compris l'entraînement à la soutenance. Il apparaît cohérent et souhaitable pour le stagiaire qu'il n'y ait qu'un seul référent mémoire. Pour autant, lors de ses rencontres avec le stagiaire le correspondant départemental pourra, s'il le souhaite, enrichir la réflexion menée par le stagiaire.

Examen :

Les conditions de l'examen ont changé, contrairement au CAPSAIS, le moment de l'épreuve de Capa-SH doit être considéré comme un point d'orgue de la formation consistant à apprécier la capacité en cours d'acquisition à adapter ses pratiques à l'accueil des élèves en situation de handicap. Les compétences professionnelles et pédagogiques et didactiques générales ne sont pas évaluées en tant que telles.
Les adaptations attendues ne relèvent pas uniquement d'une « spécialisation ostensible » à travers l'utilisation de techniques, mais également et surtout de choix pédagogiques et didactiques et d'une écoute particulière, prêtée à l'élève différent, parfois peu perceptibles, ce qui les rend d'autant plus pertinents.
Les conditions de passation de l'examen mériteraient d'être harmonisées (dates de passation, remise des mémoires, critères d'évaluation)
La question de la date de remise des mémoires est posée, il serait souhaitable que la date de remise des mémoires n'ait pas lieu avant la fin de la formation.

Perspectives :
Afin d'améliorer le suivi des stagiaires des propositions ont été faites :

- Enrichissement de la convention entre l'INS HEA et les inspections ASH (annexant un cahier des charges)
- Anticipation dès la session n-1 : nomination rapide des correspondants départementaux et communication à l'INS HEA
- Envoi par l'INS HEA des informations relatives à la formation et particulièrement à journée des correspondants aux établissements et services en plus de l'IEN-ASH, afin de mieux anticiper l'organisation des services.
- Mise en ligne sur le site de l'INS HEA des plans de formation et si possible création d'une « rubrique » dédiée aux correspondants de formation dans l'onglet formation Capa-SH
- Formation de quelques jours des correspondants départementaux proposée par l'INS HEA dans le cadre de son plan de formation 2007-2008

- Journée de rencontre correspondants départementaux/référents INS HEA en temps différenciés :
    - Une information générale pour les correspondants n'ayant jamais exercé cette « fonction »
    - Une information actualisée pour l'ensemble des correspondants
    - Un temps de rencontre individuelle entre référents et correspondants
    - Un temps de discussion

Rappel du contexte législatif et réglementaire

La formation du Capa-SH est définie par un cadre décrit dans le Bulletin Officiel spécial n°4 du 26 septembre 2005 (voir les liens directs vers les textes sur le site de l'INS HEA à l'adresse : http://www.inshea.fr/formations

Décret n° 2004-13 du 5 janvier 2004. JO du 7 janvier 2004
Certificat d'aptitude professionnelle pour les aides spécialisées, les enseignements adaptés et la scolarisation des élèves en situation de handicap et Certificat complémentaire pour les enseignements adaptés et la scolarisation des élèves en situation de handicap.

Arrêté du 5 janvier 2004. JO du 7 janvier 2004
Organisation de la formation professionnelle spécialisée à l'intention d'enseignants chargés des aides spécialisées, des enseignements adaptés et de la scolarisation des élèves en situation de handicap.

Arrêté du 5 janvier 2004. JO du 7 janvier 2004
Organisation de l'examen pour l'obtention du Certificat d'aptitude professionnelle pour les aides spécialisées, les enseignements adaptés et la scolarisation des élèves en situation de handicap.

Le texte évoque une articulation entre le centre de formation et le terrain sans en fixer les modalités concrètes (visites, rencontres référents/correspondants…)

ANNEXE 16 : Exemples de données

16-1 Exemples de réponses aux questionnaires initiaux en formation

16-1-1 ***Exemple 1***

M.S.
G.S.
CP
CE2
CM1
CM2

1- A quel niveau enseignez-vous ? 5e

1bis : Pratiquez-vous un peu la LSF ? Non

Vos élèves sont-ils dans un dispositif d'intégration ? collectif ? individuel ?

Vos élèves sont-ils oralisants ? Oui signeurs ? Non

2- Enseignez-vous les mathématiques ? Par vraiment.

si non, pourquoi ? J'interviens plutôt sur les difficultés rencontrées en français, parfois sur la résolution de problèmes.

3- Avez-vous des difficultés à enseigner cette discipline à des élèves sourds ?

Pas trop

4- Les difficultés sont-elles plutôt dues aux notions mathématiques elles-mêmes ?

- Autour du nombre et du calcul ? parfois
- Autour de la résolution de problèmes ? Oui
- Autour de la géométrie ? Non

5- Sont-elles plutôt dues à des difficultés de communication entre vous et les élèves ?

- Pour expliquer ? Explication des énoncés
- Pour comprendre leurs procédures ?

6- Sont-elles plutôt dues à un déficit d'échanges entre les élèves ?

Non

7- Sont-elles plutôt dues à un déficit en langue ?

- En Français ? Oui
- En LSF ?
- A l'oral ? Oui
- A l'écrit ? Oui

8-Sont-elles plutôt dues à un manque de méthode de travail ? Parfois

9-Sont-elles plutôt dues à leurs difficultés d'abstraction ? Oui

10-Sont-elles plutôt dues à un manque de motivation ? Non

11-Sont-elles plutôt dues à une mauvaise image de soi en tant que mathématicien ? Non

12- Vous semblent-elles d'ordre pédagogique ?

- Gestion du temps
- Gestion des échanges
- Travail par groupes
- Mise en activité

13- Utilisez-vous les TICE ? Oui

14- Autres réponses ?

16-1-2 ***Exemple 2***

1- A quel niveau enseignez-vous ? GS à 2nde. 1bis : Pratiquez-vous un peu la LSF ? très très très peu

Vos élèves sont-ils dans un dispositif d'intégration ? collectif ? individuel ?

Vos élèves sont-ils oralisants ? signeurs ?

2- Enseignez-vous les mathématiques ? un peu.

si non, pourquoi ?

3- Avez-vous des difficultés à enseigner cette discipline à des élèves sourds ?
parfois.

4- Les difficultés sont-elles plutôt dues aux notions mathématiques elles-mêmes ?

- Autour du nombre et du calcul ?
- Autour de la résolution de problèmes ?
- Autour de la géométrie ?

5- Sont-elles plutôt dues à des difficultés de communication entre vous et les élèves ?

- Pour expliquer ? parfois pour les énoncés problèmes.
- Pour comprendre leurs procédures ?

6- Sont-elles plutôt dues à un déficit d'échanges entre les élèves ? Non

7- Sont-elles plutôt dues à un déficit en langue ?

- En Français ? pauvreté du bagage lexical.
- En LSF ?
- A l'oral ?
- A l'écrit ?

8-Sont-elles plutôt dues à un manque de méthode de travail ? Non

9-Sont-elles plutôt dues à leurs difficultés d'abstraction ? oui.

10-Sont-elles plutôt dues à un manque de motivation ? non

11-Sont-elles plutôt dues à une mauvaise image de soi en tant que mathématicien ? non.

12- Vous semblent-elles d'ordre pédagogique ? non

- Gestion du temps
- Gestion des échanges
- Travail par groupes
- Mise en activité

13- Utilisez-vous les TICE ? non.

14- Autres réponses ?

16-1-3 *Exemple 3*

1- A quel niveau enseignez-vous ? fin cycle II - cycle III 1bis : Pratiquez-vous un peu la LSF ? oui

Vos élèves sont-ils dans un dispositif d'intégration ? collectif ? individuel ? certains

Vos élèves sont-ils oralisants ? certains signeurs ? presque tous

2- Enseignez-vous les mathématiques ? oui

si non, pourquoi ?

3- Avez-vous des difficultés à enseigner cette discipline à des élèves sourds ? parfois

4- Les difficultés sont-elles plutôt dues aux notions mathématiques elles-mêmes ?

- Autour du nombre et du calcul ?
- Autour de la résolution de problèmes ? compréhension du problème / démarche
- Autour de la géométrie ? pour les élèves avec troubles associés / pour les autres aucune difficulté au contraire (sauf si lié au vocabulaire).

5- Sont-elles plutôt dues à des difficultés de communication entre vous et les élèves ?

- Pour expliquer ? parfois
- Pour comprendre leurs procédures ? ne les explique pas

6- Sont-elles plutôt dues à un déficit d'échanges entre les élèves ?

7- Sont-elles plutôt dues à un déficit en langue ?

- En Français ? pour la compréhension des consignes / problèmes écrits
- En LSF ? parfois
- A l'oral ?
- A l'écrit ?

8-Sont-elles plutôt dues à un manque de méthode de travail ? parfois, pour certains élèves

9-Sont-elles plutôt dues à leurs difficultés d'abstraction ?

10-Sont-elles plutôt dues à un manque de motivation ? pour certains oui, pour les autres non.

11-Sont-elles plutôt dues à une mauvaise image de soi en tant que mathématicien ? possible pour certains

12- Vous semblent-elles d'ordre pédagogique ?

- Gestion du temps classe avec plusieurs niveaux, gestion de l'autonomie difficile
- Gestion des échanges
- Travail par groupes
- Mise en activité mise en route toujours très longue

13- Utilisez-vous les TICE ? très peu

14- Autres réponses ?

JEU DES CARRES 1ère séance

Déroulement	Matériel	Observations
Présentation collective de l'exercice : environ 15 min *Nous allons vous donner des carrés qui sont en deux parties (*les montrer*).Il faut les colorier entièrement .Vous devez utiliser 3 couleurs au maximum .Tous les carrés doivent être différents* Penser à faire ranger les autres couleurs . Les trois contraintes sont notées sur des cartons au tableau , séparément .Elles serviront au moment de la reprise collective . **colorier entièrement* **3 couleurs au maximum* **carrés tous différents*	10 Carrés de 9 cm de côté Mobiles Crayons de couleur , bleus, rouges, jaunes	*Si les élèves posent des questions , redire simplement la consigne et éviter de trop expliquer pour ne pas donner la solution .*
Recherche par groupes :15 min environ Yassin et Ketty Nourredin et Awais Sébastien et Thierry Naweed et Ammoro Ne pas intervenir pendant la recherche.		*Les élèves ont tout de suite été dans la recherche .Cependant , ils manquent de confiance et regardent le travail des autres groupes au risque de recopier leurs erreurs .*
Première mise au point : environ 15 min Chaque groupe place ses carrés sur une affiche . L'intervenant présente en premier les résultats qui comportent le plus d'erreurs. On vérifie en utilisant les contraintes écrites. **Oubli des carrés qui ont une seule couleur .* *Qu'est-ce que veut dire au plus ?* **carrés identiques* *Qu'est-ce que veut dire différent ?.* **carré trafiqué pour placer trois couleurs* *Que pensez-vous ? Etes-vous d'accord ?* Peu à peu , retirer les carrés qui ne conviennent pas ou sont en trop .	Papier affiche patafixe	***Toujours penser à observer en premier les recherches comportant des erreurs .*** *Pour vérifier le travail , il est nécessaire de présenter les consignes écrites en les séparant .Ceci posait problème aux élèves .Nous avons donc numéroté les consignes pour montrer que l'on s'occupe de la première contrainte puis seulement après de la deuxième ...* *Tous les obstacles ont été soulevés par les remarques des élèves :* *Pas d'erreurs* *Difficulté pour se déterminer si les deux triangles étaient hachurés dans la même couleur mais dans des sens différents .* *Nous avons demandé combien de parties étaient coloriées dans chaque carré et ce qu'on demandait au départ .* *Une autre difficulté est apparue : des triangles laissés en blanc .Mais les élèves ont montré que ce n'était pas colorié donc ne correspondait pas à la consigne.*

:JEU DES CARRES 1ère séance
suite

Déroulement	Matériel	Observations
Retour en groupes :15 min environ *A-t-on vraiment trouvé tous les carrés ? Vérifiez .* **Dernière reprise collective :** Trouver une justification. *Comment est-on sûrs d'avoir trouvé tous les carrés ?* *Avec trois couleurs , c'est impossible . *avec une seule couleur , on a seulement trois carrés *avec deux couleurs , montrer les trois possibilités . Rectifier au besoin les travaux de chaque groupe et les afficher .	Préparer une affiche réponse .	*Cette partie n'a pu être faite faute de temps mais elle sera reprise avec l'enseignante de la classe . .*

16-3 Exemples de notes prises sur les différents bilans réflexifs des enseignants en formation

16-3-1 *Bilan réflexif suite aux situations expérientielles sur le concept de groupe mathématique des enseignants de Maurice*

- Ce matin : Situation de chercheur : je ne sais pas où je vais, qu'est-ce qui m'a aidé… ? Cet après-midi : Que pouvons-nous faire pour imaginer des situations pour que les enfants sourds trouvent la définition du concept à apprendre en comparant différentes situations ?

- Nous avons construit un concept sans que la formatrice donne la définition. A partir de plusieurs situations, les points communs sont apparus : ce sont les propriétés du concept nouveau.

Comment avez-vous procédé ?

- Essayer de faire des images pour comprendre le texte. Les cartes, les machines les cadrans ont aidé à se passer des mots.

- Le support était de moins en moins important au fur et à mesure des exercices. Le premier exercice a permis de se faire une image mentale qui a aidé pour les exercices suivants : une seule situation pou comprendre, c'est plus difficile que plusieurs situations.

- Chercher une logique dans les instructions, puis discuter en groupe. Est-ce que les enfants sentent qu'il y a une logique ? Nous avons trouvé la logique, pendant le travail et pas dès le départ.

- On peut préférer le dernier exemple, parce qu'il semblait plus facile. Les choses avaient été construites difficilement avant, mais elles étaient claires. Cet exercice était moins inhabituel.

- On peut montrer qu'un concept difficile est appliqué dans le quotidien.

- Les couleurs étaient très inhabituelles pour nous qui travaillons avec les chiffres.

- Mais, moi j'étais fière d'avoir réussi le plus difficile.

- Au début, on est perdu : comment faire accepter de ne pas abandonner une situation difficile ? Le groupe rassure : je ne suis pas seul, quelqu'un peut m'aider. Les supports sont concrêts et gais.

- Peut-on donner une exemple : non, expliquer une situation ?

- Besoin de confiance et certitude de réussir au bout du compte, sans jugement.

- Cette façon de procéder peut fonctionner que les enfants soient brillants ou pas.

- Nous avons été obligés de faire des efforts, nous n'étions pas certains d'obtenir la bonne réponse.

Quoi faire pour profiter de notre pratique de ce matin, dans nos pratiques pédagogiques ?

- C'est plus intéressant de les laisser trouver eux-mêmes : on mémorise mieux ce qu'on a construit soi-même.

- Nous ne pensons pas comme les enfants, donc c'est inutile de leur dire : il faut faire comme ça parce que je fais comme ça.

- Commencer par la définitions peut marcher avec beaucoup d'enfants, mais avec des enfants sourds ça marche encore moins souvent, parce qu'il n'y a pas de représentations : partir d'une définition, c'est comme comprendre du texte dans du texte.

- Il y avait des objets pour soutenir l'activité intellectuelle : du matériel, de la manipulation, de la réflexion…

- Revoir l'organisation de la classe et réfléchir la fabrication de matériel pédagogique. On peut partager nos idées et nos compétences entre collègues.

16- 3-2

Synthèse de l'analyse réflexive du groupe 2 CA option A

La conceptualisation du concept de groupe mathématique

Démarches et stratégies

- Il faut comprendre la consigne ; par exemple, pb de compréhension du tableau à double entrée
- On tâtonne à partir des outils avec plus ou moins de succès, pas à pas
- On se laisse « prendre au jeu »
- On utilise 2 outils différents pour pouvoir vérifier
- Le brouillon est utilisé plus ou moins
- A partir des situations 2 et 3 on s'appuie sur ce qu'on a trouvé avant
- Dans le binôme il y a différentes répartitions des tâches : l'un lit et l'autre agit, l'un écrit et l'autre le dit à voix haute, l'un fait et l'autre vérifie, les exercices sont faits séparément d'un côté et de l'autre, la répartition est discutée avant la tâche pour avoir des phases à 2 et des phases solitaires (d'où l'importance d'avoir un mode de communication facile et commun)
- Il a été nécessaire pour certain d'inhiber des connaissances (en l'occurrence mathématiques) pour pouvoir que la recherche aboutisse : par exemple, ces activités évoquent pour certains des domaines maths comme fonctions, factorisations, addition et peuvent être de fausses pistes
- Il a eu une différence entre ce qui était à faire et ce que les personnes s'imaginaient qu'elles devaient faire (différence entre tâche réelle et conception initiale de la tâche : trop facile ou trop enfantin ou pas assez maths etc)
- Certains ont dit n'avoir pas compris spontanément où ils devaient aller et s'en être inquiétés, d'autres ont eu confiance et ont accepté ce flou car ils savaient qu'ils y arriveraient

Les supports

- Ils sont inhabituels donc déconcertants mais peuvent aussi aiguiser la curiosité
- Ils sont conviviaux et faciles à manipuler
- Besoin de moins en mois des supports au cours des activités et même plus du tout à la fin
- Les supports 2 et 3 ont un rapport plus évident avec l'addition
- Certains ont trouvé qu'il y avait trop de supports différents (ça noie)
- Les supports ont induit un aspect enfantin, ludique qui peut plaire et motiver mais pas nécessairement pour d'autres
- Certains ont cherché un lien entre les différents outils
- Un avantage pour les élèves sourds que d'avoir un support concret

Les aides apportées

- Elles peuvent ajouter de la confusion plutôt qu'aider : par exemple, expliquer le tableau à double entrée avec les mots croisés
- Que l'adulte reste à côté d'un groupe en difficulté est une aide
- Faire soi-même est différent que de voir faire l'enseignant
- Ne pas juger des personnes en difficulté est aussi une aide
- La reformulation par le groupe (importance d'un langage accessible et commun aux élèves et à l'enseignant)

- Tous les aspects liés à la confiance dans l'enseignant et dans le groupe , au confort psychologique et au contexte sécurisant et rassurant, pas d'évaluation, pas de jugement, être en binôme plutôt que seul, rôle rassurant du formateur
- Intérêts d'avoir d'autres façons de voir

L'élaboration du concept

- L'exercice 1 était plus difficile que les autres
- Les situations 2 et 3 étaient plus proches du quotidien
- Le concept est arrivé tardivement et grâce au groupe (rôle des mises en commun)
- La difficulté à trouver le concept est due au fait que les personnes cherchaient a priori une seule propriété du concept et ne s'attendaient pas à avoir en identifier plusieurs
- C'est plus difficile de trouver des différences que des ressemblances
- Les connaissances antérieures peuvent être un obstacle et « rigidifier » la réflexion pour construire quelque chose de nouveau ou au contraire aider par analogie
- L'étape de la synthèse et de la nominalisation est difficile (vocabulaire associativité etc.)
- L'importance de la reformulation des points ressemblants et donc des mises sen commun
- Quel niveau de conceptualisation doit-on viser ? quel est le niveau de maîtrise du concept qu'on cherche à obtenir quand on conçoit des situations ?

Les aspects psychoaffectifs

- L'activité de mathématiques a provoqué une crainte chez certains (blocage)
- Un détail peut faire paniquer (ex une erreur de frappe dans les cartes car une lettre J n'est pas en jaune)
- Travailler à 2 rassure (sécurité importante pour les élèves sourds)
- Quand on bloque, on panique et on se lasse mais quand on réussit on est satisfait
- C'est intéressant de travailler à 2
- Les conceptions initiales d'un membre du groupe peuvent égarer mais le 2^{e} réajuste
- Par contre, le sentiment d'être « faible » par rapport à une tâche peut inciter à laisser agir l'autre donc attention à la façon dont sont constitués les binômes
- Nécessité d'oser demander de l'aide qui est aussi liée aux relations dans le groupe (important pour les élèves sourds)
- Certains groupes ont été très lents au début mais ont rattrapé leur retard ensuite et même ont été les plus rapides dans la situation n°2 donc une lenteur peut être bénéfique pour l'assimilation des situations : maturation nécessaire pour aller plus vite après
- Nécessité de comprendre pour adhérer à l'activité (importance pour les élèves sourds)
- Nécessité d'avoir confiance pour accepter d'aller dans une voie même si on ne sait pas où elle mène a priori (important pour les élèves sourds)
- Le groupe est indulgent et non hostile donc rassurant aussi
- Pas d'évaluation donc on est « détendu » face à la tâche
- Intérêts de se retrouver à la place des élèves aussi bien au niveau du raisonnement que du « ressenti »

16-4 Exemples de réponses aux questionnaires sur la conceptualisation

16-4-1 ***Exemple 1***

1. Comment avez-vous procédé ? Quelle a été votre démarche, vos stratégies pour chaque exercice?

par manipulation (surtout le 1)
le 2 -> extraire des multiples de 5
le 3 -> retrouver les points communs

analyse globale des documents
vérification des hypothèses émises.

2. Quel rapport avez-vous entretenu avec les supports proposés ?

Les supports ont été de moins en moins utiles.

3. Quelle évolution avez-vous observée vis-à-vis des caractéristiques du concept lui-même ?

Une évolution logique amenée par le réinvestissement, la comparaison des propriétés.

Le concept s'est construit à travers la pratique.

4. Qu'avez-vous éprouvé pendant l'exercice ? Quels sentiments sont apparus tout au long de la séquence ?

Des difficultés à exprimer ce que nous avons observé.
Problème pour dégager la propriété.

erreur de voca
distributivité ≠ associative.

5. À quel moment avez-vous éprouvé des difficultés ?

cf quest 4.

+ comparaison des 3 supports.

6. Suite à cette approche pédagogique que vous avez vécue, quelles questions avez-vous, ou quels liens faites-vous avec votre propre pratique professionnelle ?

La difficulté à l'angoisse des élèves.
intérêt de l'induce.

7. Que gardez-vous de cette expérience ?

Bon rapport avec Laurence.
Ça crée des liens.

16-4-2 ***Exemple 2***

Questionnaire : Pragmatique de la conceptualisation

1 - Comment avez-vous procédé ? Quelle a été votre démarche, vos stratégies pour chaque exercice ? Quel rapport avez-vous entretenu avec les supports proposés ? Quelle évolution avez-vous observée vis-à-vis des caractéristiques et du concept lui-même ?

↳ Résolution dans l'ordre des exercices.
↳ Utilisation d'un résultat pour en obtenir un suivant (ex: utilisat° du tableau pour répondre aux quest° suivantes)
↳ Les ~~supports~~ outils : utilisés au début pour comprendre le fonctionnement puis laissés de côté.
↳ Evolution : tendance à rechercher au fur et à mesure des exos les ressemblances et à les approfondir et à noter de façon superficielle les différences (processus accentué au fil des exos).
↳ on s'approche du ressenti du concept, la difficulté étant de le nommer. Difficulté aussi de nommer les caractéristiques trouvées communes (↳ on explique, on décrit par des phrases mais difficile de trouver un mot synthétique).

2 - Qu'avez-vous éprouvé pendant l'exercice ? Quels sentiments sont apparus tout au long de la séquence ?

↳ Du plaisir à chercher, combiner, à jouer.
↳ J'ai éprouvé le sentiment que quelque chose se cachait derrière toutes ces expériences et que j'avais la possibilité de le découvrir de moi-même (ou en duo, en groupe), que j'étais fortement associé à la découverte de la connaissance que j'allais acquérir.

3 - À quel moment avez-vous éprouvé des difficultés ?

- A l'exo 1, quand on doit dire tout ce qu'on peut, sans avoir encore aucune orientation.
- Au moment de synthétiser les résultats.

4 - Suite à cette approche pédagogique que vous avez vécue, quelles questions avez-vous, ou quels liens faîtes-vous avec votre propre pratique professionnelle ?

Liens ⇒ J'effectue dans ma matière beaucoup de Travaux Pratiques de découverte et de Travaux Pratiques - Cours. Ces résultats de manipulation permettent d'amener l'énoncé d'une loi par exemple.

Remarque : il me semble nécessaire que les pré-requis soient bien évalués pour que de telles expériences soient productives.

5 - Que gardez-vous de cette expérience ?

Ce sentiment qu'il faut être impliqué dans le processus de recherche.
La satisfaction de parvenir au résultat escompté.

16-4-3 ***Exemple 3***

1. Comment avez-vous procédé ? Quelle a été votre démarche, vos stratégies pour chaque exercice?

Une 1ère phase d'observation de + en + rapide au fur et à mesure des ≠ exercices
Pour le 1er exercice utilisation de matériel, puis après observation des "résultats" et découverte des points communs, généralisation rapide en vérifiant qqs points.
Pour 2è et 3è utilisation de ce qui a été découvert dans le 1er exercice.

2. Quel rapport avez-vous entretenu avec les supports proposés ?

- Utilisation d'un support pour la 1ère activité
- Pour les 2 autres → pas d'utilisation du matériel

3. Quelle évolution avez-vous observée vis-à-vis des caractéristiques du concept lui-même ?

Beaucoup de tâtonnements au départ puis, les "propriétés" s'affinent petit à petit.

4. Qu'avez-vous éprouvé pendant l'exercice ? Quels sentiments sont apparus tout au long de la séquence ?

Activité ludique → plaisir qui se transforme en satisfaction au fur et à mesure de la compréhension.

5. À quel moment avez-vous éprouvé des difficultés ?

Peut-être dans la formulation mais pas dans la phase de recherche.

6. Suite à cette approche pédagogique que vous avez vécue, quelles questions avez-vous, ou quels liens faites-vous avec votre propre pratique professionnelle ?

J'utilise des démarches basées sur l'obs, hyp... mais généralement, par manque de temps, on formule très vite, sans avoir le temps de faire plusieurs situations différentes.

7. Que gardez-vous de cette expérience ?

Renforcement de ma conviction d'une démarche "expérimentale" dans tout apprentissage.
Manipulations nécessaires.
Frustration quand je prends conscience du temps dont on dispose ici et de ce que l'on peut appliquer en classe.

16-4-4 ***Exemple 4***

Questionnaire : Pragmatique de la conceptualisation

1 - Comment avez-vous procédé ? Quelle a été votre démarche, vos stratégies pour chaque exercice ? Quel rapport avez-vous entretenu avec les supports proposés ? Quelle évolution avez-vous observée vis-à-vis des caractéristiques et du concept lui-même ?

Ex 1. lorsqu'après avoir manipulé le support 1. j'ai compris la logique qui en découlait, j'ai éprouvé du plaisir à combiner les contenus aux lettres et surtout à retrouver les connaissances que je pensais perdues.

Ex 2. J'ai compris que le tableau n° 2 avait sans doute un lien avec le 1er et j'ai essayé de déduire la règle par moi-même. Je me suis sentie valorisée dans cette tâche.

Ex 3 J'ai très rapidement rempli ce tableau et j'ai essayé de voir quels liens et quelles différences il pouvait y avoir entre les 3.

2 - Qu'avez-vous éprouvé pendant l'exercice ? Quels sentiments sont apparus tout au long de la séquence ?

Ex : 1) plaisir de retrouver une connaissance passée.
Ex : 2) sentiment de valorisation - car + facile que le 1er
Ex : 3) Désir de faire un lien entre les 3 tableaux.

3 - À quel moment avez-vous éprouvé des difficultés ?

Le point départ a été difficile car je ne voyais pas où était la pertinence de l'exercice proposé. Quand j'ai perçu son aspect ludique, je me suis débloquée.

4 - Suite à cette approche pédagogique que vous avez vécue, quelles questions avez-vous, ou quels liens faîtes-vous avec votre propre pratique professionnelle ?

La diversité des supports, attaquant un concept sous divers angles semble nécessaire - Amener les élèves à vivre des expériences émotionnelles différents afin d'accéder à un " ~~support~~ concept - = (difficulté, amusement, déduction puis encore difficulté, amusement, et déduction -) est nécessaire car pour s'approprier un " nouveau - concept il faut le vivre psychologiquement voire physiquement, sinon il restera uniquement au mieux " intellectualisé" en surface.

5 - Que gardez-vous de cette expérience ?

Cette expérience a montré que pour arriver à une conclusion d'ordre conceptuel divers supports sont à proposer alliant le ludique etc.... afin que l'élève lui-même se pose des questions qui mèneront à l'élaboration d'un concept, voire d'une définition —

16-4 Exemples de scénarios imaginés par des stagiaires

16-4-1 Les nombres relatifs en 5e

Activité 1 : Paul et sa maman sont au centre commercial. La maman de Paul paye le parking. Ils doivent descendre de 3 étages pour récupérer la voiture. A quel étage se trouve la voiture de Paul et de sa maman ?

Activité 2 : Julie habite au 6e. Sa mère lui demande de descendre les poubelles qui sont 7 étages en dessous. A quel étage sont situées les poubelles ?

Activité 3 : Dans un autobus, il y a des voyageurs mais on ne connaît par leur nombre exact.

1- A l'arrêt « étoile », il monte 6 personnes et il en descend 3. Y a-t-il plus ou moins de personnes qu'avant l'arrêt « étoile » ? Combien en plus ou combien en moins ?

2- A l'arrêt « Georges V » il y a 5 personnes qui montent et 10 personnes qui descendent. Y a-t-il plus ou moins de personnes qu'avant l'arrêt « Georges V » ? Combien en plus ou combien en moins ?

Activité 4 : Le lundi 28 janvier 1937, on a relevé les températures suivantes :

A Paris il faisait 3°C le soir, soit 4°C de plus que le matin.

A New York, la température a augmenté de 7°C au cours de la journée, et il faisait 2°C le soir.

A Tokyo, il faisait 13°C le soir, soit 11°C de plus que le matin.

A Moscou, la température a augmenté de 11°C et il faisait 0°C le soir.

Où faisait-il le plus froid ce lundi matin ?

Adaptations :

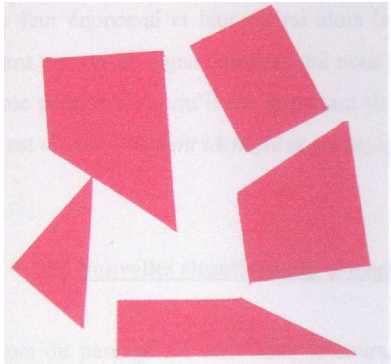
- les consignes sont enregistrées sur DVD en LSF, codées en LFPC, et écrites dans un diaporama.
- un thermomètre en carton avec une languette qui glisse derrière un carton évidé et gradué de -30 à +40.
- Un grand dessin représentant, les appartements en étages, le supermarché au rez-de-chaussée et les parkings en sous-sol.
- Une boîte et des jetons pour mimer la situation du bus et des voyageurs.
- 2 ordinateurs qui peuvent montrer les consignes autant de fois que les élèves en ont besoin

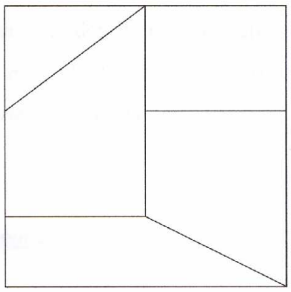
Déroulement

Les stagiaires ont prévu de faire 2 ateliers dans lesquels une langue de communication est privilégiée : un atelier LFPC et un autre en LSF. Les élèves ont accès à chacune des consignes et essaient de résoudre les situations les unes après les autres, ensemble, en utilisant les matériels correspondant à chaque situation. Chaque groupe doit réaliser une affiche pour présenter ses résultats et expliquer leurs procédures de résolution.

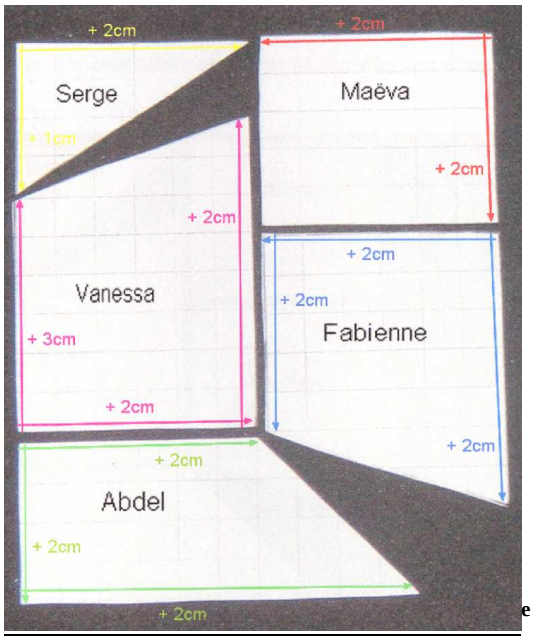
16-5-2 La proportionnalité en 6e

Le tangram à reconstituer par groupe

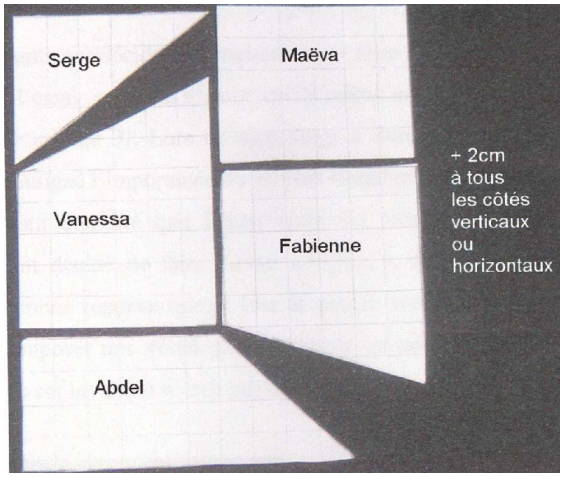




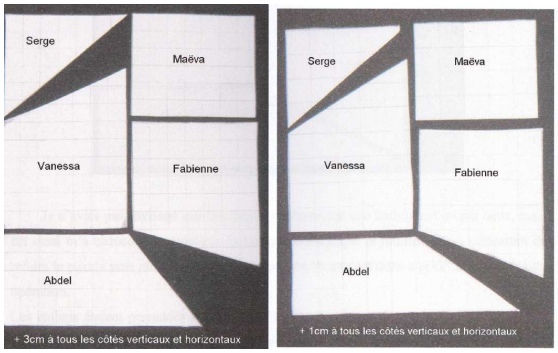
1e essai



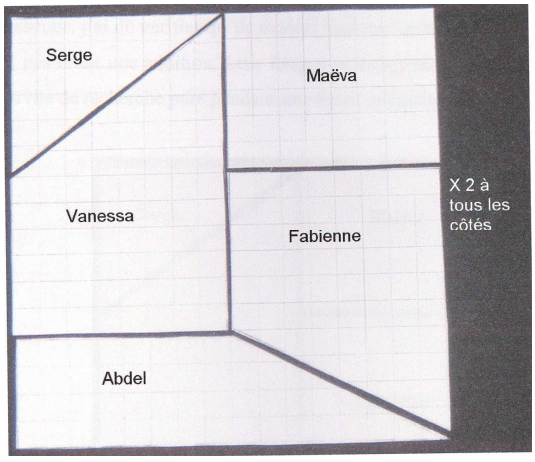
2e essai



3e et 4e essais



5e essai



16-6 Des exemples de questionnaires d'évaluation de fin de formation

16-6-1 *Exemple 1*

Evaluation de la formation autour de la conceptualisation
2CA option A

1- Comment avez-vous vécu la première expérience de conceptualisation du « groupe » mathématique ?

Plutôt bien ; c'était ludique. Comme je ne voyais pas dès le départ où on allait, je me suis attachée au côté jeu de la demande ; je n'ai pas essayé de comprendre à quoi ça allait servir ; je crois que comme toute personne ayant connu des difficultés en mathématiques je me mets en retrait intellectuellement parlant et j'attends qu'on fasse pour moi, qu'on m'explique, qu'on me montre, qu'on tire les conclusions. Du coup cette méthode m'a donné le sentiment d'être moins idiote que je croyais puisque j'ai pu faire émerger certains éléments de connaissance par la démarche qui était plaisante et qui créait du lien entre les participants. Il me semble que ce rapprochement avec d'autres stagiaires sur la base de cet exercice a été aussi très bénéfique : mais peut-être était-ce le vrai but inavoué de cette « expérimentation » ?

2- Comment avez-vous vécu le travail à plusieurs autour d'un concept de votre choix ?

Avez-vous ressenti des difficultés ? Oui parce qu'il a été difficile de se rencontrer pour mettre au point un projet ; de plus je n'ai pas le goût d'internet et c'est un outil que je manie mal. A ce stade je me suis laissé porter par le groupe qui a fait pour moi et sans moi.

3- Pourriez-vous caractériser en quelques mots ce scénario pédagogique ? Non ; j'ai trop peu participé à la chose pour qu'elle m'ait laissé un souvenir impérissable !! En revanche je me souviens des scénarii qui ont été proposés par les autres groupes.

4- Qu'avez-vous retenu de cette formation ?

a) ce que l'on veut transmettre n'est pas forcément ce qui est transmis ; il m'a semblé que la séance avait fait davantage pour la cohésion du groupe que pour la transmission des connaissances
b) il est toujours bon d'oser en matière de pédagogie ; peut-être que ça ne va pas fonctionner (ou pas comme on l'envisageait) mais de toute façon ça crée de nouvelles dynamiques ; la variété des scenarii pédagogiques permet de tenir compte de la variété des personnalités et des « sensibilités » d'apprentissage au sein d'un groupe
c) ça oblige à s'interroger sur ce que l'on fait, sur ce que l'on veut transmettre (et pourquoi), sur les méthodes ;

5- Avez-vous trouvé des liens entre cette séance et les autres séances de formation ?

Pas avec toutes. Certaines séances étaient des cours magistraux avec leurs qualités et leurs défauts (pour ma part j'aime assez mais j'ai été bien formatée par le système scolaire). D'autres séances visaient, par la pratique, à transmettre des savoirs et des savoir-faire mais certaines ont été ratées car elles n'ont pas tenu compte de l'hétérogénéité des stagiaires et qu'elles ont gardé un côté très technique (comme des recettes, y-a-qu'a). Il me semble que les

séances qui ont privilégié les échanges entre les stagiaires et avec les formateurs ont été les plus bénéfiques ; en effet cette formation n'est ni banale ni anodine et on ne peut pas faire l'économie de ses propres motivations à être là.

6- ***La manière dont vous concevez votre enseignement a-t-elle aussi évolué ? Comment*** ?

Je ne peux pas répondre à cette question puisque j'ai changé d'orientation professionnelle et que je ne suis plus enseignante. Cependant cette formation m'a donné à réfléchir sur mes pratiques passées et si j'avais poursuivi dans cette voie j'aurais modifié peu à peu certaines de mes approches.

7- ***Pensez-vous pouvoir (ou avez-vous pu) réinvestir des éléments de la formation dans votre pratique professionnelle ? Lesquels ?***

Actuellement c'est une question que je me pose très concrètement. Je travaille dans le domaine de la formation continue et je cherche un moyen de réinvestir cette formation dans ce nouveau contexte. J'essaie de me rapprocher des organismes qui s'occupent de l'insertion des personnes en situation de handicap dans le monde professionnel mais je ne suis qu'au début de mes démarches. J'envisageais de reprendre contact avec vous afin de voir si vous aviez des pistes que je pourrai exploiter.

16-6-2 ***Exemple 2***

Evaluation de la formation autour de la conceptualisation
2CA option A

1- ***Comment avez-vous vécu la première expérience de conceptualisation du « groupe » mathématique ?***

Infantilisant au début, mais je me suis prise au jeu à cause du travail en équipe

2- ***Comment avez-vous vécu le travail à plusieurs autour d'un concept de votre choix ?***

a. ***Avez-vous ressenti des difficultés ?*** Au début, j'ai eu beaucoup de mal à établir ce qu'était réellement un concept, mais je me suis laissée guider. Avec du recul, je me suis rendue compte que je n'avais pas compris ce qu'étaient un concept et ses attributs. Je pense l'avoir compris à travers mes séances pédagogiques en faisant le mémoire.
b. ***pour trouver un concept ?*** oui, je ne voyais pas la finalité, à quoi on voulait en venir.
c. ***pour trouver des situations expérientielles au niveau pédagogique*** ? oui, difficultés pour trouver des choses simples et variées

3- ***Pourriez-vous caractériser en quelques mots ce scénario pédagogique ?***

Recherche, expérimentation, travail en équipe, échange, synthèse collective

4- ***Qu'avez-vous retenu de cette formation ?***

Echange entre collègues de matières différentes et collègues enseignants d'environnements différents (LP, collège, lycée général)
Analyse et remise en cause de notre pédagogie
Découverte des différents handicaps dont la surdité
Découverte de pédagogies adaptées

5- ***Avez-vous trouvé des liens entre cette séance et les autres séances de formation ?***

Oui, avec les activités pédagogiques sur le travail en équipe avec l'élaboration d'un conte, d'une affiche.....

6- ***La manière dont vous concevez votre enseignement a-t-elle aussi évolué ?***

Oui, essayer d'être encore plus à l'écoute, de prendre davantage en compte des difficultés

7- ***Pensez-vous pouvoir (ou avez-vous pu) réinvestir des éléments de la formation dans votre pratique professionnelle ? Lesquels ?***

Oui : - favoriser le travail de groupe
- favoriser l'expérimentation
- quelques éléments abordés en analyse de pratiques : se déculpabiliser, essayer de prendre du recul, garder le contact avec certains élèves.....

16-6-3 ***Exemple 3***

Evaluation de la formation en mathématiques
CAPA option A

1- Pourriez-vous caractériser en quelques mots la stratégie de formation des séances de maths que vous avez vécues ?

Partir des représentations des stagiaires afin de les faire évoluer :

- en travaillant en groupe
- en élaborant ensemble des stratégies
- en présentant au groupe le travail effectué

Qu'avez-vous retenu de votre formation en maths ?

La formation a conforté certains points de vue :

- ne pas induire les réponses / faire construire aux élèves
- bien prendre en note toutes les représentations des élèves avant tout échange /
- donc = écouter d'abord l'élève

2- Qu'est-ce qui a vous le plus apporté ?

- j'ai beaucoup aimé le cours sur le concept
- construction des savoirs par les apprenants
- l'enseignant reste un guide sur lequel s'appuyer

3- Comment avez-vous vécu la première expérience de conceptualisation du « groupe » mathématique ?

Voir 3 ; mais le travail de groupe des stagiaires a été enrichi par les manuels cycle 2/3 fournis ; ils ont enrichi les échanges pour produire nos séances. J'avais besoin d'appui visuel pour démarrer, pour consolider mes connaissances. C'est aussi comme cela qu'on a l'habitude de travailler : on prend le meilleur des outils disponibles. Ces séances furent difficiles pour moi.

4- Avez-vous effectué des liens entre cette séance et les autres séances de formation ?

C'est un « courant pédagogique » auquel j'adhère complètement même si parfois j'ai tendance à conforter les élèves lorsqu'ils donnent une réponse juste alors qu'il faudrait que je reste + neutre. Ce n'est pas toujours facile mais j'y travaille…

5- La manière dont vous concevez les maths a-t-elle évolué ? Comment ?

Non, je ne suis pas très douée en maths mais je les ai toujours appréciées.
Avoir eu des difficultés étant jeune est pour moi un avantage : je sais tout de suite sur quel point les élèves vont avoir des difficultés et je recherche très vite des remédiations.

6- La manière dont vous concevez votre enseignement des maths a-t-elle aussi évolué ? Comment ?

Non mais j'ai été confortée dans la mise en œuvre pédagogique (manipulation / partir des représentation / construction des connaissances/ travail sur la conceptualisation)

7- Pensez-vous pouvoir réinvestir des éléments de la formation maths dans votre pratique professionnelle ? Lesquels ?

Tous

16-6-4 ***Exemple 4***

Evaluation de la formation en mathématiques
CAPA option A

1- ***Pourriez-vous caractériser en quelques mots la stratégie de formation des séances de maths que vous avez vécues ?***

Stratégie de mise en situation directe pour mieux analyser et prendre conscience des « problèmes » d'une situation mathématiques. <c'était très prenant et le temps passait trop vite. Le fait d'être acteur est très formateur.

2- ***Qu'avez-vous retenu de votre formation en maths ?***

Beaucoup de méthodologie dans la manière de s'y prendre pour parvenir à faire comprendre et conceptualiser des situations particulières aux enfants sourds.

3- ***Qu'est-ce qui a vous le plus apporté ?***

D'une part l'expérimentation directe des situations proposées, l'énergie sans limite de la formatrice, et la façon de mettre à la portée des stagiaires des situations pas toujours évidentes à comprendre et d'autre part les échanges avec les autres.

4- ***Comment avez-vous vécu la première expérience de conceptualisation du « groupe » mathématique ?***

D'abord, c'était tout nouveau donc il fallait se « mettre dans le bain ». Puis pour les raisons invoquées dans le point précédent, cela a été très abordable.

5- ***Avez-vous effectué des liens entre cette séance et les autres séances de formation ?***

Oui car la conceptualisation m'a semblé être la clef de voûte de toutes les notions qui ont été abordées par la suite ;

6- ***La manière dont vous concevez les maths a-t-elle évolué ? Comment ?***

Oui, car jamais je n'étais allée si loin dans l'aspect « fonctionnel » des mathématiques. La lecture du livre de Françoise a été révélateur et m'a permis de comprendre moi-même ce qu'étaient les mathématiques et l'abstraction.
J'en ai d'ailleurs fait mon mémoire…. !

7- ***La manière dont vous concevez votre enseignement des maths a-t-elle aussi évolué ? Comment ?***

Oui. Ce n'est plus pour moi un savoir à dispenser mais une matière scientifique à faire expérimenter pour l'appréhender au mieux.

8- ***Pensez-vous pouvoir réinvestir des éléments de la formation maths dans votre pratique professionnelle ? Lesquels ?***

Bien sûr ! En m'appuyant sur les cours et en mettant en œuvre les méthodes et le savoir faire dispensé pendant la formation. La schématisation est le plus souvent un passage obligé ainsi que la manipulation intensive.

16-6-5 ***Exemple 5***

Evaluation de la formation en mathématiques
CAPA option A

1- ***Pourriez-vous caractériser en quelques mots la stratégie de formation des séances de maths que vous avez vécues ?***

Mise en place de stratégies de « groupe de travail »

2- ***Qu'avez-vous retenu de votre formation en maths ?***

Que ce n'est pas impossible…. A faire (mais difficile dans la construction du concept – nécessaire échange entre pairs)

3- ***Qu'est-ce qui a vous le plus apporté ?***

Les échanges entre nous comme constructifs de savoirs (validés et encouragés par l'enseignant)

4- ***Comment avez-vous vécu la première expérience de conceptualisation du « groupe » mathématique ?***

Ca va, pas trop mal au crâne…. Tout est à notre portée : désacralisation, par le côté ludique des manipulations.

5- ***Avez-vous effectué des liens entre cette séance et les autres séances de formation ?***

Et oui !!! La conceptualisation ! La nécessité d'une langue commune d'échange structurée et confortable…

6- ***La manière dont vous concevez les maths a-t-elle évolué ? Comment ?***

C'est plutôt la manière d'entrevoir la pédagogie en général… les maths en font partie… Mais j'étais déjà un peu sensibilisé avant…

7- ***La manière dont vous concevez votre enseignement des maths a-t-elle aussi évolué ? Comment ?***

Oui, moins exerciciels…. Surtout dans la phase de construction du concept…et la gestion de l'erreur…

8- ***Pensez-vous pouvoir réinvestir des éléments de la formation maths dans votre pratique professionnelle ? Lesquels ?***

Euh !!!!!!!!! Oui !!!!!!!!! Mais je n'ai malheureusement dans ma musette que le travail réalisé sur « les nombres relatifs »…..

Existe-t-il un « réseau » d'enseignant mutualisant leur recherche leurs outils et leurs pratiques ?

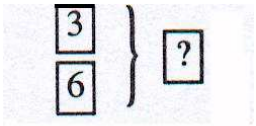
Je suis preneur et en urgence pour la rentrée prochaine niveau 6ème normale mais qu'avec des élèves sourds
(83 % LSF et 17 % LPC).

ANNEXE 17 : Les différentes structures additives et soustractives

G. Vergnaud distingue six grandes catégories de problèmes qui se résolvent à l'aide d'additions et de soustractions, en faisant appel à trois concepts principaux, à savoir, les états (des nombres naturels), les transformations temporelles et les relations statiques (des nombres relatifs).

Deux états se composent pour donner un état :

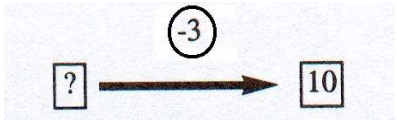
Exemple : Marc a 6 biscuits au chocolat et 3 à la fraise. Combien en a-t-il en tout ?



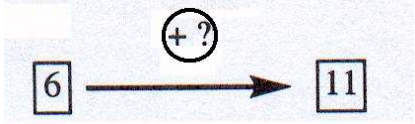
Suivant la place du nombre sur lequel porte la question, on opérera avec une addition ou avec une soustraction de nombres entiers naturels.

Une transformation opère sur un état initial pour donner un état final

Exemple 1: Marc avait 6 biscuits. Sa mère lui en donne 3. Combien en a-t-il maintenant ?



Exemple 2 : Marc a des biscuits. Il en donne 3 à sa mère. Maintenant, il en a 10. Combien en avait-il avant ?



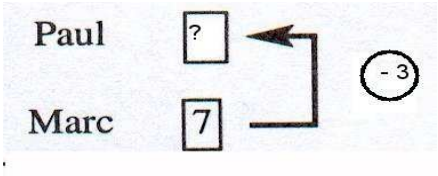
Exemple 3 : Marc avait 6 biscuits. Il en a maintenant 11. Combien sa mère lui en a-t-elle donnés ?

Il s'agit ici de transformations avec, soit recherche de l'état final (exemple 1), soit recherche de l'état initial (exemple 2), soit recherche de la transformation (exemple 3). Les résolutions de ces problèmes ne présentent pas le même niveau de difficulté, celle de l'exemple 1 étant la plus facile.

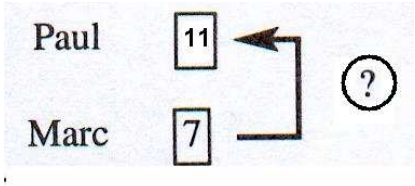
Une comparaison relie deux états

Il s'agit d'une relation statique.

Exemple 1 : Marc a 7 biscuits. Paul en a 3 de moins. Combien Paul a-t-il de biscuits ?

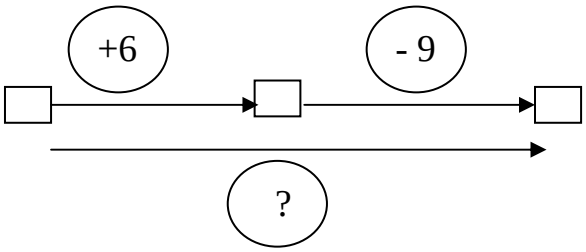


Exemple 2 : Marc a 7 biscuits. Paul a 11 biscuits. Combien Paul a-t-il de biscuits de plus que Marc ?



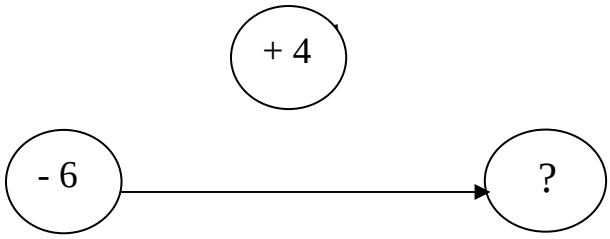
Deux transformations se composent pour donner une transformation

Exemple : Paul a gagné 6 billes hier et il en perdu 9 aujourd'hui. Que s'est-il passé ?



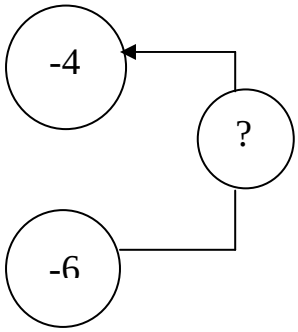
Une transformation opère sur une relation pour donner une relation

Exemple : Paul devait 6 billes à Henri. Il lui en rend 4. Combien lui en doit-il encore ?



Deux relations se composent pour donner une relation

Exemple : Paul doit 6 billes à Henri et 4 billes à Antoine. Combien en doit-il en tout ?



RESUME

Le rôle des signes est si important dans la conceptualisation qu'il est tentant pour les enseignants de considérer que seul le langage permet la pensée. Comme en outre, les enfants sourds n'ont pas accès naturellement à la langue française, la conclusion est souvent rapidement tirée que la surdité empêcherait la conceptualisation. C'est dans le champ des mathématiques que nous avons étudié les rapports entre activité expérientielle et activités langagières. Nous avons distingué deux fonctions du langage, que ce soit le français ou la langue des Signes française : communiquer pour accompagner l'activité et la pensée, et représenter les connaissances mathématiques.

Cette recherche de type Action-Formation-Recherche vise par des démarches qualitatives à mieux comprendre pour mieux agir. A partir d'une analyse des représentations et des pratiques d'enseignement des mathématiques à des élèves sourds, nous avons identifié les nouvelles connaissances et compétences requises pour faire apprendre, dans des conditions professionnelles en mutation. En effet, la scolarisation de tous les enfants, y compris celle des enfants à besoins éducatifs particuliers, représente un véritable défi pour l'institution scolaire, concilier le caractère universel du système éducatif et la singularité des élèves. Remplir cette mission implique de forts enjeux de formation.

Nous avons analysé la pertinence de dispositifs de formation recherchant une véritable articulation entre théorie et pratique. Les scénarios ont été conçus selon une démarche clinique : les enseignants en formation ont été confrontés à des situations problèmes complexes et en référence à des cas réels, en posture congruente avec celles de leurs élèves sourds. Les phénomènes observés témoignent de l'importance de l'action en situation et d'une pratique réflexive sur l'expérience pour conduire les stagiaires à prendre conscience de la nécessité de faire évoluer leurs représentations initiales. Pour faire évoluer leurs pratiques professionnelles, nos analyses pointent l'efficience d'une formation *à* et *par* la conceptualisation d'une démarche pédagogique adaptée, moyennant une alternance intégrative plutôt que juxtapositive et un accompagnement renforcé sur le terrain.

Mots-clés : Formation-enseignement-mathématiques-didactique-conceptualisation-surdité-communication- représentation- langage- recherche compréhensive

ABSTRACT

ACTIVITY AND LANGUAGES IN MATHEMATICAL CONCEPTUALIZATION.
FROM THE TRAINING OF THE DEAF STUDENTS TO THE TRAINING OF THEIR TEACHERS

Considering the important part symbols play in conceptualization, it is tempting for teachers to come to the conclusion that only language makes thought possible. Morever, as deaf children have no natural access to the French language, it is often surmised, somewhat rapidly, that deafness makes conceptualization is a major obstacle to conceptualization.

We have chosen the field of mathematics to make a study of the relationships between action in the field of experience and action in the field of language. We made a distinction between two functions of language, concerning both the French language and the French sign language : one function consists in accompanying action and thought in the field of mathematics, the other function, in representing mathematical knowledge.

The aim of this Action-Training-Research qualitative type of research is to understand better in order to make action more efficient. Starting from an analysis of representations and pedagogical practices in mathematics with deaf children, we identified which new elements of knowledge and skills were required to make it possible for all the children to learn, in a changing professional environment. For schooling all the children, including those with special educational needs, does constitute a real challenge for the school establishment : it must maintain the universal character of the educational system and, at the same time, take into account pupils'specificties. To fulfill this mission implies strong stakes in training.

We have studied the relevance of training devices aimed at weaving a real link between theory and practice. We used clinical scenarios : the teacher trainees were confronted with complex problem situations, based on real-life cases, in which they were put in the same position as their deaf students. Our observations bear evidence to the fact that, in order to make trainees aware of a need to modify their initial representations, it is important to make them act, and, at the same time, think about their actions, in a realistic frame. I. e. a training *to* and *through* the conceptualization of a pedagogy adapted to the special needs of the students, in which trainees do not successively act and then attend courses and lectures, but associate action and analysis of their actions, with the help of a reinforced support in the field, is an efficient means of leading trainees to a modification of their professional practice, according to our analysis.

Keywords : training – education – mathematics – didactic – conceptualization – deafness – communication – representation - language - comprehensive research