

Rapport final

L'intervention et le devenir des connaissances antérieures des élèves dans la dynamique des apprentissages scolaires

ACI « École et sciences cognitives 2003 »

Projet n° AF14

Andréucci Colette
Chiesa Millar Valentina
Coppé Sylvie
Dollo Christine
Froment Jean-Pierre
Gueudet Ghislaine
Julo Jean
Küçüközer Asuman
Leutenegger Francia
Ligozat Florence
Perret-Clermont Anne-Nelly
de Redon Marie-Christine
Schubauer-Leoni Maria-Luisa
Sensevy Gérard
Tartas Valérie
Tiberghien Andrée
Veillard Laurent

Coordination

Alain Mercier
Jean-François Le Maréchal

Organisation du rapport

A. Cadre théorique

1. Connaissances, définition et attribution : comment le chercheur infère-t-il des connaissances ?
2. Type de connaissances.

B. Résultats expérimentaux

1. Andreucci (ADEF, Aix-Marseille)
2. Coppé (ICAR)
3. Froment (ADEF, Aix-Marseille)
4. Gueudet & Julo (ADEF, Rennes)
5. Schubauer-Leoni, Leutenegger, Chiesa Millar & Ligozat (FAPSE, Université de Genève)
6. Tartas & Perret-Clermont (Université de Neuchâtel)
7. Tiberghien & Küçüközer (ICAR, Lyon)
8. Veillard (ICAR, Lyon)

C. Discussion

1. Dynamique des connaissances individuelles
2. Dynamique des connaissances dans l'institution ou entre institutions

Les travaux exposés dans la partie B sont cités, dans ce rapport, par les noms de leurs auteurs, sans plus de précision.

Introduction

Étudier, dans des institutions d'enseignement et de formation variées, la dynamique des apprentissages et, dans cette dynamique, l'intervention et le devenir des connaissances antérieures des élèves, suppose que l'on ait identifié des types de connaissances. Il faut aussi que l'on ait identifié les mécanismes de l'attribution de connaissances à un sujet, dans les institutions qui les transmettent, comme dans celles qui les produisent. Nous avons dû étendre cette question également au chercheur qui qualifie un observable comme le témoin d'une connaissance – ou d'une forme de savoir – ou comme le témoin de l'attribution de connaissances faite par un sujet X (professeur, formateur, tuteur) au sujet Y (élève, formé, stagiaire).

De même, reconnaître qu'un sujet, c'est-à-dire un individu (élève ou professeur) – ou un groupe d'individus dans une institution – détient une connaissance n'est donc pas, pour le chercheur, une observation immédiate. La façon dont une connaissance est attribuée à un sujet relève, pour le chercheur, d'une théorie de la connaissance. De plus, reconnaître qu'une connaissance est attribuée par un sujet à un autre nécessite que soit examinée ce que l'on appelle connaissance dans l'institution où l'attribution se fait, et la façon dont celle-ci peut avoir lieu.

La confrontation des approches de chacune des équipes engagées dans le projet a donc conduit à poser des questions telles que : Quelle définition donne-t-on à « connaissance » ? Comment attribue-t-on à un sujet une connaissance ? Comment caractériser les connaissances ? Les réponses à ces questions constituent la première partie de ce rapport. Elles conduisent à présenter deux approches pour aborder les connaissances dans l'étude des apprentissages scolaires : l'une qui porte sur les apprenants pris individuellement, et l'autre qui s'intéresse à la dynamique des connaissances en jeu dans un groupe où chacun des membres (en classe, aussi bien professeur qu'élèves), s'attribue des connaissances et en attribue aux autres (anciennes et nouvelles). Un cadre théorique qui aborde ces questions est l'objet de la partie A.

La partie B de ce rapport présente, de façon résumée, chaque contribution au projet, ce qu'on appellera les sous-projets. Chacun constitue un travail de recherche qui a donné lieu à un rapport interne et qui avait son autonomie au sein d'un collectif de discussion et d'échange d'idées. Il s'en est dégagé les grandes idées constituant l'intérêt du projet.

Après ces présentations, la discussion de la partie C permet de montrer comment les sous-projets nourrissent les idées qui sont présentées dans la première partie de ce rapport. Toute la bibliographie est regroupée en fin de rapport.

A. Cadre théorique

1. Définition et attribution d'une connaissance

La définition de la notion de connaissance est un ancien débat dont nous n'avons pu faire l'économie pour ce projet. Les positions suivantes ont été adoptées par l'ensemble des équipes et constituent la base du présent rapport.

1.1. Définition

Dans le cas de la didactique, nous avons repris l'approche majoritaire dans la communauté française de didactique des mathématiques :

Nous considérons la connaissance d'un objet à deux niveaux. Comme connaissance *individuelle* elle est définie par la *description* des rapports des personnes aux objets. Comme connaissance *partagée*, ou savoir, elle relève d'une description des rapports collectifs, officiels ou institutionnels, aux objets. Les notions de « rapport d'un sujet à un objet » (Lalande, 2002) et de « rapport institutionnel à un objet » sont considérées comme un *moyen* de décrire les diverses connaissances observables dans une situation ou une institution (Chevallard, 1989). Même si le terme « observable » utilisé par Chevallard ne doit pas être pris au sens « d'observer immédiatement, avec les sens », cette description permet de rendre compte de la manière dont une personne particulière connaît les éléments d'une discipline d'enseignement. Ici, nous considérons la connaissance comme le rapport d'une personne à un objet (au sens large, non limité aux objets matériels, et nous les appellerons objets de savoir) et le savoir comme un objet pour une institution. Ceci nous engage à dire qu'une institution connaît des objets, que les savoirs sont des objets institutionnels, et que les personnes, sujets des institutions, peuvent donc « connaître des savoirs » (Mercier, 1992).

Ce cadre théorique sur la connaissance nécessite de déterminer, par une analyse épistémologique, ce qu'est un objet de savoir pour ensuite décrire les rapports d'une personne à cet objet, et ainsi attribuer à cette personne des connaissances relatives à cet objet. Dans le cas de l'apprentissage d'une discipline enseignée, la détermination des objets de savoir est possible car ces derniers (ou au moins une partie) sont institués et rendus publics dans les programmes officiels ou dans les livres à destination des membres de l'institution (élève, étudiants, enseignants par exemple). Cependant, la question de la délimitation de ces objets reste ouverte ; nous la traiterons au sein de chacune des orientations choisies par les équipes (voir parties B et C de ce rapport) et dans certains cas les objets dont la connaissance qui nous intéressera ne sont pas objets de savoir mais objets matériels (les cubes de Kohs, le mécanisme du store Somfy, les cassettes VHS à ranger dans une boîte notamment). Outre les textes du savoir dans l'institution de l'enseignement étudié, les objets de savoir, et plus largement les objets connus de cette institution, peuvent donc être identifiés dans le discours de ses acteurs, lorsqu'ils montrent qu'ils les connaissent en les engageant dans une action.

Au cours de l'enseignement d'une discipline, certains objets peuvent être tour à tour *présents* ou *absents*. Plus précisément, on dira que les objets présents sont sensibles aux moments où ils sont l'enjeu de l'enseignement, par exemple quand le professeur les présente, et qu'ils sont travaillés explicitement par les élèves. Les objets présents insensibles sont mis en oeuvre dans l'enseignement, sans être l'enjeu de l'enseignement. Par exemple, lors de l'étude du principe d'inertie, le concept de vitesse, qui a pu être sensible lors des enseignements précédents, reste

en jeu sans être l'enjeu de l'enseignement ; il est alors dit présent et insensible. Un objet peut donc être absent quand il n'est ni enseigné ni utilisé dans l'enseignement, présent et sensible quand il est l'enjeu de l'enseignement, présent et insensible quand il est en jeu sans être l'enjeu de l'enseignement.

Les rapports des personnes à des objets, c'est-à-dire leurs connaissances, peuvent être adéquats ou non à la situation. Les connaissances d'un élève sont adéquates si celui-ci utilise, du point de vue de la discipline enseignée, l'élément de connaissance qui est à la fois pertinent pour la question posée, et objet de l'enseignement, c'est-à-dire si l'élément de connaissance est sensible. Si les connaissances de l'élève ne sont pas adéquates, il peut utiliser des connaissances qui ne sont pas attendues par le professeur. De telles connaissances antérieures ainsi mobilisées par l'élève ne sont, alors, pas sensibles et pourtant elles interviennent pour nuire à l'apprentissage ou l'enrichir.

1.2. Attributions

Nous avons ainsi défini certaines conditions d'attribution de connaissances, faite par un agent institutionnel à un sujet de l'institution. Nous avons considéré aussi bien que le professeur attribue des connaissances à l'élève, et que le chercheur en attribue au professeur ou à l'élève. Les connaissances attribuées à un élève par le chercheur peuvent être ou non celles qui lui sont attribuées par le professeur ou par l'institution.

Notre description des rapports aux objets est fondée sur la description solidaire de quatre dimensions : (i) les objets avec lesquels les agents entretiennent un rapport, (ii) les pratiques observables de ces agents – relativement à ces objets, (iii) la situation institutionnelle ou sociale dans laquelle lesdits agents développent leur activité, et (iv) leur position dans cette situation. Cette dernière met en jeu tel objet qui est donné à voir et qui est proposé à l'action des membres de l'institution, ou qui demeure pour eux absent faute d'être désigné par une action institutionnelle adéquate. Ces phénomènes sont ceux que les didacticiens étudient sous le terme de *contrat didactique* (Brousseau, 1997).

C'est ainsi que nous étudierons comment des élèves peuvent mobiliser des connaissances antérieures inadéquates qui demeureront cachées au professeur. La dissimulation à ce dernier – qui est aussi assujetti au contrat – provient de ce que ces connaissances ne sont pas désignées par la situation qu'il a mise en place, tandis que celles-ci ont semblé des candidates acceptables aux élèves. Il s'agit d'un quiproquo fréquent. En retour, le professeur venant visiter un groupe de TP ou corrigeant une copie, pourra attribuer aux élèves des connaissances qui sont, pour lui, requises par la situation, bien qu'elles n'aient pas été mobilisées. Cette méprise sur le procédé de production d'une réponse acceptable peut provenir du fait que son attention est centrée, par contrat, sur les connaissances sensibles de la situation. Les chercheurs peuvent accéder aux éléments fondateurs du quiproquo par l'analyse des situations sociales et épistémiques dans lesquelles le professeur (le formateur, le maître de stage) est engagé avec les élèves (les stagiaires), et qui ne sont pas, *de facto*, les situations initialement prévues.

1.3. Granularité des connaissances

Certains chercheurs adoptent une macro perspective de la connaissance en prenant des éléments de grande taille comme une loi ou un concept : par exemple la conception recouvrant l'impetus chez McCloskey (1983). D'autres, comme Niedderer et von Aufschnaiter, prennent une unité de taille plus petite et proche de la verbalisation de l'élève (Niedderer et Schecker, 1992). Cette question a été peu explicitée dans la littérature. Suivant les sous-projets, les connaissances ont été analysées à différents niveaux de granularité. Ainsi,

certaines ont fait le choix d'analyser les connaissances avec un grain de taille petite, ce qui permet de rester proche de la verbalisation de l'élève avec une approche qui s'apparente aux facettes de Minstrell (1992). C'est le cas de Tiberghien & Küçüközer, qui utilisent explicitement cette description mais celui aussi de Froment, qui observe lui aussi les interactions à l'intérieur d'un binôme au travail. Plus proches de Tartas & Perret-Clermont, qui ont fait le choix d'analyser les connaissances en lien avec les positions sociales dans l'interaction (Perret-Clermont et al. 1996), Schubauer-Leoni et al. observent les coopérations des élèves avec le professeur et observent l'évolution des interactions sur une séance. Le travail de Veillard se situe lui aussi à ce niveau d'observation intermédiaire. D'autres travaillent au niveau de dispositifs d'attribution de connaissances (questionnaires ou évaluations de passation collective) comme Andreucci Dollo ou Gueudet, et le grain du travail correspond alors à une action d'enseignement de plusieurs séances. Enfin, l'observation de la dynamique des apprentissages scolaires suppose parfois une granularité plus importante. Les travaux de Froment ou de Veillard s'en inspirent dans une observation de grande ampleur. Andreucci en montre l'intérêt dans une question peu abordée par ailleurs, celle du développement que produit seule l'expérience renouvelée, l'action dans un domaine de réalité relevant d'un corps de savoirs constitué, qu'il s'agisse du monde matériel de la physique ou du monde artefactuel de la géométrie.

2. Caractériser les connaissances

Cette composante de notre travail a pour but de caractériser la variété des connaissances et des pratiques qui sont nécessaires à la compréhension de l'enjeu de l'enseignement, que ce soit par un apprenant en situation ou par toute une classe. Elle porte donc sur l'identification et la caractérisation des connaissances antérieures à un enseignement et nécessaires à l'apprentissage. Elle est fondée à la fois sur des travaux relatifs aux difficultés d'apprentissage et sur des réflexions épistémologiques. Nous présentons ci-dessous des exemples de nos catégories. Celles-ci conduisent aussi à poser des questions méthodologiques concernant l'identification des connaissances d'un individu à partir de ses productions verbales et gestuelles en situation de classe ou d'entretien.

Plusieurs catégorisations des connaissances sont apparues dans la littérature : déclaratives ou procédurales ou en acte, scientifiques ou quotidiennes, technologiques ou méta connaissances, notamment (Tiberghien, 2003). Elles sont fondées sur différentes perspectives : psychologique, informatique, didactique, sociologique, épistémologique. Cependant, notre problématique des connaissances antérieures nous a conduits à distinguer les connaissances mises en jeu par l'apprenant dans les situations étudiées en cherchant à préciser si elles étaient antérieures ou nouvelles.

Dans ce projet, les types de connaissances ont été distingués tout d'abord suivant les situations dans lesquelles elles sont mobilisées. Certaines appartiennent à des disciplines instituées et reconnues par des sociétés savantes : mathématiques, physique, chimie, géographie, sciences de l'ingénieur. D'autres sont reconnues par des professionnels : formation générale des professeurs, formation de techniciens. D'autres encore ne sont pas institutionnalisées, mais interviennent dans des situations de résolution de problème posés par des psychologues : les cubes de Koch. Ces types relèvent d'une perspective qui lie les dimensions épistémologique et sociologique, un choix qui sera interrogé par nos observations empiriques. Ainsi par exemple, la connaissance des savoirs institués semble appartenir aux connaissances « déclaratives » tandis que celle des questions pratiques d'une profession apparaît « en acte » (non explicitée) ou « procédurale ». Notre travail devra rendre compte de la manière dont cette perspective conduit aussi à distinguer les connaissances d'une discipline instituée de celles qui, comme les connaissances quotidiennes, semblent appartenir en propre

à chaque personne mais qui, souvent, sont partagées comme représentations sociales, indépendamment des institutions savantes et de la description des savoirs.

Une deuxième perspective, partagée par plusieurs sous projets, est liée au fonctionnement langagier. Nous distinguons sans les séparer les connaissances langagières que nous considérons comme des connaissances pratiques sur le monde d'une part et, d'autre part, les différentes représentations sémiotiques que nous prenons en compte : lexique technique de la langue dite naturelle et rhétorique d'une discipline d'un côté ; dessin, schéma, figure, graphe ; et géométrie vectorielle, algèbre, de l'autre.

Enfin, une troisième perspective permet de distinguer des types de connaissances comme les raisonnements, les stratégies de résolution, les connaissances permettant de décrire le monde matériel perceptible et les connaissances d'ordre théorique, ou les relations entre elles. Ces connaissances sont caractérisées soit à partir d'une analyse du fonctionnement du savoir disciplinaire (comme la modélisation en physique ou en chimie), soit à partir de la distinction entre raisonnements et propositions.

2.1. Connaissances liées à des institutions

2.1.1. Les savoirs disciplinaires et professionnels

Les savoirs disciplinaires semblent bien identifiés dans la mesure où on suppose qu'ils sont totalement contenus dans leur dimension dite déclarative, mais nous pensons que leur connaissance mobilise bien d'autres éléments. Ceux-ci sont en général invisibles parce qu'ils appartiennent à la situation de leur usage, et que cette situation semble souvent naturelle à l'observateur. Ainsi en va-t-il, par exemple, de la langue utilisée lors de l'apprentissage. Inversement, les savoirs professionnels semblent souvent hors d'atteinte pour plusieurs raisons. D'abord, ils ne sont pas déclarés et demeurent donc mal circonscrits ; ensuite, parce que les professionnels ne savent pas les décrire, même dans des entretiens d'explicitation ou des entretiens croisés entre professionnels. La mémoire des situations est essentielle dans certaines manières d'enseigner, et l'organisation des savoirs enseignés en classe peut fournir au professeur les repères nécessaires à la gestion d'une progression. Dans les enseignements professionnels, tandis que cette organisation fait défaut au professeur comme à l'élève, la mémoire des situations antérieures est d'autant plus essentielle. Une des limites au transfert des connaissances est sans doute une des explications de l'intérêt de l'enseignement de savoirs organisés. Elle est également une contrainte permettant de comprendre la constitution de disciplines d'enseignement jusque dans les filières professionnelles, dès qu'une organisation d'enseignement est stable.

2.1.2. Les connaissances sur l'institution école

Ces connaissances sont relatives au fonctionnement de l'école, et la notion de contrat permet de les prendre en compte. Celui-ci décrit les relations entre le savoir, l'enseignant et l'élève dont il permet de comprendre certaines actions. Brousseau (1998) le définit par « l'ensemble des comportements de l'enseignant qui sont attendus de l'élève, et l'ensemble des comportements de l'élève qui sont attendus de l'enseignant. Ce contrat est l'ensemble des règles qui déterminent – explicitement pour une petite part, mais surtout implicitement – ce que chaque partenaire de la relation didactique va avoir à gérer et dont il sera, d'une manière ou d'une autre, comptable devant l'autre ». Le contrat didactique se manifeste surtout lorsqu'il est rompu par l'un ou l'autre.

Pour toute relation d'enseignement, ce contrat donne la clef du paradoxe qui apparaît quand on considère qu'un maître pose une question à la classe, dont les réponses sont essentielles pour l'apprentissage. L'enseignant ne peut donner la réponse parce qu'il souhaite que les

élèves la trouvent, mais il doit faire en sorte que ceux-ci la trouvent puisqu'elle est l'objet de l'apprentissage. Le professeur peut montrer aux élèves ce qu'ils ignorent parce qu'il leur garantit, premièrement, qu'ils peuvent trouver par eux-mêmes une réponse digne d'intérêt en utilisant ce qu'ils savent déjà et, deuxièmement, qu'ils auront l'aide du professeur s'ils ne découvrent pas la réponse. Réciproquement, on voit comment un professeur est pris dans le contrat : il apprécie les problèmes qu'il propose aux élèves en décidant s'il pourra ou non leur montrer comment ils auraient pu répondre, s'ils s'étaient comportés en bons élèves, conformément à son attente. Le contrat didactique permet donc d'interpréter certains comportements des professeurs et des élèves, relatifs à la mobilisation de connaissances supposées antérieures ou à une négociation relative aux connaissances légitimement considérées comme antérieures, dans une classe et un enseignement disciplinaire donnés.

2.1.3. Connaissances quotidiennes et connaissances scientifiques

Les travaux sur les conceptions des élèves ont conduit les didacticiens des sciences à considérer qu'un individu construit ses connaissances dès la naissance dans son environnement quotidien. La perception du monde matériel et les interactions sociales jouent un rôle essentiel dans cette construction.

Comme l'ont montré des travaux en épistémologie, en psychologie, ou en didactique, la perception du monde matériel par un individu dépend de ses connaissances sur le monde. Certains chercheurs, à la suite de Kuhn (1972), ont repris l'idée d'incommensurabilité entre les théories naïves et les théories scientifiques (Carey, 1985 ; Bednarz & Garnier, 1989). Pour illustrer cette idée, une analyse épistémologique peut être éclairante, comme Koyré l'a mis en évidence en analysant la conception du monde matériel au temps d'Aristote (Koyré, 1990a/1966). À cette période, « *si tout était 'en ordre', toute chose reposerait dans son lieu naturel, y demeurerait, et n'en bougerait pas ...* » (Koyré, 1990a/1966, p. 377). Ainsi pour Aristote « *on n'a donc pas besoin d'expliquer le repos, du moins le repos naturel d'un corps dans son lieu propre ; c'est sa nature elle-même qui l'explique* » et le mouvement dit violent est contre nature ; il est nécessairement un état passager. Ce point de vue sur la nature est radicalement différent de celui en jeu dans la physique classique qui conduit à considérer comme équivalent le repos (un crayon posé sur une table, ou une voiture à l'arrêt) et un mouvement rectiligne uniforme (une voiture se déplaçant en ligne droite à vitesse constante). De plus, dans cette vision aristotélicienne du monde de la vie de tous les jours, il est essentiel de distinguer les objets que l'on perçoit en mouvement de ceux qui sont immobiles. Ce risque d'incompatibilité, entre la vue sur le monde dans quotidienneté et l'interprétation donnée par la physique, a des conséquences sur la compréhension des difficultés d'apprentissage de certains concepts de la physique. Ce type d'analyse conduit à distinguer les connaissances quotidiennes des connaissances scientifiques. Par ailleurs, ces dernières se différencient selon les disciplines.

Cette différence entre les connaissances quotidiennes et scientifiques ne conduit pas nécessairement à ce que l'une remplace l'autre au cours de l'apprentissage. Une position assez largement partagée par les psychologues et les didacticiens défend l'idée de la coexistence des deux types connaissances pour un même objet de savoir chez un apprenant, même à un niveau scientifique avancé. Cette coexistence est mise en évidence dans le cas des connaissances langagières ; un même individu peut utiliser un langage quotidien, par exemple : « *quelle chaleur aujourd'hui* », et un langage de spécialité du type « *la chaleur est un transfert d'énergie* ».

2.2. Connaissances liées au fonctionnement des systèmes sémiotiques

Pour Vygotsky, la langue naturelle et les représentations sémiotiques sont des outils cognitifs

avec des fonctions instrumentale et médiationnelle. De plus, le progrès des connaissances s'accompagne toujours de la création et du développement de systèmes sémiotiques nouveaux et spécifiques qui coexistent avec la langue naturelle. Ainsi la formation de la pensée scientifique est inséparable du développement de symbolismes savants pour représenter les objets de savoir et leurs relations (Gragner, 1979, p.21-47, cité par Duval). Nous distinguons la langue naturelle, les représentations symboliques, et les représentations schématiques.

2.2.1. Connaissances langagières

Nous limitons notre étude aux connaissances sur la langue en considérant qu'elles jouent un rôle déterminant dans les changements sémantiques. Pour préciser ce que nous entendons par connaissance langagière, nous donnons deux exemples issus des travaux sur l'enseignement de la physique.

- Le travail sur la langue permet de considérer que le verbe agir dans la langue quotidienne et en physique sont utilisés de façons distinctes. Dans un cas, il convoque l'idée de mouvement ou est utilisé pour un sujet animé : un chat agit, et si un caillou agit, c'est en lien avec son déplacement. En physique, la table agit sur le sol et la pomme accroché à sa branche agit sur la Terre. L'apprentissage de la physique passe donc dans ce cas par un travail sur la langue.
- Le cas d'une expression telle que « la force exercée par le nageur sur le bateau » est similaire. L'enseignant peut l'utiliser comme un carcan dans lequel il demande à l'élève de se glisser quand il évoque le concept de force. Cependant, une telle expression obligée permet à l'élève de mettre en jeu le fait que la force décrit une interaction (dans ce cas entre le nageur et le bateau). Y échapper conduit à s'écarter de la notion. La langue naturelle permet, en revanche, l'utilisation de phrases telles que « se hisser sur le bateau à la force des bras ». Passer d'un usage du mot force à l'autre fait partie de l'étude langagière que nous avons considérée.

On retrouve des problèmes proches avec des expressions telles que « le calcul de la population active se fait en ajoutant le nombre des chômeurs au nombre des travailleurs » ou « le volume d'un objet n'est pas égal à son encombrement, c'est la place qu'il occupe dans l'espace ». L'apprentissage des mathématiques, considérées ici comme physique des grandeurs élémentaires, ou celui des sciences sociales qui furent pensées comme physique des organisations humaines, sont eux aussi fondés sur un travail de la langue. F. Gonseth (1926) en a montré l'ampleur dans les cas de l'espace et du temps.

2.2.2. Connaissances liées aux représentations

Chaque système de représentation prend en compte un nombre limité de propriétés de l'objet de savoir en jeu. Il est donc nécessaire de disposer de systèmes différents pour appréhender l'objet dans sa totalité. Ainsi l'oxygène et l'azote se représentent respectivement par les formules O_2 et N_2 qui décrivent leur structure, mais qui ne rendent pas compte que l'un est paramagnétique et l'autre non. Un autre système de représentation comme les diagrammes d'orbitales fait apparaître cette différence. Le fait que « tous les signes ne peuvent fonctionner identiquement ni relever d'un système unique » reflète cette propriété fondamentale des systèmes de représentations. (Benveniste, 1974, cité par Duval).

Il existe une variété de registres sémiotiques, parmi lesquels un se distingue. Pour Duval, la langue naturelle constitue un registre à part. « Non seulement en raison de sa plus grande complexité et du nombre considérablement élevé de variations qu'elle offre, mais aussi en raison de sa priorité génétique sur les autres registres et de son rôle unique par rapport à la fonction méta discursive de communication. Cela se traduit, chez tous les individus, par une

spontanéité discursive qui sert de point d'ancrage à tout apprentissage lié à un enseignement, indépendamment du fait que cette spontanéité puisse ne pas respecter toutes les règles de conformité de la langue et qu'elle puisse être inhibée ou favorisée par le jeu des interactions sociales. » (Duval, 1995, p.82). Dans le cas de la physique au niveau du lycée, nous distinguons les représentations vectorielles (vecteur force, vecteur vitesse), les représentations schématiques (diagramme des interactions), et les représentations algébriques (relation vitesse, distance, temps : $v = \Delta x / \Delta t$ et calculs).

Ces questions sont travaillées aussi en didactique des mathématiques. Il a été identifié, dans l'organisation des apprentissages, la nécessité d'un temps de travail explicite sur les représentations et symboles par lesquels le travail mathématique devient une manipulation réglée de systèmes sémiotiques (Chevallard et Bosch, 1996 ; Brousseau, 2005 ; Mercier, 2006). On trouve les dessins et les schémas et en géométrie et les symboles en algèbre.

2.3. Connaissances liées aux processus de pensée

2.3.1. Processus de modélisation

En sciences - et nous considérons pour l'occasion les mathématiques comme une science expérimentale - on étudie généralement un phénomène intervenant dans une ou plusieurs situations expérimentales à partir d'une théorie en relation avec les questions que l'on se pose. On construit un modèle de la situation étudiée à partir des éléments théoriques (ou on adapte un modèle « standard » à la situation étudiée) ; le modèle est donc un intermédiaire entre le concret de l'expérience et l'abstrait de la théorie. Ainsi, « le modèle dans son acception la plus abstraite, fonctionne d'une manière ostensive et le modèle, dans son acception la plus concrète de modèle visualisable, laisse transparaître la dominante théorique. » (Bachelard, 1979, p. 8).

Les activités expérimentales en classe de physique (niveau 1^{ère}), sont souvent conçues pour que les objets de savoir sensibles mis en jeu par les élèves soient de nature différente. Parmi ces objets, certains sont de nature expérimentale : lampes, projectiles, montages techniques, appareils de mesure notamment. L'expérimentation consiste à interroger le comportement de certains d'entre eux en essayant de les transformer ou de les décrire en conformité avec la pratique expérimentale de la discipline. Ainsi, on n'agit pas de la même façon sur des pistils en biologie et sur des solénoïdes en électricité. Les activités expérimentales en classe de mathématiques sont souvent lointaines, mais l'expérimentation revient au premier plan dès que l'on pense l'usage des mathématiques dans le cadre d'une autre discipline. Les mathématiques sont alors souvent pensées comme « discipline de service » mais pour les élèves, elles ne sont pas constituées en objets culturellement disponibles. Le travail d'adaptation à un usage non mathématique suppose alors l'expérimentation de leur pertinence par leur reconstruction comme modèles efficaces des relations entre objets des sciences sociales ou de la physique. Leur statut de « connaissances antérieures » naturellement présentes et disponibles est ainsi mis en cause : nos observations ont donc porté plus particulièrement sur ce type de phénomènes.

A côté de ces objets expérimentaux, nous trouvons d'autres objets de savoir que les élèves ne peuvent ni voir ni toucher (électrons, lumière, etc.), mais dont la mise en œuvre conduit à des effets observables. Ces objets sont également constitutifs du phénomène. Halbwachs (1974) les désigne sous le terme d'objets physiques. Le Maréchal (1999) les évoque en termes d'objets reconstruits dans le cadre de la chimie, discipline pour laquelle la matière est décrite en termes de corps purs, d'ions etc. qui permettent effectivement une reconstruction des objets expérimentaux étudiés. C'est dans ce même sens que nous parlerons d'objets mathématiques.

Face à une situation expérimentale, l'élève peut mobiliser ses connaissances des objets

expérimentaux (structure, propriétés, fonctionnement, relation avec d'autres objets) et des événements. L'étude de la situation se limite rarement à des considérations qualitatives et fait le plus souvent appel à la mesure. Ces connaissances sur les objets expérimentaux dépassent donc les connaissances quotidiennes, et le champ d'expérimentation les enrichit, voire même les remet en question.

Ainsi, les connaissances mobilisées par les élèves peuvent être de différentes natures.

- Guillaud (1998), dans sa thèse distingue, « fait brut » et « fait scientifique ». Il définit le premier comme la perception du monde des objets et événements dans le cadre 'théorique' de la connaissance quotidienne, et le second comme la perception du monde des objets et événements dans un cadre théorique scientifique (p.71).

- Buty (2000), également dans sa thèse, distingue les mondes « des objets et des événements », « des objets perçus simplement », « des objets perçus épistémiquement » et « des objets pris en compte » (p.22). Il les relie à la terminologie, « perception simple / perception épistémique » empruntée à Dretske. Un objet ou un événement est « perçu simplement » quand des informations parviennent de l'objet aux organes sensoriels de l'individu, mais qu'elles ne donnent pas lieu à une conceptualisation de sa part. Lorsque cette conceptualisation a lieu, et que l'individu fait intervenir ses connaissances et modes de raisonnement antérieurement acquis pour interpréter ces informations, Dretske parle de « perception épistémique ». Au-delà de cette distinction entre simplement perçu et conceptualisé, l'élève peut décider de ne pas tenir compte de tel ou tel élément de la situation matérielle, parce qu'il pense que celui-ci n'a pas d'importance ou ne rentre pas dans le cadre de ce qu'on lui demande. Au contraire, il peut prendre en compte et chercher à expliquer des phénomènes qui ne font pas partie du dispositif expérimental prévu par l'enseignant ».

- De façon comparable, Roth (1997) distingue « looking at », « observing » et « seeing as » (p.119). Pour lui, il s'agit de « looking at », quand les élèves ne s'engagent pas dans la structuration de l'activité. Il n'y a alors aucune intention de partager le monde dans des choses avec des aspects spécifiques. Il s'agit de « observing » quand la recherche de possibilités de considérer le monde comme constitué de choses et de phénomène caractérisées par des aspects spécifiques et des propriétés. L'observation est d'ordre actif et l'élève s'interroge sur la structuration de monde. Il s'agit de « seeing as » quand l'objet ou l'événement sont reconnus comme tel dans le monde partagé. Dans notre travail, nous ne distinguons pas systématiquement ces connaissances, même si nous discutons nos résultats à la lumière du rôle de la perception.

2.3.2. Raisonnement

L'étude du raisonnement chez l'homme permet de comprendre comment celui-ci utilise les informations à sa disposition, comment il les transforme, les organise, comment il peut former des connaissances nouvelles à partir de celles dont il dispose (Weil-Barais, 1993).

Les raisonnements apparaissent principalement dans trois domaines : la psychologie cognitive, l'épistémologie des sciences, et la didactique des sciences. Ils sont de plusieurs types. Par exemple, en psychologie cognitive, on évoque : les raisonnements canoniques / non-canoniques, formels, en situation, déductif / inductif, expérimentaux, analogiques notamment (Weil-Barais, 1993 ; Richard, 1998), et en épistémologie des sciences : le raisonnement causal (Halbwachs, 1971a,b ; Kuhn, 1971). En didactique des sciences, le raisonnement peut être spontané, linéaire causal, naturel, plus-plus, séquentiel etc. (Viennot, 1996 ; Saltiel, 1978 ; Closset, 1983 ; Minstrell, 1992 ; Besson, 1999).

Dans le cadre de notre étude, il s'agit d'un regard situationnel se basant particulièrement sur les types de raisonnements rencontrés dans les domaines de l'épistémologie des sciences et de

la didactique des sciences physiques. « Le terme 'raisonnement' désigne d'une part le processus intellectuel et, d'autre part, le résultat du processus, c'est-à-dire l'inférence dernière. Le raisonnement peut être explicite comme dans le cas du discours argumentatif, du discours de la démonstration, ou dans celui de la preuve. Plus fréquemment, le raisonnement est implicite et pas toujours conscient : tout se passe comme si le sujet effectuait une succession d'inférences, mais il n'exprime que le produit de son raisonnement » (Weil-Barais, 1993, p.487). « Dans beaucoup de cas, la validité n'est pas la qualité première d'un raisonnement : à partir des informations que l'on a, on ne peut plus rien déduire de valide. La qualité d'un raisonnement, c'est aussi d'être productif. C'est orienter la recherche ou l'action vers des voies dont la validité n'est pas garantie, mais qui ont de meilleures chances de rapprocher de la solution que de ne rien faire dans l'attente de nouvelles informations, ou de faire n'importe quoi si, de toute façon, il faut faire quelque chose. » (Richard, 1998, p.19). Nous reprenons à notre compte ces deux citations car nous pouvons rencontrer, chez les élèves en classe de physique, des raisonnements de divers types tels que le raisonnement plus-séquentiel, le raisonnement par l'absurde, ou celui par analogie / comparaison.

B. Travaux expérimentaux

Le projet s'était engagé à explorer la dynamique des connaissances dans divers domaines ce qui a été fait par les équipes partenaires du projet. Des résumés des rapports de recherche sont joints ci-dessous et sont discutés dans la suite de ce rapport. Ils sont signés de leurs auteurs et sont présentés dans l'ordre alphabétique du premier auteur ayant rédigé le rapport. Les références relatives à chacun de ces travaux ont été regroupées avec les références de l'ensemble du rapport et sont données à la fin de celui-ci.

On trouve ainsi dans l'ordre :

1. Andréucci Colette
L'intervention et le devenir des connaissances antérieures des élèves dans la dynamique des apprentissages scolaires : le cas de l'arithmétisation du volume en classe de sixième.
2. Coppé Sylvie
Les connaissances antérieures des professeurs de mathématiques à travers la préparation de séances de classe. Cas de stagiaires en fin de formation initiale.
3. Froment Jean-Pierre
Connaissances en jeu et réalisation de tâches au sein d'une dynamique d'apprentissage bien spécifique : l'initiation aux sciences de l'ingénieur.
4. Gueudet Ghislaine & Julo Jean
Effets de l'emploi d'une base d'exercices en ligne sur la dynamique des apprentissages.
5. Schubauer-Leoni Maria-Luisa, Leutenegger Francia, Chiesa Millar Valentina & Ligozat Florence
Étude de leçons de mathématiques et de géographie faisant appel aux notions de proportionnalité et d'échelle. Connaissances antérieures et attributions de connaissances
6. Tartas Valérie & Perret-Clermont Anne-Nelly
Dynamiques interactives dans la mise en oeuvre de la consigne 'travailler ensemble' avec des cubes de Kohs.
7. Tiberghien Andrée & Küçüközer Asuman
Analyse des connaissances en jeu lors de la réalisation de tâches dans l'enseignement de la physique au lycée).
8. Veillard Laurent
Étude d'une situation d'enseignement de remobilisation de connaissances antérieures en formation professionnelle.

Certains résumés de travaux sont plus longs que d'autres, parce que leurs auteurs ont considéré qu'il fallait fournir plus d'informations pour que l'on puisse suffisamment comprendre comment leur travail s'intégrait aux différents axes du projet.

Ces travaux sont cités, dans ce rapport, par les noms de leurs auteurs, sans plus de précision.

1. Colette ANDREUCCI
UMR ADEF
Université de Provence

L'intervention et le devenir des connaissances antérieures des élèves dans la dynamique des apprentissages scolaires : le cas de l'arithmétisation du volume en classe de Sixième.

1.1. Problématique

L'ensemble de notre travail vise à mettre à l'épreuve l'hypothèse selon laquelle une partie des difficultés rencontrées par les enfants à deux niveaux - aussi bien sur le *plan développemental* de la construction de *l'invariance du volume* [Piaget 1941, 1948]) qu'ensuite sur le *plan de l'apprentissage scolaires* de *l'arithmétisation* de ce concept [Vergnaud, et al. 1983, Baruk, 1992] – auraient la même origine. Elles tiendraient à un obstacle épistémologique résultant de l'antagonisme entre les propriétés qui s'attachent au volume comme *savoir savant* de *nature physique et logico-mathématique* (qui sont enseignés à l'école) et les propriétés qui donnent son *sens premier* - de *nature socio-pragmatique* (celui de *volume apparent* ou d'*encombrement*) à la notion de *quantité de place occupée* (périphrase couramment utilisée pour désigner non pas le volume vrai de matière qui les compose mais le volume apparent des objets usuels). Ainsi, comme la théorie piagétienne l'affirme, l'action de l'enfant sur les objets serait bien déterminante dans la construction des propriétés du réel, mais les objets concernés ne seraient pas – à l'exemple des supports d'expérience prédominants dans les épreuves d'intelligence – de simples corps physiques ou objets géométriques épurés (boule de plasticine, plots en bois, jetons,...). Ce sont les artefacts (ustensiles ou instruments techniques) qui outillent cette action sur le réel qui seraient déterminants à cet égard, et l'intelligence sociale qu'ils cristallisent conduirait en conséquence à devoir envisager une construction entremêlée des propriétés socio-techniques et logico-mathématiques des objets et de l'espace comme univers physique et géométrique mais aussi comme environnement ou espace empirique sur lequel s'exerce en priorité *l'action dirigée et instrumentée* de l'enfant.

Ainsi, avant que l'élève apprenne en classe (de CM2 ou de 6^{ème}) que le *mot* même de « *volume* » désigne une *grandeur mathématique* associée à la quantité que mesure la « *portion d'espace occupé* » ou « *la place prise* » par des « *corps* » ou par des « *solides* », ces expressions langagières auraient acquises la signification de ce que recouvre le concept (non formalisé) d'encombrement dont les deux caractéristiques essentielles sont d'être *relatif* (les objets compte tenu de leur « *orientation fonctionnelle* » se laissant plus ou moins bien rangés ensemble selon leur position mutuelle et privilégiée) et d'être fonctionnellement *variable* (cf. les objets pliables, télescopiques, escamotables, compactables, dégonflables, empilables, gigognes, etc.). L'acquisition précoce de ces propriétés du *volume apparent* expliquerait donc le « *décalage horizontal* » dont s'accompagne la découverte tardive de l'invariance du volume. En outre, cette acquisition n'aurait pas le caractère « *naturel* » que Piaget lui a dévolu : l'école jouerait un rôle déterminant dans cette prise de conscience en favorisant un élargissement des significations associées au « *champ conceptuel* » (Vergnaud, 1990) d'espace occupé. Pour autant, les apprentissages scolaires ne réglerait pas la question des contradictions existantes entre le concept logique et le concept pragmatique de volume du fait de l'absence de tout enseignement dispensé au sujet de l'encombrement. Une partie des difficultés liées à l'arithmétisation du volume s'expliquerait donc elle-même par le fait que l'encombrement ne remplit par les propriétés caractéristiques des grandeurs mathématiques.

Les élèves auraient ainsi du mal à s'approprier les propriétés liées à la trilinearité et ils échoueraient à résoudre tous les problèmes qui ne sont pas de simples exercices d'application des formules de calcul enseignées en classe.

1.2. Contributions empiriques

Des investigations ont été conduites dans plusieurs directions :

- Une première voie a consisté à devoir caractériser les propriétés (non formalisées) du concept d'encombrement (simplement défini par les dictionnaires comme *synonyme du concept de volume dans le langage courant*). Nos analyses ont abouti au fait que contrairement aux propriétés caractéristiques des grandeurs mathématiques : a) l'encombrement d'un objet est attaché non pas à un nombre positif mais à l'ensemble des trois couples de « longueurs-dimensions » (côtes maximales de l'objet) qui sont *non interchangeables, non compensables, et non composables* entre elles ; b) l'encombrement total de deux objets réunis est égal non pas à la somme de leur encombrement respectif mais éventuellement équivalent au volume apparent du plus grand des deux (ex. les objets encastrables du type tables gigognes) ; c) l'encombrement de deux objets de longueurs égales est néanmoins différent s'ils sont orientés différemment (ex. deux congélateurs dont l'un de type armoire s'ouvre par devant et l'autre de type bac s'ouvre par le dessus).

- Une *étude longitudinale transverse* a été conduite auprès d'enfants âgés de 5 à 12 ans afin de déterminer les étapes de la construction des propriétés (relativité et variabilité) de l'encombrement. Elle a consisté, plus précisément, à analyser les praxéologies (manipulations et verbalisations) mises en œuvre lors de la résolution d'une tâche pratique courante consistant à « faire une valise » à partir d'une panoplie d'ustensiles usuels (bouée, pliant, poupées gigognes, ...). Les résultats ont montré la nécessité éprouvée par les enfants dès 9 ans de faire subir aux objets les transformations ad hoc (pliages, emboîtement,...) et de leur appliquer les dispositions voulues (limitations des interstices, orientations,...) afin de réduire « la place qu'ils prennent » ainsi qu'ils le disent. Il est donc apparu que l'action efficace précède ici le langage approprié, le concept d'encombrement étant maîtrisé « en acte » avant de l'être au plan langagier.

- L'analyse de la résolution d'une batterie de problèmes de type scolaire par une population d'élèves de différents niveaux (CM2, 6^{ème}, 5^{ème}) nous a permis de montrer que les élèves savaient au mieux appliquer les algorithmes de calcul enseignés dans le cadre des énoncés canoniques ayant servi à leur apprentissage sans pour autant en maîtriser ni le champ de validité ni le sens pourtant nécessaires à la rétention de ces acquisitions et à la possibilité de les transférer lors de situations-problèmes moins conventionnelles (pavage incomplets, objets courants nécessitant d'être décomposés, nature du volume calculé, etc.)

- Une dernière direction, spécifiquement didactique de notre travail, a elle-même donné lieu à plusieurs types d'investigations :

☞ Elle a consisté d'abord à repérer les changements introduits dans le curriculum à partir de 1996 : passage d'un enseignement du volume massé en 5^{ème} à un apprentissage distribué sur les 4 classes du collège, incitation envers la prise en compte des acquis antérieurs, mais aussi disparition dans les manuels de 6^{ème} des énoncés de problèmes un peu atypiques pouvant faire implicitement référence à l'encombrement. Ainsi, seuls ont tendance à subsister des exercices d'application directe des formules et des modes de conversion des unités à l'exclusion de réels énoncés de problèmes qui permettraient de voir si les élèves donnent du sens aux calculs qu'ils effectuent.

1.3. Analyses

Un travail d'analyse de leçons dispensées en 6^{ème} à propos du volume du pavé a par ailleurs été opéré. Il porte d'abord sur deux séances ordinaires réalisées dans deux classes (forte vs faible) dont les corpus ont été constitués dans le cadre d'une autre recherche (Menotti, 2001). Le contenu des échanges montre notamment que la perception d'une progression ou d'une suite logique dans les apprentissages est d'autant moins évidente pour les élèves que leur *connaissances antérieures* sont faiblement sollicitées ou qu'elles le sont sans que pour autant les filiations et les ruptures par rapport au nouveau savoir en jeu soient mentionnées. On observe par ailleurs que le débat engagé à propos du sens du concept de volume (abordé en fin de 5^{ème} séance) s'est enlisé, *le professeur n'étant visiblement pas lui-même au clair quant aux deux types d'acceptions du concept* : comme propriété définitoire d'une classe d'objets [« être un volume »] et comme *grandeur* [« avoir un volume »] et propriété générale de toute entité matérielle.

Par ailleurs, l'analyse d'une préparation de séquence d'enseignement classique a permis de montrer qu'une partie des activités envisagées était de nature à favoriser ou renforcer une appréhension additive du volume (comme somme de cubes plutôt que longueurs au cube). Elle a aussi confirmé que dans les situations didactiques habituelles, la dynamique de l'apprentissage à l'œuvre paraissait d'autant plus opaque que le repérage de l'ancien et du nouveau reste à la charge de l'élève.

1.4. Ingénierie

Enfin, le même professeur a conçu un scénario de séquence à caractère expérimental à partir de propositions des chercheurs concernant des déclarations à faire aux élèves et des activités à leur proposer. Cette séquence s'est déroulée sur huit séances dont 6 ont été retranscrites, ces corpus étant encore en cours d'exploitation. Un pré-test et un post-test, de même qu'un contrôle institutionnel de connaissances, ont également été administrés aux élèves ayant participé à cette expérience. L'étude des performances à ces épreuves montre les objectifs fixés par le programme sont atteints mais que les apprentissages réalisés ne se sont pas accompagnés de développement, l'enseignement dispensé n'ayant pas permis aux élèves de reconstruire sur le plan des opérations numériques les propriétés des activités concrètes de manipulation des objets dans l'espace. Comme l'analyse du contenu de cette séquence devrait le montrer, deux types d'explications semblent pouvoir être évoquées à l'appui de ces constats. La première tient à l'applicabilité restreinte du modèle constructiviste qui sous-tend le mode prédominant actuel de l'enseignement par activités. Lorsque l'apprentissage à construire requiert un réaménagement (plutôt qu'une simple extension) des *connaissances antérieures* des élèves, il est d'autant plus difficile de trouver des situations dont la dynamique interne suscite la prise de conscience par l'élève de l'insuffisance des schèmes de pensée déjà maîtrisés. Dans un tel cas, un enseignement frontal permet sans doute plus facilement d'aborder de front les difficultés d'ordre épistémologique auquel s'expose l'apprentissage. Toutefois on se heurte alors éventuellement à un second type de difficulté : celle qui consiste pour un professeur qui n'en a pas l'habitude à pouvoir exposer de manière claire et structurée un savoir qui est étranger à sa discipline.

2. Sylvie COPPE

IUFM de Lyon

UMR ICAR Équipe COAST

CNRS Université Lyon 2- INRP- ENS Lyon- ENS LSH

Les connaissances antérieures des professeurs de mathématiques à travers la préparation de séances de classe. Cas de stagiaires en fin de formation initiale

Notre but est de déterminer comment les enseignants préparent leurs séances de classe et quels types de connaissances ils mettent en œuvre à ce moment. Dans ce projet, nous nous sommes limitée au cas des professeurs stagiaires. Ainsi pour nous, à la différence des autres groupes, les connaissances – dont certaines que l'on peut qualifier d'antérieures – sont celles des professeurs considérés comme des apprenants de leur métier.

1. Problématique

Le moment de préparation de séances de classe est un moment institutionnellement reconnu dans l'activité du professeur comme en témoigne le texte officiel qui définit « Les missions du professeur exerçant en collège, en lycée d'enseignement général et technologique ou en lycée professionnel » : « En fin de formation initiale, la professeur est capable de concevoir, préparer, mettre en œuvre et évaluer des séquences d'enseignement qui s'inscrivent de manière cohérente dans un projet pédagogique annuel ou pluri-annuel. (BO n°22 du 29 mai 1997) ».

Nous faisons donc l'hypothèse que le moment de préparation de cours va être l'occasion, pour les professeurs, de mobiliser différentes connaissances (et différents types de connaissances). Ainsi l'articulation entre connaissances antérieures et connaissances nouvelles se révèle un problème important puisque les jeunes professeurs ont à acquérir des connaissances nouvelles qui ne sont plus seulement disciplinaires et qui vont constituer des connaissances professionnelles. De plus, ils vont devoir adapter leurs connaissances antérieures notamment mathématiques et les transformer pour être mises au service des apprentissages des élèves. Enfin, on peut penser que ces connaissances pourront être acquises dans différents lieux et auprès de certaines personnes.

2. Collectes empiriques

Nous avons réalisé et analysé quatre entretiens avec des professeurs stagiaires volontaires, à la fin de leur première année de formation (après les jurys de validation et de titularisation), en utilisant la méthodologie de l'entretien d'explicitation qui vise à faire raconter comment ces professeurs ont fait pour faire cette préparation et à leur faire expliciter leurs choix.

La consigne que nous leur avons donnée était de venir avec un cours qu'ils estimaient préparé, ainsi qu'avec tous les documents qu'ils avaient utilisés. Nous avons utilisé le terme "cours" dans un sens volontairement large pour laisser toute liberté aux professeurs pour raconter ce qu'ils font quand ils préparent ce qu'ils vont faire avec leurs élèves : ainsi, on peut penser que certains vont préparer plutôt un chapitre et d'autres plutôt une séance ou éventuellement d'autres peuvent ne rien préparer. Le terme cours peut donc désigner soit une séance en classe (d'une heure par exemple) ou bien tout un chapitre portant sur un thème d'études (voire sur un secteur d'études en reprenant la classification de Chevillard (2001)).

Nous employons les termes de savoir, savoir-faire et connaissances pour les professeurs. Nous distinguons savoir et connaissance dans le sens où les connaissances sont davantage du côté des sujets et les savoirs du côté des institutions. Nous reprenons la définition de Brousseau et Centeno.

Les connaissances sont les moyens transmissibles (par imitation, initiation, communication, etc) mais non nécessairement explicites, de contrôler une situation et d'y obtenir un certain résultat conformément à une attente ou à une exigence sociale. Le savoir est le produit culturel d'une institution qui a pour objet de repérer, d'analyser et d'organiser les connaissances afin de faciliter leur communication, leur usage sous forme de connaissance ou de savoir, et la production de nouveaux savoirs. (Brousseau et Centeno, 1991)

Nous reprenons aussi l'idée de Conne (1992) qui présente un savoir comme une connaissance utile ou utilisable : "Une connaissance ainsi identifiée est un savoir, c'est une connaissance utile, utilisable dans ce sens qu'elle permet au sujet d'agir sur la représentation."

En ce qui concerne les types de connaissances, nous croisons plusieurs classifications.

Tout d'abord, nous reprenons la classification de Shulman (1987) sur les connaissances des professeurs dans laquelle il distingue :

- des connaissances sur les contenus à enseigner, relevant de champs disciplinaires reconnus comme pour nous les mathématiques,
- des connaissances relevant d'une pédagogie générale qui permettent d'organiser et/ou de prendre en compte la gestion de la classe,
- des connaissances relevant de la didactique (pour nous des mathématiques),
- des connaissances portant sur les programmes d'enseignement ou sur d'autres outils institutionnels comme les commentaires des programmes ou les évaluations nationales ou internationales
- des connaissances portant sur les élèves et leurs caractéristiques,
- des connaissances sur le contexte de l'école ou de la classe,
- des connaissances portant sur les buts et les valeurs de l'éducation.

Notons qu'en ce qui concerne les connaissances qui relèvent de la didactique, c'est nous qui traduisons par ce terme puisque Schulman ne l'emploie pas : il désigne par "pedagogical content knowledge" des connaissances qui relèvent à la fois du contenu et de la pédagogie.

Une autre classification s'intéresse davantage à l'origine de ces connaissances (notons que ces deux classifications ne sont pas liées par une correspondance terme à terme). Ainsi nous avons repéré :

- des savoirs institutionnels enseignés (par exemple à l'université ou à l'IUFM), explicites avec des textes du savoir repérés,
- des savoirs construits par le sujet qui proviennent par exemple de lecture de livres de pédagogie ou de psychologie qui sont transposés, transférés, repris dans le cadre du métier et retravaillés par le sujet,
- des éléments de savoir ou des savoirs faire dont la transmission se fait souvent par oral comme les "trucs" donnés par les maîtres de stage ou d'autres collègues,
- des savoirs faire récents construits dans l'action qui peuvent rester implicites,
- des savoirs ou savoir faire d'expérience qui proviennent d'expériences réalisées soit en tant que professeur, soit en tant qu'apprenant, soit en tant qu'animateur de groupe ou des leçons particulières qui peuvent également rester implicites,
- des représentations, des croyances sur les missions du professeur, les valeurs de l'éducation ou sur d'autres valeurs.

Un autre élément important, selon nous, est le caractère implicite ou explicite de ces

connaissances ainsi que leur plus ou moins grande antériorité. Ainsi on peut penser que les professeurs, comme d'autres professionnels, apprennent sans arrêt et donc réorganisent leur système de connaissances. C'est peut-être plus particulièrement vrai pour les professeurs stagiaires qui, institutionnellement, doivent acquérir des connaissances, savoirs et savoir faire, que l'on appellera des compétences professionnelles.

Nous repérons ensuite des institutions dans lesquelles ces savoirs peuvent être présents :

- *Institution scolaire des études* dans laquelle les professeurs ont acquis leurs connaissances mathématiques : cela nous semble d'autant plus pertinent que nous avons des novices, et que, donc ils sont encore très proches de ce système,
- *Institution scolaire de préparation au concours* que nous distinguons du système scolaire car nous considérons, comme il est déclaré dans les textes, que c'est une première année de professionnalisation avec un but déclaré : ainsi, par exemple, certains étudiants peuvent déjà faire des stages dans des établissements scolaires secondaires,
- *Institution de formation* qui est constitué par l'établissement de formation mais aussi par les professeurs tuteurs ou maîtres de stages qui participent à la formation
- *Institution de l'enseignement* composé par les établissements scolaires que les professeurs rencontrent, par les classes dans lesquelles ils enseignent et par les autres professeurs qu'ils rencontrent qui sont identifiés comme des collègues de travail et non comme des formateurs,
- *D'autres institutions* dans lesquelles on pourrait trouver des activités d'enseignement ou d'éducation hors du milieu scolaire comme, par exemple les cours particuliers, l'animation de centres de vacances, etc.

Enfin une question de recherche importante est de savoir comment nous allons attribuer ces connaissances aux professeurs interrogés, avec quels critères. Certaines peuvent l'être sur la base de déclarations : c'est le cas des connaissances qui portent sur le programme, sur les élèves, sur le contexte de la classe. D'autres peuvent être identifiées par des actions du professeur, notamment quand il effectue des choix, c'est pourquoi nous veillons à lui faire expliciter ses critères. Enfin d'autres connaissances comme principalement les connaissances mathématiques sont attribuées a priori, ceci en fonction des expériences passées des professeurs dont on sait qu'ils ont réussi un concours difficile dans lequel les connaissances mathématiques étaient vérifiées. Cependant nous sommes bien consciente que ces connaissances ne sont pas toutes identiques pour les professeurs et surtout qu'elles peuvent être insuffisantes (Pian, 1999 et Robert, 2000).

3. Résultats

Cette étude nous a permis de produire une description fine de l'activité de préparation de séances chez des professeurs novices. Nous avons montré des convergences (cette activité est essentiellement privée, les professeurs préparent un chapitre entier qu'ils découpent ensuite en séance de classe) mais aussi des différences interpersonnelles tant sur le procédé que sur la forme (par exemple, les traces écrites ne sont pas semblables).

Elle nous a permis de montrer que cette construction ressemblait davantage à celle d'un puzzle qu'à une élaboration purement personnelle. En fait, il semblerait que le travail de préparation consiste à choisir parmi quelques manuels (ou pages Internet) un plan ou des parties de synthèse qui conviennent en fonction de critères portant majoritairement sur la forme ou sur la clarté et des activités (pas forcément dans cet ordre, la recherche d'activités pouvant précéder

celle de la synthèse). Les exercices ou les synthèses de cours sont pris tels quels et très peu souvent modifiés. L'image du puzzle nous paraît bien rendre compte de la situation. Ainsi, on peut agencer les pièces d'un puzzle avec une certaine organisation, en ayant déjà fait des tris ou bien un peu au hasard. Nous pouvons également souligner le rôle le rôle central des manuels, ce qui nous interroge sur la place qu'on doit leur accorder dans la formation : faut-il travailler sans, avec, contre, sur, à partir des manuels.

En ce qui concerne la question des connaissances des professeurs, nous avons montré que ce moment de préparation était bien un moment où diverses connaissances sont mobilisées et s'articulent. Ainsi,

- les professeurs connaissent bien les programmes,
- les connaissances mathématiques sont utilisées dans le but de faire des exercices, ce qui correspond à l'institution Etudes (où on demande de résoudre des problèmes) ou à l'institution Préparation au concours, mais elles ne sont pas mobilisées à un autre niveau pour questionner le savoir mathématique, pour aller chercher des idées de problèmes ou même pour bâtir les synthèses de cours. Ce phénomène est intéressant puisqu'il permet de montrer que certaines pratiques relatives au savoir peuvent se transférer d'une institution à une autre sans que leur pertinence ne soit interrogée.
- on peut reconnaître des éléments de connaissances didactiques au moins déclaratives.
- une connaissance professionnelle s'est constituée autour de la notion « d'activité préparatoire » qui semble complètement intégrée. Précisons que c'est bien l'idée de proposer des activités visant à introduire des savoirs nouveaux qui semble naturalisée et non sa réalisation concrète sur laquelle on pourrait discuter (les activités choisies sont souvent constituées de tâches peu problématiques, avec de multiples questions très fermées). Nous pensons que c'est un phénomène relativement nouveau, que nous n'aurions certainement pas eu ce résultat il y a dix ans. Ceci nous semble provenir d'au moins deux sources : la formation qui met en avant l'idée de problématisation du savoir et les manuels scolaires qui emploient ce terme pour désigner les exercices qui sont proposés avant les synthèses.
- les connaissances portant sur les élèves et leurs connaissances antérieures sont prises en compte de façon différente, certainement en fonction du public,
- certaines connaissances n'apparaissent pas ici sans que l'on puisse dire qu'elles sont absentes (elles peuvent être mobilisées à d'autres moments) : c'est notamment le cas de la notion de variable didactique, de dévolution, de processus de contextualisation / décontextualisation, etc. alors qu'elles sont enseignées en formation.

En ce qui concerne l'origine de ces connaissances les professeurs mentionnent :

- la formation dispensée à l'IUFM soit concernant des éléments précis (prise en compte des programmes), soit sur des critères de choix d'activités ou sur des thèmes (passage du patron à la perspective). Un professeur cite également le mémoire professionnel dans lequel elle a travaillé la notion d'activité préparatoire.
- les maîtres de stage (cité par le même professeur, pour l'anticipation des procédures des élèves),
- les manuels scolaires qui permettent d'enrichir les connaissances mathématiques des professeurs par la donnée de conditions d'applications de ces connaissances.

Pour le moment nous retenons au moins trois pistes pour la formation. La première semble être qu'un travail spécifique doit être fait en formation pour aider les professeurs novices à mobiliser davantage leurs connaissances mathématiques antérieures pour élaborer ou pour choisir des activités mathématiques riches pour les apprentissages et pour articuler celles-ci avec des connaissances sur les apprentissages des élèves et sur la gestion de classe. La deuxième pourrait être qu'il est important de considérer la formation dans la durée afin que des connaissances plus nouvelles soient approfondies, enrichies. Enfin il est également certain qu'un travail doit être fait aussi avec les professeurs en place dans les établissements et notamment avec les maîtres de stage.

3. Jean-Pierre Froment,

UMR ADEF

Connaissances en jeu et réalisation de tâches au sein d'une dynamique d'apprentissage bien spécifique : l'initiation aux sciences de l'ingénieur.

Partant du principe que, dans leur grande majorité, les apprentissages scolaires et professionnels font appel à un large registre de connaissances antérieures, le projet vise à caractériser la variété de celles-ci, à rendre compte de leurs conditions d'émergence du point de vue des élèves, et à voir également comment les professeurs peuvent y contribuer utilement. Prenant en compte plusieurs disciplines scolaires, l'étude se positionne de ce fait au niveau de dynamiques d'apprentissage différenciées : passant d'un cours de langue à un cours de physique ou d'EPS, les élèves en font constamment l'expérience. Dans le cas présent, l'option ISI (initiation aux sciences de l'ingénieur) relève d'une dynamique assez caractéristique, qui d'emblée soulève quelques questions.

1. Le problème

Le programme, tel qu'il est présenté dans le BO, met en avant deux modalités conjointes : un enseignement sous forme de TP pour faciliter l'autonomie d'action et de réflexion, respecter les rythmes d'apprentissage et favoriser une approche inductive des savoirs ; des activités de synthèse en vue de structurer les connaissances et de dégager les concepts. Le texte d'accompagnement des programmes se fait plus précis en argumentant qu'une succession d'activités pratiques ne garantit aucunement l'acquisition de connaissances et que, pour tendre vers de réels apprentissages, il y a lieu d'y adjoindre de la part des élèves un effort d'explicitation des savoirs appréhendés (verbalisations écrites) et de la part du professeur une activité de structuration de ces savoirs (leçons de synthèse). Il s'agit donc de prendre en compte la dynamique d'apprentissage dans son ensemble, et non seulement telle ou telle composante de celle-ci. Pour ce qui est maintenant de délimiter son champ, le choix s'est porté vers l'étude d'un mécanisme (au regard du programme, cela concerne l'étude d'une solution constructive réalisant une fonction technique, afin de comprendre l'agencement d'une structure et les choix des éléments qui la composent pour constituer la réponse à un besoin clairement identifié). Il s'agit du « mécanisme de fin de course » extrait du tube d'enroulement du store automatique Somfy dont disposent les élèves avec les documents constructeurs appropriés. Le TP qui s'y rapporte regroupe 6 tâches tournées vers la compréhension de l'agencement et de la cinématique des différentes pièces, suivies d'une dernière question qui se présente sous forme la forme d'un problème. C'est plus précisément là que l'étude s'est portée, dans la mesure où on s'accordera à penser, avec Bastien (1997), que c'est la résolution de problèmes qui fixe les buts, active les précurseurs et finalement structure la connaissance.

Mais il y a plus, si on considère que la façon dont les sujets perçoivent et traitent une situation d'apprentissage est déterminée par les connaissances antérieures, et si on prend en compte l'étendue de celles-ci. Les connaissances antérieures ne se limitent pas en effet au registre des connaissances déclaratives, ni même procédurales, mais englobent les tâches épistémiques (Tiberghien, 2005) ou connaissances épistémiques (Cellerier, 1992) qui permettent de comprendre le problème et de représenter sa solution, ainsi que les connaissances familières

au sujet ou "schèmes familiaux" (Boder, 1992) susceptibles de jouer également un rôle heuristique fondamental. Cela nous met bien loin de pouvoir définir *a priori* les critères et les indicateurs susceptibles de traduire avec suffisamment de cohérence l'étendue des connaissances antérieures des élèves qui prennent part à la dynamique des apprentissages, par contre cela nous amène à préciser une première option méthodologique quant à l'analyse à l'aide d'enregistrements vidéos. Comme le soulignent de manière très pertinente Inhelder et de Caprona (1992), l'enregistrement vidéo permet d'approfondir l'analyse en revenant autant de fois que nécessaire aux moments cruciaux, et, en relevant les rythmes des verbalisations et des conduites, cela permet d'analyser les modifications en cours d'action et d'inférer les modèles sous-jacents et leur organisation fonctionnelle. Les premiers mois de ce travail de recherche ont donné lieu à une communication, en janvier 2004, au colloque de l'ARDéCO portant sur « les processus de conceptualisation en débat » organisé en hommage à Gérard Vergnaud. Une séquence vidéo a été présentée dans le cadre du thème n°1 "*situation et schème, action et connaissance*" avec une analyse portant sur l'intervention d'un schème familial au cours d'une séance de travaux pratiques. On retrouve ici l'interprétation proposée par Boder (1992) de deux éléments qui se complètent, pour l'un le recours à des connaissances familières qui font plutôt obstruction à la résolution du problème dans la mesure où ils engendrent une procédure inadéquate, pour l'autre la possibilité de réinterpréter cette même procédure lorsque le sujet intègre des informations de la situation qui l'amènent progressivement à modifier sa représentation du problème (en particulier, souligne Boder, pour ce qui est des significations qui définissent le schème familial initialement prépondérant). Si donc les schèmes jouent un rôle décisif dans la manière dont le sujet met en œuvre certaines de ses connaissances devant une situation nouvelle, d'autres connaissances, de nature épistémique (permettant notamment de comprendre le problème) sont susceptibles d'intervenir dans le même temps. L'exemple présenté au cours de ce colloque montre comment la mobilisation conjointe de connaissances antérieures au niveau de ces deux registres permet de construire des nouvelles connaissances.

2. Méthode

Cette première approche résume ce qui a été tenté au cours de la première année du projet, en particulier pour ce qui était de la nature des connaissances en jeu, des conditions d'attribution de ces connaissances et de leur dynamique de modification. Une *lecture pragmatique* du projet de recherche conduisait à se placer du point de vue de l'activation des connaissances antérieures en situations d'enseignement, à caractériser les actions enseignantes qui permettent de mobiliser chez les élèves les précurseurs, à évaluer les apprentissages réalisés. Du point de vue méthodologique, le champ ouvert par Y. Clot (1999) avec l'auto-confrontation croisée comme activité dirigée a été prise en compte. Les occasions de mise en œuvre de cette démarche sur les enregistrements vidéos réalisés au cours de TP montrent à quel point le professeur a beaucoup à découvrir. Il découvre tout d'abord *ce que font ses élèves* des tâches qu'il leur donne, quelle est la nature de leurs activités, comment se déroulent les interactions. Il découvre ensuite *l'historique de chaque intervention*, c'est-à-dire ce que font et disent les élèves dans les moments qui précèdent et qui suivent son intervention. Il découvre enfin certains des *traits spécifiques de sa propre activité* lorsqu'il est amené à intervenir auprès de ses élèves.

Une analyse fonctionnelle des connaissances, réalisée dans le cadre des interactions professeur/élèves est susceptible de guider l'apprentissage de manière efficace. Une partie des travaux engagés au cours de la première année du projet a été orientée dans ce sens. En particulier, ce qui a été source de questionnement, ça a été de constater que, assez souvent, les élèves n'exprimaient pas facilement les questions qui étaient les leurs juste avant qu'il n'intervienne. Nous en avons plusieurs exemples, une analyse fine de ces séquences laisse

penser que l'interrogation devant laquelle se trouvent les élèves est tout simplement refoulée, retenue, comme si faire état d'une connaissance antérieure fragmentaire n'était pas de mise. Cela peut s'expliquer en termes de contrat didactique.

Mais le but était surtout de trouver une méthodologie susceptible d'apporter des résultats tangibles en rapprochant dynamique d'apprentissages et intervention de connaissances antérieures. Pour une grande part, c'est ce qui a été tenté au cours de la seconde année du projet. Pour ce faire, trois points essentiels ont été mis en avant. En premier lieu, concentrer les observations autour d'une séquence relativement courte de *résolution de problème* comme cela a été dit précédemment. En second lieu, disposer d'un *effectif d'élèves suffisamment conséquent* non seulement du point de vue des enregistrements vidéos, mais aussi des activités complémentaires, ce qui a conduit à prendre en compte deux groupes-classe différents (les classes étant en fait des demi-division dans les enseignements tels que ISI). En troisième lieu, introduire *une variable de contraste* au niveau de la dynamique d'apprentissage pour en apprécier les effets. Ces éléments ne pouvaient être rassemblés qu'à la condition d'une parfaite adhésion de la part du professeur, ce qui a été le cas tout au long du déroulement de la recherche.

| Problème initial (TP) | Cours de synthèse | Problème analogue |
|--|--|--|
| Le problème est posé dans le cadre d'un TP enregistré en vidéo auprès de 9 binômes d'élèves de deux groupes. Les groupes ne se différencient pas à ce niveau (même enseignant). Variabilité inter-sujets importante. | Le cours de synthèse a été effectué sous deux modalités différentes, ce qui a conduit à établir un contraste entre les deux groupes. | <ul style="list-style-type: none"> • Comparaison inter-groupes. • Comparaison intra-groupes, concernant les élèves qui ont résolu le problème posé en TP. • Comparaison intra-groupes, concernant les élèves qui n'ont pas résolu le problème posé en TP. |

Présentation schématique de l'option méthodologique adoptée dans le cadre de cette recherche

3. Analyses

Les analyses ont été effectuées d'abord au niveau de chacune de ces trois étapes avant de s'intéresser aux comparaisons. En particulier, pour ce qui est du TP, les enregistrements vidéo ont fait l'objet de beaucoup d'attention, aussi bien pour ce qui est de l'enchaînement des activités que des tâches épistémiques qui dans certains cas se sont révélées importantes du point de vue de l'interaction entre les élèves, ou encore concernant le rôle du professeur dans cette approche, avant de voir dans quelle mesure le problème posé a ou n'a pas été finalement résolu au terme de l'opération. Des enseignements ont déjà été tirés concernant l'intervention des connaissances antérieures dans ce seul cadre. De la même manière, les cours de synthèse effectués auprès de chacun des deux groupes d'élèves ont été soigneusement analysés de manière à rendre compte de ce qui les différenciait précisément. Enfin, pour la dernière étape c'est surtout au point de vue de la conception du problème cible caractéristique d'une analogie avec le problème posé en TP que l'analyse a été déterminante.

Pour ce qui est maintenant des comparaisons, la première d'entre elles (inter-groupes) s'est attachée à montrer l'importance et la nature des écarts entre les deux groupes dans le traitement de l'analogie. Les deux comparaisons suivantes (intra-groupes) poursuivent

l'analyse sous l'angle individuel, auprès de quelques élèves issus des deux groupes. D'une part, on s'est intéressé à voir dans quelle mesure des élèves qui avaient résolu le problème posé en TP réussissaient pareillement à résoudre le problème analogue alors qu'ils ont été placés sous deux conditions différentes du point de vue de la séance de synthèse. D'autre part, on s'est intéressé au cas inverse, c'est-à-dire aux élèves qui n'avaient pas réussi à résoudre le problème posé en TP, de manière à voir dans quelle mesure le problème analogue pouvait maintenant l'être, compte-tenu de la variable introduite concernant la structuration des connaissances au niveau de séances de synthèse différenciées.

D'autres apports ont complété l'observation, et notamment un questionnaire dans le but d'évaluer les connaissances préalables des élèves concernant le « store automatique Somfy » objet de la situation d'apprentissage étudiée.

4. Résultats

Plusieurs résultats ont été obtenus, d'une part au niveau de l'analyse des enregistrements vidéos des séances de TP, d'autre part sous l'angle d'une hypothèse rapprochant dynamique d'apprentissages et intervention de connaissances antérieures

Qu'en est-il d'abord de l'observation des TP, c'est-à-dire de l'analyse des enregistrements vidéos ? Au regard des différents critères pris en compte, une variabilité manifeste s'est dégagée d'un binôme à un autre, c'est pour une grande part l'intervention de tâches (ou activités) épistémiques qui marque la différence. Les élèves se trouvent en effet face à un mécanisme nouveau pour eux, qui peut susciter de leur part description, interprétation, questionnement, argumentation. On observe alors que certains d'entre eux procèdent à des interactions qui leur permettent de tirer une explication de telle ou telle partie du mécanisme, en mettant en avant différents points de vue qui sont alors susceptibles d'évoluer au cours de l'interaction. *A contrario* d'autres élèves adoptent un style moins dynamique au sein duquel c'est bien plutôt la répartition du travail qui l'emporte que l'interaction, les résultats en termes d'apprentissage paraissent alors beaucoup moins convaincants. Il est clair que c'est pour beaucoup la part prise par l'intervention d'un ensemble de compétences interactives au fil du déroulement des activités dans chacun des binômes qui fait la différence.

Au terme de cette première étape, nous nous trouvons devant un effectif de 36 élèves dont certains ont résolu le problème qui leur avait été posé, d'autres non. Face à un problème analogue, on pouvait s'attendre pour le moins à ce que les premiers conservent leur avantage au terme de la séance de synthèse, et que les seconds éventuellement progressent, quel que soit le degré d'approfondissement de la synthèse proposée par le professeur. La variable introduite à ce niveau consiste en deux approches de la même séance de synthèse faites par deux professeurs différents à l'occasion d'un simple remplacement ponctuel, l'un et l'autre enseignant l'option ISI à partir des mêmes activités et progressions, les TP étant identiques pour toutes les classes dans le même établissement. Dans le premier cas, et pour ce qui concerne donc la moitié de l'effectif (groupe n°1), l'approche a été focalisée sur la résolution du problème en mettant en œuvre trois méthodes différentes (dont celle antérieurement adoptée dans la plupart des cas) et en les comparant, alors que c'est une simple correction d'exercice qui a été faite dans le second cas (groupe n°2). L'hypothèse était donc qu'une dynamique de structuration des connaissances antérieurement abordées en travaux pratiques soit à l'œuvre partout. Or, les résultats sont tout autre. Alors que rien n'avait permis de différencier ces deux groupes au niveau des travaux pratiques, par contre il sont fortement contrastés ici, une grande partie des élèves du premier groupe ont résolu le problème "analogie" et ont été en mesure de conclure, alors qu'aucun élève du second groupe n'a été en mesure de le résoudre. Cela signifie qu'il s'est trouvé des élèves du second groupe qui, bien qu'ayant résolu le problème au cours du TP, n'y sont pas parvenus avec le problème

analogue. L'explication avancée tient à ce que les connaissances antérieures sont contextualisées en fonction des situations rencontrées. Dans la résolution de problème (situation cible) le processus consiste à chercher dans les connaissances antérieures lesquelles sont exploitables (situation source). Bien souvent, ce sont des éléments, non de la situation cible elle-même, mais du contexte dans lequel les connaissances antérieures ont été élaborées qui le permettent. En d'autres termes, le contexte externe sert de « situateur » qui permet d'accéder aux connaissances antérieures (Bastien, 1997). Dans ce cas, c'est le traitement différencié de la séance de synthèse du TP qui a fait la différence : on retrouve en effet dans chacun des deux groupes un même degré de similitude entre la nature des apports du professeur et les productions des élèves.

Ces résultats ne manquent pas d'apporter un éclairage aux questions transversales prises en compte dans le projet global, notamment pour ce qui est de l'attribution des connaissances et de la dynamique de modification de celles-ci.

Dans ce contexte d'apprentissage, on voit à certains endroits le professeur encourager, valider la réponse ou l'intervention d'un élève, faire qu'il soit reconnu comme marquant une étape dans le raisonnement. L'attribution des connaissances fait alors partie de la stratégie de l'enseignant, comme la définit Legendre (1993) : un ensemble d'opérations et de ressources planifié et décidé par l'enseignant, visant l'atteinte d'un but, compte tenu d'une situation dont seulement certains paramètres sont connus. Planifier des opérations au sein d'une situation en partie inconnue pousse à poser des jalons sous la forme de connaissances attribuées. Plutôt que de laisser les élèves aux prises avec des connaissances peu adaptées, le travail du professeur tendra alors à leur donner la consistance voulue, aux fins de leur reconnaître un statut de conformité. Attribution de connaissances, mais aussi, dans certains cas, attribution de compétences si on entend par là les tâches épistémiques mises en oeuvre par les élèves. En effet, plusieurs observations font état de moments où le professeur met en exergue l'initiative prise par un élève qui s'engage dans l'analyse d'un mécanisme, d'un tableau ou d'un dessin. C'est alors moins la réponse apportée par l'élève qui retiendra l'attention (le professeur relativisera en parlant de "point de vue") que l'activité elle-même, à laquelle l'enseignant attribuera une valeur.

Quant à la dynamique de modification des connaissances, elle intervient sous plusieurs formes et différemment au deux temps de l'organisation de cet enseignement. Dans la phase "travaux pratiques", le travail des élèves peut y contribuer au travers des interactions qui sont effectivement susceptibles de modifier un état de connaissances préalables. Ces interactions sont susceptibles de prendre des formes différentes et de conduire à d'autres modifications lorsqu'elles associent le professeur. De ce point de vue, nous avons vu tout l'intérêt pour celui-ci d'être d'abord attentif à ce que les élèves ont à dire de l'état présent de leurs connaissances antérieures, sur telle ou telle question. Mais cette dynamique, insérée dans le temps des travaux pratiques, paraît insuffisante du point de vue de l'élaboration des connaissances individuelles si on en restait là. Dans la phase "leçon de synthèse" qui s'y articule, le travail du professeur est susceptible d'y contribuer grandement. En effet, ce temps dévolu à la formalisation des savoirs peut permettre, surtout dans le cadre d'une situation de résolution de problème, de fixer le but à atteindre, de mettre en exergue les "bons" précurseurs à activer, et en fait de trouver la voie conduisant de manière efficace à la modification (ou structuration) des connaissances. Néanmoins, on a vu à la fois que cette voie n'était pas facile à trouver, et qu'en même temps elle était déterminante au sens où il en a résulté un effet d'homogénéisation des connaissances.

En conclusion, si on considère comme ici que les connaissances antérieures couvrent un large

spectre, bien au-delà de ce qui en est dit habituellement, alors on comprend mieux la difficulté pour un programme d'enseignement tel que celui-ci de remplir une mission de promotion de la technologie, d'enrichissement intellectuel et de renforcement de l'orientation des élèves dans les filières scientifiques et technologiques. Dépassant en effet de simples questions d'organisation, la dynamique des apprentissages qui s'y réfère porte en elle une réelle complexité que rien à première vue ne permet de déceler. C'est en abordant celle-ci par le biais des connaissances antérieures des élèves que l'on ouvre des pistes, d'une manière pragmatique, en vue d'en améliorer l'efficacité.

4. Ghislaine GUEUDET et Jean JULO

ADEF

Contribution du Groupe de Recherche Hypermédia et Proportionnalité, (CREAD et IUFM de Bretagne, DidMaR et Université Rennes 1)

Rennes

Effets de l'emploi d'une base d'exercices en ligne sur la dynamique des apprentissages

Nous nous intéressons à la question des conséquences, pour la dynamique des apprentissages, de l'emploi par les élèves en classe de mathématiques d'un logiciel de type « base d'exercices en ligne » (Cazes et al. 2006). Nous étudions plus particulièrement le cas où les élèves travaillent sur la machine pendant un temps significatif, sans soutien mathématique de l'enseignant. Les connaissances et les apprentissages considérés dans notre étude relèvent du champ de la proportionnalité. Le contexte est celui de la classe de mathématiques, aux niveaux CM2 et sixième.

1. Connaissances et états de connaissances ; objets de savoir en jeu dans l'étude.

Nous avons retenu la notion de « rapport d'un sujet à un objet de savoir » (Chevallard, 1989) comme moyen de décrire les connaissances individuelles observables dans l'étude. Lorsque qu'un groupe de sujets partage le même rapport à un objet donné, nous parlons « d'état de connaissances ». Nous appelons « état-cible » le rapport institutionnel visé dans une classe donnée.

Les objets de savoir retenus pour l'étude sont au nombre de six : les procédures permettant de résoudre un problème de proportionnalité ; le tableau de proportionnalité ; l'expression « est proportionnel à » ; l'identification d'une relation de proportionnalité ; la résolution de problèmes de comparaison, et celle de problèmes de proportionnalité simple composée.

L'observation et la description des rapports à ces objets de savoir implique des connaissances disciplinaires de différents types : connaissances langagières (en particulier pour l'emploi de l'expression « est proportionnel à »), connaissances liées aux représentations (tableau), connaissances liées à la modélisation (identification d'une relation de proportionnalité, mise en œuvre d'une démarche adéquate pour un problème de comparaison), connaissances liées aux stratégies de résolution. Mais il convient également de tenir compte de connaissances quotidiennes, comme ce qui concerne la notion de vitesse, ainsi que l'emploi quotidien des termes « proportionnel », « proportionnalité ».

2. Expérimentation et recueil de données

Nous avons réalisé entre 2003 et 2005 un enseignement expérimental dans quatre classes : deux classes de sixième, une classe de CM2, et une classe de CM1/CM2. Ces classes n'avaient pas encore travaillé sur la proportionnalité au début de l'expérimentation. Nous avons mis en place une séquence d'enseignement de la proportionnalité comportant neuf séances d'une heure en classe. Une évaluation initiale ; puis quatre séances sur machines ; une séance de préparation d'affiches, suivie d'une séance de débat sur les affiches ; une évaluation finale, qui a eu lieu avant l'institutionnalisation par l'enseignant. Durant les séances sur machines, les élèves travaillaient par binômes sur des exercices de proportionnalité proposés par le logiciel Mathenpoche (<http://mathenpoche.sesamath.net/>). Ils devaient de plus remplir

individuellement un document papier (carnet de bord) reprenant chacun des exercices du logiciel que nous avons retenus pour la séquence. Le parcours des élèves sur l'ordinateur était choisi librement par eux parmi un grand nombre d'exercices ; ils savaient cependant qu'il y aurait en fin de séquence une évaluation sur papier durant laquelle le recours au carnet de bord était autorisé. Nous avons donc recueilli des données de diverses natures : carnets de bord, évaluations initiale et finale sur papier, suivis informatiques, et observations directes réalisées pendant les séances.

3. Résultats

Nous avons tout d'abord procédé à un bilan global des états de connaissance en fin d'expérimentation, pour chacun des six objets de savoir retenu. D'abord, à propos de l'objet « procédures », l'état-cible visé consistait à pouvoir mettre en œuvre les deux grands types de procédures de résolution d'un problème de proportionnalité : procédures de linéarité, et procédures de type « constante multiplicative ». La majorité des élèves de CM2 comme de sixième relève de l'état-cible. A propos des objets liés à la modélisation, l'état-cible domine pour l'objet « problèmes de proportionnalité », en particulier en sixième (avec, sur ce point, une différence nette entre sixième et CM2), et pour l'objet « problèmes de comparaison », en CM2 comme en sixième. En revanche, seule une minorité d'élèves relève de l'état-cible pour les problèmes plus délicats de proportionnalité simple composée (proposés seulement en sixième).

C'est dans les rapports aux objets liés au fonctionnement langagier que l'on observe la plus grande variété d'états de connaissances. Pour ceux-ci, il n'apparaît pas un état de connaissances regroupant une nette majorité des élèves. Des apprentissages ont clairement eu lieu. Par exemple, de nombreux élèves utilisent le tableau de proportionnalité. Mais cet emploi n'est pas toujours conforme aux attentes de l'institution. Il est possible que le travail sur une ressource en ligne comme celle que nous avons utilisée soit peu susceptible de conduire à des apprentissages pour des connaissances liées au fonctionnement langagier. Ceci peut être un résultat général, ou une conséquence de certaines caractéristiques du logiciel utilisé, ou du scénario d'usage associé (Guin et Trouche 2004) ; il s'agit d'une piste pour des recherches ultérieures.

Afin d'entrer plus finement dans la dynamique des apprentissages, nous avons d'une part analysé des cas particuliers d'élèves observés durant les séances de classe, et suivi les évolutions de groupes d'élèves, observables à partir des différentes traces dont nous disposons. Nous avons porté l'essentiel de notre attention sur l'intervention dans la dynamique des apprentissages de connaissances issues du travail des élèves sur le logiciel. Ceci nous conduit à retenir en particulier les constats suivants :

- Des difficultés subsistent, avec un statu quo dans les connaissances associé à des détournements du logiciel. En particulier certains élèves basent leurs stratégies de résolution des problèmes numériques sur le fait que le résultat cherché est un nombre entier, obtenu à partir de multiplications et de divisions effectuées sur les données numériques de l'énoncé. L'accès à une calculatrice, et le feed-back après une réponse fautive proposés par le logiciel ont plutôt renforcé cette stratégie.
- Des connaissances scolaires ont été renforcées et enrichies par le travail sur le logiciel dans des cas très divers, en termes d'états initiaux, de parcours et de comportements sur le logiciel. Ainsi certains élèves qui ont systématiquement consulté tous les exercices proposés, obtenant des scores médiocres, ont néanmoins progressé en fin d'expérimentation.
- Des connaissances quotidiennes ont été remplacées par des connaissances issues du travail sur le logiciel. En particulier, on pouvait observer en début d'expérimentation des rapports à l'objet « relation de proportionnalité » basés sur la croissance

simultanée de deux grandeurs : « ça augmente en même temps ». Ces rapports n'apparaissent plus après le travail sur le logiciel.

Nous considérons que l'activité des élèves sur le logiciel doit être regardée à deux niveaux : celui de la résolution d'un exercice donné, et celui du choix de parcours parmi les exercices proposés. Certains liens entre ce choix de parcours et la dynamique des apprentissages apparaissent dans notre étude. Affiner l'étude de ces liens, et des conséquences des scénarios d'usage sur les choix de parcours est un prolongement naturel de notre travail.

5. Maria Luisa Schubauer-Leoni, Franca Leutenegger, Valentina Chiesa Millar, Florence Ligozat

Didactique Comparée – Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation
Université de Genève

Étude de leçons de mathématiques et de géographie faisant appel aux notions de proportionnalité et d'échelle. Connaissances antérieures et attributions de connaissances

La recherche a comporté un travail à la fois théorique et méthodologique et cherche à articuler différentes études correspondant à autant d'entrées dans les réalités d'enseignement / apprentissage de notions traitées dans des **leçons de mathématiques** et de **géographie**. Divers niveaux d'analyse ont été adoptés pour mettre à jour les processus par lesquels se tissent les gestes de l'enseignant et ceux des élèves.

➤ *Attribution de connaissances et connaissances antérieures*

C'est dans ce jeu articulé de gestes que nous avons abordé la question des connaissances antérieures en lien avec les processus attributionnels. En effet, d'un point de vue théorique, mais aussi méthodologique, nous considérons que l'observation et la saisie de ces connaissances dépend nécessairement de leur identification et interprétation par les acteurs, dans les différents contextes d'observation créés par la recherche. Étroitement liées aux processus de catégorisation et de représentations sociales, les attributions concernent les situations dans lesquelles des activités inférentielles sont activées afin de se prononcer sur les *raisons* et *responsabilités* inhérentes à un événement donné. Dans le contexte du travail scolaire une *imputation* de responsabilité aboutit souvent à une déclaration en termes de « il a/n'a pas » telle connaissance et ensuite, si le constat paraît surprenant (ex : un élève considéré habituellement « faible » qui semble avoir compris), une explication causale est éventuellement apportée. Concernant les *attributions de connaissances*, le contexte scolaire est un lieu privilégié dans la mesure où le professeur, au-delà des moments formels d'évaluation des connaissances, ne cesse d'engager des inférences sur la base des indices qu'offrent les élèves ou qu'il sollicite pour assurer des régulations à l'intérieur du système didactique. L'élève également se situe, par ce biais, parmi d'autres élèves dans le jeu d'attentes qui caractérise la recherche renouvelée d'un contrat didactique. Enfin, lorsque ce processus devient objet de recherche, il fait appel à des attributions de connaissance dont la validité est sous le contrôle du dispositif théorique et méthodologique de référence. L'observateur et/ou l'intervieweur d'abord et le chercheur ensuite face à ses *corpus*, ne peut avancer dans la production scientifique sans inférences et attributions de rapports aux objets par les sujets.

Dans cette dynamique, nous considérons que les connaissances antérieures (CA) sont constituées par l'ensemble (organisé ou non) de connaissances dont le sujet pourrait disposer (attribution a priori), compte tenu de la fréquentation (préalable ou parallèle) d'œuvres jouant le rôle d'institutions de référence potentielles pour les connaissances en jeu dans le hic et nunc d'une situation donnée. Dans le cas du sujet-élève, les systèmes didactiques dans

lesquels il évolue dans le cours de l'année, lui procurent un ensemble d'objets, potentiellement mobilisables, dont le rapport est censé s'organiser sous la forme d'une histoire didactique de référence.

Ce processus croise diverses temporalités : élève et professeur convoquent, chacun depuis son *topos* (et le *topos* des élèves est par surcroît différentiel), à la fois

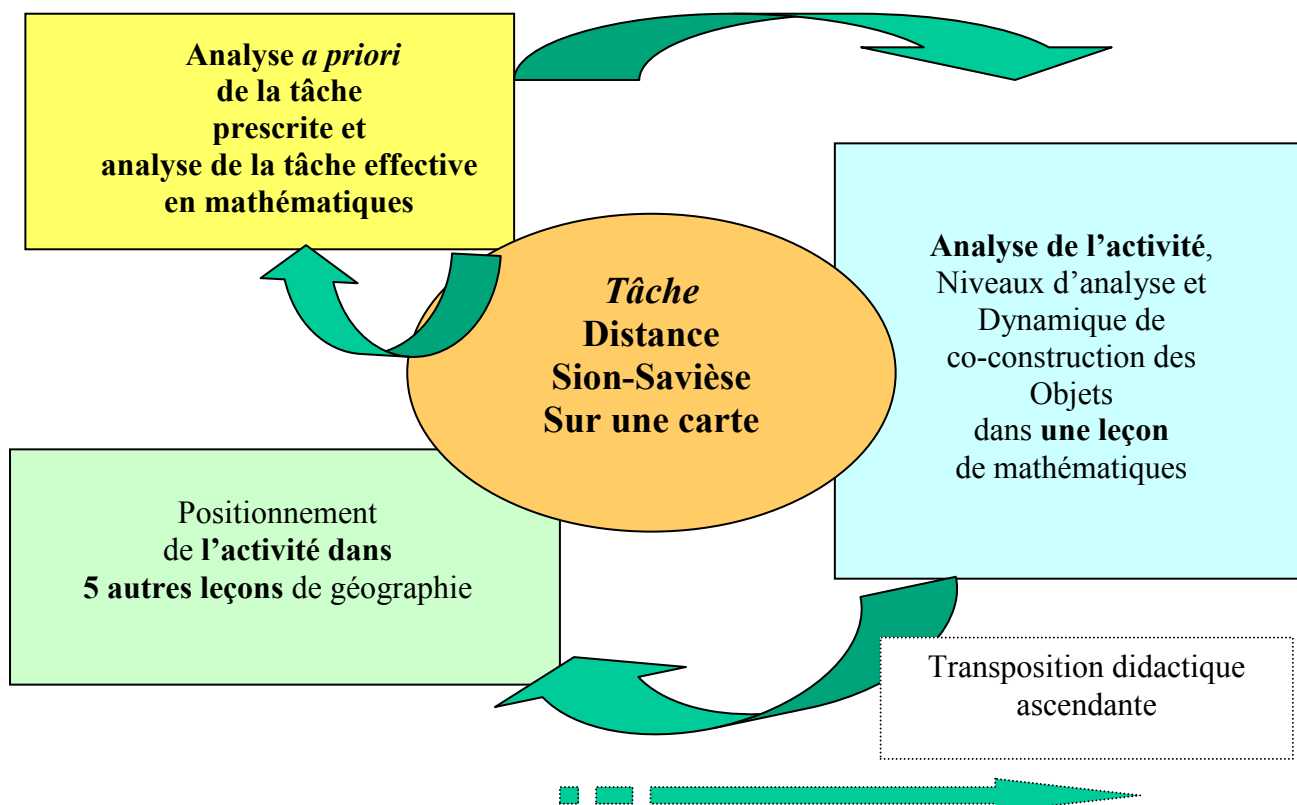
- des connaissances qui relèvent *d'expériences anciennes* : d'autres années, d'autres programmes ; mais aussi d'autres moments du travail dans ce même système didactique, à propos de tâches connexes ;
- des *expériences issues de la vie de tous les jours dans d'autres institutions* : le didactique quotidien offre de multiples occasions de traiter des tâches qui, pour disconnexes qu'elles soient, offrent des occasions d'élaborer des rapports originaux à des mondes divers et autrement habités que ceux de l'école ;
- des *expériences issues de la séance didactique en cours* : dans ce cas, selon les *topos* des différents élèves, le travail d'adaptation à un univers de référence convoqué par le professeur et l'impression d'expertise à peine acquise fait en sorte que l'élève (surtout celui qui est dans un *topos* initialement éloigné du rapport attendu) tend à maintenir un rapport établi à un ensemble d'objets aux dépens d'un rapport inédit provoqué par une tâche nouvelle introduite par le professeur.

Dans le cadre de cette étude, nous avons tenu compte de ces diverses entrées à articuler en veillant au positionnement des acteurs (professeur, élèves, mais aussi chercheur) qui, nécessairement, attribuent des connaissances à autrui (CA et/ou connaissances en cours d'élaboration- CCE) pour pouvoir donner un sens à la situation et agir en conséquence, en tant qu'élève et en tant que professeur, mais aussi en tant que chercheur qui étudie les dynamiques évolutives du système et des situations didactiques.

➤ *L'entrée par une tâche prescrite : « Distance sur carte »*

La partie empirique de l'étude qui est exposée dans ce rapport prend comme entrée une tâche prescrite par le chercheur : la tâche appelée « Distance sur carte ». Trois analyses vont permettre des découpages différents et complémentaires

Figure 1 : schématisation de l'articulation des analyses :



➤ *L'analyse a priori de la tâche*

Le « texte » de la tâche prescrite¹, lorsqu'il existe, comme c'est le cas ici, sous une forme écrite stable et communicable, fait l'objet d'une analyse *a priori* qui vise à décrire un possible traitement du problème. Cette tâche a été construite pour être proposée aussi bien à des élèves de 6^{ème} primaire (dernière année du primaire) que de 7^{ème} année du Cycle d'Orientation, à Genève (5^{ème} année de Collège). Elle pose le problème de l'agrandissement proportionnel de distances représentées sur une carte, selon un facteur 4/3 non donné. Il existe diverses manières de trouver la mesure transformée, qui sont détaillées dans les grandes lignes de l'analyse *a priori* (Annexe 2).

¹ Cf en annexe 1 le texte de la « fiche ». Il s'agit d'une tâche construite par nos soins afin de disposer d'un même objet (variable contrôlée dans le plan expérimental) initial à proposer aux professeurs qui apporteront, s'ils le jugent utile, les modifications nécessaires pour que le problème soit traitable dans leur contrat didactique à tel moment de l'année.

- *Analyse de l'activité : Niveaux d'analyse et dynamique de co-construction des objets dans une leçon de mathématiques classe de 6P (dernière année du primaire)*

Trois niveaux d'analyse et de questionnement guideront la réflexion autour de l'attribution de connaissances (CA et/ou CCE) :

- Quelles sont les attributions de connaissance(s) repérable(s) ? Et qui attribue quelle(s) connaissance(s) à qui ?
- Quels sont les critères de repérage concernant les attributions de connaissance(s) ?
- Comment classer ces attributions de connaissance(s)

Premiers résultats d'analyse de la leçon "distances sur cartes"

Le synopsis de l'activité (voir l'annexe 3) nous montre que la ré-interprétation par l'enseignant de la **tâche prescrite** fait apparaître d'une part de **nouvelles tâches** ou sous-tâches et d'autre part, des **éléments mésogénétiques qui restreignent considérablement les possibles en orientant l'activité des élèves**.

Les décisions majeures de l'enseignante apparaissent aux grandes étapes suivantes :

1^{ère} étape : minutes 1-8

Après la lecture de la consigne et le lancement de l'activité, l'enseignante laisse les élèves travailler en groupe puis rappelle à la classe (minute 8) qu'"on est dans le chapitre des proportions".

2^{ème} étape : minutes 9-20

Les élèves poursuivent leur travail et, à la minute 18, plusieurs groupes ont terminé le problème ; l'enseignante propose alors un "prolongement" pour ces derniers : calculer la distance réelle, à vol d'oiseau, entre Sion et Sierre en s'appuyant sur la carte de la Suisse.

3^{ème} étape : minutes 21-36

A partir de ce moment, deux activités coexistent dans la classe selon les groupes, la première se terminant lorsque l'enseignante fait venir Ernestine au tableau noir pour exposer la résolution du problème par la technique du produit en croix.

4^{ème} étape : minutes 37-46

Après cette clôture, l'enseignante relance le second problème pour ceux qui l'ont déjà commencé et rappelle la consigne (notée au tableau) pour les autres. Aucune correction collective n'interviendra : l'enseignante passe de groupe en groupe pour évaluer les procédures et les solutions.

Une étude fine de ce qui se passe au cours des 2^{ème} et 3^{ème} étapes dans un duo d'élèves Luria / Christiane montre comment s'articule le travail personnel de ces deux élèves. Ils identifient chacun la situation mathématique de proportionnalité en jeu dans ce problème, à partir de milieux différentiels sans toutefois trouver un espace public de validation de leurs procédures pour arriver au résultat 2cm. De plus, lorsque ces élèves en viennent à traiter la deuxième tâche (4^{ème} étape de la leçon),

Du côté de Luria :

- Des propos de l'enseignante, il décode probablement les connaissances à mobiliser ; notamment il avait déjà interrogé la possibilité d'utiliser la notion d'échelle dans le cadre de la première tâche. L'enseignante l'en avait alors dissuadé (l'échelle n'est ni donnée ni nécessaire pour résoudre le problème de la fiche), tout en pointant la possibilité d'y recourir plus tard, dans le cadre de la deuxième tâche (dont l'énoncé est inscrit au TN dès la minute 18). Dès le début du traitement de la deuxième tâche, il

commence donc par chercher quelle est l'échelle de la carte, mesure la distance en cm entre Sion et Sierre sur la carte puis calcule la distance réelle, de tête (il n'y a pas trace de calcul sur sa feuille) et à l'aide du tableau de conversion.

- Il attribue vraisemblablement un "manque" de connaissance à Christiane : il lui explique la conversion des unités.

Du côté de Christiane :

- Elle attribue vraisemblablement à Luria des connaissances quant aux informations à considérer sur la carte (l'échelle),
- Elle attribue vraisemblablement des connaissances à Luria quant à la manière de convertir les unités en s'aidant du tableau.

Nous concluons cette étude par les principaux résultats d'analyse obtenus en nous référant aux deux entrées de questionnement suivantes :

1. Quelles sont les traces de connaissances antérieures qui émergent, relativement au milieu co-construit, aux places des acteurs et à l'avancement des connaissances attendues ? (attributions du chercheur aux acteurs)

- En termes de *mésogenèse*, le rappel par l'enseignante, à la 8^{ème} minute de la leçon, du chapitre des proportions, des applications, travaillé précédemment en classe, fait évoluer le milieu mathématique pour le problème et fait apparaître les connaissances attendues. Mais un implicite demeure dans ce rappel : vraisemblablement, la suite le montre, c'est une technique (le produit en croix) que l'enseignante attend. Dans la séance, après ce rappel, plusieurs élèves la mobilisent immédiatement et les entretiens avec l'enseignante (préalable et *a posteriori*) montreront que pour elle, résoudre un problème de proportionnalité revient à utiliser la technique du produit en croix : "pour moi c'est nécessaire// je sais pas si c'est nécessaire vraiment// mais il me semble que sans ça je sais pas comment on pourrait faire/", dit l'enseignante dans l'entretien préalable. *Topogénétiquement*, l'enseignante s'appuie sur différents élèves pour intervenir ou proposer une relance : Luria, en tant que "bon" élève qui procède pourtant additivement, "déclenche" vraisemblablement le rappel, à la minute 8, du chapitre des proportions. Ernestine devient le bras droit de l'enseignante pour exposer la procédure attendue. Les différentes étapes de la *chronogenèse* sont marquées par ces interventions, ces changements de milieu.
- Luria mobilise (ou semble vouloir mobiliser) une connaissance à propos de la notion d'échelle dans la tâche effective 1 : est-ce le fond de carte qui fonctionne comme indice de surface qu'il s'agit de la connaissance à mobiliser ? L'enseignante a alors un rôle majeur dans la gestion de cette connaissance antérieure puisqu'elle attire son attention sur le fait qu'il n'en a pas besoin pour la Te1, mais en aura besoin pour la tâche effective 2. En termes de contrat différentiel et de topos différents, Christiane, qui a eu exactement la même information semble avoir plus de mal à mobiliser cette connaissance lors de la tâche effective 2 : c'est Luria qui dirige les opérations à ce moment-là de la séance. Si l'on revient brièvement à l'analyse ascendante des tâches, celle-ci montre les connexités (qu'elles soient voulues ou non par l'enseignante) qui peuvent œuvrer dans la détermination des conduites de l'élève. Ainsi, la tâche effective 1, montre la réduction des possibles du côté de l'élève par rapport à l'analyse *a priori* de la tâche prescrite (Tp1), sous le couvert de l'intervention de l'enseignante à la minute 8 ("le chapitre des proportions"). Cependant, le cumul des objets institués au fil de la séance, en tant que *mésogenèse*, contribue à réduire les possibles de côté de l'élève dans les sous-tâches qui se succèdent, tout en ne déterminant pas nécessairement le même milieu. L'analyse ascendante de la tâche pointe aussi les nécessaires inférences que l'élève doit faire dans la tâche effective 2, proposée en deuxième partie, lieux d'une possible mobilisation de connaissances, à examiner à travers les différents niveaux d'attribution que nous avons défini, mais aussi à travers le fonctionnement du contrat didactique différentiel puisque, on l'a constaté, plusieurs milieux, plusieurs positions d'élèves peuvent coexister.

- Par ailleurs, en faisant une incursion dans le groupe Colin-Sabrina, on constate qu'une forme de diffusion a lieu d'un groupe à l'autre : grâce au groupe Justine-Eléonore, la connaissance sur la notion d'échelle (ou tout au moins le rappel de cette notion) est diffusée ce qui permet à Colin (moins à Sabrina) de la mobiliser en situation. En terme de *mésogenèse*, on peut penser que cette diffusion contribue, là aussi, à une modification du milieu pour la résolution du problème.
- Encore un autre cas de mobilisation d'une connaissance (ou d'une technique apprise antérieurement ?) : le tableau de conversion des unités qui est mobilisé par Luria d'une part, mais aussi Colin dans son groupe, pour passer des cm. aux km.

2. Quelles sont les traces d'attributions de connaissances (attribution d'attributions : le chercheur attribue aux acteurs des attributions réciproques)

Du côté de l'enseignante :

- Elle attribue vraisemblablement des connaissances à certains élèves (dans le contrat didactique différentiel), et cette attribution a une fonction pour la gestion de son projet d'enseignement : par rapport à Ernestine qui est sollicitée pour "aider" Luria et Christiane et qui est appelée au TN pour montrer "comment il ne faut pas faire" (additionner) et "comment il faut faire" (la technique du produit en croix). Cette élève devient le "bras droit" de l'enseignante ou son auxiliaire pour institutionnaliser le savoir attendu (ou la technique attendue ?).
- Les traces écrites et les discours des élèves forment le substrat de ses attributions, ce qui fait probablement signe (ou non) de connaissances chez les élèves : notamment, en début de leçon, le fait que les différents groupes d'élèves procèdent additivement (elle le constate en passant de groupes en groupes : il serait bon de considérer les traces écrites de tous les élèves de la classe, à savoir ce que l'enseignante a pu observer lors de son passage vers les différents groupes d'élèves) et particulièrement le fait que Luria et Christiane procèdent de cette manière. On peut faire l'hypothèse que si même Luria (élève réputé "fort" en mathématiques) procède ainsi, alors il faut intervenir collectivement. C'est ainsi que l'enseignante procède au rappel de la minute 8.
- A la minute 19, pour les élèves qui ont terminé la tâche 1 comme attendu (presque tous ces élèves ont alors posé et résolu le produit en croix et l'enseignante, en circulant dans les rangs, le constate), elle donne un "prolongement" (tâche 2) : *chronogénétiquement*, on peut alors se demander si la tâche 1 est perçue comme un préalable pour la tâche 2 du point de vue des connaissances nécessaires ? Ou encore plus pragmatiquement, faut-il occuper les autres élèves pendant que les retardataires terminent ? On peut au moins penser que les fonds de cartes fonctionnent comme des indices de surface que la tâche 1 est parente (au moins) d'une tâche de géographie. En interrogeant les entretiens avec l'enseignante on obtient quelques indices de cela, notamment dans l'extrait suivant de l'entretien préalable : "j'ai jamais abordé les cartes/ parce que// j'ai pas voulu// je me suis dit ben je laisse ça pour l'observation/ mais j'ai déjà fait les produits en croix alors j'aimerais/ ça m'intéresse de voir maintenant si les élèves vont pouvoir appliquer/ ce que je leur ai// ce qu'ils ont déjà fait dans d'autres situations sur un problème sans que je leur dise on va faire des applications/" et un peu plus loin : "je pense pas que ça rentre dans le cadre de la recherche/ mais personnellement j'aimerais bien après aller plus loin/ pis aborder les échelles sur une vraie carte// et puis travailler en même temps la géographie/ donc je trouve que c'est un très bon moyen pour // pour faire des prolongements dans une autre branche/ une approche transversale".
- Les entretiens avec l'enseignante permettent également d'interroger le statut différentiel des connaissances de ses élèves – particulièrement les deux élèves observés – aux yeux de l'enseignante et les attributions de connaissances dont elle fait état avant et après la séance en classe. Extrait de l'entretien préalable : "je vais regarder/ des fois je comprends pas tout

ce qu'ils font// et puis des fois ils arrivent au bon résultat en ayant fait des feuilles de calculs/ donc je suis un peu je leur dit voilà c'est juste mais j'arrive pas bien des fois à comprendre leur raisonnement/" ; extrait de l'entretien *a posteriori* : (en cas d'erreur lors de la pose du produit en croix) "là je leur donne une explication/ là je leur explique/ à ce moment quand je vois que l'enfant a compris que c'est le produit en croix/ qu'il faut comparer deux chose sur une échelle différente je lui donne des explications plus précises".

Du côté des élèves (groupe Luria/Christiane et groupe Sabrina/Colin) :

- Luria et Christiane attribuent vraisemblablement une connaissance reconnue (par l'enseignante) à Ernestine qui leur explique comment résoudre le problème avec le produit en croix.
- De la même manière on peut penser que Sabrina et Colin attribue une connaissance fiable (ils leur font confiance) à Eléonore et Justine pour l'usage de l'outil "échelle" dans le second problème.
- Les deux entretiens avec Luria et Christiane, respectivement, permettent de lever ou réduire les incertitudes quant aux attributions de connaissances qu'eux-mêmes réalisent (même à partir d'indices de surface) en regard des connaissances qui leur semblent attendues par l'enseignante. En particulier, Luria se souvient que l'enseignante n'a pas reconnu ou compris sa procédure : "ben d'abord on avait fait/ le tiers comme ça ça avait fait juste/ mais après/ euh Jacqueline elle ne comprenait pas comment j'av/ comment on avait eu l'idée/ alors après on a dû faire le produit en croix". Luria relève aussi dans l'entretien quelques éléments de sa procédure : "j'ai cherché deux/ deux tiers/ la moitié/ plus la moitié ça faisait euh/ ça faisait euh/ quatre virgule cinq/ comme ça après j'ai essayé le tiers et puis euh/ voilà". Y a-t-il ici un autre type d'attribution : la reconnaissance d'une propriété de la proportionnalité ? Celle-ci émergeait déjà dans la séance (sous la même forme) mais on peut se demander si dans l'entretien on a une connaissance "nouvelle" de type technologique qui vient en appoint de la technique utilisée lors de la séance. Cela dit, après coup, Luria n'est pas sûr de sa procédure et attribue une valeur de "savoir officiel" à la technique du produit en croix : à la question de l'interviewer ("si on te donnait encore un problème comme ça tu penserais directement au produit en croix ?"), Luria répond : "si je pense réussir avec une autre manière/ je le fais peut être avec l'autre manière mais/ sinon je penserais au produit en croix/ j'essayerais (...) moi j'avais fait une autre manière mais je sais pas si c'était juste". Ainsi, une première réponse à la question posée ci-dessus apparaît : ce milieu-là reste privé. Il reste surtout privé d'une institutionnalisation. Ce "manque de publicité" et les conséquences qui semblent en découler indiquent, *a contrario*, la nature sociale d'élaboration des connaissances : une connaissance non institutionnalisée, non reconnue, n'a que peu de raisons ou de chances de perdurer. A l'inverse une connaissance institutionnalisée a toute chance de réapparaître : en considérant les traces écrites de tous les élèves de la classe, on peut constater que plusieurs inscrivent une ébauche de produit en croix lors du second problème (notamment Christiane : cf. ci-dessus), preuve que cette technique fonctionne telle une connaissance institutionnalisée et donc mobilisable dans une nouvelle situation. C'est bien là le travail du contrat didactique : la connaissance institutionnalisée devient partie constitutive des attentes réciproques entre les acteurs.

- « Distance sur carte » dans des leçons de géographie autour de la notion d'échelle cartographique à la fin du primaire et au début du secondaire

Que devient le problème « Distance sur carte » lorsqu'il est utilisé dans une leçon de géographie qui a pour objet l'échelle cartographique ? Quelle fonction didactique les professeurs lui attribuent-ils selon qu'ils sont des enseignants généralistes de l'école primaire ou des maîtres spécialistes de géographie au niveau du Collège ? Nous élargissons donc la focale en prenant en compte, en plus de la classe de 6P déjà étudiée, une autre classe de même degré (fin primaire) ainsi que 3 classes de 7CO (5^{ème} année du Collège).

Le **dispositif de recherche** mis en place comporte, dans ce cas, l'injection dans les systèmes didactiques de *trois* tâches en provenance de la recherche sous couvert *d'échelle cartographique*².

Une analyse écologique des systèmes d'enseignement nous amène à étudier le devenir du problème « distance sur carte » lorsqu'il est pris dans des dynamiques d'attentes institutionnelles diverses : au primaire et au Cycle d'orientation (programmes distincts à la fois en mathématiques et en géographie), avec respectivement des enseignants généralistes (E), *versus* maîtres spécialistes de la discipline (M, géographie), des élèves d'âges proches (11-12 ; 12-13). Ces diverses collocations sont dès lors susceptibles de faire apparaître des formes scolaires spécifiques d'attributions de connaissances et des convocations de connaissances antérieures –CA- et de connaissances en cours d'élaboration –CCE-.

Pour mieux comprendre la place et le statut que pourrait prendre cette tâche dans une leçon de géographie sur l'échelle cartographique, il a fallu « remonter » l'analyse transpositive en procédant à une étude des programmes et manuels en usage dans les deux niveaux d'enseignement.

Le tableau synoptique des cinq leçons (+ la leçon de mathématique déjà analysée)

L'analyse du tableau (annexe 4) montre que l'agencement des tâches diffère d'une leçon à l'autre. La tâche prescrite « Distance sur carte » n'occupe pas la même place, ni en termes de temps, ni en termes de position dans le déroulement de chacune des leçons. Pour en comprendre la fonction didactique cette position est à prendre en considération, pour chacune des cinq leçons de géographie.

À l'école primaire :

En géographie, chez **EG1**³, la tâche commence à exister en concomitance avec les autres tâches sur échelle, dès la distribution des feuilles et lors des consignes données pour chacune des tâches avant leur réalisation dans les duos (40min). Elle occupe la dernière partie de la leçon, 17 minutes.

EG2 introduit cette tâche après environ 50min de leçon (tot. leçon 85min), et est située entre les deux autres tâches en provenance de la recherche sur échelle. L'enseignant lui consacre, en tout, **7 minutes**.

² En plus de la tâche « Distances sur carte » traitée ici, sont proposées deux autres tâches (« Cartes Yverdon » et « croquis du Léman ») qui ne seront pas analysées ici mais dont le lecteur trouve trace dans la légende du tableau de l'annexe 4.

³ Par les lettres E et M sont désignés respectivement les enseignants généralistes et les maîtres de géographie ; Ma et G indiquent les disciplines d'enseignement mathématiques et géographies. Chaque professeur est donc désigné par sa fonction institutionnelle et la disciplines de la leçon dans laquelle il a traité la tâche « Distance sur carte ». Les professeurs se distinguent par un numéro (EMa ; EG1 ; EG2 ; MG1 ; MG2 ; MG3).

Au Cycle d'orientation (Collège):

MG1 ne la réalise pas.

MG2 la réalise en fin de leçon (après 77 minutes de cours) à la suite des deux autres tâches proposées par la recherche, et lui consacre **9 minutes**.

Chez MG3 elle est située en début de leçon et précède les deux autres tâches proposées par le chercheur. Elle occupera la classe pendant **une vingtaine de minutes**, dont environ **16** seront consacrées à sa **correction**.

Le problème n'a pas le même statut, ni la même fonction, dans les 5 leçons de géographie observées. Pour aller au-delà de ce premier constat et mieux comprendre la place de cette tâche dans les cinq leçons de géographie, divers niveaux d'analyse sont nécessaires : l'analyse dynamique des leçons et des connexités établies entre sous-tâches, la prise en compte des intentions professorales (entretiens sur le projet d'enseignement) et des intentions institutionnelles (programmes et plans d'études).

Principaux résultats :

Du côté des élèves

2. on constate des similitudes dans **les productions écrites et les procédures** identifiées lors des échanges collectifs, avec la leçon de mathématiques (la réponse **2,5 qui repose sur une procédure additive** est présente dans toutes les classes. Nous avons également rencontré la même procédure que Luria +1/3 ainsi que la procédure par le rapport interne $\frac{1}{2}$)

Du côté des professeurs

- d'une manière générale les professeurs **écartent** le résultat 2,5 cm par **l'évaluation positive** d'une procédure qui aboutit au résultat correct. Ce faisant les enseignants, qu'ils soient généralistes ou spécialistes évitent aux élèves la prise de responsabilité de la **validation** de la réponse.
- nous assistons à des incompréhensions face à des procédures d'élèves non attendues *a priori* (c'est le cas de EG1 face à la procédure de Ariel, comme cela a été le cas chez EMa pour la procédure de Luria)
- à cette étape des analyses l'insertion institutionnelle des professeurs et la culture institutionnelle semblent jouer un rôle fort dans la manière de faire vivre la tâche dans la classe
 - en 6P chez les enseignants généralistes
 - lorsque surgit un problème du point de vue mathématique la tâche va s'inscrire en maths
 - elle semble pouvoir exister en tant que telle sans que les enseignants ressentent la nécessité de déclarer explicitement des liens avec la notion d'échelle cartographique
 - en 7^{ème} chez les maîtres de géographie, lorsqu'elle est réalisée,
 - elle est mise en relation avec la carte et l'échelle cartographique, objets emblématiques de la géographie, et ce, bien que l'échelle cartographique ne fasse pas partie des contenus à enseigner dans le degré en question
 - la palette des possibles manières de procéder est élargie jusqu'à la reconstitution d'un possible fond de carte afin de favoriser des localisations permettant de mesurer directement la distance, l'enjeu ici étant l'échelle, et le rapport entre terrain et carte qu'elle comporte.

A noter que, dans tous les cas on retrouve les mêmes procédures et obstacles conceptuels.

L'analyse fine de deux classes (EG1 et MG2) apporte les éléments de synthèse suivants :
L'agrandissement proportionnel de la distance, peut exister dans la classe de EG1, en tant que problème de mathématiques. On sort d'ailleurs le cahier de mathématiques pour faire la correction. Le lien entre proportionnalité et échelle n'a même pas besoin d'être questionné ; l'organisation de l'institution classe d'école primaire, ne le requiert pas, et permet de transiter d'un objet de savoir à l'autre, par le biais de la discipline scolaire, sans poser la question des connexités entre les savoirs. Le « type » de cahier suffit pour faire référence. Nous avons par contre mis en évidence que du côté des élèves (pour Ariel par exemple), l'objet échelle est réutilisé pour interpréter et résoudre le problème « Distance sur carte ».

L'analyse de la leçon observée dans la classe de MG2 a mis en évidence un certain nombre de phénomènes liés aux dynamiques d'enseignement et d'apprentissage. Du point de vue de la mésogenèse un certain nombre d'objets sont déployés tout au long de la leçon, certains subsistent d'une phase à l'autre, d'autres disparaissent. La construction de ces objets et leur organisation en systèmes d'objets susceptibles de constituer un milieu pour apprendre est réalisée dans l'interaction avec les élèves. Toutefois, le choix des objets, demeure sous le contrôle du professeur. Nous ajouterons à cela que le passage d'un ensemble d'objets à un système d'objets et donc à un milieu pour apprendre reste parfois indéterminé. Il est, pour le coup, de la responsabilité de l'élève d'interpréter l'ensemble des objets et de les organiser en système d'objets.

Ces résultats prennent de l'épaisseur à la lumière des données relatives aux entretiens auprès des professeurs et via l'analyse des plans d'étude :

- Tous les entretiens auprès des professeurs du Cycle d'Orientation (Collège) sont traversés par la remarque suivante : l'objet échelle cartographique n'a pas une place autonome dans les nouveaux programmes de géographie du secondaire inférieur. Lorsque la classe utilise des cartes, voir l'atlas, comme outil informatif dans des séquences sur des thématiques plus amples, la question de l'échelle est abordée. Tous expliquent qu'ils traitent habituellement de l'échelle en tant que niveau d'analyse (échelle géographique). C'est la raison pour laquelle MG1 et MG2 estiment que le problème « Distance sur carte » n'est pas adapté à leur enseignement. En revanche les généralistes de l'école primaire considèrent l'objet d'enseignement échelle cartographique parfaitement intégré à l'enseignement de la géographie dans ce degré scolaire. Ces deux enseignants estiment du coup que la fiche « Distance sur carte » est relativement facile et qu'elle ne posera pas de problème majeur à leurs élèves.
- Quant aux plans d'études, l'école primaire prévoit, pour ce degré scolaire qu'il faut appréhender l'échelle à la fois du point de vue de l'ordre de grandeur, des distances et des dimensions en mettant donc en avant l'échelle cartographique comme objet d'enseignement ; le secondaire inférieur privilégie l'introduction de « niveaux d'analyse » par le biais de l'échelle géographique. Le recours aux cartes et éventuellement des calculs de distances sont convoqués comme des outils sans toutefois faire l'objet d'un enseignement spécifique (les problèmes de proportionnalité revenant aux professeurs de mathématique).

Connaissances antérieures ou parallèles et les attributions de connaissances sont dès lors intimement liés aux intentions professorales, elles-mêmes inscrites dans les projets institutionnels. Dans les cas étudiés ici, la séparation nette entre le primaire et le secondaire inférieur semble instituer une coupure mémorielle majeure. Le jeu intentionnel et la part attribuée aux connaissances en cours d'élaboration (CCE) par rapport aux connaissances

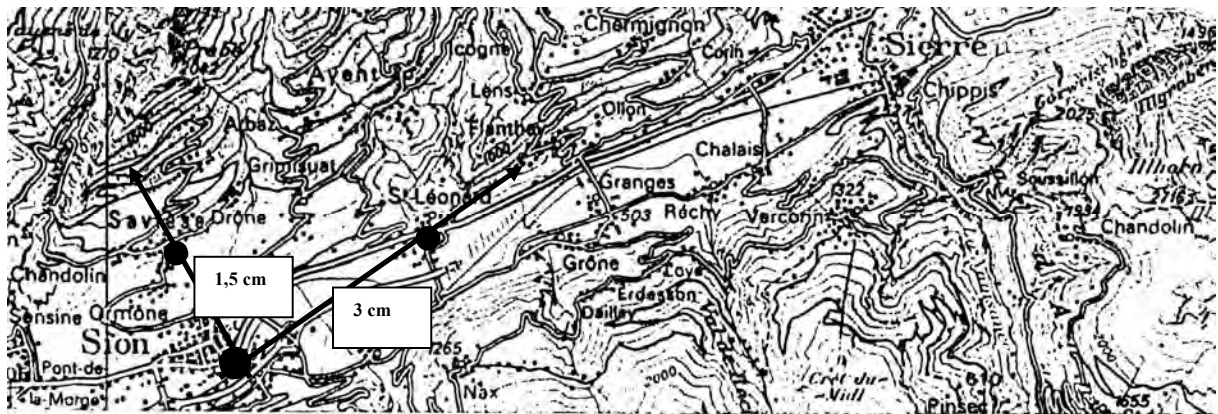
antérieures (CA) sont par ailleurs très bien mis en évidence par la place que chaque professeur assigne à la fiche proposée par la recherche. Chaque leçon est en effet caractérisée par une collocation qui permet à l'enseignant de faire levier sur un enjeu qui lui est propre et qui lui permet de gérer l'articulation des objets successifs de la leçon. Nous avons vu toutefois que la connexité peut se limiter à des liens « de surface » sans engager des opérations cognitives au plan des concepts en jeu.

Annexe 1 : tâche mathématique proposée à l'enseignante

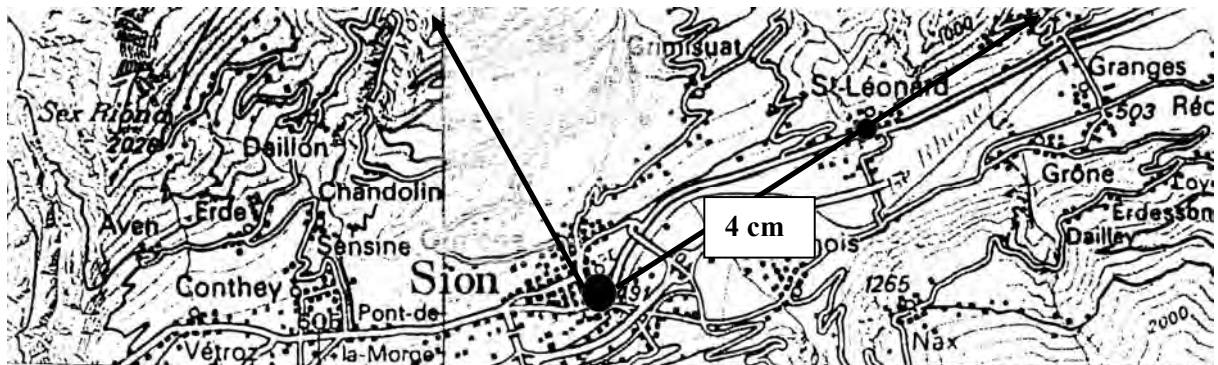
L'extrait de carte **U** est un agrandissement de l'extrait de carte **T**.

Sur l'extrait de carte **T** Sion est situé à 1,5 cm de Savièse et à 3 cm de St. Léonard :

Extrait de carte T



Extrait de carte U



Combien de cm séparent Sion de Savièse sur l'extrait de carte **U** en sachant que St. Léonard est à 4 cm de Sion sur cette carte ?

Sur l'extrait de carte **U** Savièse est àcm de Sion.

Annexe 2 : Eléments d'analyse a priori

Du point de vue d'un sujet générique

Sur le plan matériel, la tâche se présente sur une feuille A4, et peut être traitée directement sur la feuille, à l'aide d'un crayon. Le recours à la règle graduée n'est pas nécessaire. La tâche n'est pas nommée (absence de titre) mais le problème à traiter est celui de la recherche d'une quatrième proportionnelle entre des espaces de mesures pris deux à deux : celui des distances sur la carte T versus celui des distances sur la carte U, OU, celui des distances possibles entre Sion-St-Léonard versus les distances possibles entre Sion-Savièse (en fonction de l'échelle de la représentation).

Au niveau des informations explicites qui apparaissent, on voit tout d'abord l'affirmation que la carte U est un agrandissement de la carte T. Puis on a accès directement à la mesure de la distance Sion-Savièse (1.5cm) et celle de Sion-St.Léonard (3cm) par une phrase. Ces données sont également inscrites sur T et supportées par des flèches directionnelles, de même que la mesure de la distance Sion-St. Léonard (4cm) sur U. On constate que rien n'est dit de la distance Sion-Savièse sur U, et la question qui suit immédiatement invite à chercher cette distance, en soulignant que l'on dispose déjà de la distance Sion-St. Léonard (4cm). Pour finir, une phrase « à trou » est à compléter pour dire la distance Sion-Savièse sur U. Du côté des implicites, on peut faire les inférences suivantes :

- Les images insérées sont des extraits de carte,
- T et U ne sont pas à la même échelle,
- bien que les cartes T et U occupent environ des portions d'espace semblables sur le papier, elles ne représentent pas la même portion de territoire en réalité,
- Les mesures en cm qui apparaissent sur les cartes sont à rapporter aux distances entre les points (et non au bout des flèches),
- Sur la carte U, l'emplacement de Savièse a été effacé car normalement, le territoire représenté par U comprend la ville de Savièse,
- Le fait que Savièse soit "absente" de la carte U appelle un calcul,
- La solution attendue est le nombre à ajouter dans la phrase à trou finale.

Parmi les informations explicites, trois informations sont réellement nécessaires pour traiter le problème : la mention de l'agrandissement pour passer de T à U, les mesures des trois distances et la question portant sur la distance Sion-Savièse sur U. Par conséquent, les fonds de cartes, la redondance des mesures et la phrase à trou ne sont pas nécessaires, au sens strict, pour répondre.

Un aperçu des procédures expertes à différents niveaux est fourni dans l'étude détaillée du problème. Citons quelques procédures parmi les plus courantes pour traiter ce type de problème, pour lequel la seule réponse adéquate ici est 2cm. Par exemple, on peut recourir :

- au rapport 2, commun à l'espace des mesures sur T et à l'espace des mesures sur U;
- à la réduction à l'unité symétriquement dans l'espace des mesures Sion-St. Léonard et dans l'espace des mesures Sion-Savièse : "si la distance Sion-St Léonard valait 1cm, Sion-Savièse vaudrait 0.5cm donc si la distance Sion-St Léonard vaut 4 fois plus, Sion Savièse aussi 4 fois plus et on obtient 2cm". Cette procédure revient également à appliquer le coefficient de proportionnalité 4/3, ou rapport externe entre l'espace des mesures sur T et à l'espace des mesures sur U.
- au produit en croix comme moyen mnémotechnique pour convoquer automatiquement le coefficient de proportionnalité 4/3.
- à l'addition de 1/3 comme étant l'accroissement entre l'espace des mesures sur T et l'espace des mesures sur U. Cette technique repose sur la propriété additive des fonctions linéaires "la somme des antécédents (3+1) sur T est proportionnelle à la somme des images (1.5+0.5) sur U".

Du point de vue d'un enseignant générique (généraliste du primaire ou professeur de géographie dans le secondaire inférieur)

Parmi les scénarios envisageables, le plus simple est évidemment de donner la tâche telle quelle en demandant aux élèves de la réaliser individuellement ou par groupe puis faire une correction collective. A l'autre extrême, la tâche pourrait être réalisée collectivement au tableau noir. En fonction de sa progression, l'enseignant pourrait avoir besoin de proposer d'autres tâches avant et/ou après "Distance sur carte" (par exemple tirées du manuel de mathématiques) pour la situer par rapport au thème de la proportionnalité et/ou des échelles. Lui seul peut évaluer la faisabilité directe de cette tâche et ce qu'il peut introduire pour l'aménager est un indicateur précieux sur le type de connaissances censées être disponibles chez les élèves. Il pourrait amener d'autres sous-tâches à l'intérieur de la tâche ou à la place : par exemple, après avoir calculé la distance,

- demander de dessiner l'emplacement de Savièse sur la carte U,
- faire calculer d'autres distances sur la carte voir en fonction d'un point situé en dehors de celle-ci, ce qui oblige alors à s'abstraire des repères sur la carte,

- faire expliciter le coefficient d'agrandissement entre les deux cartes ($\times 4/3$),
- expliquer le principe de réduction qui préside à l'établissement d'une carte en géographie,
- donner l'échelle de la carte T et demander l'échelle de la carte U.

Il faut s'attendre à différents types de relances en fonction de ce qu'il observe concernant les productions des élèves (ou les discours de ceux-ci).

Du côté *des contraintes* auxquelles il devra faire face, en particulier dans le cadre d'une leçon de mathématiques, on peut noter qu'il doit amener les élèves à produire une opération adéquate pour traiter les relations de proportionnalité. Il lui faudra donc écarter des éventuelles procédures empiriques par estimation ou par mesure de la distance Sion-Savièse sur la carte U. S'il a anticipé ce problème, il pourrait interdire l'usage de la règle pendant la phase de recherche, quitte à l'autoriser ensuite pour vérifier les résultats. Dans cette éventualité, une relance pourrait être aussi de demander de calculer d'autres distances à partir d'autres points qui peuvent se trouver sur la carte T et sur la carte U (ex : Grange) ou sur T mais pas sur U du fait de l'agrandissement (ex : Sierre).

Enfin, parmi *quelques choix probables* qu'un enseignant pourrait faire à ce degré, on peut citer l'usage du tableau de proportionnalité, permettant de visualiser les espaces de mesures, le traitement par le rapport 2 qui est le plus économique, ou encore par le produit en croix si l'enseignant ne place pas spécialement l'enjeu dans le travail mathématique de la situation (ce peut-être le cas en géographie).

Du point de vue d'un élève générique (fin primaire, début secondaire)

Les buts qu'un élève pourrait attribuer à cette tâche peuvent se situer soit en mathématiques s'il identifie rapidement que le traitement repose sur un calcul, soit en géographie s'il s'en tient aux indices de surfaces (fonds de carte). La relation entre cette tâche et d'autres activités, où des cartes ont été rencontrées, aura sans doute un impact sur la mobilisation de connaissances antérieures. Cependant, de par la nature de la tâche qui appelle un traitement mathématique, il se peut que les connaissances alors mobilisées constituent une entrave au traitement du problème. Parmi *les décisions qu'il peut prendre*, l'élève pourrait chercher une échelle sur la fiche, ou bien essayer de la calculer en vain car il faudrait pour cela disposer d'au moins une des distances réelles. En revanche, la prise en compte de la situation "trois mesures et une manquante" pourrait guider l'élève vers un problème de proportionnalité. La redondance des données pourrait aussi engager l'élève dans une voie empirique de mesure à la règle, comparaison de distances et estimation de l'emplacement de Savièse sur la carte U à l'aide de repères cartographiques. Dans tous les cas, *il doit anticiper* que la distance Sion-Savièse sur U est plus grande que sur T et qu'il y a nécessité de faire un calcul pour obtenir un résultat sûr. Cependant, il lui suffit d'inscrire un nombre dans la phrase à trou pour donner *un indice d'entrée dans la tâche*.

Parmi *les procédures* qu'un élève de ces degrés peut mettre en œuvre, on retrouve toute la panoplie des procédures expertes qui ont été détaillées plus haut ($/2$; $\times 4/3$; $1.5 + 1/3$; etc.), pour peu que celui-ci ait bien identifié la situation de proportionnalité et qu'il dispose de connaissances antérieures mobilisables pour cette classe de situation (c'est à dire les propriétés entre espaces de mesures proportionnels : rapport interne, coefficient de proportionnalité, produit en croix...etc.). En effet, rien dans la fiche présentée ne permet de découvrir *in situ* ces propriétés car il n'y a pas de rétroaction immédiate à une réponse erronée. Parmi les démarches empiriques, l'élève pourrait mesurer directement la distance Sion-Savièse sur la carte U en se servant de repères observables sur la carte T. Il pourrait également utiliser des connaissances sur le triangle rectangle, s'il repère que les deux flèches partant de Sion forment un secteur angulaire droit. Dans ce cas, il suffit de tracer la droite qui passe par St. Leonard et Savièse pour fermer le triangle sur T, mesurer les angles au rapporteur et reporter ces angles sur la carte U, ce qui permet de définir le point de Savièse. Enfin, dans une hypothèse moins optimiste, l'élève pourrait ne pas identifier la relation de proportionnalité, c'est à dire ne pas disposer de connaissances antérieures sur ce qu'implique un agrandissement géométrique, et se fonder seulement sur l'écart qui existe entre les mesures de la distance Sion-St.Léonard sur les deux cartes ("pour passer de 3 à 4, on fait +1, alors je fais $1.5 + 1$ pour trouver la distance Sion-Savièse sur la carte U et j'obtiens 2.5cm). Soulignons que la non-identification de la situation de proportionnalité, ou le manque de connaissance des propriétés pour la traiter, constituent *des obstacles probables* pour les élèves, que l'enseignant va devoir gérer.

Au niveau de la fiche au sens strict, l'élève ne dispose que de peu de *moyens de contrôle* sur ses actions, si ce n'est par le report sur la carte de la distance calculée et une comparaison / estimation empirique. On peut donc s'attendre à ce que les rétroactions proviennent essentiellement de l'enseignant qui pourrait proposer d'autres distances à calculer en vue de faire construire un tableau de proportionnalité, et éprouver différentes procédures de calcul. Des rétroactions sociales peuvent également émaner des pairs qui trouveraient des solutions différentes; cependant à moins que certains élèves disposent d'arguments mathématiques particulièrement convaincants, une réponse correcte ou non peut-être avalisée sans plus d'investigation, pour peu qu'elle soit majoritaire.






Annexe 3 : Synopsis de la séance au niveau de la classe (EM)

| <i>Temps</i> | <i>Événements Classe</i> | |
|--------------|---|---|
| Min 1-2 | Lecture consigne sur fiche (collectif) | |
| Min 3-7 | Recherche dist. Sion à Savièse sur la carte U (tous les groupes) | |
| Min 8 ⇒ | Rappel : <i>"le chapitre des proportions"</i> | |
| Min 9-18 | Recherche dist. Sion à Savièse sur la carte U (tous les groupes) | |
| Min 19-20 | Consigne pour prolongement (TN) <i>"pour ceux qui ont fini" "sur la carte de la Suisse" "combien de km entre Sion et Sierre"</i> | |
| Min 21-32 | Recherche dist. Sion à Savièse sur la carte U (autres groupes) | Recherche dist. Sion à Sierre sur la carte Suisse (gr ERN+CLE; ELO+JUS; SAB+COL au moins) |
| Min 33-36 | Correction dist. Sion à Savièse sur la carte T : <i>"produit en croix", "+1 centimètre c'est pas proportionnel"</i> Relance consigne tâche 2 = "prolongement" | |
| Min 37-46 | Recherche dist. Sion à Sierre sur la carte Suisse (tous les groupes) | |
| Min 47-49 | Rangement (groupes qui ont fini) | |

Annexe 4 : La tâche « Distance sur carte » dans cinq leçons de géographie (+ 1 leçon de mathématiques)

| MIN | 6P | | | 7CO | | |
|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | MATHS | GEO | | GEO | | |
| | EMA | EG1 | EG2 | MG1 | MG2 | MG3 |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| 6 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 10 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 13 | | | | | | |
| 14 | | | | | | |
| 15 | | | | | | |
| 16 | | | | | | |
| 17 | | | | | | |
| 18 | | | | | | |
| 19 | | | | | | |
| 20 | | | | | | |
| 21 | | | | | | |
| 22 | | | | | | |
| 23 | | | | | | |
| 24 | | | | | | |
| 25 | | | | | | |
| 26 | | | | | | |
| 27 | | | | | | |
| 28 | | | | | | |
| 29 | | | | | | |
| 30 | | | | | | |
| 31 | | | | | | |
| 32 | | | | | | |
| 33 | | | | | | |
| 34 | | | | | | |
| 35 | | | | | | |
| 36 | | | | | | |
| 37 | | | | | | |
| 38 | | | | | | |
| 39 | | | | | | |
| 40 | | | | | | |
| 41 | | | | | | |
| 42 | | | | | | |
| 43 | | | | | | |
| 44 | | | | | | |
| 45 | | | | | | |
| 46 | | | | | | |
| 47 | | | | | | |
| 48 | | | | | | |
| 49 | | | | | | |
| 50 | | | | | | |
| 51 | | | | | | |
| 52 | | | | | | |
| 53 | | | | | | |
| 54 | | | | | | |
| 55 | | | | | | |
| 56 | | | | | | |
| 57 | | | | | | |
| 58 | | | | | | |
| 59 | | | | | | |
| 60 | | | | | | |
| 61 | | | | | | |
| 62 | | | | | | |
| 63 | | | | | | |
| 64 | | | | | | |
| 65 | | | | | | |
| 66 | | | | | | |
| 67 | | | | | | |
| 68 | | | | | | |
| 69 | | | | | | |
| 70 | | | | | | |
| 71 | | | | | | |
| 72 | | | | | | |
| 73 | | | | | | |
| 74 | | | | | | |
| 75 | | | | | | |
| 76 | | | | | | |
| 77 | | | | | | |
| 78 | | | | | | |
| 79 | | | | | | |
| 80 | | | | | | |
| 81 | | | | | | |
| 82 | | | | | | |
| 83 | | | | | | |
| 84 | | | | | | |
| 85 | | | | | | |
| 86 | | | | | | |
| 87 | | | | | | |
| 88 | | | | | | |
| 89 | | | | | | |
| 90 | | | | | | |

Légende :

- Distance carte :  Cartes Yverdon :  Croquis du Léman :  Autre activité : 
- Activité créée par le professeur sur l'échelle cartographique : 

6. Valérie Tartas & Anne-Nelly Perret-Clermont

Institut de Psychologie, Faculté des Lettres et Sciences humaines, Université de Neuchâtel (Suisse)

Dynamiques interactives dans la mise en oeuvre de la consigne ‘travailler ensemble’ avec des cubes de Kohs

1. Connaissances définition et attribution du chercheur et type de connaissances

Si l'on reprend le travail proposé par l'Institut de Psychologie de l'université de Neuchâtel autour de la recherche 'Cubes de Kohs' avec comme fil directeur comment le chercheur attribue-t-il des connaissances, des savoir-faire, des stratégies à l'enfant qui résout cette tâche, nous pouvons proposer une analyse a priori de la tâche et une analyse a priori du contrat/de la situation sociale dans laquelle l'expérience se déroule.

1.1 Analyse a priori de la tâche et du contrat /de la situation sociale dans la recherche Cubes de Kohs

1.1.1 analyse a priori de la tâche ‘cubes de Kohs’ durant les 4 phases du protocole expérimental

Le protocole expérimental comporte 4 phases pour lesquelles nous avons une analyse a priori de la tâche :

| Pré-test : | Formation | Interaction | Post-test |
|---|---|-----------------------------|-----------|
| -Novices (N) | Novices deviennent Compétents par formation (NCF) | <i>condition 1</i> : C+N | |
| -Compétents (C) (=experts spontanés) | | <i>condition 2</i> : NCF+ N | |
| -Intermédiaires (I) | | | |

Phase 1 : Pré-test :

Il y a des items faciles (en 4 cubes) pour lesquels on n'a pas besoin de stratégies pour réussir et des items plus difficiles (en 9 et 16 cubes) pour lesquels 3 types de stratégies peuvent être utilisés (stratégies globales, analytiques ou synthétiques (=mixtes) ; sachant que les deux dernières conduisent à une meilleure résolution que les premières).

Cette tâche nécessite que l'enfant découpe la figure modèle en cubes ou selon des formes géométriques reconnues sachant que le modèle est à l'échelle $\frac{1}{4}$.

La tâche va ensuite évoluer durant les différents temps de l'expérience en fonction surtout des deux conditions que nous avons construites :

Condition 1 : condition sans contrat de connaissances institutionnalisées (experts au pré-test c'est-à-dire enfants jugés compétents (C) dès le pré-test)

Condition 2 : condition sous contrat de connaissances institutionnalisées : enfants incompetents au pré-test que l'on forme au temps 2 (NCF).

Phase 2 : Formation :

La formation est une formation par étayage, il y a des stratégies a priori que nous comptons apporter à l'enfant lorsque celui-ci ne sait plus comment avancer ou lorsqu'il nous demande explicitement de l'aide. L'enfant apprend dans cette phase à se poser la bonne question pour y répondre.

La grille d'analyse de repérage de stratégies à l'œuvre et /ou à enseigner utilisées dans l'expérience conduite par Michèle Grossen en 1992 et reprises et complétées dans notre recherche pour la formation (lorsque l'enfant ne parvient pas à résoudre seul la figure) sont :

- procédure ligne par ligne (reconstruction systématique consistant à effectuer la construction en commençant en haut à gauche et en poursuivant ligne par ligne jusqu'au dernier cube) se décompose en unités élémentaires suivantes : établir une ligne sur la figure modèle puis la suivre en déposant un à un les cubes composant cette ligne imaginaire...
- observations des diagonales des cubes bi-couleurs. (pointage sur la diagonale en les accompagnant de commentaires (là ça monte le rouge est en haut, où tu vois là ça suit la diagonale à partir d'une figure déjà construite)
- la comparaison entre la reconstruction et la figure (vérification à chaque ligne ou colonne effectuée, possibilité d'autocorrections)

Ajout d'autres stratégies :

- repérage d'une figure globale (là ça fait une montagne) dans la figure modèle
- procédure par essai et erreur sans stratégie particulière si ce n'est le contrôle avec le modèle
- l'utilisation de significations particulières, d'outils sémiotiques propres au domaine spatial « diagonale » ; « triangle », « en haut le rouge... »
- évoquer des propriétés procédurales simples comme les rotations, la ligne la colonne... ou des propriétés causales du type « si on voit que c'est faux alors on tourne le cube »...

On doit permettre à l'enfant d'inventer des outils qui lui permettent de penser la figure proportionnellement comme par exemple imaginer le quadrillage présent lors de la phase de formation mais absent ensuite : ceci pourrait être un outil, un schéma pour aider l'enfant à passer d'une construction d'un certain type d'échelle à une autre... (idée de construction d'une échelle). La figure modèle proposée au début de la formation porte en elle l'opération de découpage à réaliser (elle est quadrillée et à l'échelle 1/1).

Phase 3 : Interaction selon deux conditions

***Condition 1* : condition sans enseignement préalable (C+ N)**

On s'attend à ce que les enfants compétents au pré-test recourent moins aux stratégies enseignées. Pour eux c'est la suite d'un test connu

***Condition 2* : sous 'contrat didactique' avec enseignement préalable (NCF+N)**

on s'attend à ce que les NCF mobilisent davantage ce qu'ils ont appris précédemment, fassent implicitement appel à ce qui a été enseigné et reconnu par l'adulte en phase 2.

On s'attend à ce que les stratégies soient agies, nommées et qu'il y ait plus de verbalisations et d'anticipation de stratégies par les NCF.

Phase 4 : post-test

Même analyse a priori qu'au pré test.

Question posée : est-ce que les enfants formés par l'adulte (NCF) vont maintenir la compréhension de la tâche qu'ils ont développée au temps 2 ?

1.1.2 analyse a priori de la situation sociale

Phase 1 : Pré-test : tâche que l'on fait seul. L'adulte donne le cadre. (Contrat expérimental)

Phase 2 : Formation : tâche que l'on fait seul mais recours à l'adulte quand on ne sait plus (contrat institutionnalisé avec formation)

Phase 3 : interaction : tâche que l'on fait à deux avec un pair (dont on ne connaît rien du niveau), l'adulte n'aide plus. (la situation n'a pas la même signification selon que l'on est dans l'une ou l'autre des conditions d'interaction).

Les enfants formés par l'adulte ont un vécu sous contrat de la phase 2 avec l'adulte alors qu'ils ont vécu un autre mode d'interaction avec l'adulte en phase 1, 3 et 4. Ce qui n'est pas le cas pour les novices et enfants compétents qui eux sont sous contrat expérimental avec l'adulte de la phase 1 à 4.

Condition 1 : contrat expérimental

Condition 2 : encore sous contrat avec l'adulte (contrat didactique)

On s'attend à plusieurs formes d'interactions sociales :

Certaines ont une efficacité du moment : l'enfant compétent fait tout et le novice le regarde faire. Du point de vue de l'apprentissage, ce n'est pas une situation qui marche ; d'autres sont plus 'efficaces' du point de vue de l'apprentissage (celles où il y a conflit et recherche d'une solution commune, celles où il y a une explicitation des stratégies utilisées ...)

On s'attend à des échanges verbaux mais pas uniquement (regards...)

Il n'y a pas seulement l'objectif de faire la tâche mais d'avoir l'air compétent, d'obéir (contrat didactique), de passer à la télévision (certains enfants en effet pensent passer ensuite à la télé puisqu'ils sont filmés...).

Temps 4 : post-test : **tâche à faire seul, l'adulte n'intervient pas pour aider.**

Enfants C : sous contrat expérimental

Enfants NCF : expert toujours sous contrat avec l'adulte (contrat didactique construit en phase 2)

Enfants N : selon la condition 1 ou 2 d'interaction qu'ils ont vécue pourraient être sous contrat expérimental ou sous contrat didactique.

1- Analyse de la dynamique d'attributions de connaissances dans l'activité

Là encore cette analyse sera proposée selon les 4 phases de l'expérience :

Pré-test :

** du point de vue de l'enfant sur lui-même : attribution de compétence*

L'enfant qui lorsqu'il résout la tâche produit du langage égocentrique de constat d'incompétence (attribution d'ignorance) 'je n'y arrive' 'c'est trop dur pour moi' ou encore l'enfant qui s'attribue de la compétence (« c'est trop facile »)

** du point de vue de l'expérimentateur : attribution de compétence ou d'un niveau d'expertise*

Nous avons donc établi trois niveaux de compétences différents sur la tâche à l'issue du pré-test :

Enfant compétent

Enfant novice

Enfant intermédiaire

Ces trois niveaux ont été établis en fonction d'une grille d'analyse précise.

Il y a 5 niveaux de difficultés différents (A, B, C, D, E). Le tableau 1 indique les caractéristiques et le nombre de figures avec leurs particularités et le type de niveau qui leur est associé :

Tableau 1 : Description des 17 figures de l'épreuve des Cubes de Kohs

| Nombre de figures de ce niveau de difficulté | Nombre de cubes | Orientation | Niveau de difficulté | Nombre de points (min-maxi) pour tous les items réussis selon le temps mis |
|--|-----------------|----------------------|----------------------|--|
| 6 | 4 | Carré sur le côté | A | 25-35 |
| 3 | 4 | Carré sur la pointe | B | 18-24 |
| 2 | 9 | Carré sur le côté | C | 13-17 |
| 5 | 16 | Carré sur le côté | D | 36-46 |
| 1 | 16 | Carré sans le cadre* | E | 9-11 |

La figure 17 (la dernière) est plus difficile que les figures de niveau D car il n'y a pas de périmètre souligné d'un trait noir, la figure se détache donc moins bien du fond blanc, ce qui

rend sa reconstruction plus difficile.

A chaque figure est attribué un temps minimum, moyen et maximum qui donne droit à un nombre de point plus ou moins élevé (cf. : exemples de protocole envoyés précédemment pour les deux enfants que nous avons choisis). La figure est considérée comme réussie si l'enfant parvient à reconstituer correctement la figure dans le temps maximum imparti. La passation de l'épreuve se termine si l'enfant ne réussit pas à construire deux figures consécutives ou s'il dépasse par deux fois de suite le temps imparti.

Le niveau d'expertise de chaque enfant peut être déterminé selon trois indices :

- le score (nombre de points total) obtenu dans l'épreuve ;
- le niveau de difficulté (A,B,C,D,E)
- le numéro du dernier item réussi.

Ici nous nous intéressons particulièrement aux enfants dits compétents ou « experts spontanés » et aux enfants dits « novices » au temps 1 de l'expérience :

Sont considérés comme compétents (C) les sujets qui ont lors du temps 1 atteint **les niveaux D et E**

Sont considérés comme non compétents (NC) les enfants qui ont lors du temps 1 atteint **les niveaux A et B.**

Les sujets de niveau C dits Intermédiaires (I) ne sont pas retenus pour la population expérimentale.

Phase 2 : Temps de formation

L'adulte fait plein d'attributions de compétences à l'enfant et à lui-même. L'enfant en fait également à lui-même et à l'adulte.

Nous n'avons pas analysé les stratégies d'enseignement de stratégies dans les détails donc la dynamique d'attribution dans cette phase de formation n'a pas encore été faite.

Phase 3 : Interaction

** Du point de vue des enfants :*

Dans la condition 1 : C+ N

Les enfants compétents se jugent compétents parce qu'ils reconnaissent la tâche (identification de la tâche à la précédente) ; attribution au partenaire soit de compétence (quant satisfaction par rapport au modèle) ou d'incompétence (quand non conforme aux attentes)

Dans la condition NCF+ N :

Comment les enfants formés (NCF) se jugent-ils compétents, argumentent-ils leurs compétences ?

-par autorité : compétent d'autorité parce que référence à la formation

-compétence non contrôlée

-compétent par familiarité (reconnaissance de la tâche).

Ils attribuent aussi à leur partenaire de l'incompétence ou de la compétence selon l'acte

accompli.

** du point de vue de l'expérimentateur :*

Différents critères sont pris en compte pour attribuer des compétences à la dyade :

- réussite aux trois items proposés lors de la phase 3 (reproduction exacte ou non des figures)
- temps mis pour la réalisation des items
- qui initie qui clôture les échanges dans la dyade ? nombre de conflits et leur mode de résolution
- évolution des modes de résolution selon les 3 items...(grille d'analyse des dynamiques interactives)
- analyse discursive des échanges entre les partenaires...(questions demandes d'aide, d'information, ordre, compliments/critiques...)

Temps 4 : post-test

La façon d'attribuer des compétences est identique au pré-test à la fois du point de vue des enfants et du point de vue de l'expérimentateur (même feuille de route pour établir nombre de points, temps mis...).

Là une question se pose : l'enfant est-il conscient que l'on va lui attribuer de la compétence ou pas ? Il peut y avoir une différence avec le pré-test. Selon le degré de présence du contrat didactique même chose qu'au pré-test ou bien plus attentif à démontrer qu'il sait.

2- Dynamique des connaissances individuelles

2.1 Quelques résultats généraux

Les enfants devenus compétents par formation (NCF) ont progressé de manière importante¹(de 4 à 9 items) entre le prétest et le post-test. On observe un effet plafond concernant la progression des experts spontanés, ceux-ci ayant déjà atteint un haut degré d'expertise au temps I, le maintiennent après l'interaction avec un novice. Il n'y a pas de différence au post-test entre les novices qui ont interagi avec les experts formés et ceux ayant interagi avec les experts spontanés (voir tableau 1, Tartas et al. 2004). Que ce soit dans l'une ou l'autre condition, les progrès sont très importants (de 5 à 9 items de progression pour 70% de ceux qui progressent). La formation de type étayage reçu par un tiers des novices les a conduits à découvrir la pertinence de certaines stratégies qui sont devenus de véritables outils pour résoudre le problème. On s'interroge dorénavant sur le devenir de ces outils chez les novices qui ont interagi avec les experts formés et sur ceux utilisés dans les dyades « spontanées ». Il ne suffit pas à l'expert d'exposer son savoir pour que le processus de transmission-appropriation se poursuive.

¹ Cette progression se différencie de celle des enfants du groupe contrôle qui ne font que subir les temps I et IV de l'expérience.

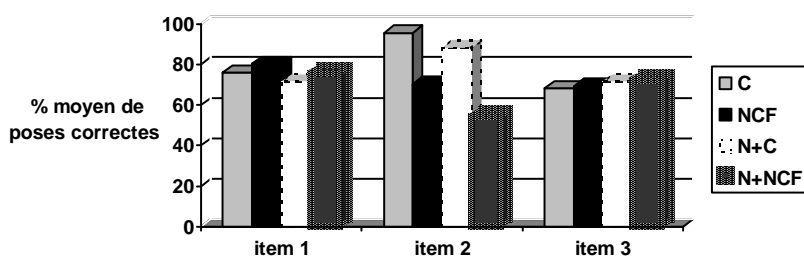
| | REGRESSION <-1 item | STABILITE >-1et <+2 items | PROGRESSION >3 items | Total |
|---|------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------|
| Non compétent | | | | |
| Condition 1 (+C) | 0 | 5 (36%) | 9 (64%) | 14 |
| Condition 2 (+NCF) | 0 | 6 (46%) | 7 (54%) | 13 |
| Compétents | | | | |
| Condition 1 (sans formation contrôlée) | 1 (7%) | 13 (93%) | 0 | 14 |
| Condition 2 (formé) | 0 | 0 | 13 (100%) | 13 |
| GROUPE CONTROLE | 0 | 40 (87%) | 6 (13%) | 46 |

Tableau 1 : Évolution des performances entre pré et post test selon le niveau de compétence sur la tâche et le type d'interaction

Il apparaît clairement lorsqu'on analyse la façon dont les enfants lors de la phase 3 d'interaction construisent les différents items proposés que non seulement les façons de construire ensemble le problème évoluent au cours même de la tâche à résoudre mais également que les constructions effectuées par les enfants selon leur niveaux évoluent au cours de l'activité. Ainsi on peut parler de dynamique à la fois dans le type de stratégies mobilisées (celles-ci changent, évoluent au cours de l'interaction entre enfant et au cours du protocole) mais également on peut parler de dynamique dans la manière de gérer les échanges et de co-construire la solution au problème proposé.

Si on analyse les poses de cubes selon les niveaux de compétences des enfants, on est surpris de constater que les enfants qui sont compétents sur la tâche dès le pré-test sont ceux qui posent les cubes de façon correcte le plus souvent alors que les enfants compétents par formation font plus de fautes lors de la phase d'interaction (voir figure 1)

Figure 1 : Pourcentage moyen de poses de cubes correctes au moment de l'interaction (phase 3) selon les niveaux de compétence



légende :
 C : compétent
 NCF : devenu Compétent par formation
 N + C : Enfant non compétent interagissant avec un enfant compétent
 N+ NCF : enfant non compétent interagissant avec un enfant compétent par formation

b) Deux exemples de dynamiques socio-cognitives (analyses provenant de Tartas & Perret-Clermont, soumis)

1) Comment des stratégies de résolution deviennent-elles partagées par les partenaires ?

Le premier plan d'analyse des dynamiques de construction de connaissances porte sur *l'explicitation des stratégies utilisées* ou « rendre visibles les stratégies utilisées »: les partenaires quand ils travaillent ensemble rendent-ils leurs stratégies visibles pour l'autre en indiquant (par exemple « pointer » sur le modèle et/ou sur la figure à réaliser pour indiquer à l'autre où on en est, ce qu'il faut faire ensuite, ce pointage peut être ou non accompagner d'explications verbales) ou expliquant à l'autre ce qu'ils font et comment il faut faire (par exemple « là regarde on est sur cette ligne ensuite on va essayer de mettre ce cube-là ici tu vois, fais-le »). En d'autres termes, désignent-ils à autrui les stratégies à utiliser c'est-à-dire institutionnalisent-ils ces stratégies, les reconnaissent-ils comme connaissances ? Pour chaque pose de cubes (une pose étant qualifiée ainsi à chaque mouvement d'un cube, par un des deux partenaires, placé sur la figure, celle-ci pouvant être justement placée ou non, une pose est donc une tentative de construction), un relevé de la visibilité (verbale et/ou gestuelle (notamment les pointages)) des stratégies utilisées par le sujet est donc effectué et traduit en terme de visibilité ou non visibilité dans l'utilisation de stratégies.

Afin de suivre pas à pas la dynamique interactive dans huit dyades des deux conditions, nous allons regarder de plus près la manière dont les partenaires rendent accessibles à l'autre leurs stratégies. Pour cela nous avons relevé si les partenaires rendent explicites leurs stratégies de résolution à l'autre par des indications verbales et ou gestuelles comme par exemple interpellé l'autre pour lui montrer où on en est sur le modèle et anticiper sur ce qu'il faut faire ensuite ou bien si l'enfant qui agit le fait sans donner à son partenaire de moyens de comprendre pourquoi il fait ce qu'il fait et pour arriver à quoi. La question à laquelle on essaie de répondre est la suivante : les dyades se différencient-elles par le recours à l'explicitation de stratégies. On s'attend à ce que celles-ci soient plus présentes dans les dyades dans lesquelles le partenaire compétent a acquis sa compétence par étayage.

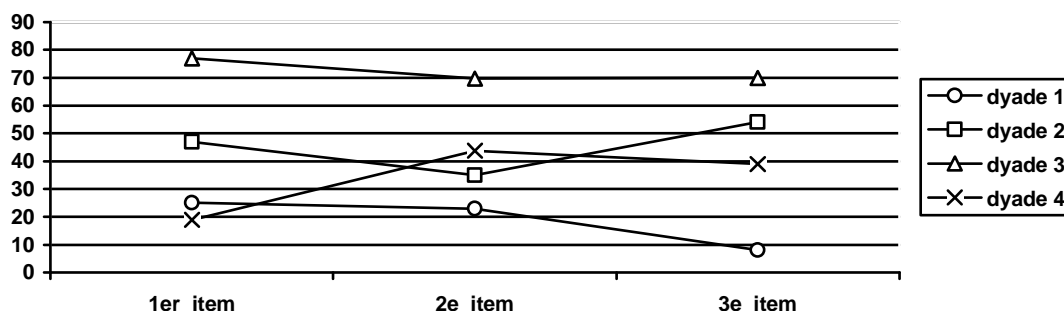
| | Dyades Condition 1 (C+ N) | Dyades Condition 2 (NCF + N) |
|---|---|--|
| Progrès au post-test (nombre items réussis en plus) | 1. Clément – Benoît (9 items) 2. Martin – Thibault (7 items) | 5. Henri – Mergim (8 items) 6. Rachel – Ioana (6items) |
| Stabilité au post test (nombre d'items réussis en plus) | 3. Pierre - Anton (0 item) 4. Alessi – Aloys (3 items) | 7. Marika – Marie (0 item) 8. Ismet – Fabrice (3 items) |

Tableau 2 . Présentation des dyades

Nous avons calculé le nombre moyen d'essais avec « visibilisation » des stratégies (c'est-à-dire le nombre de fois où l'enfant verbalise ou montre comment il fait à l'autre sur le nombre total d'essais pour résoudre la tâche) pour chacun des trois items à résoudre durant la phase 3 d'interaction.

Les dyades Compétent – Novice (condition 1 : C-N)

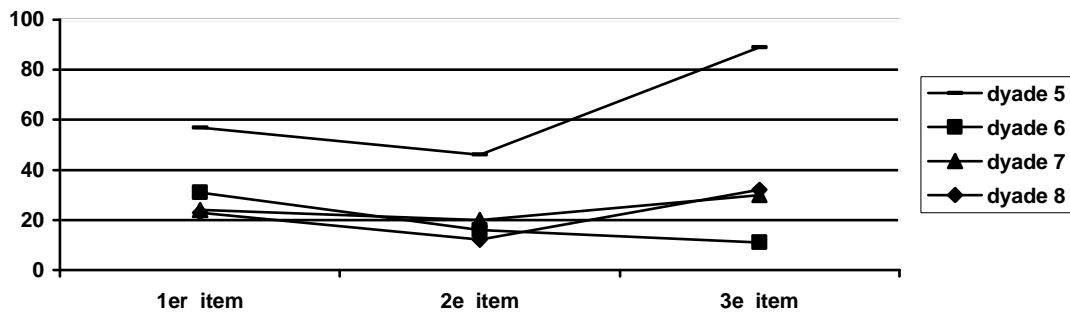
Figure 2 : Pourcentage de « visibilité » de stratégies au cours de l'interaction pour les dyades de la condition 1 (C-N)



Il y a de grandes différences dans la manière de rendre explicites ou non les stratégies utilisées pour résoudre ensemble le problème. En effet, alors que la dyade 3 se caractérise par une majorité de recours à une explicitation des stratégies (plus de 70% des actions produites sont rendues explicites au partenaire), les autres dyades ont recours à beaucoup moins d'actions explicitement rendues visibles à leur partenaire, ce qui signifie que peu de poses (entre une sur cinq et une sur deux dans le meilleur des cas) sont rendues explicites à l'autre. La particularité de la dyade 3 vient de la conduite du novice qui demande explicitement à son partenaire ce qu'il fait, ce qu'il faut faire ensuite et qui à chaque action annonce ce qu'il fait... Ce qui amène chez cette dyade à un fonctionnement particulier qui est accompagné d'explications de la part du partenaire compétent et du novice. Dans les dyades 1 et 2 qui ont pour point commun une progression importante chez le partenaire novice au post-test, les stratégies énoncées viennent le plus souvent du pair compétent qui explique tout en montrant sur le modèle ce qu'il faut faire. Par exemple, Martin «regarde comme ça là (tout en désignant la première ligne en haut de la figure), j'ai déjà fait le haut ». Clément explique à Benoît « maintenant on va faire le contraire... alors le triangle blanc et voilà et ensuite un rouge (tout en montrant comment assembler deux cubes pour faire un triangle). Ces quelques interventions deviennent explicites soit à la demande du novice « attends, attends comment tu fais ? » demandera Thibault pour recevoir l'explication de Martin ci-dessus ; soit lorsque le compétent remarque une erreur et s'engage dans la correction de celle-ci, par exemple, Martin intervient suite à une pose erronée effectuée par Thibault « non non parce que regarde ! (Pointe la construction en cours) il y en a déjà 4, regarde c'est 4 sur 4 », après cette explication il laisse à Thibault le soin d'enlever le cube placer en cinquième position puis ils reprennent la construction alternée de la figure. Dans la dyade 4, les explicitations interviennent plutôt pour donner le cadre de départ « j'ai fait la fin du premier étage et après on commence un autre étage » annonce Alessi et Aloys répond « moi je fais le bas » puis elles concernent ensuite ce qui a déjà été accompli mais n'anticipe pas sur ce qu'il reste à faire et sur le comment faire.

Les dyades Compétent par formation (NCF) – Non compétent ou Novice (N) (condition 2)

Figure 3 : Pourcentage de « visibilité » de stratégies au cours de l'interaction pour les dyades de la condition 2 (CI-N)



La dyade 5 se distingue clairement des autres : le pourcentage de stratégies rendues visibles pour le partenaire est toujours le plus important pour chacun des items comparé à celui des autres dyades. Henri qui a été formé par étayage reprend le script d'apprentissage proposé par l'adulte et utilisé lors de la phase 2 et le soumet à son partenaire : chaque pose est accompagnée d'une vérification sur le modèle, une anticipation est énoncée puis il explique comment il s'y prend pour réaliser cet objectif. Il donne la consigne de travail de départ « on commence par les coins » puis « il faut faire la ligne », il montre à son partenaire comment on découpe la figure en cubes en réalisant une ligne complète et en citant les formes et couleurs adéquats puis laisse à son partenaire le soin de « pratiquer » cette technique, « maintenant on finit, c'est toi qui fais la ligne », et il lui vient en aide quand le novice se trompe ou ne sait pas faire. Les anticipations sont fréquentes de la part du pair compétent « on doit faire les deux lignes qu'il reste » ce qui amène son partenaire à en produire également Mergim « comme ça il nous manque trois pièces puis c'est fini », ce qui explique une progression importante à l'item 3, les deux partenaires ayant recours explicitement à des anticipations et des explications sur le comment faire. On voit ici les traces d'un apprentissage au sein de l'interaction.

La dyade 6 se caractérise par des actions coordonnées entre les partenaires sans qu'il n'y ait recours à de nombreux échanges langagiers. La première intervention permet en général de fixer sur quelle partie de la figure la construction débute puis quasi machinalement, les deux filles à tour de rôle pose un cube. Rachel de temps en temps impose à sa partenaire une partie de la figure à réaliser tandis qu'elle en entame une autre « toi tu finis ça et moi je fais l'autre comme ça ». C'est toujours Rachel donc l'enfant compétent formé par étayage qui initie l'échange et donne les règles à suivre au départ. Les négociations et les arguments et contre arguments sont gestuels, le partenaire s'interpose en reprenant le cube posé par l'autre qu'il estime mal placé et lui soumet une nouvelle configuration. Les dyades 7 et 8 se caractérisent par une prise en charge importante de la réalisation de la tâche par le pair compétent formé par étayage. Le novice n'intervient que peu (comme dans la dyade 7) ou seulement lorsqu'il se manifeste mécontent de ne pas pouvoir intervenir (dyade 8). Le peu d'explicitations données par l'enfant compétent semble donc être davantage adressé à lui-même qu'à son partenaire, en effet, il semble qu'il dise tout haut ce qu'il fait et que cette verbalisation soit régulatrice de ses actions sur la tâche. Son partenaire ne se saisit à aucun moment des informations qu'il apporte.

Ainsi, l'explicitation des stratégies est très irrégulière selon les dyades et ne dépend pas uniquement des conditions d'acquisition de la compétence mais également de la manière dont les enfants interprètent la consigne « travailler ensemble », donnent du sens à la tâche et aux actions de leur partenaire. Il semblerait toutefois qu'une tendance distingue les dyades dans lesquelles les novices connaissent une forte progression au post test de celles dont les novices ne montrent aucun progrès. En effet, pour les dyades 1, 2 et 5 (cela est moins évident

pour la dyade 6), la tendance à l'explicitation des stratégies utilisées pour le partenaire et la réutilisation de celles-ci par ce dernier est beaucoup plus marquée que dans les dyades 3, 4, 7 et 8, c'est-à-dire que l'explicitation à elle seule ne suffit pas pour les deux partenaires encore, faut-il qu'elle soit reprise, source d'action pour l'autre.

Pour arriver à construire ensemble certains vont essayer de préciser dès qu'ils posent un cube leurs stratégies, d'anticiper sur la résolution en verbalisant le comment faire et ce qu'il reste à faire. Ces verbalisations-extériorisations des stratégies semblent avoir plusieurs fonctions dans les différentes dyades observées : pour certains, notamment la dyade 5, elles ont clairement la fonction de permettre au novice de pouvoir comprendre la démarche du pair plus compétent qui a été formé par instruction (fonction de communication des stratégies pour résoudre le problème et de localisation du travail à partir de la figure modèle, de maintien de l'attention de l'autre) mais elles semblent également réguler le comportement du pair compétent (fonction de régulation de l'action, Luria, 1961). Pour certains enfants, les verbalisations des stratégies ont davantage cette dernière fonction, elles sont un véritable langage égocentrique permettant à l'enfant de contrôler son propre comportement. Ceci s'est trouvé uniquement dans les dyades composées d'un pair compétent par Instruction et d'un novice (dyades de la condition 2) ; comme si l'interaction de la phase 3 permettait au pair compétent de consolider les stratégies apprises de l'adulte sans forcément avoir l'intention de les transmettre à leur partenaire. Par contre, celles-ci peuvent ensuite être réutilisées par le pair novice pour qui elles ont du sens alors que pour d'autres, elles restent hors de portée. Il serait donc intéressant de montrer les fonctions de ces verbalisations des stratégies au cours des échanges et de montrer si, comment et à quoi elles servent pour celui qui les reçoit. Rendre visibles à son partenaire ses stratégies pour résoudre les cubes de Kohs semble une condition nécessaire mais non suffisante pour que celles-ci puissent être ensuite apprises et utilisées par l'autre. Les enfants, exceptés ceux de la dyade 5, ne verbalisent pas d'emblée leurs stratégies mais celles-ci peuvent l'être lorsque le novice demande explicitement à son partenaire compétent (C ou CI) comment il a fait ou comment il faut faire ou ce qu'il doit faire ou encore la visibilité des stratégies peut se réaliser en réaction à une erreur repérée par le pair compétent (C ou CI). Les verbalisations des stratégies par les enfants ont donc des fonctions hybrides qu'il conviendrait d'étudier avec plus de détails sur les différentes dyades afin de montrer si les enfants formés par l'adulte qui sont invités à verbaliser leur démarche durant la formation utilisent de manière plus fréquente le langage pour réguler leurs actions dans cette phase d'interaction comparé aux enfants compétents dès le pré-test par exemple et quelles incidences cela a sur leur partenaire.

2) Comment les modes d'interactions évoluent-ils au cours de la résolution de la tâche ?

Nous avons ici analysé deux dyades en particulier de chaque condition, l'une pour laquelle l'enfant non compétent sur la tâche progresse au post test et une autre pour laquelle l'enfant non compétent ne progresse pas.

Les modes d'interaction ou relations entre enfants pour résoudre la tâche sont analysés selon une grille d'analyse composée de 5 niveaux construits à partir des travaux antérieurs sur les dynamiques interactionnelles et processus cognitifs (voir Liengme Bessire, Perret-Clermont et Grossen, 1994 ; cf. tableau 3).

| Niveau | Contributions des Enfants Non compétents (N) et compétents (C et NCF) |
|--------|---|
| 1) | <i>Modelling</i> : un enfant résout le problème alors que l'autre le regarde en étant parfois actif (pointe le modèle, intervient oralement par des suggestions..) ou passif. |
| 2) | <i>Construction individuelle sans co-ordination</i> : chaque enfant travaille de son côté sans prise en compte de l'autre. Ce pattern est réalisé sans co-ordination, éventuellement un des deux enfants abandonne sa construction et laisse son partenaire terminer. |
| 3) | <i>Construction individuelle partagée</i> : ceci peut se résumer avec la proposition de l'enfant : "tu fais le bas, je fais le haut", chaque enfant construit une partie et ensuite ils assemblent leur construction. |
| 4) | <i>Construction alternée</i> : les enfants posent un cube chacun leur tour. Ils construisent ensemble : il y en a un qui pose un cube et l'autre qui vérifie, puis ils alternent. Cette alternance des rôles peut être explicite ou implicite: |
| 5) | <i>Co-elaboration</i> : les partenaires construisent ensemble la figure en se consultant et même parfois en confrontant leur point de vue, ils négocient le placement de chaque cube. |

Tableau 2: Différents niveaux de modes d'interaction dans la phase 3

Les dyades C-N (condition 1)

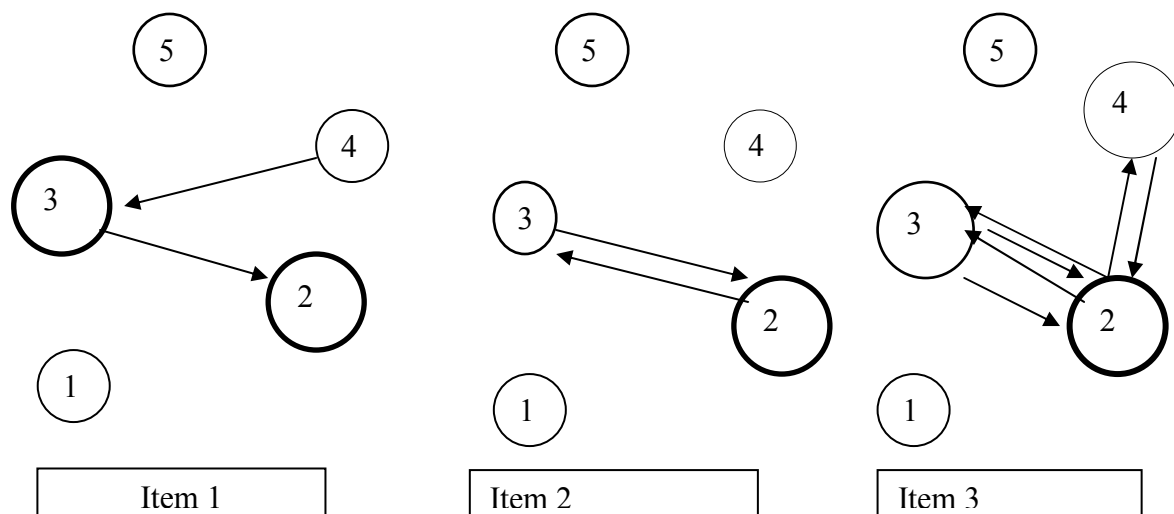
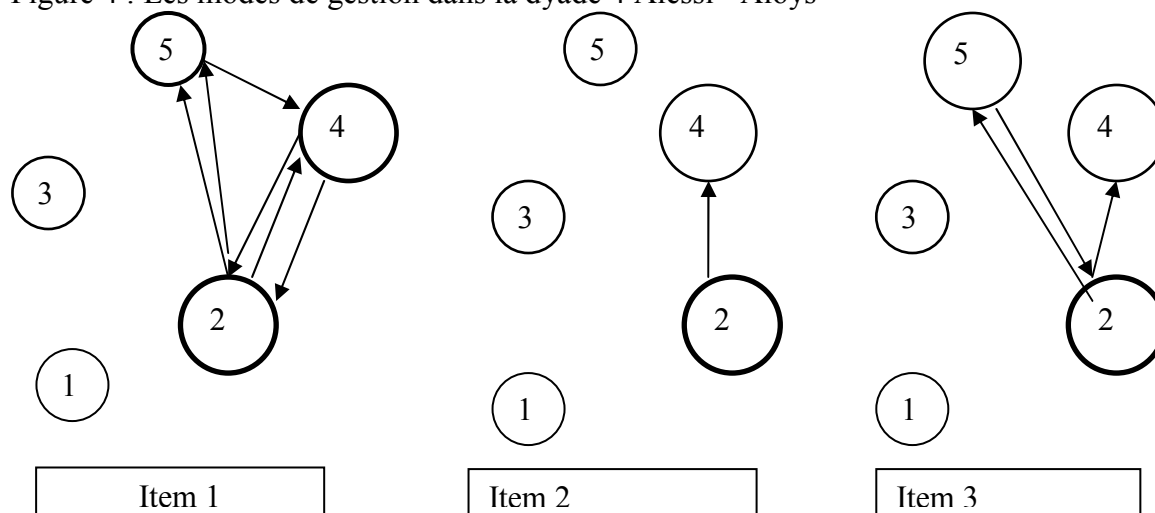


Figure 3 : dyade 1 Clément et Benoît

C'est principalement le mode « construction individuelle sans coordination qui caractérise le plus la gestion de l'interaction par cette dyade. Cependant, les modes collaboratifs 3 « construction individuelle partagée » et 4 « construction alternée » sont également des modes privilégiés par les deux enfants pour résoudre le problème. Ainsi, les enfants commencent en interagissant et en mettant chacun leur tour un cube (mode 4) puis font chacun de leur côté et assemblent ensuite en se coordonnant (mode 3) et terminent par une construction individuelle assumée par le pair compétent. Pour l'item 2, c'est principalement le pair compétent qui prend en charge l'interaction, son partenaire proposant quelque fois sa construction à assembler avec celle du pair compétent. C'est également ce type de fonctionnement que l'on trouve au troisième item avec le pattern inverse à l'item 1 c'est-à-

dire que les enfants commencent à travailler individuellement sans concertation pour ensuite assembler leur construction élaborée chacun de leur côté ce qui les amène à construire de manière alternée sur la fin. De manière générale, les items sont résolus rapidement en moins de 2 minutes par les deux partenaires.

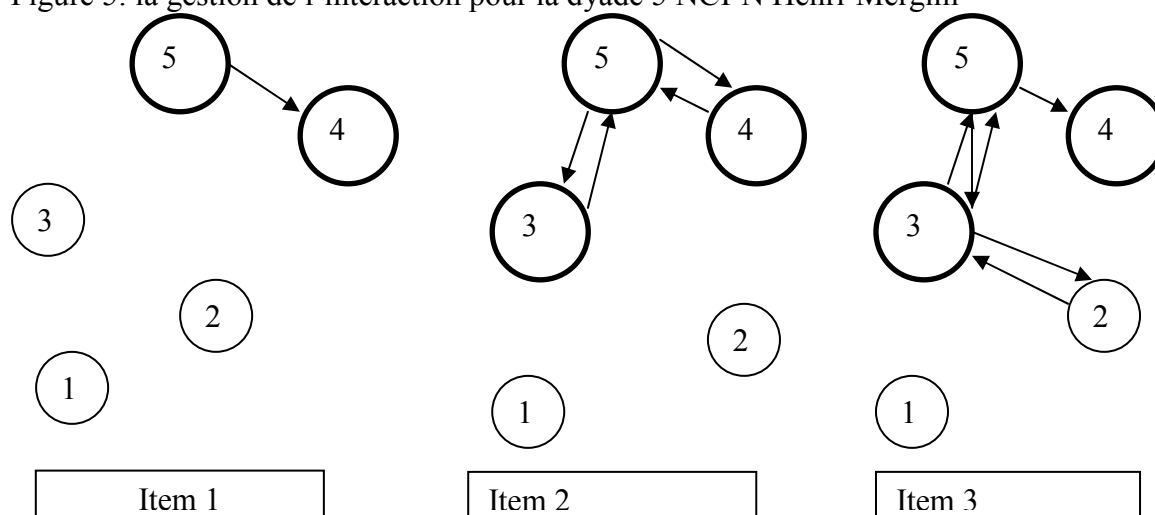
Figure 4 : Les modes de gestion dans la dyade 4 Alessi - Aloys



C'est ici le mode interactif 2 qui est constant dans la résolution des trois items : en effet, l'enfant compétent a tendance à assumer la construction avec par moments des constructions alternées (mode 4) ou des co-élaborations suite à une erreur détectée le plus souvent. Les enfants travaillent rapidement sur ces items puisqu'ils sont résolus en deux minutes en moyenne chacun. Il y a peu d'évolution au cours des trois items à résoudre.

Les dyades NCI-N (condition 2)

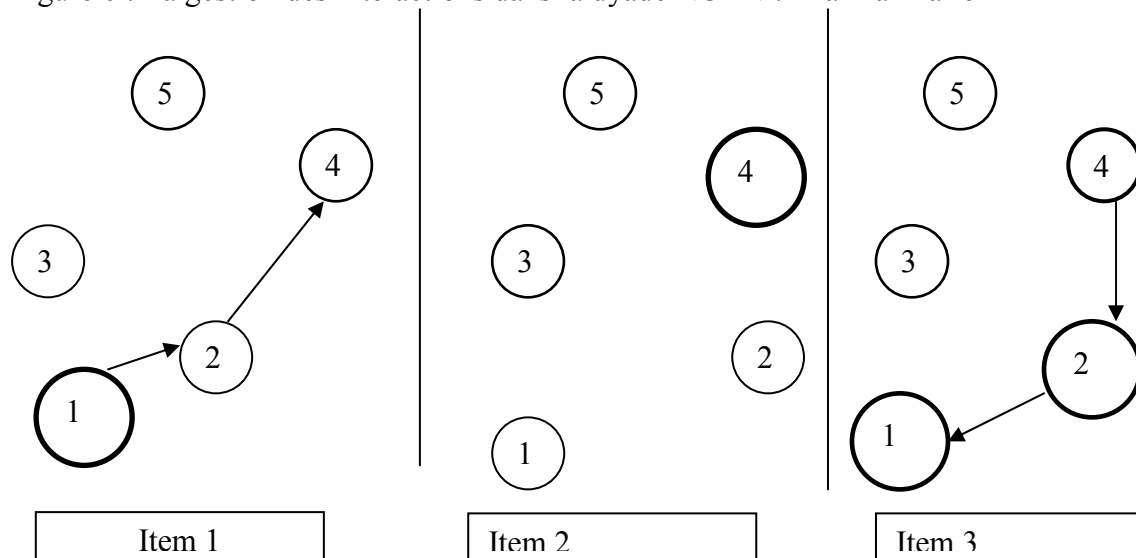
Figure 5: la gestion de l'interaction pour la dyade 5 NCI-N Henri-Mergim



C'est principalement les modes 5 et 4 qui sont caractéristiques de la dynamique interactive de cette dyade avec des modes plus diversifiés lors de la résolution du troisième item. Seuls les modes interactifs collaboratifs sont présents ici. Toutes les poses de cubes sont des constructions sociales, distribuées entre les partenaires. Elles font souvent l'objet d'explicitations de la part du pair compétent par instruction- explicitations qui sont ensuite

reprises par le novice lors de ses actions sur la tâche. Les items sont résolus en moyenne en 5 minutes chacun (5' pour les deux premiers et 6' pour le dernier). On assiste ici au cours de l'échange à ce que Vygotski (1985) a appelé « zone proximale de développement » dans la mesure où le pair compétent est parvenu à instaurer un espace dans lequel il permet à son partenaire d'apprendre à résoudre la tâche d'abord sous son contrôle puis en lui laissant de plus en plus d'espace pour proposer des solutions. Son partenaire s'en saisit et devient même par moment celui qui rappelle les règles et stratégies initialement proposées par son partenaire plus compétent. La dynamique interactive évolue également au cours des échanges.

Figure 6 : La gestion des interactions dans la dyade NCI-N 7 Marika-Marie



Alors que le premier item est plutôt résolu sous un mode non collaboratif (le mode 1 dans lequel seul un des deux enfants, ici le pair compétent travaille) au départ puis devient collaboratif sur ensuite, ce mode de construction alternée est conservée par les partenaires pour l'item 2. Il perdure au début du troisième item mais tout se passe comme si tenir compte de sa partenaire était trop coûteux pour le pair compétent par formation qui parvient mieux à résoudre seul le problème (modes 2 et 1). La dynamique s'en trouve donc inversée entre les deux items extrêmes. Ce qui laisse finalement peu d'espace pour que le novice puisse tirer bénéfice de l'interaction. Le temps mis pour résoudre les trois items décroît au cours de cette phase 3 (4' pour le premier item puis 3'30 puis 2'52). Agir avec l'autre, essayer de faire à deux prend plus de temps que d'apporter seul la solution, mode finalement adopté pour le dernier item.

Les principaux résultats, mis en évidence dans cette analyse de cas, permettant de suivre pas à pas les dynamiques interactives, montrent toute la complexité et la diversité des façons d'interpréter et de mettre en œuvre la consigne « travailler ensemble » donnée au temps 3. En effet, pour certains, cela signifie d'emblée chercher ensemble comment construire la figure, les façons d'y arriver sont alors diverses et variées : compter le nombre de cubes au total et se partager les cubes en un nombre équivalent et poser chacun son tour un cube ou faire une ligne chacun en alternance (mode 4) ou encore après avoir réparti ou non les cubes entre eux, les enfants font chacun dans leur coin une partie de la figure (mode 3) puis en viennent parfois à confronter leur construction et leur façon de faire lorsqu'en réunissant leur construction, cela ne reproduit pas le modèle, ils peuvent alors co-élaborer (mode 5). Certains d'ailleurs co-élaborent dès les premières poses de cubes cherchant à négocier avec leur partenaire à construire une définition commune de la situation et à s'accorder sur comment procéder pour atteindre l'objectif de reproduire la figure. D'autres, enfin, bien qu'ayant reçu

la même consigne, s'engagent d'emblée dans un travail en solitaire avec un partenaire inactif ou qui abandonne son propre point de vue au profit de celui de son partenaire (modes 1 et 2). Nous avons montré que les enfants en train de résoudre les cubes de Kohs passent d'un mode d'interaction à un autre au fur et à mesure qu'ils participent à la construction, la tâche changeant ainsi de significations et ce, quelles que soient les conditions expérimentales. Ce sont principalement les objectifs sous-jacents, implicites que chaque enfant a construits sur la tâche qui vont le conduire à interpréter la consigne comme un travail à faire à deux même si on prend du temps, si on se trompe, si on refait... alors que pour d'autres c'est surtout faire le plus vite possible la figure pour passer à l'autre et être parmi les premiers. Le fait que le pré-test soit chronométré a provoqué chez certains enfants cette idée de faire au plus vite en négligeant par conséquent, le travail avec leur partenaire. La tâche n'a pas la même signification pour les partenaires et tous ne vont pas parvenir à se mettre d'accord sur la définition de la situation. Il est donc intéressant de suivre pour ces enfants comment le pré-test a été interprété et vécu et comment ensuite la tâche a pu changer ou non de signification pour lui au cours du protocole expérimental. Il y a donc une nécessité de poursuivre ces analyses détaillées de manière longitudinale sur toutes les étapes du plan expérimental. Il serait alors intéressant de montrer quelles sont les relations entre partage ou non des mêmes objectifs sur la tâche à résoudre (par exemple, aller vite pour construire la figure ou ne pas poser un cube sans avoir l'accord de son partenaire...) et modes d'interactions pour résoudre la tâche.

7. Andrée Tiberghien et Asuman Küçüközer

UMR ICAR – COAST

Analyse des connaissances en jeu lors de la réalisation de tâches dans l'enseignement de la physique au lycée)

1. Positionnement

Cette contribution correspond à un travail se situant dans le cadre d'un enseignement de physique à l'âge de 15-17 ans. La perspective est d'étudier les connaissances antérieures mobilisées par les élèves et les liens établis avec de nouvelles connaissances relatives à des disponibles dans la situation.

Positionnement par rapport aux connaissances

Le travail commun réalisé pendant le projet nous a conduit à la position suivante. Nous considérons qu'il y a attribution possible de connaissance(s) dès lors que, pour celui qui attribue, il y a des **indices** (ou des **traces**) qui renvoient à une connaissance repérable : ces indices deviennent alors **signes** de connaissance(s) chez autrui (ou signe de méconnaissance). Ce principe s'applique aux différents acteurs (professeur et élèves).

Dans ce travail, nous prenons la position du chercheur. Pour reconnaître des indices de connaissances anciennes et nouvelles, nous procédons à une analyse a priori construite à partir de la position institutionnelle qui détermine le savoir à enseigner et de la position du concepteur de la tâche étudiée qui a déterminé a priori le savoir « nouveau ». Cette analyse a priori devrait être aussi construite à partir des connaissances attribuées à l'élève par le chercheur lors des activités antérieures.

Ici le terme de connaissance recouvre aussi bien du déclaratif que des procédures ; en revanche il ne recouvre pas les connaissances méta : régulation, jugement, attitude, etc.

2. Méthodologies : Reconnaissance d'indices de connaissances chez l'élève

Les données sont des productions verbales et gestuelles d'individus ; leur traitement dépend des positions théoriques sur les savoirs et connaissances, mais aussi des hypothèses d'apprentissage. C'est pourquoi nous les précisons succinctement (Tiberghien et al. soumis). Notre cadre général est socioconstructiviste. « Pour Vygotski, on se développe parce qu'on rencontre la contingence" (Vergnaud 2002, p. 61). Ainsi, nous sommes dans la ligne de Vygotski quand nous affirmons que l'apprentissage de la physique ne se ferait pas sans l'enseignement, et que la médiation aussi bien de l'adulte que du signe est déterminante dans cet apprentissage⁴.

Nous mettons l'accent sur les deux hypothèses suivantes.

- Nous supposons que la compréhension se développe grâce à de nouvelles relations construites par l'apprenant ce qui est une reformulation de la proposition de Bange (1992) : « intégrer un événement préalablement isolé dans un ensemble qui l'englobe et par là même lui donne un sens ».

⁴ La médiation en jeu dans une situation permet de rendre effective « la possibilité plus ou moins grande qu'a l'enfant de passer de ce qu'il sait faire tout seul à ce qu'il sait faire en collaboration avec quelqu'un est précisément le symptôme le plus notable qui caractérise la dynamique de son développement et de la réussite de son activité intellectuelle. Elle coïncide entièrement avec sa zone prochaine de développement (Vygotski 1934/1997, p.353).

- Nous supposons que ces nouvelles relations ou intégrations se construisent le plus souvent à partir d'éléments de connaissance assez petits. Nous considérons donc qu'un élève ne peut pas apprendre d'un coup des concepts aussi riches que la vitesse ou la force, il va passer par de nombreuses étapes intermédiaires et cet apprentissage peut même durer des années. **Ainsi, la construction de la compréhension conceptuelle de la physique se ferait par « petits éléments ».** Cette position peut ne pas être contradictoire avec celle d'obstacle. En effet, à un niveau de granularité fin, le chercheur peut approcher l'évolution de l'élève par petits éléments alors que si l'évolution de l'élève est étudié à des intervalles de temps suffisamment grands, le chercheur peut considérer que l'élève a franchi un obstacle épistémologique. En revanche notre hypothèse peut être en contradiction avec l'idée qu'on apprendrait d'un coup de nouveaux concepts à la suite d'une mise en contradiction. Nous n'excluons pas cette possibilité, mais nous la considérons comme étant plutôt rare.

Ces hypothèses conduisent à une décomposition des connaissances en petits éléments afin d'étudier l'enseignement et l'apprentissage sans pour autant retourner au behaviorisme. Dans la perspective béhavioriste, le savoir d'une discipline est décomposé en éléments simples, chacun permettant à l'apprenant de répondre à des questions précises ; la recombinaison du savoir est alors implicitement à la charge de l'apprenant. En revanche, dans notre hypothèse, les liens entre éléments de connaissance sont essentiels.

Notre avons procédé à deux niveaux de décomposition qui permettent d'analyser les éléments de connaissances qu'une personne verbalise (ou met en jeu avec des gestes) : l'un se situe à l'échelle de mots ou de groupes de mots et l'autre à l'échelle d'une phrase.

3. Résultats

Les résultats montrent la pertinence de cette décomposition en particulier sur les rôles des connaissances antérieures. La première étude de cas met en évidence **la variété possible des connaissances antérieures mobilisées (connaissances langagières, des connaissances sur le monde avec des processus de pensée variés)** et leur rôle déterminant dans la construction de la **signification d'ensemble** des nouveaux savoirs introduits dans l'enseignement. Quand cette variété n'est pas mobilisée, on assiste à des liens établis par l'élève entre des faits déjà connus et des éléments de savoir nouveau. L'élève met en relation des éléments de connaissances anciennes et d'informations nouvelles sans construction de cette signification d'ensemble des nouvelles informations mises à disposition de l'élève. On pourrait dire que dans ce cas l'élève construit **des connaissances « locales »**, sans avoir accès à la signification du savoir enseigné.

La deuxième étude montre également **la variété des éléments de connaissances** mise en jeu pour construire des concepts comme la force, le mouvement ou comme le principe d'inertie. Cette étude a aussi montré que, **dans le cas d'élèves qui ont acquis au préalable des connaissances de mécanique même élémentaires ainsi que la maîtrise de l'utilisation de principes en physique, les conceptions quotidiennes peuvent jouer un rôle mineur. En revanche, le rôle des connaissances acquises au cours de l'enseignement qui constituent ainsi des connaissances antérieures est déterminant pour construire une signification aux nouvelles informations.**

Ces résultats conduisent à être très vigilant sur le rythme d'introduction des connaissances nouvelles et sur la nécessité de reprise des connaissances récemment enseignées en établissant des relations avec les connaissances nouvelles.

8. Laurent Veillard

UMR ICAR – COAST

Étude d'une situation d'enseignement de remobilisation de connaissances antérieures en formation professionnelle

Cette étude prend pour objet un enseignement réalisé dans le contexte d'une formation professionnelle en alternance pour de futurs techniciens supérieurs (DUT spécialité Organisation et Gestion de la Production⁵). Nous cherchons à mieux comprendre la mise en place et l'animation d'une séquence d'enseignement dont l'objectif est de favoriser la mobilisation et l'articulation de connaissances enseignées dans d'autres modules de la formation ou issues d'expériences vécues lors des périodes d'alternance en entreprise des étudiants.

Approche théorique

Pour définir le cadre théorique de cette étude, nous sommes partis des nombreuses recherches sur le transfert de connaissances menées en psychologie depuis les premières études de Thorndike (1913). Le constat sur lequel se rejoignent la plupart des recherches est que le transfert est un processus difficile (courants cognitivistes en psychologie) voire quasi impossible (certains courants de la cognition située, voir par exemple Detterman, 1993) soit, parce les personnes peinent à analyser les similarités de structure de deux problèmes aux traits de surface différents (explication privilégiée par les courants cognitivistes) ou parce que toute connaissance prend uniquement son sens et son opérationnalité dans un certain contexte culturel, social, local donné (explication fournie par l'approche théorique de la cognition située). Des résultats montrent qu'il est certes possible d'améliorer significativement les taux de transfert, par exemple en entraînant les sujets à manipuler des concepts plutôt que des procédures, en faisant varier les contextes et les exemples d'application ou encore en apportant une aide à conceptualiser au bon niveau (Catrambone, 1995 ; Catrambone & Holyak, 1989 ; Tardif, 1999), mais les améliorations restent limitées.

Mais il nous semble que la plupart de ces recherches souffrent d'une limite méthodologique importante qui restreint leur capacité à expliquer ce qui se passe dans de nombreuses situations réelles⁶. Dans ces expériences, le sujet ne dispose que de sa mémoire pour résoudre le problème posé. Or en situation réelle, les individus peuvent utiliser des supports cognitifs externes pour les aider dans leur résolution de problèmes, ou bien encore peuvent être aidés par d'autres ou résoudre collectivement ces problèmes.

La théorie de l'activité (Leontiev, 1979 ; Engestrom & al., 1999 ; Tuomi-Grohn & Engestrom, 2003) est intéressante sur ce plan parce qu'elle change le point de vue adopté : du sujet cognitif, on passe à l'activité (individuelle et ou collective), incluant non seulement les

⁵ Ce DUT vient de changer de nom en 2005 : il s'intitule dorénavant Qualité, Logistique Industrielle et Organisation.

⁶ Dans ces expériences un sujet est entraîné à une tâche (généralement de type logique ou mathématique) dans une situation source (Ss), puis lui est présentée une situation cible (Sc) où il doit résoudre une tâche apparemment différente de la précédente mais en réalité solvable par les mêmes connaissances apprises dans la situation précédente (Bransford & Schwartz, 1999)

cognitions et comportements d'un acteur mais aussi toutes les autres acteurs et toutes les ressources qui sont engagés dans le flux continu d'une activité en train de se faire. Pour expliquer les difficultés du transfert, elle met en avant la tendance des individus à privilégier les ressources présentes dans un système d'activité donné parce qu'effectivement leur action prend sens dans leur rapport au mobile de l'activité en cours. Mais, a contrario, elle considère que le transfert est tout à fait possible et très améliorabile si l'on s'appuie notamment sur des objets de transition (boundary objects) entre plusieurs systèmes d'activité, voire si l'on construit un système d'activité dont la finalité est justement de favoriser le transfert entre deux autres systèmes d'activité.

Dans notre recherche nous postulons que les étudiants en formation par alternance sont engagés dans différents systèmes d'activité : chaque module enseigné à l'école est un système d'activité avec sa finalité (enseigner et apprendre telle ou telle discipline), ses ressources, ses lieux, son organisation sociale propres. De même, l'étudiant apprenti est engagé dans un ou plusieurs autres systèmes d'activité lorsqu'il est dans son entreprise. La séquence d'enseignement a été conçue par un enseignant pour permettre des transferts de connaissances entre différents systèmes d'activité (plusieurs modules d'enseignement et l'activité de chaque apprenti en entreprise).

Les acteurs participant à un système d'activité élaborent et mobilisent des connaissances qui sont d'abord spécifiques à (et font sens dans) ce système. Une connaissance renvoie ici à une capacité stabilisée (au minimum de l'ordre de quelques minutes) d'un acteur à donner un sens à une situation ou à un objet (phénomène, concept, méthode, etc.) et/ou à agir symboliquement et/ou physiquement sur le monde. L'ancrage premier des connaissances dans un système d'activité donné⁷ n'exclue pas que certaines peuvent se retrouver dans d'autres systèmes d'activité. Mais le postulat d'ancrage oblige à ne pas considérer a priori des connaissances comme transversales : le caractère de transversalité doit toujours être la conclusion et non pas le point de départ de l'analyse.

Par ailleurs, nous distinguons le niveau des connaissances individuelles du niveau des savoirs institutionnels, (Chevallard, 1989) définis dans des conventions sociales plus ou moins formalisées (Thévenot, 1998). Nous considérons aussi qu'entre ces deux niveaux limites, des niveaux intermédiaires peuvent exister. Nous reprenons aussi à notre compte l'idée d'attribution de connaissances développée dans le projet KANT, qui renvoie au fait que les acteurs d'un système d'activité à finalité d'enseignement, au cours de leurs interactions, doivent fréquemment considérer que leur(s) interlocuteur(s) possèdent certaines connaissances pour pouvoir interagir et se coordonner avec eux. En particulier pour l'enseignant, il est incontournable d'attribuer régulièrement des connaissances à ses élèves s'il veut pouvoir leur enseigner des savoirs. Dans une institution de formation comme un IUT, l'enseignant peut faire ce type d'attribution à 2 niveaux : soit en restant cantonné au niveau des savoirs institutionnels (ce que les élèves sont censés avoir vus dans des cours précédents d'après ce que dit le programme, d'autres documents de l'institution ou ses collègues enseignants); soit en tentant d'inférer, à partir des actions et opérations d'un élève en situation ou par expérience, ses connaissances effectives.

Analyse de la construction et de l'organisation de la séquence

⁷ Cet ancrage passe notamment par une vue non strictement incorporée des connaissances qui fonctionneraient en un vase cognitif clos. Nous rejoignons là des hypothèses de la cognition située et distribuée tout en passant des limites de la situation aux limites d'un système d'activité.

Nos questions de recherche ont tout d'abord porté sur la genèse de ce système d'activité : quelles raisons ont poussé l'enseignant à concevoir une telle séquence d'enseignement ? Comment s'y est-il pris pour la mettre en place ? Quels sont ses objectifs et son organisation, et plus particulièrement, quels sont les savoirs qui sont censés être remobilisés par les étudiants ? Quel bilan l'enseignant fait-il du fonctionnement de la séquence après plusieurs années d'expérience ? Pour répondre à ces questions, nous avons réalisé un long entretien avec l'enseignant concepteur de la situation, et nous avons utilisé plusieurs documents : présentation écrite de l'activité aux étudiants ; documents réalisés dans le cadre de cette séquence par les étudiants des années précédentes ; programme pédagogique national de la formation et ses adaptations locales ; supports d'autres cours a priori concernés par cette séquence.

Il ressort de l'analyse de ces différents documents et de l'entretien avec l'enseignant les points suivants.

La séquence étudiée, nommée turbix, s'inscrit dans un module intitulé Démarche d'amélioration industrielle, d'une durée de 60h dont l'objectif est de former les étudiants du département OGP à la gestion de projets d'amélioration de l'organisation industrielle d'une entreprise. La séquence turbix, d'une durée de 32 h, vise plus précisément l'acquisition des méthodes de modélisation et de conception des systèmes d'information et de décision, c'est-à-dire des méthodes permettant d'organiser la circulation des informations entre ses différents services pour lui assurer un bon fonctionnement, notamment sur le plan de la production. L'enseignant a élaboré une séquence longue où les étudiants repartent d'un contexte minimal⁸ et doivent tour à tour définir son organisation (organigramme fonctionnel et hiérarchique), les objectifs et les tâches de chaque service, les documents circulant dans et entre ces services et les procédures décrivant le fonctionnement de l'ensemble. La séquence se déroule sur des séances de 2h ou 4h et alterne travail en petits groupes et en classe entière, en présence ou en l'absence de l'enseignant. Ce dernier est d'abord seul pendant les 2 premières séances puis se fait épauler par un intervenant qui n'est pas enseignant de métier mais consultant en entreprise.

Un tel travail nécessite a priori, de s'appuyer sur de nombreuses notions, méthodes et outils vus dans des cours précédents : pas moins de neuf modules touchant par exemple à la gestion des stocks, la logistique de production en passant par la communication ou encore la modélisation et la simulation de flux et la qualité. L'enseignant insiste aussi très fortement sur la nécessité pour les étudiants de s'appuyer sur leur vécu en entreprise pour alimenter leur travail.

La question qui se pose est alors de savoir comment l'enseignant peut connaître les contenus d'un si grand nombre de modules et disposer d'une connaissance suffisante sur les activités possibles des étudiants dans le cadre de leur alternance en entreprise. Notre enquête nous a permis de comprendre que nous avions à faire à un enseignant très fortement expérimenté et assez atypique. Il a été un des acteurs principaux de la mise en place de deux départements OGP. Il a enseigné énormément de modules différents aux débuts de l'existence du premier département auquel il a participé⁹ et connaît donc à ce titre, assez bien ce qui peut être enseigné et comment dans ces modules. Il a toujours été très en lien avec de nombreux

⁸ Une entreprise fabriquant des pièces mécaniques, qu'ils connaissent déjà dans la mesure où elle est tirée d'un jeu pédagogique auquel ils ont déjà joué précédemment dans la formation.

⁹ Il manquait des intervenants à l'ouverture du département. Les deux enseignants responsables du diplôme ont donc dû assurer au pied levé de nombreux cours

industriels, notamment parce qu'il s'est occupé pendant 3 ans de rechercher des entreprises pour les apprentis et parce qu'il a été tuteur à de multiples reprises. Enfin, il est membre de la commission pédagogique nationale qui élabore et fait évoluer les programmes du DUT OGP. Il disposait donc d'atouts très importants pour mettre en place une situation interdisciplinaire telle que turbix et surtout pour être capable de l'animer (et de la co-animer avec un consultant d'entreprise), par exemple en incitant les étudiants à utiliser telle ou telle partie d'un cours ou encore à aller chercher un exemple de procédure dans leur entreprise.

En conséquence, il nous semble qu'une première conclusion de notre travail renvoie aux compétences nécessaires pour pouvoir mettre en place un système d'activité aussi fortement en lien avec de nombreux autres. Un jeune enseignant n'aurait probablement pas pu concevoir une telle séquence faute d'une maîtrise suffisante des contenus des différents modules et d'une inexpérience probable des réalités industrielles. Notre enseignant dispose par ailleurs d'une position institutionnelle intéressante pour ce type de séquence dans la mesure où il est membre de la commission pédagogique en charge de définir les programmes nationaux. Il lui est alors assez facile, comme il nous l'a expliqué, d'assurer une cohérence forte entre ses propres enseignements et le programme pédagogique national.

Méthodologie d'étude des séances de classe

Au-delà de cette étude de la genèse de la séquence turbix, nous avons cherché à analyser son déroulement concret en filmant 2 promotions successives pendant les 2 premières séances. Au cours de cette première partie, l'enseignant, après leur avoir présenté les buts et le déroulement de la séquence, fixe comme premier objectif aux étudiants de définir l'organisation de l'entreprise turbix. Partant d'un tableau blanc, et de leurs souvenirs des caractéristiques générales de cette entreprise vues quelques mois en arrière,¹⁰ les étudiants sont a priori libres de procéder comme ils l'entendent pour y parvenir. L'objectif, pour l'enseignant, est qu'ils parviennent à articuler trois types d'approche vues précédemment dans d'autres modules : - une approche du processus général de production qui consiste à définir les activités ou tâches successives permettant, de traiter une commande d'un client, d'assurer la fabrication du produit demandé et d'assurer à sa livraison ; - une approche fonctionnelle dont le but est de définir les différentes fonctions qui vont réaliser telle et telle activité ; - enfin, une approche hiérarchique qui doit aboutir à la spécification de services assurant certaines fonctions et reliés entre eux par des liens fonctionnels et hiérarchiques.

Outre les enregistrements vidéos des deux premières séances pour deux promotions (2004 et 2005), nous nous sommes appuyés sur de nombreux documents pour procéder à une analyse du système d'activité « turbix » : - documents distribués aux étudiants par l'enseignant ; - notes des inscriptions au tableau ; - photocopies des documents écrits produits par les élèves lors des séances ; - rapports de stage et d'alternance de ces mêmes élèves ; - photocopies de cours a priori pertinents pour la séquence turbix. Chaque enregistrement vidéo a d'abord fait l'objet d'une description détaillée du déroulement de la classe¹¹. Puis, reprenant l'approche

¹⁰ L'entreprise turbix est le contexte d'un jeu pédagogique élaboré par une société spécialisée dans les jeux d'entreprise. Il s'agit d'une entreprise fabriquant des pignons de boîte de vitesse.

¹¹ Ces descriptions ne peuvent être considérées comme des transcriptions dans la mesure où l'objectif n'était pas de restituer le détail des interactions mais de saisir le sens des verbalisations des acteurs de la situation. Ce travail se rapproche de celui opéré par les ergonomes du cours d'action qui réalise des synthèses d'actions (Theureau & Jeoffroy, 1994)

emboîtée de l'activité proposée par Leontiev (1979), nous avons découpé le continuum de la description en actions collectives successives orientées vers un but, et en opérations de l'enseignant et des élèves. A partir des enregistrements vidéo, des descriptions détaillées ainsi que des autres documents récoltés, nous avons réalisé des analyses de deux ordres :

- longitudinale, qui vise à mettre en perspective l'enchaînement des actions et opérations des deux classes (promotions 2004 et 2005) et le rôle des interventions de l'enseignant dans le cours d'action de ces 2 classes ;
- quantitative, à partir d'une catégorisation de chaque opération au moyen d'une typologie élaborée en référence aux objectifs pédagogiques et aux savoir en jeu a priori dans cette première partie de la séquence. Nous avons défini 5 types d'opérations : des opérations sur les buts et buts intermédiaires à atteindre ; des opérations sur les méthodes et outils à mobiliser pour atteindre ces buts ; des opérations sur les intitulés de service, de fonction, de processus, etc. ; des opérations sur le contexte du savoir ; et des opérations sur le contexte pédagogique. Nous avons cherché à caractériser, dans la mesure du possible les connaissances associées à ces types d'opérations.

Pour nous aider dans ces deux analyses, nous avons demandé aux enseignants dont les cours sont censés être remobilisés durant la séquence, de visionner les enregistrements vidéos. Ils ont ainsi pu nous donner leur avis sur le cours d'action des 2 classes et sur les connaissances mobilisées par les élèves, avec pour ces dernières leur lien avec les savoirs enseignés¹².

Résultats

Les cours d'action

En 2004, l'enseignant laisse les étudiants s'engager dans un brainstorming initié par l'un d'entre eux pour lister des propositions d'intitulés puis par la suite tenter des regroupements. Il insiste seulement sur le fait de définir une structuration par fonction mais ne parle pas de processus. Il n'hésite pas alors à quitter la pièce peu après pendant 8 minutes pour les laisser avancer seuls. Il reprend la main sur le cours d'action collectif peu de temps après, lorsque les étudiants considèrent avoir défini tous les services de l'entreprise et veulent se répartir par groupes. Il se lève alors pour une longue intervention, d'abord centrée sur les confusions qu'il a pu constater entre les notions de fonction, de service et de métiers. Il explique la limite de la démarche choisie par les étudiants : le risque d'oublier des fonctions essentielles. A partir de ce moment, il va garder totalement la mainmise sur l'orientation du cours d'action : c'est lui qui impulse toutes les actions suivantes et est très présent dans les discussions jusqu'à aboutir à l'objectif fixé.

En 2005, il choisi d'intervenir très activement au lancement de la première partie en s'appuyant sur un étudiant dont il connaît bien les missions en entreprise puisqu'il en est le tuteur école et dont il sait qu'il mobilise quotidiennement les notions de processus et fonction. Pour impulser la première partie, il appuie l'idée proposée par cet étudiant de déterminer les processus, sans retenir celle de définir les services proposée un peu plus tôt par d'autres. Après avoir pesé très fortement sur la méthode au démarrage, il va laisser les étudiants beaucoup plus libres du choix d'atteindre l'objectif fixé comme ils le souhaitent. Mais les étudiants ont beaucoup de mal à se mettre d'accord sur un angle d'attaque du problème posé.

¹² Nous avons organisé 2 demi-journée de visionnage des enregistrements vidéos avec les enseignants, à qui nous avons fourni également les descriptions détaillées.

Après s'être d'abord essayés à la définition d'un processus commande/livraison du produit, ils vont beaucoup débattre sur la manière dont il faudrait s'y prendre. Plusieurs approches sont successivement tentées. Le débat, très vif entre l'étudiant initiateur de l'approche processus et quelques autres élèves, tourne sans cesse autour du fait de commencer par définir les activités de ce processus ou au contraire d'établir un ensemble de services pour ensuite leur attribuer des tâches. L'enseignant ne réfute que rarement les tentatives initiées : il fait préciser, complète les propositions des étudiants la plupart du temps, relance quelque fois le débat entre les partisans des 2 méthodes décrites ci-dessus en encourageant l'étudiant qu'il suit en entreprise à défendre son point de vue. Il s'absente assez longtemps de la classe (24mn). A l'issue de la 2^{ème} séance, il valide partiellement l'organigramme défini par les étudiants mais pointe les manques, en particulier l'absence d'utilisation d'une méthode permettant de vérifier si toutes les fonctions sont bien assurées. La situation se débloquera la séance suivante par l'intervention de l'enseignant.

L'analyse quantitative

Pour la promotion 2004, les opérations sur les intitulés de services, fonctions ou activités de processus sont globalement très majoritaires (Plus de 66%). Comparativement, il y a peu d'opérations sur les buts (6%) et les méthodes (8,5%). Quand on analyse plus en détail action par action, cette tendance globale se retrouve : 7 actions (sur 12) comprennent plus de 73% d'opérations sur les intitulés. L'enseignant montre lui une répartition beaucoup plus équilibrée, incitant régulièrement les étudiants à réfléchir davantage sur les buts et les méthodes.

Par comparaison, en 2005, les opérations sur les objets restent majoritaires mais à un taux moins important (50%). L'analyse action par action met en évidence 8 actions (sur 16) où les opérations sur les buts et les méthodes atteignent un pourcentage très significatif (entre 20% et 60%), ce qui n'était absolument pas le cas en 2004.

Enfin il faut aussi noter que l'enseignant intervient plus fréquemment en 2004 (368 opérations en 208 mn) qu'en 2005 (237 opérations en 190mn)

Interprétation

Dans les deux cas, ces résultats montrent une grande difficulté des étudiants à articuler les approches processus, fonction et service : les étudiants restent collés à la notion concrète de service, à l'exception notable de l'étudiant de 2005 travaillant dans un service qualité, qui tente d'impulser une approche processus mais ne semble pas suffisamment la maîtriser pour emporter l'adhésion de ses camarades. Dans les deux cas, les étudiants n'ont pas de problèmes particuliers pour importer des organigrammes, des intitulés et contenus de service issus de leur entreprise comme nous avons pu le constater sur de nombreux exemples. A d'autres moments, on peut constater aussi que quelques savoirs issus des cours précédents peuvent être cités et même utilisés (ex : méthode du brainstorming, méthode, SADT, grille gray, etc.). Le système d'activité fonctionne plutôt bien de ce point de vue et nos résultats montrent que le transfert est tout à fait possible. Mais la réelle difficulté réside dans le fait de faire quelque chose avec ces multiples expériences et les connaissances enseignées : les étudiants sont soit dans une logique d'opposition (Promotion 2004 : chacun campe sur sa conception de l'organisation tirée de sa propre entreprise) ; soit dans l'illusion que les intitulés de service renvoient aux mêmes contenus pour tout le monde (la grande majorité des étudiants de la promotion 2005). Or la seule voie possible pour sortir de cette impasse

consiste en une abstraction : passer d'une lecture en termes de service à une approche par un processus articulée à une approche fonctionnelle. Ces notions abstraites constituent de puissants objets de transition (boundary objects) entre des systèmes d'activité différents. Là où il faudrait que la définition des services soit la conclusion du travail, la quasi-majorité des étudiants eux en font spontanément un point de départ et en restent à ce niveau. La difficulté réside donc moins le transfert que dans l'articulation entre des expériences professionnelles et des savoirs issus des autres enseignements.

Sur ce qu'il montre dans les séances étudiées et d'après ce qu'il a pu nous dire à l'entretien, l'enseignant semble fonctionner à deux niveaux pour attribuer des connaissances aux élèves :

- au niveau des savoirs enseignés dans les cours précédents (il demande par exemple aux élèves de se rappeler les différents niveaux de la qualité vus dans le cours correspondant ou de se référer aux techniques d'écriture des procédures vues en communication) ; il ne fait que peu ce type de référence explicite, préférant, ainsi qu'il a pu nous le dire lors de l'entretien, leur suggérer indirectement d'utiliser telle notion ou telle méthode ;
- en attribuant des connaissances ou des manques de connaissances sur la base de sa longue expérience de la séquence turbix et des difficultés et aisances habituelles des élèves sur ce type de travail ; l'entretien montre en effet qu'il particulièrement conscient de la difficulté des élèves à utiliser la notion de processus et de leur tendance à rester « coller » à la notion de service.

Nous avons pu constater que, d'une année sur l'autre, il semble ne pas utiliser la même stratégie : soit laisser faire puis reprendre en main (Promo 2004) ; soit impulser la bonne approche puis laisser faire (Promo 2005). Cela produit des différences importantes sur la nature des débats, à savoir peu de discussion sur les buts et les méthodes en 2004 et, à l'inverse, des débats récurrents sur ces points en 2005. La première stratégie semble plus aisée pour l'enseignant car cela lui permet de laisser les étudiants s'enfermer dans une impasse (opposition entre les organisations des entreprises des élèves) pour montrer ensuite que la seule voie possible pour sortir de ces affrontements consiste en une abstraction. Son choix de ne pas intervenir en 2005 est plus riche du point de vue de la diversité des opérations des élèves et de ce fait plus intéressant du point de vue de la manipulation autonome de ces différents objets (buts, méthodes, intitulés, etc.) par les élèves. Mais la situation est ensuite plus problématique à gérer car les étudiants, après de nombreux essais finissent par fournir, au bout de 2 séances, une proposition non achevée : un organigramme type dont les élèves n'ont pas démontré la capacité à assurer un processus de commande-fabrication-livraison.

Une enquête plus approfondie des enseignements effectivement reçus par les élèves précédemment a montré que les notions de processus, fonction et services, si elles sont bien effectivement abordées, ne le sont pas du point de vue de leur articulation. Le travail avec les enseignants à partir des vidéos a été décisif de ce point de vue : s'étonnant de la difficulté des étudiants à remobiliser l'approche processus, ils ont pris conscience que ce type de méthode n'était pas vraiment abordé dans le programme. Même le professeur concepteur et animateur de turbix a découvert ce problème. Du coup, il a œuvré pour que le nouveau programme du DUT, mis en place à la rentrée 2005, corrige cette lacune en introduisant beaucoup plus tôt ces notions et en essayant de mieux articuler les enseignements entre eux.

C. Discussion

Il s'agit dans cette dernière partie de discuter les différents sous-projets de ce travail collectif à la lumière du cadre théorique exposé dans la première partie de ce rapport. Dans un premier temps, il est question de traitement individuel de la connaissance et ensuite d'un traitement institutionnel.

1. Dynamique des connaissances individuelles

Nous disposons de trois notions organisatrices.

- 1) Celle de rapport (R) d'un sujet (X, Y, ou Z) à un objet (O) ;
- 2) Celle d'« attribution d'une connaissance à X par Y ». Elle se fait par l'observation d'un rapport de X à O. L'attribution de connaissance engage donc à décrire ce que fait X pour se voir attribuer une connaissance par Y. Elle ne se ferait peut être pas par Z, qui n'a pas la position institutionnelle de Y, et dont le propre rapport à O peut différer de celui de Y. La notion d'attribution engage donc à mobiliser celles d'institution et de position institutionnelle (sujets de la même institution mais de manières différentes, par exemple élève ou professeur) qui viennent de ce que des sujets différents peuvent attribuer ou non des connaissances à un même observable (un rapport).
- 3) Celle de sphère d'activité, qui met en évidence les dimensions culturelles des connaissances (objets et rapports). La culture d'une organisation sociale est constituée de ce que les sujets de plusieurs institutions ont établi des rapports institutionnels spécifiques à une même classe d'objets. Ce sujets traversent les institutions et transportent parfois avec eux des rapports extérieurs à leur institution actuelle, qu'ils convertissent plus ou moins efficacement (en un rapport parfois adéquat ou idoine à un objet pertinent ou présent et sensible ou non). La notion de sphère d'activité engage aussi celle d'institution, mais cette fois pour ouvrir sur la notion de conversion institutionnelle, qui nomme des connaissances préalables inattendues parce qu'elles sont converties d'un autre assujettissement institutionnel, antérieur.

Les rapports quotidiens aux objets du monde technologique sont formés sur le mode des rapports premiers aux objets du monde de la physique. Cependant, il arrive que ces rapports entrent en concurrence comme dans le cas de l'encombrement (monde technologique) et du volume (monde de la physique).

Cependant, dans le dispositif mis en place autour des cubes de Kohs, la question de recherche « *les connaissances d'expertise ont-elles les mêmes propriétés selon qu'elles viennent d'une relation explicitement didactique à l'adulte ou d'une interaction moins officiellement didactique entre pairs ?* » porte cette fois sur les modes d'expertise. Selon que l'expertise est propriété personnelle auto-attribuée, ou connaissance acquise par formation, on observe aussi l'aptitude de l'expert à se faire reconnaître par un pair novice et à lui transmettre ses connaissances.

Le travail de l'idée d'attribution de connaissances à X nous conduit alors à interroger la position de l'attributeur Y tout autant que celle de l'attributaire X. Ces positions qu'il faut déclarer définissent la nature institutionnelle de l'objet O dont X montre qu'il le connaît. O doit exister aussi pour Y. C'est donc soit un objet sensible, soit un objet insensible mais présent dans l'institution, et auquel le rapport de X et de Y à O est idoine. Si la connaissance

n'est pas attribuée par Y qui appartient à l'institution où X déploie son activité, c'est soit que O n'est pas présent pour Y, bien que ce soit un objet pertinent pour X, soit que O est pas présent ni pour X ni pour Y mais seulement pour un observateur extérieur à l'institution (par exemple un chercheur). Symétriquement, il devient nécessaire de s'interroger sur la définition des objets qui ne sont plus des données invariables, et dont les propriétés et la définition dépendent aussi des institutions pour lesquelles ils existent. Un sujet peut établir un rapport avec des objets qualifiés d'institutionnels parce que ceux-ci doivent dorénavant être décrits avec leur institution, si leur description ne se suffit pas d'une définition générique, c'est-à-dire d'une appartenance à une sphère d'activité. Le savoir peut être donc un objet, dès lors qu'il existe comme connaissance commune (partagée, collective) des sujets d'une institution et que cette connaissance est publique dans l'institution.

On remarque alors combien l'analyse a priori de la tâche (Schubauer-Leoni et al. ; Tartas & Perret-Clermont) est un outil important dans le contrôle des attributions. Elle permet en effet au chercheur de ne pas procéder « de chic » aux attributions, comme le font les agents des institutions observées. L'analyse a priori permet de déclarer les objets et les attitudes décisifs, pour le chercheur, dans la manifestation de telle connaissance. Dans les cas épistémologiquement bien décrits, ou lorsque le régime épistémologique de l'activité n'est pas interrogé, l'analyse a priori n'a plus cours (Tiberghien & Küçüközer ; Gueudet ; Andreucci). Dans ceux où elle n'est pas envisageable, parce que la tâche ne semble pas définissable par avance, c'est une analyse a posteriori qui en joue le rôle, anticipant de fait de nouveaux travaux (Froment ; Veillard ; Coppé).

Le travail de l'idée d'attribution de connaissances à X conduit à interroger la position de l'attributeur Y tout autant que celle de l'attributaire X et que ces positions qu'il faut déclarer définissent la nature institutionnelle de l'objet O dont X montre qu'il le connaît : O doit exister pour Y aussi. O est donc soit un objet qualifié de sensible, soit un objet insensible mais présent dans l'institution et auquel le rapport de O est idoine. Si la connaissance n'est pas attribuée par Y qui appartient à l'institution où X déploie son activité c'est soit, que O n'est pas présent pour Y bien que ce soit un objet pertinent pour X, soit que O n'est pas présent du tout pour X comme pour Y mais seulement pour l'observateur extérieur à l'institution. Symétriquement, il devient nécessaire de s'interroger sur la définition des objets qui ne sont plus des données invariables mais dont les propriétés et la définition dépendent aussi des institutions pour lesquelles ils existent, c'est-à-dire dans lesquelles un sujet peut établir un rapport avec ces objets qualifié d'institutionnels parce qu'ils doivent dorénavant être décrits avec leur institution, si la description ne se suffit pas de leur définition générique, c'est-à-dire de leur appartenance à une sphère d'activité. Le savoir peut être un objet, dès lors qu'il existe comme connaissance commune (partagée, collective) des sujets d'une institution et que cette connaissance est publique dans l'institution.

Nous pouvons, au terme de la recherche, obtenir une proposition d'organisation des connaissances antérieures dont nous avons pu observer la dynamique. Nous avons dû en effet articuler trois niveaux de description, selon les dimensions temporelles des connaissances observées.

- Le premier niveau correspond à l'évolution de *connaissances* proprement dites, dans une activité organisée, en TP, ou en ateliers. Cette production visible d'un domaine d'expérience peut à terme légitimer les autres niveaux de l'étude par le phénomène *d'attribution institutionnelle*. Ces connaissances sont peu nombreuses, faiblement installées, et dépendent de leur première situation d'émergence, à laquelle elles sont attachées (Andreucci ; Gueudet & Julo). Leur description, dans le cadre même des situations didactiques (Tiberghien &

Küçüközer ; Tartas & Perret-Clermont), est pourtant essentiel à la compréhension des phénomènes de régulation des interactions collectives (Schubauer-Leoni et al. ; Veillard) parce que le point de vue sur les élèves permet de fonder les interprétations relatives au travail du professeur et au fonctionnement du système. C'est donc sans doute dans le cadre de la question du développement que ces problèmes devront être traités.

- Le deuxième niveau correspond à une dynamique d'*apprentissage* fondée sur la reprise dans le travail de synthèse effectué sous la direction du professeur. Celui-ci est alors le médiateur de l'*entrée dans un corps de savoirs*, et agit conformément à l'attente de ce que doit être le *phénomène scolaire*. Cette question est centrale chez Froment, qui observe justement la constitution d'une discipline nouvelle, l'Initiation aux sciences de l'ingénieur. Il identifie d'ailleurs un phénomène qui pourrait étonner, puisque l'intervention du professeur apparaît comme un moment essentiel dans la constitution de savoirs utilisables par les élèves. Andreucci conclut dans le même sens à propos du petit objet d'enseignement qu'est la notion de volume, et Veillard retrouve un phénomène semblable avec un professeur qui, ayant pu observer les effets de deux stratégies didactiques choisies aléatoirement, convainc ses collègues d'engager une refonte de l'organisation des enseignements de son IUT : l'intervention du professeur désignant explicitement « ce qui devra (ou devait) être appris » est essentielle. Nous devons alors mentionner l'intérêt de l'expérimentation de Tartas & Perret-Clermont, puisque ces chercheurs montrent, par exemple, que l'explicitation des stratégies, dont les enfants formés par étayage ou par instruction sont capables, n'a d'effet que si l'autre enfant en accepte la pertinence et s'en empare.

- Le troisième niveau correspond à la dynamique de *développement* invisible à l'échelle temporelle d'une séquence, et suppose par conséquent l'entrée au long-cours dans des domaines d'expérience organisés en disciplines d'enseignement : l'observation sur l'année (Froment) en montre des traces, en conjuguant les diverses dimensions temporelles de l'expérience scolaire d'un corps de savoirs. Il semble que le développement soit une opération de longue haleine parce que la somme des transformations nécessaires est telle, que les interventions d'enseignement sont bien trop partielles pour avoir un effet (Andreucci). Cependant, Tiberghien & Küçüközer montrent, grâce à l'analyse de la dimension langagière des connaissances que permet la description en facettes, qu'une évolution est observable lorsque l'intervention enseignante porte sur les objets mêmes qui constituent les facettes et les introduit de manière réglée. Et cette position permet en retour d'interpréter, dans le cadre du développement, de nombreux phénomènes semblant relever d'abord du domaine des connaissances, qu'il s'agisse du développement professionnel et de la constitution du système d'activité d'une profession (Coppé ; Veillard) ou du système des objets supportant le système d'activité d'une discipline et son évolution (Schubauer-Leoni et al., Froment).

2. Dynamique des connaissances dans une institution ou entre institutions

Il s'agit ici de rendre compte du fait que les phénomènes d'attribution ne sont pas seulement déterminés par l'interaction libre entre personnes mais sont contraints par les types de relations institués dans les systèmes de formation. Nous montrons en effet que les personnes pensent avec les outils que leur appartenance à une institution leur rend disponibles, et cela est plus nettement visible dès que l'on s'interroge sur les dynamiques d'évolution à l'oeuvre.

2.1 L'observation de connaissances antérieures

Cette observation est motivée par celle des effets de ces connaissances sur la dynamique des apprentissages. Le rappel de l'enjeu permet de sélectionner quelques cas méritant la

discussion.

- Les rapports à un domaine d'expérience absent, l'encombrement.

Les obstacles à la formation d'un rapport efficace aux questions de volumes sont nombreux, puisque la mesure des longueurs est un problème récurrent des mathématiques, depuis le mythe fondateur autour de Thalès mesurant la hauteur inaccessible de la pyramide ou l'inaccessible distance d'un bateau en mer jusqu'aux avancées récentes du siècle dernier et les questions nouvelles introduites avec les fractales, ces courbes pouvant remplir une surface (Andréucci). Ces obstacles sont redoublés par le fait que les pratiques quotidiennes jouent sur l'ambiguïté de la relation encombrement / volume. Le fait que les mathématiques enseignées soient très largement en retard sur les pratiques sociales ordinaires fait ici problème car la notion de volume ne peut plus se construire autour de celle de contenance d'un liquide qui supposait une expérience de transvasement. Le problème se redouble d'une difficulté mathématique relative aux grands nombres – puisque les volumes croissent comme le cube des longueurs – et d'une difficulté conceptuelle due à la fois à la concurrence des schèmes additifs, et à l'inexistence des schèmes de traitement multilinéaire. Or ces objets de savoir manquent, dans l'expérience scolaire.

- Les rapports à des domaines d'expérience précédents, les automatismes et les mathématiques.

L'introduction d'un enseignement d'initiation à un type de pratique sociale mobilisant des savoirs techniques dans une organisation complexe pose brutalement des questions de transfert dont on connaît la difficulté. Le découpage de la tâche dans le cadre de TP de longue durée, réalisés en quasi indépendance par les élèves, suppose une anticipation professorale de l'organisation des savoirs anciens mobilisables, et des savoirs nouveaux appelés et explicités par la situation. L'observation montre que la dynamique relationnelle des groupes d'élèves change radicalement ce qui est travaillé par les élèves, et que la faible institutionnalisation des savoirs rencontrés dans ce cadre fait la part belle aux savoirs déclarés dans la synthèse professorale au cours de laquelle les connaissances apprises se transforment en expérience faiblement organisée. Les connaissances antérieures mobilisées demeurent tout aussi implicites que les connaissances formées (au point que le professeur ne voit pas les erreurs mathématiques grossières d'un groupe d'élèves), mais l'attribution d'expérience faite par le professeur aux élèves semble pourtant permettre le développement d'un enseignement efficace, sans que pour l'instant on sache définir comment cela se produit.

2.2 L'attribution de connaissances

- Les rapports à un domaine de savoirs identifié, le calcul du périmètre d'un cercle.

Le rapport des élèves au calcul du périmètre d'un cercle (Froment) n'est pas idoine, comme si la situation réelle (enroulement d'une toile autour d'un tube) ne relevait pas de cette modélisation. On retrouve à ce propos la question étymologique du volume! Il est vrai que le modèle donne une réponse tout à fait approximative, chaque tour étant plus long que le précédent, mais nous n'avons pas observé de débat sur cette question. Il semble plutôt que des connaissances externes aux savoirs explicitement identifiés – des sciences de l'ingénieur – ne soient mobilisables qu'à la demande du professeur, sous contrat donc. Il en va autrement pour le professeur qui les considère comme aussi primitives que l'addition ou la multiplication, et attribue ces connaissances aux élèves même lorsqu'ils ne la possèdent pas.

- Les rapports à un domaine d'expérience évoqué, le calcul arithmétique des volumes.

Nous avons ici le cas d'une connaissance antérieure qui fait obstacle. Non seulement les élèves raisonnent sur les volumes comme si cette grandeur était proportionnelle à la longueur, mais ils ne maîtrisent pas les grands nombres que la manipulation des systèmes d'unités unifiés implique. Par exemple, imagine-t-on le nombre de millimètres cubes d'une feuille de post-it de 5 cm sur 7 cm ? Sachant que l'épaisseur d'un bloc de 100 feuilles est de 1 cm, le

volume du bloc est de $10 \times 50 \times 70 = 35\,000 \text{ mm}^3$, soit 350 mm^3 par feuille! Des nombres aussi grands pour des objets aussi petits dépassent les usages ordinaires, et si les techniques de calcul ne sont pas validées, chacun fera une erreur lui permettant de revenir au résultat qui lui semble plausible. La constitution d'une expérience de ce phénomène est essentielle mais l'obstacle n'existait pas lorsque l'enseignement des volumes était construit sur les systèmes d'unités de contenance. Un tel problème est issu de l'introduction des systèmes d'unités ramenés aux quatre grandeurs fondamentales (MKSA).

- Les rapports à un domaine de pratiques identifié, le calcul d'échelles en géographie.

La tâche proposée par Schubauer-Leoni et al. permet de reproduire des phénomènes venus d'une ambiguïté. L'obtention d'un agrandissement résulte ordinairement de l'utilisation d'échelles, mais il est, dans ce cas, demandé de le produire directement. Ainsi, la tâche semble appartenir à l'institution « géographie » alors qu'elle est directement importée de l'institution « mathématiques » avec la mobilisation d'opérateurs multiplicatifs. Dans ces contextes, les quiproquos entre professeurs de ces deux institutions sont nombreux, et leur observation permet de comprendre les mécanismes d'attribution qui se retrouvent le plus souvent indus.

2.3 La dynamique scolaire des connaissances et du savoir

La dynamique des connaissances nécessite, pour être décrite, de disposer d'un outil de granularité plus faible que la connaissance observée. C'est seulement à ce prix que l'on pourra voir l'évolution de la connaissance chez un apprenant. L'outil *facettes* utilisé permet un tel travail d'analyse. Il a permis, dans le cas de la mécanique, de montrer la quantité importante de facettes que les élèves devaient mettre en jeu pour que se construisent certaines connaissances complexes. Les mécanismes observés, dans l'étude de cas de Tiberghien & Küçüközer, montrent l'importance de l'accrétion de facettes, pour construire des petits ensembles qui prennent du sens dès que leur taille devient suffisante. Il est apparu que certaines facettes étaient régulièrement utilisées alors que d'autres n'apparaissaient qu'une fois. De la complexité, due à l'abondance des facettes mises en jeu, on peut déduire la nécessité de fournir à l'apprenant des situations suffisamment riches, des périodes d'apprentissage suffisamment longues, et des occasions de retour en arrière suffisamment nombreuses.

3. Conclusion

Au delà de notre objet à proprement parler, qui est l'intervention et le devenir des connaissances antérieures des élèves dans la dynamique des apprentissages, nous avons été amenés à regarder comment ces connaissances sont activées, en situation. Les phénomènes d'attribution induite ou de non attribution que nous avons identifiés montrent que la complexité des situations d'interaction d'enseignement et d'apprentissage est plus grande qu'on le pense d'ordinaire. Cette complexité se retrouve en effet même dans les interactions entre pairs dès que l'un est instruit et l'autre non, ou plutôt, dès que l'un porte envers l'autre une intention de transmission de connaissances ou de savoirs. Nous qualifions pour cette raison ces derniers « sensibles dans l'interaction ». L'entrée en interaction suppose la recherche d'un accord sur ce qui ne fait pas problème – et qui servira de support partagé – et sur quoi les sujets tentent d'anticiper, pour un motif probable d'économie de la relation. Ce motif supposerait une preuve spécifique, que nous ne donnons pas.

La dissymétrie de la relation produit alors des phénomènes particuliers. Nous pouvons observer que le plus souvent c'est en position de professeur qu'un agent attribue indûment des connaissances – ou n'en attribue pas – alors que l'observateur extérieur, hors de la temporalité

de l'interaction, peut témoigner de leur présence. On peut le comprendre dans le cas où, par exemple, certains objets pertinents dans une situation particulière d'enseignement peuvent n'avoir jamais eu le statut d'objet sensible. Ils peuvent alors manquer à certains des acteurs sans que l'institution ait prévu d'y remédier. La connaissance antérieure de tels objets peut alors être considérée comme utile pour traiter la situation bien qu'elle manque dans l'institution qui ne les juge pas utiles. Cette absence institutionnelle interdit donc à l'agent en position de professeur d'en attribuer le manque à son élève.

Ces phénomènes de malentendus et d'aveuglement semblent typiques de la forme particulière des interactions didactiques. Ils se retrouvent dans des situations aussi diverses que la formation d'ingénieurs en alternance ou de professeurs, l'enseignement du volume ou de la cartographie en Sixième, les TP de physique ou d'ISI en Seconde. Leur identification renouvelle les travaux premiers sur le contrat didactique, conduits en didactique des mathématiques dans les années 80, et qui avaient montré l'existence d'un système d'attentes réciproques entre professeur et élèves.

Références

- Altet, M. (1994). La formation professionnelle des enseignants. Paris : PUF.
- Andreucci, C. (2003). Comment l'idée d'instabilité du volume vient aux enfants. *Enfance*, 2, pp. 139-158.
- Bachelard, S. (1979). Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles. In P. Delattre & M. Thellier (Eds.), *Elaboration et justification des modèles* (Vol. 1, pp. 3-19). Paris: Maloine S.A.
- Baruk, S. (1992). *Dictionnaire des mathématiques élémentaires*. Paris : Dunod. 1992.
- Bednarz, N., & Garnier, C. (Eds.). (1989). *Construction des savoirs*. Ottawa: CIRADE, Editions d'agence d'ARC.
- Bolon, J. (1996). Comment les enseignants tirent-ils partie des recherches en didactique des mathématiques ? Paris : Université Paris 5.
- Brousseau, G & Centeno, J. (1991). Rôle de la mémoire didactique de l'enseignant. Recherche en didactique des mathématiques, vol 11 n° 2. 3. Grenoble : La Pensée sauvage.
- Buty, C. (2000). *Étude d'un apprentissage dans une séquence d'enseignement en optique géométrique à l'aide d'une modélisation informatique*. Thèse non publiée, Université Lumière Lyon 2, Lyon.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Cazes C., Gueudet G., Hersant M., et Vandebrouck F. (2006). Utilisation de bases d'exercices en ligne : quelles conséquences pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques ? *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques*, IREM Paris 7.
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. Recherche en didactique des mathématiques, vol 19 n° 2. Grenoble : La Pensée sauvage.
- Chevallard, Y. (2001). Organiser l'étude. Ecologie et régulation. In *Actes de la onzième école d'été de didactique des mathématiques*. Corps Août 2001. Coordonné par J. L. Dorier. Grenoble : La pensée Sauvage.
- Closset, J.L. (1983). *Le raisonnement séquentiel en électrocinétique*. Thèse 3ème cycle,

- Université Paris 7.
- Closset, J.-L. (1989). Les obstacles à l'apprentissage de l'électrocinétique. *Bulletin de l'union des physiciens*, 716, pp. 931-950.
- Conne, F. (1992). Savoir et connaissance dans la perspective de la transposition didactique. *Recherche en didactique des mathématiques*, vol 12 n° 2/3. Grenoble : La Pensée sauvage.
- Durand, M. (1996). *L'enseignement en milieu scolaire*, Paris : PUF.
- Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine, registres sémiotiques et apprentissage intellectuels [Semiosis and human thought, semiotic registers and intellectual learning]*. Berne: Peter Lang.
- Gonseth, F. (1926). *Les fondements des mathématiques : de la géométrie d'Euclide à la Relativité générale et à l'intuitionnisme*. Réédition A. Blanchard 1974.
- Grossen, M., Liengme Bessire, M.-J., Perret-Clermont, A.-N.(1997). Construction de l'interaction et dynamiques socio-cognitives dans Grossen et Py (Eds), *Pratiques sociales et médiations symboliques* (pp 221-247). Berne : Peter Lang.
- Guillaud, J.-C. (1998). *Enseignement et apprentissage du concept de force en classe de troisième*. Thèse non publiée, Université Joseph Fourier Grenoble 1, Grenoble.
- Guin, D et Trouche, L. (2004) Intégration des TICE : concevoir, expérimenter et mutualiser des ressources pédagogiques. *Repères*. n°. 55. pp. 81-100, Topiques éditions, Metz.
- Halbwachs, F. (1974). *La pensée physique chez l'enfant et le savant*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- Koyré, A. (1990). Cohérence de la physique aristotélicienne. In *Leçons de physique. Aristote* (pp. 375-380). Paris: Presses pocket.
- Koyré, A. (1990). Physique moderne et physique aristotélicienne. In *Leçons de physique. Aristote* (pp. 380-386). Paris: Presses pocket.
- Kuhn, T. S. (1972). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris: Flammarion.
- Lalande, A. (2002). *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*. PUF – Quadrige.
- Lenfant, A. (2002). De la position d'étudiant à la position d'enseignant : l'évolution du rapport à l'algèbre de professeurs stagiaires. Thèse de l'université de Paris 7.
- Luria, A. R. (1961). *The role of speech in the regulation of normal and abnormal behavior*. New York: Irvington.
- Marro-Clément, P. (1999). "Deux enfants, un problème technique, une solution: analyse interlocutoire de la construction interactive d'un raisonnement." *Verbum XXI*(2): pp. 175-189.
- Marro-Clément, P., Trognon, A., & Perret-Clermont, A.-N. (1999). Processus interlocutoires dans une tâche de conservation de liquides. In M. Gilly, J.-P. Roux & A. Trognon (Eds.), *Apprendre dans l'interaction. Analyse des médiations sémiotiques* (pp.163-180). Nancy et Aix en Provence: PUN et Publications de l'Université d'Aix en Provence.
- McCloskey, M. (1983). L'intuition en physique. *Pour la science*, 68, pp. 68-76.
- Menotti, G. (2001). Pratiques institutionnelles et contrat didactique lors du processus d'enseignement de la notion de volume au collège. Thèse de l'université Paris V.
- Minstrell, J. (1992). Facets of students' knowledge and relevant instruction. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.), *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (pp. 110-128). Kiel: IPN.
- Niedderer, H., & Schecker, H. (1992). Towards an Explicit Description of Cognitive Systems for Research in Learning Physics. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Eds.), *Research in Physics Learning - Theoretical Issues and Empirical Studies. Proceedings of an International Workshop in Bremen*, (pp. 74-98). Kiel: IPN.
- Perret-Clermont, A.-N et Nicolet, M.(2001). *Interagir et connaître, enjeux et régulations sociales dans le développement cognitif*, Paris : L'Harmattan.

- Perret-Clermont, A.N., Schubauer-Leoni, M.L. & Grossen, A. (1996). Interactions sociales dans le développement cognitif: nouvelles directions de recherche. In A.N. Perret-Clermont (Ed.), *La construction de l'intelligence dans l'interaction sociale*. pp. 45-55, Berne: Peter Lang.
- Piaget, J., Inhelder, B. (1941). *Le développement des quantités chez l'enfant*, Neuchâtel & Paris: Delachaux & Niestlé, (plusieurs rééditions sous le titre "le développement des quantités physiques chez l'enfant").
- Piaget, J., Inhelder, B., Szeminska, A. (1948). *La géométrie spontanée de l'enfant*. Paris : PUF, 1973, 2ème éd.
- Pian, J. (1999). Diagnostique des connaissances des étudiants de mathématiques de CAPES, vers une interprétation cognitive des apprentissages individuels. *Cahier de DIDIREM*, 34.
- Richard, J.-F. (1990). *Les activités mentales. Comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris: Armand Colin.
- Robert, A. & Rogalski, M. (2004). Problèmes d'introduction et autres problèmes de recherche au lycée. *Repère IREM* n° 54.
- Robert, A. (2000). Connaissances mathématiques actuelles des futurs enseignants, connaissances mathématiques (et didactiques) potentielles. *Séminaire de DIDIREM*.
- Robert, A. (2001). Les recherches portant sur les pratiques des enseignants et les contraintes de l'exercice du métier d'enseignant. *Recherche en didactique des mathématiques*, vol 21 n° 1, 2. Grenoble : La Pensée sauvage.
- Roth, W.-M., McRobbie, C. J., Lucas, K. B., & Boutonné, S. (1997). The local production of order in traditional science laboratories: A phenomenological analysis. *Learning and Instruction*, 7(2), pp. 107-136.
- Saltiel, E. (1978). *Concepts cinématiques et raisonnement naturels: étude de la compréhension des changements de référentiels galiléens par les étudiants en sciences*. Université Paris 7, Paris.
- Schubauer-Leoni, M.-L., & Perret-Clermont, A.-N. (1997). Social Interactions and Mathematics Learning. In P. Bryant & T. Nunes (Eds.), *Learning and Teaching Mathematics. An International Perspective* (pp. 265-283). Hove: Psychology Press Ltd.
- Sensevy, G., Mercier, A & Schubauer Leoni, M. L. (2000). Vers un modèle didactique de l'action du professeur. A propos de la course à 20. *Recherche en didactique des mathématiques*, vol 20/3. Grenoble : La Pensée sauvage.
- Shulmann, L.S. (1986). « Those who understand: knowledge growth in teaching ». *Educational Researcher*, 15, 2, pp. 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching : foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, Vol 57, 1, pp 1-22.
- Tartas, V. & Perret-Clermont, A.-N.(soumis), Socio-cognitive dynamics in dyadic interaction: how to work together to solve Kohs cubes? *European Journal of Developmental psychology*.
- Tartas, V., Perret-Clermont, A.-N., Marro, P. et Grossen, M. (2004). Interactions sociales et appropriation de stratégies par l'enfant pour résoudre un problème : quelles méthodes ?, *Bulletin de Psychologie, Numéro Spécial Développement, fonctionnement : perspective historico-culturelle* ».
- Tiberghien, A. (2003). Des connaissances naïves au savoir scientifique. In M. Kail & M. Fayol (Eds.), *Les sciences cognitives et l'école. La question des apprentissages* (pp. 353-413). Paris: Presses Universitaires de France.
- Tiberghien, A., Buty, C., Cordier, F., Cornuéjols, A., Veillard, L., Laborde, C., et al. (2002). *Des connaissances naïves au savoir scientifique*. Paris: Programme École et Sciences cognitives.

- Tochon, F. (1989). A quoi pensent les enseignants quand ils planifient leurs cours ? *Revue Française de Pédagogie*, n° 86, pp. 23-33.
- Vergnaud, G. et al. (1983). Didactique et acquisition du concept de volume, *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 4.1.
- Vermersch, P. (1994). *L'entretien d'explicitation en formation initiale et en formation continue*. Paris : ESF Éditeurs.
- Viennot, L. (1996). *Raisonnement en physique. La part du sens commun*. Bruxelles: De Boeck.
- Vygotski, L. (1985) *Pensée et langage*. Paris : Messidor.
- Weil-Barais, A. (Ed.). (1993). *L'homme cognitif*. Paris: Presses Universitaires de France.