LA GESTION D'UNE SITUATION « OUVERTE » EN MATHÉMATIQUES : QUESTIONS D'EXPERIENCE ET DE RAPPORT AU SAVOIR

Magali HERSANT
Maître de conférences, IUFM des Pays de la Loire
CREN
magali.hersant@paysdelaloire.iufm.fr

Résumé
Cette communication qui est issue d'un travail dans le cadre d'une recherche INRP concerne l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire et se situe dans le cadre de la didactique des mathématiques. Son objet est de comparer la gestion effective d'une même situation ouverte par deux enseignants d'expérience inégale : un instituteur maître formateur et un professeur des écoles stagiaire. L'étude comparative s'effectue selon plusieurs axes relatifs à la menée de la séance par les deux enseignants : problème mathématique posé, organisation du travail dans la classe, situation mathématique réellement proposée aux élèves et traitement des propositions des élèves, gestion du tableau. Elle permet finalement de questionner le rôle de l'expérience et celui du rapport au savoir dans l'organisation du débat dans la classe.

En mathématiques, à l'école élémentaire, les situations « ouvertes », dont les situations de débat, constituent des lieux privilégiés pour travailler à la fois la résolution de problèmes et les activités langagières. Les programmes actuels incitent d'ailleurs, après les travaux du groupe ERMEL (ERMEL, 1999), à proposer aux élèves des « problèmes pour chercher » qui conduisent entre autres les élèves à exposer et argumenter leur réponse. Mais il est reconnu que la gestion de ces situations encore peu habituelles en classe de mathématiques est relativement difficile, en particulier pour les jeunes enseignants (Douaire et al., 2003). De ce fait, ces situations interrogent la didactique des mathématiques à plusieurs titres. Les questions portent d'abord sur les apprentissages mathématiques des élèves. D'autres questions concernent les pratiques effectives et la formation d'enseignants : comment les professeurs gèrent-ils ces situations en mathématiques ? En quoi leur gestion dépend t-elle de l'expérience d'enseignement du professeur ? Comment former des enseignants à la pratique du débat en classe ?

Dans cette communication, nous abordons ces questions à partir de l'étude comparative de deux séances relatives à une même situation « ouverte » en mathématiques au cycle 3. L'une est menée par un instituteur maître formateur et l'autre par un professeur des écoles stagiaire. L'objet de la comparaison est de comprendre comment les deux enseignants gèrent l'avancée de la situation et de questionner le rôle éventuel de leur expérience dans les décisions qu'ils prennent. La situation étudiée et le cadre de l'analyse sont présentés dans la première partie de ce texte. La comparaison du déroulement effectif dans les deux classes à partir de l'analyse de certains épisodes des séances, en termes d'apprentissage des élèves et de gestion du débat dans la classe, fait l'objet de la seconde partie. En conclusion, nous questionnons les pratiques observées au regard des expériences d'enseignement et du rapport aux mathématiques des deux enseignants.

I – LA SITUATION ÉTUDIÉE ET LE CADRE DE L'ANALYSE

Nous proposons une analyse didactique qui vise d'une part à comprendre la façon dont les deux professeurs gèrent l'avancée de la situation dans la classe et, d'autre part, à envisager les effets de cette gestion sur l'activité mathématique des élèves et leurs apprentissages. Les références théoriques sont principalement celles de la théorie des situations (Brousseau, 1998), notamment la notion de contrat didactique et de répartition de responsabilité entre le professeur et les élèves dans la construction des savoirs et connaissances dans la classe et celle de milieu (Brousseau, 1996 ; Perrin-Glorian & Hersant, 2003).

I – 1 La situation proposée aux élèves

Le problème étudié, dit « Des trois nombres qui se suivent », est extrait de ERMEL (ERMEL, 1999) et conçu pour des élèves de cycle 3. Etant donné un nombre entier naturel *n* quelconque il s'agit de déterminer s'il peut s'écrire comme la somme de trois nombres qui se suivent. L'ensemble des nombres qui vérifient cette propriété mathématique que nous noterons P par la suite est l'ensemble des multiples de trois.

I – 1.1 Le déroulement prévu

Le problème a été choisi d'un commun accord entre les deux enseignants et le chercheur. La préparation de la situation a aussi été commune. Pour la première séance, l'objectif est que les élèves résolvent le problème pour les nombres 15, 96 et 46, argumentent et débattent à propos des preuves proposées. Les élèves n'auront pas de calculatrice à disposition. Pour les élèves les plus en difficulté lors de la recherche pour 96, il est convenu de proposer le nombre 36. Le déroulement prévu est le suivant. D'abord, poser le problème pour le nombre 15 de façon à s'assurer que les élèves ont bien compris la consigne et en faire une résolution collective, principalement orale. La consigne choisie est « Le nombre 15 peut-il s'écrire comme la somme de trois nombres qui se suivent ? Oui ? Non ? Pourquoi ? ». Ensuite, individuellement et par écrit, les élèves résolvent le problème pour 96 (éventuellement 36), avec une consigne identique. Après la correction de cette question, les élèves cherchent par groupe une solution pour 46 et réalisent une affiche reprenant leur réponse. S'il reste du temps, le professeur demande aux élèves de trouver d'autres nombres « qui marchent » et éventuellement d'émettre une hypothèse sur l'ensemble des nombres (« tous les nombres ») qui vérifient la propriété. Il est plutôt prévu que ces questions fassent l'objet des séances suivantes, conformément à la situation telle qu'elle présentée dans ERMEL.

I – 1.2 Analyse a priori de la situation

L'objet de cette analyse est double : étudier les procédures de résolution possibles pour les élèves ; déterminer les potentialités adidactiques de la situation et les interventions nécessaires de l'enseignant.

La situation de la première séance est composée d'une suite de trois petites situations semblables. Dans les deux premières, les nombres vérifient la propriété P, ce qui n'est pas le cas de la troisième.

Lorsque les nombres vérifient la propriété

Raisonnons d'abord sur le cas du nombre 15. Il est assez simple de trouver une décomposition correcte en procédant par essais successifs en partant de la suite 1, 2, 3.

Pour résoudre le problème les élèves peuvent :

a) Établir une conjecture de type “ oui ” et chercher une décomposition par essais successifs ;
b) Chercher une décomposition (par essais successifs) sans véritablement établir de conjecture ;
c) Établir une conjecture de type “ non ” et en chercher une preuve.

Lors du travail individuel, la validation d'une solution va venir essentiellement du contrôle du respect des contraintes. Les élèves n'ont pas de calculatrice à disposition, des erreurs peuvent donc subsister à ce niveau. Par ailleurs, pour un élève qui s'engagerait dans la procédure c, la seule rétroaction possible de la situation elle-même serait qu'il trouve (par hasard) la décomposition correcte. Cela suppose donc qu'il n'a pas réellement établi de conjecture “ non ”. Lors de la mise en commun, les rétroactions vont par contre pouvoir venir des autres élèves qui peuvent proposer des arguments contre les propositions faites. Il est donc possible que la situation soit résolue avec un minimum d'interventions de l'enseignant.

Pour 96, il devient plus laborieux de procéder par essais successifs. Cependant, on peut penser à trouver la suite correspondante en effectuant une division par 3 de 96. Pour traiter ce cas, il devient un peu plus important d'établir une conjecture.

I – 1.3 Lorsque les nombres ne vérifient pas la propriété

Le cas de 46 est plus compliqué que les précédents, en particulier car la preuve fait appel d'une part au caractère discret de l'ensemble des entiers naturels et d'autre part à la croissance de la fonction somme sur les entiers naturels. Or ces propriétés sont à la fois subtiles, transparentes et intuitives pour les élèves. Cela peut nuire à l'instauration d'un débat dans la classe. En effet, au niveau du cycle 3, les élèves vont pouvoir prouver que 46 ne se décompose pas en la somme de trois nombres consécutifs en indiquant que :

- la somme de 14, 15 et 16 vaut 45 ;
- celle de 15, 16, 17 vaut 48 ;
- 46 est compris entre 45 et 48 et on ne peut pas l'atteindre.

La preuve consiste donc non plus à exhiber un triplet correct mais à mettre en relation des arguments pour effectuer, finalement, un raisonnement par l'absurde.

Si un élève conjecture que 46 peut se décomposer en la somme de trois nombres consécutifs et produit un triplet qui permet, à son avis, de le montrer, il est assez facile prouver que le triplet ne convient pas car il ne respecte pas une des contraintes. Dans ce cas, les rétroactions peuvent facilement venir soit de l'élève qui contrôle son résultat, soit des autres élèves de la classe. Dans le cas où l'élève fait la conjecture correcte mais produit une preuve erronée, il sera peut être plus difficile pour les autres élèves de la classe de réagir aux arguments proposés. Des interventions de l'enseignant sont donc à prévoir à ce moment.

I – 2 Les enseignants et les classes

La situation a été menée et filmée dans deux classes de cycle 3 de la même école, en ZEP, par deux enseignants d'expérience très inégale. Le professeur A est maître formateur et mène la séance dans la classe A qui est le CM1 – CM2 d'une de ses collègues. Le professeur B est une stagiaire de l'IUFM qui mène la séance dans une classe de cycle (CE2-CM1-CM2) qui est la classe habituelle du maître formateur et que nous appellerons classe B. La stagiaire a une licence de mathématiques, ce qui n'est pas le cas du maître formateur. La classe B est réputée plus « difficile » que la classe A, les élèves sont un peu plus en difficulté.

La séance est d'abord réalisée dans la classe A, puis dans la classe B. Le professeur A assiste à la séance menée par le professeur B et réciproquement.

I – 3 Outils d'analyse des interactions observées

Pour l'analyse des interactions didactiques nous considérons deux niveaux (Hersant, 2004). Un niveau global qui correspond à la fonction didactique de l'interaction dans le déroulement du débat, du point de vue du professeur. Un niveau local qui correspond à la façon dont l'interaction est gérée entre les interlocuteurs.

Parmi les interactions observées celles qui correspondent aux propositions formulées par les élèves pour répondre à la question mathématique sont essentielles puisque les objectifs de la séance concernent la formulation de propositions et l'argumentation. Pour l'analyse des propositions d'élèves nous prenons en compte les caractéristiques suivantes qui sont indépendantes :

- conjecture : est-ce que l'élève a établi une conjecture mathématique ? Est-ce qu'il l'explicite ? Cette conjecture est-elle correcte ?
- justification : est-ce que l'élève donne explicitement une justification de sa réponse ? Cette justification prend-t-elle en compte explicitement une, deux, trois ou quatre contraintes ? Est-ce que l'élève propose une décomposition possible ? Si oui, cette décomposition est-elle correcte ?

La proposition d'une décomposition n'implique pas que l'explicitation des trois contraintes (ni même le respect de la contrainte somme). Ainsi proposer une décomposition ne peut pas vraiment avoir valeur de preuve mathématique tant que le respect des contraintes n'est pas explicité. Pour autant, dans certains cas il peut apparaître évident pour les élèves que ces contraintes sont respectées.

La façon dont les propositions des élèves sont traitées par l'enseignant correspond entre autres à une répartition des responsabilités entre le professeur et les élèves et va refléter certains aspects du contrat didactique mis en place dans la classe. Pour chacune des caractéristiques, le professeur peut choisir de l'évaluer, de renvoyer l'évaluation à la classe, à certains élèves de la classe ou à l'élève qui fait la proposition.

II – ÉLÉMENTS DE COMPARAISON DES DEUX SÉANCES

L'étude linéaire comparative des deux séances permet de repérer des différences et des similitudes dans la gestion de la situation par les enseignants A et B. Globalement, il n'y a pas d'écart majeur par rapport à la préparation. Cependant, dans la classe A, la séance va au-delà de ce qui était prévu puisque l'idée que les nombres multiples de trois pourront toujours admettre une décomposition est donnée, tandis que dans la classe B, la séance se clôt sur l'exemple de 96. Les séances ont la même durée (1 h 10 environ) mais le nombre de tours de parole observés dans la classe B est beaucoup plus important que celui observé dans la classe A (plus de 800 contre environ 500). Cet écart est réparti régulièrement au cours des différences phases de la séance. Intéressons nous maintenant plus précisément à certains moments du déroulement pour préciser ce qui différencie les deux enseignants et le questionner du point de vue de l'expérience, du rapport au savoir mathématique et des apprentissages des élèves.

II – 1 La dévolution du problème

La première intervention des enseignants, qui a un rôle clé dans la dévolution du problème aux élèves, est assez différente à plusieurs niveaux.

II – 1.1 L'enrôlement des élèves dans la résolution mathématique

B n'implique pas vraiment personnellement les élèves dans le problème qui va être donné, elle s'adresse rarement directement à eux (au début, utilisation du “ *il faudra* ”, puis du “ vous ” et enfin du “ on ”, “ nous ”) :

*le problème aujourd'hui, **il faudra** bien, bien faire attention. **Faudra** toujours justifier, dire pourquoi **on** fait quelque chose, alors **faudra pas** répondre au problème en disant seulement oui, non. D'accord ? **Faudra** toujours dire oui parce que quelquehhhh quelque chose ou alors non parce que quelque chose quelque chose. D'accord ? donc aujourd'hui, je vais vraiment **vous** demander de faire ça. C'est bien, à chaque fois que **vous** répondez à quelque chose…. (inaud) c'est toujours de faire des phrases en disant parce que quelque chose. D'accord ? alors **notre** petit problème aujourd'hui, ça va être … de écrire alors écoutez bien là ça va être un petit peu compliqué au début…d'écrire des nombres d'accord ? comme une somme, une somme c'est comme une addition, de trois nombres qui se suivent. Alors là **ça paraît** un petit peu difficile. **On va… on va** se faire un exemple tous ensemble d'accord ? … alors l'exemple **tous ensemble** ça va être avec le nombre 15.*

A l'opposé, A s'adresse directement aux élèves dès le début (en gras), puis utilise une fois ou deux le “ on ” à la fin de la présentation. Il précise aussi clairement que le rôle des élèves s'inscrit dans une double logique (souligné) : logique d'apprentissage (apprendre à résoudre un problème), logique d'aide (aider un PE à apprendre son métier, aider un prof de maths de l'IUFM) :

*Donc, <u>**vous votre** rôle il est … triple</u> : d'abord, ben, <u>**vous** allez apprendre quelque</u> chose, hein, **vous** savez, **vous** savez des choses sur les nombres, **vous** savez faire des opérations, et bien aujourd'hui et puis deux autres fois, mais là ce sera avec Valérie votre maîtresse, <u>**vous** allez apprendre à résoudre un problème en utilisant ce que **vous** savez sur les nombres et sur les opérations</u>. Je peux pas en dire plus pour l'instant, donc ça c'est… <u>**vous** allez apprendre</u> quelque chose, j'espère en tout cas. Deuxième* *rôle, heu… **vous** allez aider heu … les étudiantes ben… heu … à apprendre puisque ces étudiantes vont devenir… institutrices l'année prochaine et puis heu… dans deux ans pour heu.. toi je le souhaite. Et dernière chose, et bien **pour nous**, donc Magali qu'est une professeur de maths, à l'iufm, là où on forme les maîtres et bien ce que **vous** ferez nous apprendra pour savoir comment on peut faire faire des maths aux élèves. Voilà. Aujourd'hui….. **on va**…. Certains nombres écoutez bien. Certains nombres se décomposent en une somme de trois nombres qui se suivent et d'autres pas. **On va** expliquer tout ça. Et bien aujourd'hui, **on va** apprendre à trouver ces nombres, à en trouver certains et surtout expliquer pourquoi. Je vais vous donner un exemple. … Par exemple, le nombre 15… 15 il écrit il se décompose en la somme de trois nombres qui se suivent.*

II – 1.2 La place du problème dans les apprentissages

B indique aux élèves qu'il va falloir faire attention, expliquer, justifier, dire pourquoi, faire des phrases. Le problème est " d'écrire des nombres comme une somme de trois nombres consécutifs " (B ne rappelle pas à la fin que ce qui est important est de justifier). Elle n'indique pas que cela va servir à apprendre à résoudre des problèmes. Elle place les élèves dans une logique du " faire " (cf. supra).

Au contraire, A situe le problème dans la continuité des apprentissages des élèves et leur indique clairement qu'ils vont apprendre à résoudre des problèmes et en particulier qu'il s'agit d'apprendre à trouver les nombres qui se décomposent en la somme de trois nombres consécutifs, en expliquant pourquoi (cf. supra).

II – 1.3 Le problème mathématique posé

B ne précise pas que certains nombres peuvent se décomposer comme la somme de trois nombres consécutifs et d'autres pas. Elle propose d'écrire " des " nombres comme la somme de trois nombres consécutifs. Ce choix nous amène à envisager deux conséquences opposées concernant l'activité mathématique future des élèves :

1) En parlant " de " nombres, B donne un caractère local au travail et peut laisser penser qu'on va travailler sur des nombres pris au hasard, sans s'intéresser au cas général, voire que la décomposition est possible pour tout entier. Cela est contradictoire avec la suite du problème où les élèves auront à trouver un critère qui permet de savoir si un nombre peut se décomposer ou pas comme la somme de trois nombres consécutifs ;

2) De cette façon B laisse le problème très ouvert puisqu'elle n'indique pas que qu'il y a une partition entre les nombres qui vérifient la propriété et ceux qui ne vérifient pas. Il est donc possible que cela permette finalement de mieux poser le problème pour les élèves qui " découvriront " d'eux mêmes que tous les nombres ne vérifient pas la propriété.

La suite du déroulement montre que cela n'empêche pas les élèves de penser que certains ne peuvent pas se décomposer comme la somme de trois nombres consécutifs.

L'enseignant A indique clairement que seulement certains nombres vérifient la propriété et précise que l'objet de la séance est de les trouver. Il donne ainsi un caractère plus général au problème (trouver “ ces ” nombres). Mais il ferme aussi le problème en écartant tout doute chez les élèves.

Ainsi, les deux enseignants donnent aux élèves des perspectives mathématiques différentes et induisent ainsi une activité mathématique différente. Dans un cas, il s'agit de “ faire ” sur des cas particuliers, sans se soucier de dégager des critères généraux ou bien de “ faire ” avec une assez grande ouverture ; dans l'autre cas, le problème est présenté comme un travail sur des exemples pour dégager un critère général.

II – 1.4 La difficulté du problème

B présente à plusieurs reprises le problème comme un problème difficile et “ petit ” alors que A ne donne aucune précision là-dessus au départ. Plus tard, pour le cas de 15, il précisera que c'est “ simple en fait ”.

II – 1.5 Discussion

Le caractère local que B donne au problème peut peut-être s'expliquer par le fait qu'elle n'est que de passage dans la classe. On peut aussi penser que cela est lié à une professionnalisation en cours, à une difficulté à décider de ce qui est essentiel dans une situation et à percevoir les apprentissages comme une continuité. Au contraire, A, qui est aussi de passage dans la classe de CM1/CM2, implique d'emblée plus les élèves et donne une dimension plus générale au problème en le situant dans les apprentissages. Son expérience lui permet peut être de mieux situer le problème dans la perspective d'apprentissages à long terme pour les élèves. Cependant, il semble que B laisse plus d'ouverture au problème que A, ce qui n'est pas sans conséquence sur le contrat didactique mis en place et l'argumentation à venir.

II – 2 La gestion des cas 15 et 96

II – 2.1 Le cas de 15

Le travail sur ce nombre doit permettre aux élèves de comprendre la consigne et la nécessité de respecter les critères suite (les nombres se suivent), somme (leur somme vaut 15) et termes (avoir 3 termes dans la somme). Des différences apparaissent dans la gestion de cette phase au niveau de l'organisation du travail dans la classe, de ce qui est en jeu à ce moment-là, de la façon d'expliciter et de respecter la contrainte “ les trois nombres se suivent ”, du traitement des propositions des élèves.

L'organisation du travail dans les deux classes

B donne les feuilles aux élèves et leur demande un travail individuel rapide. Ce travail est suivi d'un travail collectif et oral plus long. La recherche individuelle devrait permettre à chacun des élèves de “ rentrer ” dans le problème, mais ce moment est si court que ce n'est pas sûr. A propose directement un travail oral.

La situation réellement proposée dans les deux classes et ses enjeux

A annonce clairement que 15 se décompose comme la somme de trois nombres qui se suivent. Il ferme ainsi le problème : les élèves n'ont plus à établir de conjecture, l'enjeu est de travailler sur la justification (exhiber une décomposition de 15 et montrer qu'elle convient). Les propositions des élèves vont être du type : " 15 se décompose en la somme des trois nombres suivants ". Ces propositions d'élèves devront être acceptées ou rejetées par les autres élèves de la classe avec des arguments du type " je suis d'accord / j'accepte la proposition car les trois nombres se suivent et leur somme est 15 ".

B laisse la question ouverte (" on essaie de l'écrire comme une somme … "). Le problème va vraiment correspondre au traitement d'un premier cas, simple, qui sera l'occasion de s'intéresser particulièrement au respect des contraintes.

Explication de la contrainte " les trois nombres se suivent "

A travaille sur l'expression « trois nombres qui se suivent » à partir de la décomposition de 15 proposée par une élève, Sidonie (interaction 1) :

P : heu… Sidonie.
Si : heu .. 5×3 3 ×5.
P : j'entends pas.
Si : 3 ×5.
P : comment tu écris ça avec une somme ? 3 ×5 ?
Si : 5 +5+5.
P : 5+5+5. En effet, 15…
E : inaud[1].
P : alors pourquoi ?
Si : 3 ×5 ça fait 15.
P : en effet, 15 ça se décompose en la somme de trois nombres, mais est-ce que 5 5 5 se suivent ?
Pe : non.
P : Sidonie, regarde bien. Est-ce que 5 5 5 se suivent ?
Si : comment ça ?
E : non.
P : j'ai trois nombres … ici qui se suivent. Donc là on a bon, on a trois nombres mais ces trois nombres ne suivent pas. Donc ça ne va toujours pas. Mais on commence à comprendre déjà.

Il n'indique pas explicitement ce que signifie " trois nombres qui se suivent ", bien que l'élève ne semble pas comprendre. A la suite de cette interaction, il rejette la proposition d'un autre élève qui ne respecte pas cette contrainte (« Je ne prends pas 5+8+2 ») et en indiquant que c'est comme pour Sidonie. La signification de ce que sont " trois nombres qui se suivent " est laissée en grande partie aux élèves. Ce n'est apparemment pas un enjeu pour le professeur, ce qu'il vise plutôt c'est le respect des contraintes.

---

[1] Inaud signifie inaudible.

Dans la classe B, un élève propose à voix intelligible mais sans être interrogé la même décomposition que Sidonie. B ne relève pas cette réponse et demande de “ donner 3 nombres qui se suivent ”. Elle va alors travailler, à partir d'un exemple 1 2 3, explicitement sur la signification de l'expression “ nombres qui se suivent ” et le respect simultané des deux contraintes : ici on a trois nombres qui se suivent mais leur somme ne fait pas 15 ”, donc ça ne va pas. La façon dont B gère la parole à ce moment peut permettre de signifier qu'il faut lever le doigt pour pourvoir être interrogé. Par ailleurs, faut-il interpréter le travail spécifique sur le vocabulaire comme un préalable nécessaire pour la stagiaire ?

Le traitement des propositions des élèves

Le tableau suivant indique la façon dont A traite les différentes propositions des élèves.

Propositions		Traitement (dans l'ordre où il est effectué)
3-14	Guillaume :5 10 15	Contrainte somme : A pose la question et les autres élèves rejettent→ Rejetée. A note qu'il y a le respect de la contrainte termes. Contrainte suite : non traitée.
15-30	Sidonie 1 : 3×5	Contrainte somme : A demande à Sidonie d'écrire sous la forme d'une somme .
	Sidonie 2 : 5 5 5	Contrainte somme : A évalue. Contrainte suite : A pose la question, les élèves évaluent.
31-36	Salah : 5 8 2	Contrainte suite : A évalue et rejette la proposition. Contrainte somme : non traitée.
37-42	Coralie : 4 5 6	Contrainte somme : traitée par Coralie, spontanément. Acceptée par les autres élèves. Contrainte suite : A pose la question (Coralie ne le précise pas d'emblée) et les autres élèves valident.

Lorsqu'une proposition d'élève est erronée l'enseignant va :

- soit évaluer la contrainte respectée et demander aux autres élèves de la classe de se prononcer sur le respect de la seconde contrainte (2) ;
- soit demander directement aux élèves d'évaluer la contrainte non respectée et ne pas traiter la seconde contrainte (1) ;
- soit évaluer lui-même la contrainte non respectée et rejeter la proposition (3).

En termes de répartition de responsabilités, on peut donc dire que pour cette phase l'enseignant garde une grande part de responsabilité. Du point de vue des mathématiques, la façon dont il gère cette phase montre implicitement que pour rejeter une proposition, il suffit qu'une des contraintes ne soit pas respectée. Dans la classe B, l'étude aboutit au tableau suivant :

Propositions		Traitement
	Jeffry : 1 2 3	A la demande de B, donner 3 nombres consécutifs. Contrainte suite : donnée. Contrainte somme : traiter par les élèves.
	Mallaury : 5 5 5	Contrainte suite : des élèves évaluent spontanément cette contrainte. B n'en tient pas compte et interroge sur la contrainte somme. Contrainte somme : évaluée à la demande de B. Contrainte suite : nouvelle évaluation à la demande de B.
	E : 5 6 7	Pas traité. Temps de travail personnel.
	E : 4 5 6	Pas traité. Temps de travail personnel.
	Naïm : 4 5 6	Contrainte suite : B pose la question. Plusieurs élèves valident. Contrainte somme : plusieurs élèves valident, B décompose le travail.

Dans cette classe, une part plus importante de responsabilité est laissée aux élèves dans le traitement des propositions faites. En effet, B demande le plus possible aux élèves de valider, quelquefois même quand c'est très simple (pour la somme par exemple). Par ailleurs, B s'attache à vérifier systématiquement le respect des deux contraintes et la contrainte respectée est toujours sollicitée en premier, de façon à ne pas tuer l'intérêt de regarder le respect de l'autre contrainte.

Conclusion

Au cours de cette phase, A ferme à plusieurs niveaux la situation, sans que cela apparaisse lié à une nécessité de gestion (il le fait dès le début) : au niveau mathématique (les élèves n'auront finalement à se prononcer que sur le respect des contraintes), au niveau de la prise de décision des élèves (il évalue certaines propositions et dirige le traitement des autres). Il laisse par contre une ouverture sur la signification de l'expression “ nombre qui se suivent ” qu'il traite implicitement à travers des exemples et contre-exemples.

B laisse la situation ouverte au niveau mathématique. Elle dirige le travail sur le respect des contraintes à travers un jeu de questions mais n'évalue pas directement les réponses proposées par les élèves et demande toujours la vérification des deux contraintes. Elle laisse aussi une certaine ouverture pour ce qui concerne le travail mathématique.

A semble être essentiellement sur l'objectif “ comprendre la consigne ” tandis que B semble considérer ce moment déjà comme un moment de recherche et un entraînement à la méthode de vérification des propositions.

II – 2.2 Le cas de 96

Dans les deux classes, le travail est organisé d'abord avec une phase de travail personnel et individuel puis une phase de mise en commun.

La gestion du travail individuel

Dans la classe A, les interventions de l'enseignant concernent :

- des aspects d'organisation liés à l'utilisation d'une feuille, au début du travail surtout (6 interventions sur 27) ;
- la poursuite de la dévolution du problème (19/27) qui est soit individuelle, soit collective (renvoi à la classe la question d'un élève) ;
- l'évaluation des réponses des élèves qui représente le tiers des interventions de l'enseignant à ce moment (5/15). Cette évaluation concerne soit la valeur de vérité (2/5) mathématique de la réponse, soit la justification de la réponse (3/5). Elles sont en général associées à la poursuite de la dévolution du problème.

Ces interventions risquent de restreindre l'activité de l'élève à la recherche d'une réponse de type oui / non sans justification. De plus, elle n'incite pas à travailler sur les aspects contrôle du résultat et organisation du travail. Par ailleurs, elles " tuent " aussi le suspens sur la valeur de vérité des réponses et donc sur la source du débat.

Dans la classe B, les interventions de l'enseignante concernent la gestion du bruit dans la classe, l'organisation du travail sur feuille, la dévolution du problème. La dévolution du problème se fait notamment avec :

- un rappel à l'initiative de B sur la façon dont on répond à un problème et sur les exigences de B ;
- une précision de la façon dont on peut organiser le travail : B conseille de faire des essais.

Les interventions individuelles de B auprès des élèves n'ont pas pour fonction d'évaluer les réponses des élèves (du moins dans ce qui a pu en être retranscrit) mais de poursuivre la dévolution ou d'inciter à la validation par des questions. Lorsqu'elle circule auprès des élèves, B leur indique s'ils peuvent passer au travail sur le nombre 46 mais il ne semble pas qu'elle évalue pour autant la validité de leur réponse pour 96. Elle regarde plutôt s'ils ont produit une réponse conforme à ce qu'elle leur a rappelé au début. Ainsi, B met en place les éléments nécessaires au débat et favorise probablement la problématisation de la question.

Dans les deux classes le contrat didactique établi n'est pas le même. Dans la classe A les élèves ont la responsabilité d'une première production et peu celle de la validation tandis que dans la classe B les élèves ont la responsabilité de la première production et celle de la validation (contrôle). Ces deux contrats renvoient à des règles du débat mathématique différentes.

La gestion des mises en commun

Dans la classe A, la mise en commun consiste essentiellement en une interaction duale entre l'enseignant et l'élève Jonathan qu'il interroge. Sa proposition est : “ Oui car 96 = 31 + 32 + 33 ”. Elle est correcte mathématiquement mais l'argument suite n'est pas explicité. La fonction didactique de l'interaction semble être pour l'enseignant de conclure sur le cas de 96. En effet, A évalue la justesse de la proposition (par répétition puis en précisant “ t'as juste, tu as raison ”, “ ça marche, c'est clair ”) puis demande à l'élève d'expliciter ses arguments. Comme il n'y parvient pas, c'est un autre élève qui explicite l'argument suite qui sera validé par répétition par l'enseignant.

Dans la classe B, Jordy qui est interrogé fait d'abord une proposition erronée : 31 + 32 + 32. Des élèves réagissent sans être interrogés et B n'évalue pas la proposition de Jordy. Une fois l'erreur corrigée, B dirige l'évaluation de la proposition en demandant explicitement aux élèves de se prononcer sur le respect des contraintes suite et somme (« est-ce c'est bien des nombres qui se suivent ? » ; « est-ce que la somme ça fait bien 96 ? »). La façon dont elle pose ces questions à la classe induit un peu la réponse, mais il nous semble essentiel que la stagiaire laisse aux élèves une part de responsabilité dans la validation de la proposition.

II – 2.3 La gestion du cas 46

Dans les deux classes, plusieurs élèves ont réfléchi individuellement au problème pour 46 avant la mise en commun pour 96. Un début de résolution orale du problème pour 46 débute naturellement dans la continuité de la mise en commun sur 96.

Dans la classe B, plusieurs élèves prennent la parole pour faire des propositions ou donner d'arguments. B ne prend pas position. Elle s'affaire à permettre la circulation des idées entres les élèves en rappelant par exemple aux élèves d'écouter ce que dit un autre élève, à relancer le problème (par exemple : « on a trouvé pour 15 pour 96 … mais pour 46 on a un problème ») ou à rapprocher des propositions d'élèves (par exemple « regarde on l'a déjà fait »). Elle tient le rôle de mémoire des échanges entre les élèves et de répartiteur de la parole dans la classe. Au moment où B interrompt le débat pour lancer le travail en groupes, deux types d'arguments ont été émis dans la classe : 14 + 15 + 16 = 45 et 15 + 16 + 17 = 48 donc on ne peut pas et on ne peut pas car 46 est un nombre impair[2]. Lors de la mise en commun, les élèves qui justifient l'impossibilité de décomposer 46 en la somme de trois nombres consécutifs par le fait que 46 est impair prennent une place importante. B renvoie d'abord à la classe la possibilité de poser des questions à propos de cet argument, puis précise ce qu'est un nombre impair mais, dans le feu de l'action, se trompe ce qui ne facilite pas la suite du débat. Pour autant, il faut noter qu'elle évalue rarement les propositions des élèves, qu'elle privilégie l'échange entre les élèves. Elle facilite d'ailleurs le débat à plusieurs reprises en exploitant les cas précédemment traités comme exemple ou contre-exemple.

Dans la classe A, la première phase de travail collectif sur le nombre 46 ne permet pas d'aller aussi loin que dans la classe B. Les arguments avancés sont moins bien explicités et sont tous du type « on peut faire 45, on peut faire 48, mais on ne peut pas faire 46 ».

---

[2] Les élèves n'ont pas appris précédemment ce qu'est un nombre impair, mais c'est un argument qui a été donné par Victor et qui est repris par les autres élèves.

Lors de la mise en commun, les élèves réagissent peu aux différentes propositions et A évalue les réponses des élèves. Il n'y a pas vraiment de débat. L'attitude moins réactive des élèves dans cette classe peut être liée au contrat didactique instauré au début de la séance par le professeur A. Mais il nous semble aussi que le contrat didactique habituel de la classe où les élèves sont peu habitués à débattre joue un rôle important.

II – 3 Des aspects moins didactiques de la gestion

L'analyse comparative des deux séances fait aussi apparaître des différences dans la gestion d'aspects moins directement didactiques de la séance.

Le professeur A observe et mémorise les productions des élèves lorsqu'il circule dans la classe. Il choisit d'ailleurs ensuite les élèves qui vont aller au tableau sur la base de cette observation et sur des critères plus sociaux (place de l'élève dans le groupe classe). La stagiaire observe les productions des élèves mais ne les mémorise pas. Cela la conduit dans cette séance à envoyer au tableau en premier lieu pour la correction de 96 une élève très en difficulté qui n'a pas réussi le problème pour 96 et à qui elle a demandé de traiter le cas plus simple de 36.

A n'organise pas son tableau comme le fait B avec un coin « brouillon » où les élèves écrivent leurs propositions et un coin « propre » où elle note clairement les conclusions pour chacun des cas sous la forme « Oui on peut décomposer … en la somme de trois nombres qui se suivent car … ».

CONCLUSION

Cette étude de cas montre que l'expérience d'un enseignant n'est pas le seul élément qui intervient au niveau de l'instauration des conditions favorables à un débat en mathématiques dans une classe. Il nous semble en effet que la stagiaire par l'ouverture qu'elle laisse à la situation dès le début et le contrat didactique qu'elle instaure favorise plus l'émergence d'une discussion entre les élèves que l'enseignant A. Cette différence de gestion est-elle liée à un rapport aux mathématiques différent chez les deux enseignants ?

RÉFÉRENCES

BROUSSEAU G. (1996) L'enseignant dans la théorie des situations didactiques, in *Actes de la 8ème Ecole d'Eté de didactique des mathématiques*, in Perrin-Glorian, Noirfalise (ed), I.R.E.M. de Clermont-Ferrand, 3-46.

BROUSSEAU G. (1998) *Théorie des situations didactiques*, La pensée Sauvage.

DOUAIRE J. & AL. (2003) Gestion des mises en commun par les maîtres débutants, *Faire des maths en classe ?*,53-69.

ERMEL (équipe de didactique de mathématiques), DOUAIRE Jacques (Dir.), HUBERT Christiane (Dir.) (1999) *Vrai ? Faux ? … On en débat ! De l'argumentation vers la preuve au cycle 3*, INRP.

HERSANT C. (2004) Caractérisation d'une pratique d'enseignement des mathématiques, le cours dialogué, *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, **4(2)**, 241-258.

PERRIN-GLORIAN M. J. & HERSANT C. (2003) Milieu et contrat didactique, outils pour l'analyse de séquences ordinaires, *Recherches en didactique des mathématiques*, **23(2)**, 217-276.

UTILISATION, EN FORMATION DES PE, DU DVD « ENSEIGNER LES MATHÉMATIQUES AU CYCLE 2. DEUX SITUATIONS D'APPRENTISSAGE EN IMAGES»

Muriel FENICHEL
PIUFM
IUFM de Créteil
muriel.fenichel@creteil.iufm.fr

Catherine TAVEAU
PIUFM
IUFM de Créteil, IREM Paris 7
catherine.taveau@creteil.iufm.fr

Résumé
Cette communication a pour objectif de présenter le contenu d'un outil multimédia conçu pour la formation des enseignants du premier degré. Des pistes pour son utilisation dans le cadre de la formation initiale et continue des Professeurs des Écoles sont exposées.
La démarche d'élaboration de ce DVD, complété par un Cdrom, a pour ambition d'illustrer :

- d'une part certains concepts didactiques et pédagogiques à partir de situations de classe,
- d'autre part de fournir aux formateurs tous les outils pour la compréhension de la situation et aux enseignants tous les outils pour la mise en œuvre dans les classes.

Les deux séquences d'apprentissage présentées dans le DVD concernent respectivement un travail autour de la numération dans une classe de CP/CE1 et un autre autour de l'introduction du cercle au CE1.

I – PRÉSENTATION DU PROJET

Dans le cadre de l'IUFM de Créteil, en partenariat avec le CRDP de la même académie, nous travaillons sur l'élaboration d'outils multimédia pour la formation en mathématiques, initiale et continue, des Professeurs des Écoles.

Ce projet est né de la nécessité de renouveler les supports vidéo dont dispose le réseau national des formateurs de mathématiques en IUFM. En effet les anciens supports comportant des séances filmées dans les classes ne peuvent plus être diffusés (les copies de copies étant maintenant de mauvaise qualité) ou commercialisés puisque la réglementation concernant le droit à l'image a évolué.

La formation des Professeurs des Écoles est courte et condensée dans le temps, or elle doit permettre de développer rapidement chez les stagiaires des gestes professionnels dans des domaines où ils ne sont pas nécessairement experts : peu d'entre eux ont reçu une formation scientifique. D'autre part, le rapport qu'entretiennent ces stagiaires à la lecture de documents didactiques et/ou pédagogiques semble difficile, d'où la nécessité d'exemplifier des situations d'apprentissage par l'image afin d'essayer d'éviter le risque de dénaturation didactique des situations proposées.

Nous avons donc besoin d'outils adéquats pour rendre plus compréhensibles les enjeux de l'enseignement des mathématiques à l'école primaire aussi bien pour les futurs Professeurs des Écoles que pour les enseignants déjà titulaires.

Nous avons réalisé un premier DVD illustrant deux séquences d'apprentissages mathématiques pour des enfants de cycle 2 de l'école primaire. Ce DVD est accompagné d'un Cdrom comportant des éclairages théoriques en mathématiques et en didactique sur les thèmes abordés, des programmations possibles pour la classe, des analyses didactiques a priori et a posteriori des séances filmées ainsi que des travaux d'élèves. Dans le DVD, chaque séance filmée en classe est suivie d'un entretien avec l'enseignant.

Cet outil est élaboré de manière à pouvoir être utilisé principalement par les formateurs dans le cadre de leur travail de formation. Il est aussi accessible par des stagiaires en formation ainsi que par des enseignants titulaires, au même titre que n'importe quels autres ouvrages didactiques.

Ce premier produit multimédia présente deux séquences d'apprentissages filmées : l'une concerne l'apprentissage de l'objet géométrique « cercle » en relation avec l'utilisation du compas en CE1 et l'autre porte sur l'apprentissage de la numération, plus particulièrement sur la notion de groupement par dix dans la numération écrite chiffrée au CP et au CE1.

II – UN PRODUIT AU SERVICE DE LA FORMATION INITIALE ET CONTINUE

Afin d'élaborer un produit répondant à nos interrogations de formateurs mais aussi aux préoccupations de l'ensemble des formateurs, nous avons présenté notre projet au colloque National de la COPIRELEM de 2004 afin de constituer un cahier des charges en étroite relation avec la communauté des formateurs de mathématiques des IUFM. Nous présentons en annexe ce cahier des charges. Lors de l'élaboration du DVD et du Cdrom nous avons essayé de répondre au plus près à ces demandes.

Voici les principaux points que nous faisons émerger à partir des séances filmées :

- le concept de dévolution,
- la notion de variables didactiques ;
- la notion de situations problèmes ;
- la place de la validation ;
- l'importance et le rôle des séances d'entraînement dans les moments d'apprentissage ;
- les différents types de difficultés rencontrées par les élèves ;
- le rôle du langage dans la construction des objets mathématiques.

Nos choix concernant les deux situations filmées sont les suivants :

Deux domaines différents sont abordés

Combien de bûchettes ? Issue de la situation des fourmillons de ERMEL traite du nombre et de sa désignation écrite chiffrée.

Le petit moulin présente une approche du cercle et du disque en illustrant le lien entre l'objet technologique qu'est le compas et l'objet géométrique qu'est le cercle.

Deux situations différentes d'apprentissage sont illustrées

- *Combien de bûchettes* ? est construite comme une situation problème ;
- *Le petit moulin* est un exemple d'apprentissage en situation, mené autour d'un projet.

Des dispositifs différents, réfléchis selon les situations d'apprentissages sont présentés

- *Combien de bûchettes ?* nécessite une alternance entre travail collectif et travail de groupe ;
- *Le petit moulin* nécessite une alternance travail collectif et de travail individuel.

La variété de ces approches mathématiques, didactiques et pédagogiques doit favoriser, nous l'espérons, l'appropriation d'un bon nombre de concepts chez les stagiaires et les enseignants. Nous espérons que les formateurs, à leur tour, trouveront les ressources nécessaires dans cet outil multi média pour illustrer leurs séances de formation[1].

Nous travaillons dans le même sens à l'élaboration d'un deuxième DVD concernant l'apprentissage des mêmes notions mathématiques (la numération, le cercle) mais pour des élèves de cycle 3 de l'école primaire. Ce produit permettra de d'illustrer la nécessité de travailler sur la continuité des apprentissages.

III – UN EXEMPLE D'UTILISATION EN FORMATION DES PROFESSEURS DES ÉCOLES

Nous avons utilisé ce DVD en formation des futurs professeurs des écoles (PE2) à différents moments de la formation et notamment pour préparer leurs stages dans les classes. Voici la forme que nous avons retenue pour ce travail :

1) *Visionner la chronologie d'une séance après avoir proposé, par exemple, le questionnement suivant aux stagiaires :*
    - *Repérer les différentes phases de la séance ;*
    - *Caractériser ces phases en définissant leur rôle ;,*
    - *Préciser la tâche de l'élève, le rôle de l'enseignant ;*
    - *Repérer les difficultés des élèves ;*
    - *Repérer et analyser les dispositifs pédagogiques mis en œuvre.*

2) *La mise en commun avec les stagiaires permet ensuite de traiter, selon le choix du formateur, une notion ou un concept didactique.*

3) *Le visionnement de l'entretien avec l'enseignant dont la séance de classe a été présentée, peut enrichir les apports effectués par le formateur.*

Pour ce faire, le formateur trouvera beaucoup d'éléments dans le Cdrom[2] (qui contient l'équivalent d'un ouvrage didactique de 200 pages) :

- la chronologie détaillée de chaque séance ;
- la fiche de préparation de l'enseignant ;
- des productions d'élèves et leur analyse ;
- l'analyse didactique de la séance ;
- un éclairage pédagogique différent selon les séances.

De plus, des compléments plus théoriques permettent d'approfondir une question didactique ou pédagogique. Une bibliographie accompagne ces documents.

---

[1] Voir en annexe 2 l'arborescence des situations filmées du DVD.

[2] Voir en annexe 3 le contenu du Cdrom.

IV – PERSPECTIVE DE TRAVAIL

Les premiers retours de l'utilisation de ce produit par les formateurs sont très encourageants. Le produit multimédia est d'une grande souplesse d'utilisation. Le formateur peut choisir exactement la partie qu'il souhaite faire voir à ses stagiaires. Il peut construire le questionnement adapté à ses objectifs de formation et se servir de la vidéo pour illustrer ses propos.

Pour le formateur de mathématiques en IUFM, l'usage de situation d'homologie est assez fréquent pour aborder à la fois des contenus mathématiques et des notions didactiques et pédagogiques. Mais il ne dispose pas toujours de situations riches qui puissent être proposées dans une démarche d'homologie ; de plus le temps de formation lui est compté.

Le produit multimédia peut efficacement avoir sa place comme outil de formation, mais ses contenus doivent être réfléchis. Que souhaite-t-on montrer ? Comment ? Et pourquoi ?

Dans notre travail, nous avons essayé de porter un éclairage sur l'activité réelle des élèves et leurs difficultés, tout en présentant aussi la pratique de leur enseignant. Nous analysons l'écart entre ce que le maître avait prévu et la réalité de la séance.

Nous apportons des « zooms » sur des sujets comme « la motricité fine pour la construction du cercle », « la mise en place du tutorat », « l'aide personnalisée de l'enseignant », tous ces gestes peu imaginables ou/et peu visibles dans une classe.

L'outil multimédia illustre des notions que le seul discours ne permet pas d'appréhender. Il aide ensuite à l'analyse a priori.

Un travail approfondi par un formateur à partir du DVD et du Cdrom peut faire que certaines situations deviennent des situations de référence pour un groupe de stagiaires ; on pourra s'y référer tout au long de l'année.

Ainsi il sera peut être plus facile de pouvoir mesurer la capacité de transposition des stagiaires face aux situations d'enseignement qu'ils doivent construire et mener.

ANNEXE 1

Voici les aspects principaux que les participants du colloque de la COPIRELEM ont souhaité retenir concernant ce cahier des charges :

a) Le support (DVD et Cdrom) doit permettre une exploitation en miroir ou en simultané des trois aspects didactique, pédagogique et mathématique. Le montage des séances filmées doit en tenir compte.

Concernant la didactique, les participants souhaiteraient voir apparaître :

- les différents types de situation : apprentissage, référence, entraînement ;
- la démythification de l'enseignement « héroïque » : le rôle des différentes situations dans la gestion des apprentissages mathématiques ;
- la dévolution de la situation ;
- l'appropriation de la consigne par les élèves, ce qui va leur permettre d'entrer dans la tâche ;
- le point de vue du maître, celui des élèves ;
- ce que dit le maître, ce qu'entendent les élèves : les interactions ;
- le temps du maître, celui des élèves. Prendre en compte le temps réel de l'apprentissage (présence de l'affichage du temps réel dans le montage) ;
- le découpage de la séance : enchaînements, interactions, fonction des différents moments : possibilité de « zoom » sur les moments clés ;
- le traitement de l'erreur ;
- les différents types d'aides : comment sont-ils donnés, sur quels critères ?
- entretiens a priori, a posteriori ;
- la prise en compte de la durée dans la construction d'un concept ;
- les limites d'une analyse essentiellement didactique.

Concernant la pédagogie, les participants ont retenu les points suivants :

- la gestion de la différenciation ;
- la gestion des moments de mise en commun ;
- la prise en compte des productions des élèves pour adapter sa progression ;
- les gestes, les postures et les paroles de l'enseignant ;
- la gestion de la parole dans les moments collectifs, fonction de la parole, relance, circulation de la parole ;
- le passage de l'écrit privé à l'écrit partagé, exploitation de la parole dans les mises en commun ;
- les prises d'information par le maître à travers l'observation des élèves, ses prises de décisions ;
- les limites d'une analyse uniquement pédagogique.

b) Le support DVD doit permettre de mettre en regard les actions de l'enseignant et celles des élèves en simultané ou en décalé. En utilisant la technologie permise par le support DVD il est plus aisé de mettre en évidence, et assez finement, la gestion des interactions (élèves/élèves ou élèves/maître) dans la classe.

Pour prendre en compte les liens qui existent entre la didactique et la pédagogie et pour amorcer la réflexion sur la reproductibilité d'une situation, les participants ont proposé de filmer la même situation dans des classes différentes.

D'autre part, les participants ont attiré notre attention sur le fait qu'un tel outil ne doit pas uniquement montrer des situations « modèles » mais aussi des situations dont l'analyse critique permet d'avancer dans la réflexion de la gestion des apprentissages mathématiques à l'école primaire.

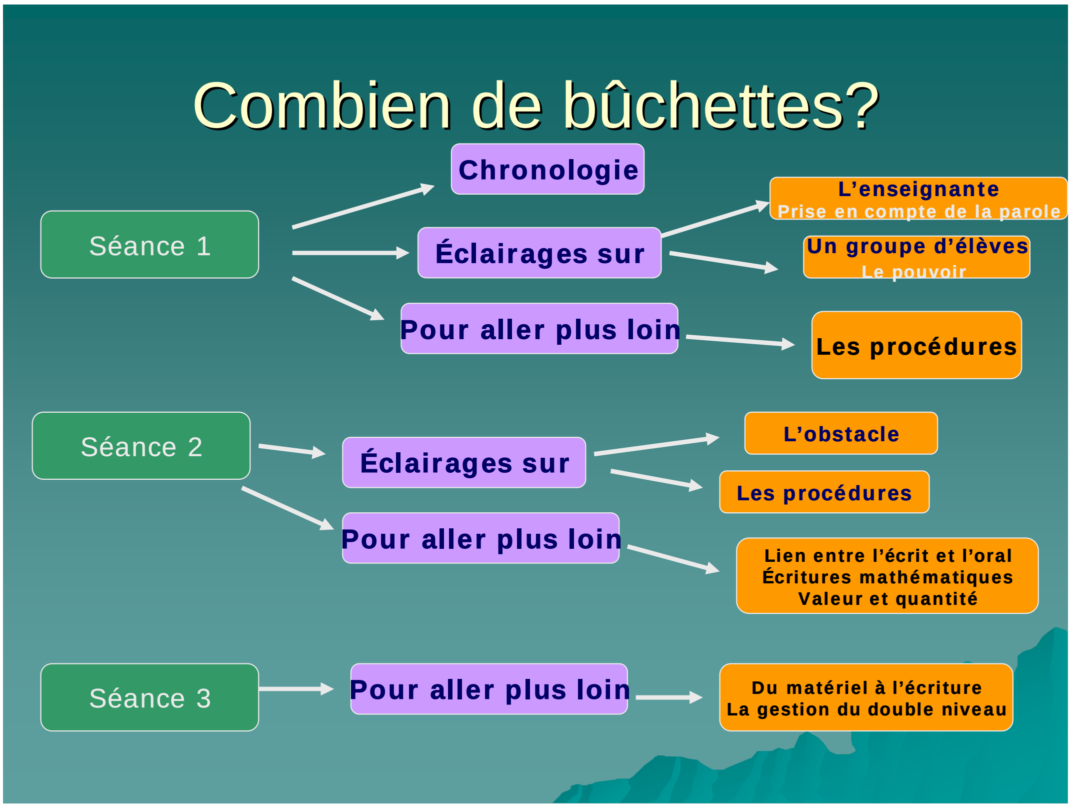
<u>Les contenus mathématiques que les participants aimeraient voir traités</u> :

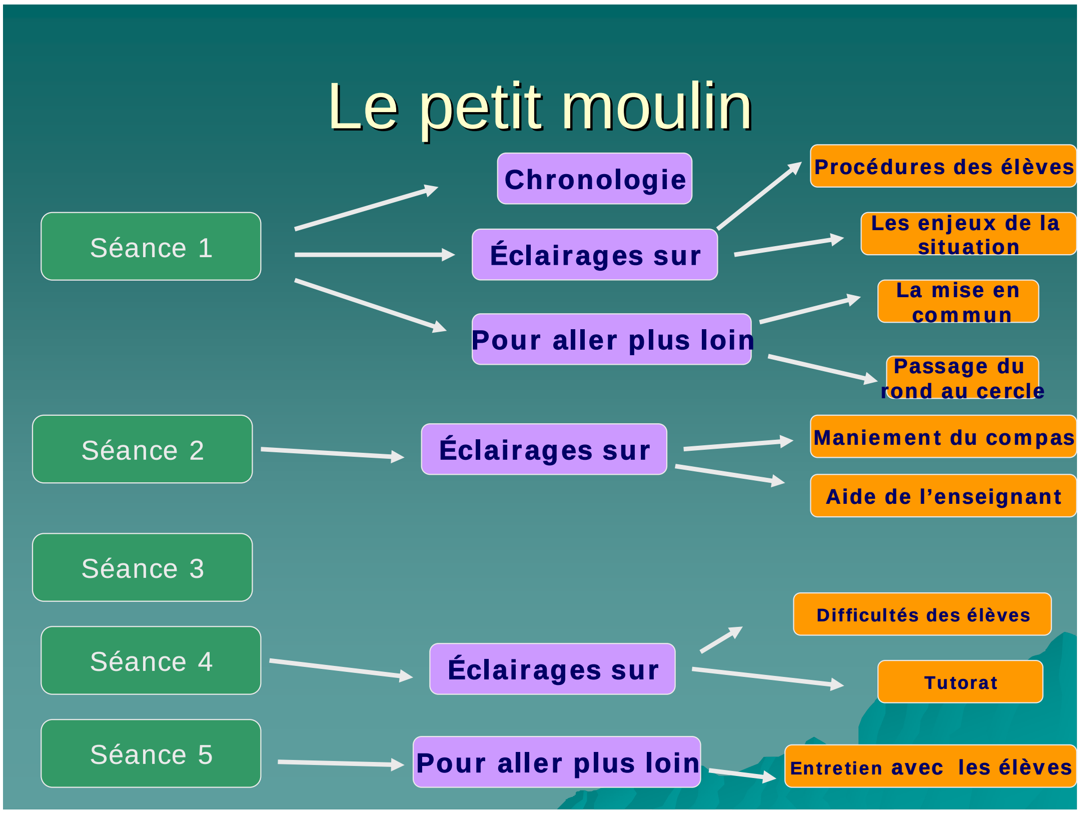
- La numération ;
- Des situations de partage ;
- Aires/grandeurs mesurables ;
- Espace et géométrie ;
- Calcul mental/calcul réfléchi ;
- Introduction des écritures symboliques ;
- Les interactions verbales dans une activité mathématique en maternelle ;
- Le moment de synthèse d'une activité mathématique.

Dans le Cdrom, les participants ont proposé de prendre en compte les points suivants :

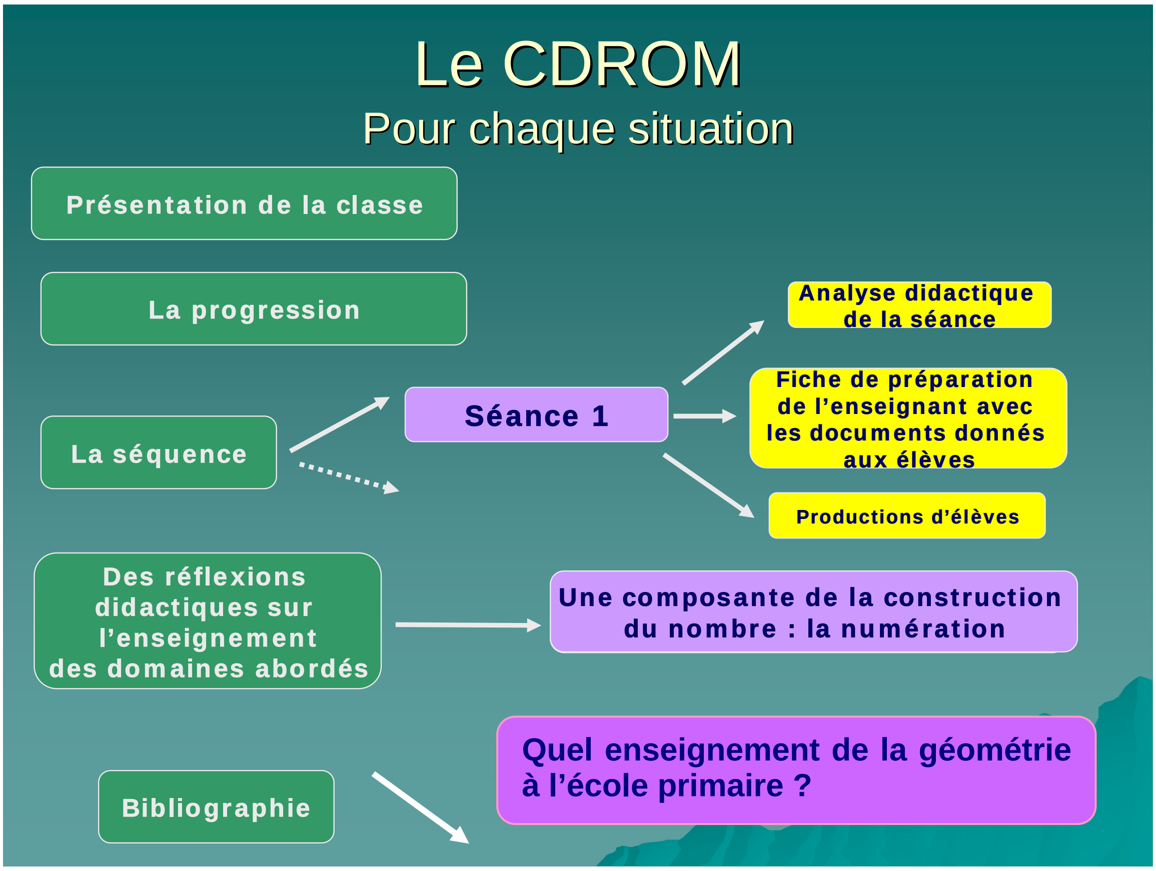
- les mises en perspective historique, épistémologique, théorique des connaissances traitées, la prise en compte de leur spiralité dans la scolarité, et son importance dans la construction du savoir mathématique ;
- le rôle du langage dans l'acquisition des connaissances mathématiques ;
- des productions d'élèves ;
- des progressions ;
- les pré-requis ;
- des alternatives de points de vue, d'approches ;
- des compléments possibles, différents prolongements possibles (jeux, entraînements,…) ;
- une bibliographie.

ANNEXE 2 : ARBORESCENCE DES SÉANCES FILMÉES DANS LE DVD





ANNEXE 3 : CONTENU DU CDROM



Tous les documents mis sur le CDROM sont imprimables en pdf, et la navigation est facile et agréable.

L'ÉTAYAGE DU MAÎTRE DANS LA RÉSOLUTION DE PROBLÈMES AU CE1

Jean-François FAVRAT
Maître de conférences, IUFM, site de Nîmes
LIRDEF, IUFM de Montpellier
favrat.jf@wanadoo.fr

Résumé
Les documents d'accompagnement des programmes de mathématiques pour le cycle 2 (SCEREN / CNDP, 2002, p 13 et 14) décrivent largement la place que pourraient occuper les problèmes dans l'enseignement des mathématiques et proposent une liste rénovée de compétences méthodologiques à travailler. Ils incitent fortement les maîtres à chercher des dispositifs d'enseignement dans lesquels les élèves sont conduits à résoudre des problèmes par eux-mêmes et à communiquer sur leurs solutions (démarches et résultats).
La mise en œuvre de tels dispositifs peut poser problème aux maîtres débutants (stagiaires de deuxième année IUFM, nouveaux titulaires), partagés entre le souci d'aider les élèves en difficulté et celui de les laisser chercher seuls ; ils sont surpris par certaines productions, voire inquiets des écarts qu'elles peuvent présenter avec leurs attentes, *etc*. Ils se posent beaucoup de questions sur les manières de créer des espaces de communication mathématique entre les élèves, sur leur positionnement dans la classe en tant que maître, sur la gestion des événements imprévus, *etc*. A la recherche de documents pédagogiques pouvant servir de témoignages pour la formation, nous avons enregistré des enseignants d'un même niveau dans des séances qu'ils avaient préparées ensemble.
Cette communication prend donc appui sur des extraits de deux séances de résolution de problèmes au CE1, enregistrés chez deux maîtres, à propos du même énoncé soustractif. Ces maîtres sont à la fois proches – ils assument les présupposés didactiques des documents d'accompagnement – et différents dans leur manière de concevoir l'étayage du maître. Le but est de comparer leur gestion contrastée de deux phases (appropriation de l'énoncé par la classe, discussion sur les solutions) et d'analyser les interactions orales dans la classe (place des échanges entre les élèves, contenus explicites, *etc*.).
Ce faisant nous pensons pouvoir contribuer à l'analyse tout à la fois des pratiques professionnelles réelles des enseignants et des conduites langagières de jeunes élèves en mathématiques.

Mots-clés : Résolution de problèmes - débat - oral - étayage - début de cours.

Le travail a été réalisé dans le cadre d'une recherche de l'Institut National de Recherche Pédagogique sur l'oral, conduite avec l'équipe des professeurs de l'IUFM à Nîmes (Micheline Cellier, Martine Dreyfus) et trois maîtres gardois engagés dans cette recherche (Soizic Bozec, Ingrid Roudil, Alain Bouzin). Ces collègues, s'interrogeant alors sur les enjeux et les modalités d'un éventuel enseignement de l'oral à l'école élémentaire (cf. leur problématique dans la revue Repères INRP *Enseigner l'oral*, n°24/25, coordonné par Claudine Garcia-Debanc et Isabelle Delcambre), souhaitaient analyser des pratiques d'enseignement accordant une large place à l'oral.

Avec cette équipe, nous avons donc mis au point et enregistré trois séquences de trois séances consacrées à la résolution de problèmes, séances dans lesquelles les élèves de CE1 avaient à communiquer oralement leurs démarches et débattre de leurs solutions. Ce travail sur la durée a permis à l'équipe d'analyser les échanges entre les élèves, leurs contenus, les types d'arguments, finalement leur appropriation des objets mathématiques visés dans ces séances de résolution de problèmes (cf. l'article dans le numéro de Repères cité, J-F. Favrat, 2003).

Une partie de ce corpus a été reprise et analysée avec l'équipe[1] coordonnée par Dominique Bucheton (LIRDEF) pour faire apparaître les gestes professionnels déployés par les maîtres lors de la présentation d'un problème dans une classe. Sylvie Coppé (2000) s'était déjà intéressée à cette question, avec un maître débutant, en montrant qu'une conception séquentielle, linéaire, de la résolution de problèmes, pouvait conduire à des pratiques privant les élèves d'un temps de réflexion autonome sur l'énoncé de problème. Grâce au visionnage mutuel de leurs enregistrements, les maîtres ont pu prendre conscience de leur gestion contrastée, dès les premiers instants, de séances qu'ils avaient pourtant dans le détail préparées ensemble. Ils ont pu ainsi découvrir ce qui restait personnel dans leur interprétation de discours didactiques partagés.

I – LES CHOIX EFFECTUÉS

Il s'agit d'une séance de résolution de problèmes posés à l'écrit. Les maîtres organisaient régulièrement de telles séances avec des objectifs tant méthodologiques que notionnels, dans l'esprit des « ateliers de résolution de problèmes » proposés par Rémi Brissiaud (1992) dans son manuel *J'apprends les maths*, utilisé et suivi dans ces classes.

I – 1 L'énoncé

L'énoncé[2] choisi par l'équipe (maîtres impliqués et chercheurs) est le suivant. Il y a deux versions, chaque maître ayant légèrement adapté son texte pour sa classe. Pour la communication dans ce colloque, nous ne nous sommes appuyés que sur les séances réalisées dans les classes n°1 et n°3, situées dans une zone d'éducation prioritaire de Nîmes.

Pour la classe n°1 :
Sébastien et François comparent leurs collections de voitures.
Sébastien en a 17, François en a 22.
Combien de voitures François a-t-il de plus que Sébastien ?

Pour la classe n°3 :
Sébastien et Maxime comparent leurs collections de voitures.
Sébastien en a 17, Maxime en a 22.
Combien de voitures a-t-il de plus que Sébastien ?

[1] Équipe de recherche technologique (ERT) dont le thème de travail s'intitule « Conditions et difficultés de l'entrée dans les situations d'apprentissage : les langages, vecteurs de la construction des savoirs ».

[2] Tiré du manuel *Maths CE1*, p 114, (cf. J-F. Favrat, 1999).

C'est la première fois que les élèves ont à résoudre un tel type de problème, dit de « comparaison de deux états », selon la terminologie de Gérard Vergnaud (1981). La question y est formulée avec l'expression « de plus » inductrice d'une addition, inappropriée ici si elle est appliquée aux nombres 17 et 22[3]. Cette particularité constitue l'une des difficultés principales et prévisibles de cet énoncé. L'intention des maîtres est que les élèves la repèrent, la dépassent ou du moins participent à son dépassement.

I – 2 Le déroulement

Le scénario commun prévu pour la séance comporte cinq phases :

- appropriation de l'énoncé : lecture individuelle silencieuse, lecture à haute voix, réponse à d'éventuelles questions de compréhension soulevées par la lecture ; le maître veille à ce que ni les démarches ni les réponses ne soient dévoilées à cette étape ;
- résolution individuelle : chaque élève écrit sa démarche et sa solution sur sa feuille de recherche en vue de communiquer ensuite avec les camarades de son groupe ; cette phase est assez courte, le maître n'aide pas les élèves, il les relance éventuellement ;
- travail de groupe : les élèves se mettent d'accord sur une démarche que chacun a comprise et la reportent sur une affiche ; le maître s'assure avant de donner l'affiche que tous les membres dans chaque groupe sont d'accord ; il n'y a pas de rapporteur désigné[4] ;
- mise en commun : les élèves commentent oralement, critiquent, valident ou invalident les démarches affichées ; le maître gère les tours de parole, recentre, fait avancer les débats ;
- synthèse : le maître dresse sur une affiche le catalogue des démarches correctes ; cette affiche restera dans la classe pour les séances ultérieures.

Les maîtres conviennent a priori de ne pas aider individuellement plus particulièrement tels ou tels élèves. Ils espèrent, grâce surtout au travail de groupe, depuis longtemps instauré, et aussi pendant la mise en commun des solutions, que certains élèves assumeront ce rôle. D'autres séances consacrées aux mêmes types de problèmes seront organisées, avec des aides individualisées, si besoin. Cette séance est conçue comme la première rencontre avec ce type de problèmes et comme la première séance d'une séquence plus complète.

---

[3] Dans son manuel cité, R. Brissiaud propose d'abord des problèmes dits « d'égalisation ». Sur ce thème des collections de voitures, il est possible de rédiger un problème d'égalisation : *Sébastien a 17 voitures, François en a 22.*
Combien de voitures Sébastien doit-il acheter pour en avoir autant que François ?

[4] C'est la fonction des affiches de présenter les démarches ; il est inutile de prévoir un défilé de rapporteurs venant lire au tableau ce que chaque élève peut lire de sa place. Le démarrage de la mise en commun, sans ces rapporteurs, implique davantage les élèves par l'obligation qu'ils ont de prendre connaissance des affiches, par la possibilité aussi bien sûr de poser des questions aux auteurs d'une affiche en cas d'incompréhension.

I – 3 Raisons du dispositif

Ce canevas de séance tente de répondre aux recommandations formulées dans les textes officiels. Les plus récents (Ministère de l'éducation nationale, 2002) indiquent une liste de compétences[5] à travailler dans la résolution de problèmes.

> *Au cycle 2, les compétences suivantes sont particulièrement travaillées :*
> - *s'engager dans une procédure personnelle de résolution et la mener à son terme ;*
> - *rendre compte oralement de la démarche utilisée, en s'appuyant éventuellement sur sa feuille de recherche ;*
> - *admettre qu'il existe d'autres procédures que celle qu'on a soi-même élaborée et essayer de les comprendre ;*
> - *rédiger une réponse à la question posée ;*
> - *identifier des erreurs dans une solution.*

On y lit toute la place que peut prendre la maîtrise de la langue à l'oral, articulée avec la production d'écrits de travail. C'est l'accent mis sur la communication, sur la réflexion à propos des démarches, qui nous a guidés et fait écarter un certain nombre d'activités ritualisées (souligner la question, rechercher les informations utiles, schématiser, *etc*.) souvent considérées comme un préalable indispensable à la résolution[6].

II – COMPARAISON DES DÉBUTS DE SÉANCE

Au colloque nous avons pu visionner les deux débuts de séance dans les classes n°1 et n°3, depuis l'installation des élèves jusqu'à la mise en route du travail individuel. Ils sont retranscrits dans les annexes n°1 et n°2.

II – 1 Les contrastes

Ils apparaissent sur plusieurs points.

- Leur longueur : soixante tours de parole pour la classe n°1 contre quarante pour la classe n°3 ;
- la répartition des tours de parole, leur contrôle par le maître, leur contenu ;

---

[5] Les textes officiels antérieurs (Ministère de l'éducation nationale, 1991, 1995) proposaient la liste bien différente qui suit :
- *analyser des problèmes de recherche simples ;*
- *choisir les données nécessaires à leur résolution ;*
- *mobiliser des connaissances déjà acquises ;*
- *exposer clairement des résultats.*

[6] Ces activités, cohérentes avec les textes officiels antérieurs (cf. la note précédente) qui insistaient davantage sur la lecture de l'énoncé, ont été critiquées soit pour leur manque d'efficacité (B. Sarrazy, 1997) soit à cause du moment où elles se placent, c'est-à-dire séparées et trop en amont de la résolution (J. Julo, 2002 ; S. Coppé & C. Houdement, 2002).

Classe n°1	Classe n°3
- L'alternance maître / élève dans les interventions est très régulière : il est rare qu'il y ait la place pour deux interventions d'élèves entre deux prises de parole du maître ; - le maître donne la parole individuellement, - le maître pose des questions (quatorze tours de parole nettement interrogatifs), reprend les réponses, les reformule, les complète, donne son accord, explique ; - les élèves répondent aux questions du maître lors du rappel sur l'organisation du travail (on observe une grande coopération maître / élève pendant cette sous-phase) ou pendant la recherche d'explications ; - les élèves ne posent pratiquement aucune question : une seule, inaudible, à propos du verbe comparer, est reprise par le maître.	- L'alternance maître /élève dans les interventions est moins régulière : il peut y avoir plusieurs tours de parole pris par des élèves différents entre deux tours du maître ; - les élèves prennent la parole parfois sans y avoir été invités (tours 8, 20, 24), posent des questions (tours 8, 32, 35), se répondent parfois sans que le maître intervienne (tours 34 à 37 ; - le maître présente le travail, l'organise, pose très peu de questions (aucune ne vise le rappel du dispositif, deux portent sur la compréhension de l'énoncé).

- le contenu des explications apportées par le maître.

Classe n°1	Classe n°3
- Cette demande d'explication porte sur la signification du verbe « comparer » ; - le maître (tour 56) répond à la demande d'explication après avoir cherché des éléments de clarification dans la classe (tours 42 à 55) ; - on peut interpréter les interventions du maître (tour 48 et surtout tour 59) comme des mises en garde contre de possibles procédures erronées, comme des perches tendues dont on ne peut dire, à ce moment du déroulement, si elles seront saisies. Il fait allusion à une ferme école car peu de temps auparavant il a conduit sa classe dans cette ferme école.	- la demande d'explication porte sur le fragment « a-t-il de plus », extrait de la question ; - l'explication est fournie par une élève (tour 34) ; - le maître entend cette explication mais ne la répète pas, il ne la fait pas répéter. Il n'intervient pas sur le fond : il se contente de rappeler que Maxime est un garçon (tour 38) à propos du pronom « elle » utilisé par des élèves (tours 34, 35, 37) ; - on peut interpréter la question (tour 39) apparemment ouverte, posée par le maître à l'élève qui est à l'origine de la demande d'explication comme une manière de clore la discussion, de la renvoyer aux élèves, aux groupes.

II – 2 Les analogies

Malgré ces différences frappantes, les deux maîtres s'acquittent tous les deux d'un certain nombre de tâches communes, constituant une check-list pour cette phase, un agenda[7].

Faire entrer dans la séance *Étiqueter la séance (c'est-à-dire signifier qu'il s'agit de mathématiques, et plus précisément de résoudre des problèmes de mathématiques)* *Relier avec l'avant* *Présenter le dispositif* *Donner l'énoncé du problème* *Faire lire l'énoncé* *S'informer des incompréhensions* *Gérer les incompréhensions* *Clore le début de la séance* *Veiller au bon fonctionnement* *Gérer le temps*

Cette liste n'induit pas une chronologie, certaines tâches sont nécessairement successives, d'autres sont réalisées en même temps ou assumées tout le long du déroulement de cette phase. Elle n'impose pas non plus, on l'a vu, un seul mode de faire.

II – 3 Commentaires

La retranscription à l'écrit de ces débuts ne rend évidemment pas compte d'aspects importants (gestes vers les élèves ou vers les affiches réalisées auparavant lors des synthèses des séances analogues, intonations, position du maître dans la classe, regards, *etc*.) qui montreraient que la posture du maître de la classe n°3 n'est pas un retrait sur tous les plans. Ce retrait se réduit à la décision de ne pas intervenir publiquement sur le fond dès le début de la séance. Cela peut paraître paradoxal, puisque c'est lui (cf. l'annexe n°2, tour 29) qui cherche à s'informer publiquement de l'éventualité d'incompréhensions dans des termes d'ailleurs assez proches de ceux employés par le maître n°1 (cf. l'annexe n°1, tours 38, 40). Une telle demande crée logiquement la demande de réponses. En fait, il ouvre un espace de parole, laisse des élèves s'exprimer, mais ne relaie ni ne valide expressément l'explication fournie que les élèves peuvent néanmoins avoir entendue. On peut certes se demander si cet espace pouvait être ouvert par une autre question plus neutre, moins centrée sur les incompréhensions, plus orientée vers la formulation de remarques, mais le maître ayant conservé cette manière de faire lors de toutes les séances précédentes, les élèves en ont admis le principe.

La confrontation de ces deux débuts montre, et c'est essentiel, que le maître dispose, pour la gestion des explications initiales, de plusieurs possibilités : chercher les explications dans la classe (cas du maître n°1), laisser s'installer un débat entre des élèves (cas du maître n°3), proposer l'interprétation attendue en s'appuyant sur les réactions des élèves, leurs formulations (cas du maître n°1), ne pas intervenir

[7] Au sens de « ce qui doit être fait ».

publiquement sur le fond (cas du maître n°3), *etc*. Le choix qui existe entre ces possibilités, dont le retrait dans les conditions décrites plus haut, lui revient. Au moment de prendre la décision, il peut considérer que durant les autres phases du déroulement (cf. le canevas plus haut), les élèves vont avoir d'autres occasions d'interagir, de s'entraider, de lui demander à nouveau des explications et donc qu'il sera encore temps de prendre de nouvelles décisions.

Est-il possible de prédire les effets de la décision prise par chaque maître ? Pour répondre à cette question, les productions des élèves peuvent nous éclairer. Dans la classe n°1, toutes les procédures affichées sont correctes (le maître de cette classe disait qu'il en était ainsi à chaque séance de résolution de problème), 80% des solutions individuelles sont exactes. Dans la classe n°3, une des solutions présentées sur une affiche est inexacte et il y a moins de réponses individuelles correctes (50%). Ce constat résulte-t-il de cette seule prise de décision ? En fait nous pensons qu'il ne peut être étranger à la différence de gestion de la phase d'explications mais qu'il résulte aussi de l'ensemble des décisions prises par le maître au début et par la suite, et de bien d'autres facteurs liés à la classe et aux élèves.

Nous venons de décrire la manière avec laquelle le maître de la classe n°3 évite de prendre en charge les explications que certains élèves réclament dès le début de la séance. Nous allons présenter comment il gère la mise en commun[8], phase non seulement destinée à valider les réponses mais aussi à clarifier l'interprétation de la question du problème.

III – ANALYSE DU DÉBAT DANS LA CLASSE N°3

Avant l'analyse, les questions qui se posent sont multiples.
Des élèves de CE1 peuvent-ils entrer dans un débat de validation à propos de leurs démarches de résolution ? Si oui, sur quels aspects de leurs démarches centrent-ils leurs échanges et quels types d'arguments utilisent-ils ? Quelles conditions doivent être réunies pour qu'un débat apparaisse ? En particulier, quels rôles le maître doit-il privilégier ? La pratique des débats a-t-elle des effets sur les apprentissages ?

Un montage vidéo de quelques extraits (pour les retranscriptions, voir l'annexe n°3) du débat qui a eu lieu pendant la phase de communication sur les démarches a pu être projeté lors de la communication au colloque. Ces démarches étaient présentées sur des affiches fixées au tableau, face au groupe-classe (cf. les annexes n°4 et n°5 pour connaître la composition des groupes et leur disposition dans la classe).

III – 1 Quels sont les protagonistes (du moins ceux qui s'expriment) ?

Shoriane et Dorsaf (du groupe B) : elles défendent une solution fausse, celle qui consiste à ajouter les nombres 17 et 22.

[8] Faute de temps, il n'était pas possible, pendant ce colloque, de comparer les mises en commun dans les deux classes n°1 et n°3. Pour connaître un peu ce qui s'est passé dans la classe n°1, le lecteur peut se reporter à l'article de Repères déjà cité (J-F. Favrat, 2003).

Leila et Sanae (du groupe A) : elles décrivent des procédés permettant de trouver l'écart entre 17 et 22. Elles s'opposent longuement : Sanae compte à rebours sur ses doigts à partir de 22, alors que Leila compte de 17 à 22.
Jordan (du groupe C) : il soutient que la réponse exacte est 5 et que le calcul de la somme 17 + 22 ne répond pas à la question du problème.

III – 2 Que disent les élèves ?

Ils explicitent des procédés de calcul. C'est ce qui apparaît de prime abord : Shoriane (tours 43, 45) ; Dorsaf (tours 47, 50) ; Sanae (tours 64, 67, 69, 73, 75) ; Leila (tours 66, 68, 70, 72, 74).

Leurs énoncés sont articulés entre eux : il est fréquent qu'un élève reprenne une expression utilisée par un intervenant antérieur. Ainsi par exemple

Shoriane *(venant au tableau)* : Nous on a fait dix-sept plus trente-deux euh vingt-deux après euh on a compté on a fait la calc on a fait on a on a fait la calcul.

Des élèves : Le calcul !

(…)

Leila : Mais nous on dit pas que dix-sept plus vingt-deux.

(…)

Jordan (du groupe C) : On demande pas de calculer *(inaudible)* on demande combien Maxime a a de plus que Sébastien de voitures on nous dit pas de calculer.

(…)

Leila : Nous dans le schéma on dit combien Maxime a de de plus que Sébastien. Mais eux, ils ont fait dix-sept plus vingt-deux égalent trente-neuf. Si on aurait fait dix-sept plus trente-deux égalent euh dix-sept plus vingt-deux égalent trente-neuf eh ben ce serait juste le résultat mais on n'a pas dit ça on n'a pas dit dix-sept plus vingt-deux.

Ils affinent leurs arguments. Les mêmes tours de paroles montrent que Leila et Jordan abandonnent la description des procédés de calcul pour inviter Shoriane à se centrer sur la question posée. On voit que Leila distingue la justesse d'un calcul de sa pertinence (compétence indiquée pour le cycle 3 dans les documents d'application des programmes de mathématiques). En faisant une remarque positive sur le travail du groupe de Shoriane, elle adopte une attitude conciliatrice et cherche en même temps à l'amener davantage à examiner sa démarche plutôt que son calcul.

Ils y parviennent sans que le maître intervienne sur le fond ni pour reprendre des expressions maladroites. Il écoute, donne la parole, remercie, reste neutre sur la valeur des explications fournies par les élèves, il ne veut pas clore trop vite les échanges. Il est frappant de constater qu'il ne saisit pas l'occasion des remarques de Jordan (tour 52) et de Leila (tour 61). On sait en effet, que certains maîtres – ce n'est pas le cas de celui-ci – craignant la longueur des débats ou leur confusion s'appuient très vite sur les remarques pertinentes de quelques élèves pour reprendre la parole ; comme ce sont souvent les mêmes élèves, cela leur confère un rôle d'assistants du maître.

Par ailleurs ce maître croit les élèves capables de trouver des arguments (ce n'est pas sans raison on vient de le montrer), d'évoluer (ce n'est pas le cas ici de Shoriane). De son propre aveu, il pensait qu'elle pourrait changer d'avis parce qu'il avait observé qu'elle avait les deux réponses 5 et 39 sur sa feuille de travail ; il s'en était déjà étonné auprès de son groupe avant la mise en commun.

Les élèves ne se sont pas mis d'accord tout seuls. C'est le maître qui a permis de conclure : il a écrit au tableau deux questions : celle de l'énoncé et cette autre : « Combien Maxime et Sébastien ont-ils de voitures en tout ? » Les élèves ont alors pu associer à chaque question sa bonne réponse, 5 ou 39.

La confiance que porte ce maître à ses élèves et au dispositif n'a pas été déçue. Ils ont bien détecté l'origine des erreurs et grâce aux interactions ils ont évolué dans leurs propos, ils ont su dépasser certaines difficultés d'expression sans être guidés. Cette confiance n'est pas banale, car bien des maîtres à qui nous avons montré ces extraits trouvent que l'étayage de ce maître n'est pas suffisant : le débat leur paraît long, ils l'auraient interrompu plus tôt, dès la première intervention de Jordan (tour 52). La question de l'étayage est donc souvent posée.

III – 3 L'étayage : un enjeu professionnel

On peut considérer que l'étayage est l'affaire du maître et l'envisager de trois façons.

- ici il est plutôt relationnel : le maître crée et maintient un espace de parole ouverte et centrée sur les enjeux d'apprentissage ;
- il aurait pu être matériel. On aurait pu imaginer qu'à un moment donné, les élèves soient invités à simuler la situation évoquée dans l'énoncé, à l'aide de matériel, voitures ou images ;
- il aurait pu être intellectuel. Bien des malentendus entre les élèves ont leur origine dans des emplois personnels et peu précis des verbes compter, calculer, ajouter, enlever. Ces élèves omettent d'expliciter les compléments de ces verbes. Par ailleurs, le débat, forcément oral, ne prend plus appui sur les affiches, même si elles en ont été le point de départ. On peut se demander si les traces écrites ne sont pas sous-estimées dans leurs effets structurants (à cours terme pour la communication dans le débat, à long terme pour la mémorisation des diverses démarches possibles).

Mais l'étayage est-il bien uniquement l'affaire du maître ? Nous pouvons penser que, dans cette classe, le fait d'avoir travaillé en groupe n'a pas produit d'effets d'entraide ni de structuration. En effet Shoriane a manifestement imposé son point de vue aux camarades de son groupe, Leila et Sanae qui s'opposent longuement pendant le débat ont pourtant travaillé dans le même groupe. Il nous semble donc qu'une partie de l'étayage pourrait être déléguée aux élèves dans les groupes.

C'est par cette question sur l'étayage, ses diverses modalités, ses divers moments à l'intérieur d'une même séance, que notre recherche est relancée puisqu'il s'agit en effet de mieux décrire les conditions d'émergence de la prise de parole mathématique du maximum d'élèves et de garantir l'efficacité des interactions pour les apprentissages. Mais nous ne pouvons conclure sans dire qu'une des conditions se trouve chez les élèves eux-mêmes : qu'ils s'engagent dans les relations d'entraide mutuelle, dans les espaces de parole. Manière de rendre hommage à tous ceux qui l'ont fait dans cette séance.

BIBLIOGRAPHIE

BRISSIAUD R. et AL. (1992) J'apprends les maths, CE1, (manuel et livre du maître), *Retz, Paris*.

COPPÉ S. (2000) *Différents types de savoir en jeu dans l'activité professionnelle des professeurs. Etude de cas d'un jeune professeur des écoles dans la tâche « Présentation du problème aux élèves »*, in Actes du XXVI^e colloque COPIRELEM, IREM de Grenoble.

COPPE S., HOUDEMENT C. (2002) *Réflexions sur les activités concernant la résolution de problèmes à l'école élémentaire*, Grand N, **69**, IREM de Grenoble.

FAVRAT J-F et al. (1999) Maths CE1, (manuel et guide pédagogique), *Delagrave, Paris*.

FAVRAT J-F. (2003) *L'oral dans les séances de résolution de problèmes de mathématiques à l'école primaire : des exemples de débats au CE1*, Repères, **24/25**, INRP, Paris.

GARCIA-DEBANC C., DELCAMBRE I. (2003) *Enseigner l'oral*, Repères, **24/25**, INRP, Paris.

JULO J. (2002) *Des apprentissages spécifiques pour la résolution de problèmes ?* Grand N, **69**, IREM de Grenoble.

Ministère de l'éducation nationale (1991) Les cycles à l'école primaire, *Direction des écoles, CNDP/Hachette, Paris*.

Ministère de l'éducation nationale (1995) Programmes de l'école primaire, *Direction des écoles, CNDP/Savoir livre, Paris*.

Ministère de la jeunesse, de l'éducation, de la recherche (2002) Documents d'application des programmes ; mathématiques, cycle 2, *Direction de l'enseignement scolaire, SCEREN/CNDP, Paris*.

SARRAZY B. (1997) *Sens et situation : une mise en question des stratégies métacognitives en mathématiques*, Recherches en didactique des mathématiques, **17/2**, La pensée sauvage éditions, Grenoble.

VERGNAUD G. (1981) *Quelques orientations théoriques et méthodologiques des recherches françaises en didactique des mathématiques*, Recherches en didactique des mathématiques, **2.2**, La pensée sauvage éditions, Grenoble.

ANNEXE N°1 : DÉBUT DE LA SÉANCE, CLASSE N°1

…

1. Le maître :…*Donc, comme d'habitude. Qu'est-ce que ça veut dire comme d'habitude ? Qu'est-ce qu'on fait d'habitude ?*
2. Une élève : *On lève le doigt.*
3. Le maître : *Ah ! On lève le doigt.* (inaudible) *tu m'expliques. Maéva ?*
4. Maéva : *On discute.*
5. Le maître : *Ah ! Ben, est-ce qu'on discute de suite ? Nathalie ?*
6. Nathalie : *On chuchote.*
7. Le maître : *+ On chuchote. Mais + On lève le doigt. + Leila ?*
8. Leila : inaudible.
9. Le maître : *fort.*
10. Leila : inaudible.
11. Le maître : *Oui mais, avant de se mettre d'accord, Elodie ?*
12. Elodie : *On se met + On se met d'accord.*
13. Plusieurs élèves à la suite : *On s'explique. On s'explique.*
14. Le maître : *On s'explique.*
15. Sébastien : *On est seul. On travaille.*
16. Le maître : *D'abord, voilà, le premier temps, si on se met tout seul et on travaille tout seul, on va résoudre + le problème + tout seul et ensuite + ce que vous avez dit+ ensuite à quatre + et donc à quatre +.*

Le maître attend que les élèves poursuivent.

17. Le maître : *Qu'est-ce qu'on fait à quatre ?*
18. Un élève : *On s'explique !*
19. Le maître : *On s'explique, oui. Ouahiba ?*
20. Ouahiba : *Il faut qu'on se met d'accord.*
21. Le maître : *Qu'on se mette d'accord, bien sûr. + Dorian ?*
22. Dorian : *On chuchote pour pas déranger les autres.*
23. Le maître : *On chuchote pour pas déranger les autres, oui.+ Nadia ?*
24. Nadia : *On discute.*
25. Le maître : *On discute, voilà et on ne se dispute + surtout + pas, d'accord ? Puis on regarde pas non plus sur le groupe voisin. Pasque à quoi ça sert de regarder sur le groupe voisin ?*
26. Plusieurs élèves en même temps : *A copier.*
27. Le maître *: Voilà ! Audrey ?*
28. Audrey : *Ou si on fait des fautes, et ben, le voisin, il peut le recopier, il aura* (à peine audible) *faux des choses.*
29. Le maître : *une faute donc ça sert à rien de recopier non plus le++.*
30. Maéva (à peine audible) : *On calcule comme on pense.*
31. Le maître : *Voilà ! On fait ce que l'on pense, très bien. Donc, pour l'instant+ je vous le donne, vous le lisez, d'accord ?+ Pour l'instant, vous ne faites rien.*

Le maître distribue les énoncés, les élèves chuchotent, commencent à lire l'énoncé, le maître les y engage.

32. Le maître : *On le lit* (inaudible).

Les élèves lisent leur énoncé, pendant ce temps, le maître le recopie au tableau.

33. Khader : *Maîtresse, j'ai trouvé, j'ai trouvé la réponse.*
34. Le maître : *Ah ! Est-ce qu'on dit la réponse ?*
35. Les élèves chuchotent (on entend): *Il l'a dit.* Puis : *Non.* Puis *: Si.*
36. Le maître : *Quelqu'un lit à haute voix ? Khader, s'il te plait ?*
37. Khader : *Sébastien + Sébastien et François compa comparent leur + collection de voitures, Sébastien en a dix-sept, François en a vingt-deux. Combien de voitures François a-t-il de plus que Sébastien ?*
38. Le maître *: Voilà ! Est-ce que vous avez tous compris les mots ?*
39. Les élèves : *Oui ! Oui !*
40. Le maître : *Que vous avez des difficultés sur quelque chose ? + Des questions ? ++ Bon ! Alors vous faites.*
41. Le maître : *Ah ! Tu sais pas ce que ça veut dire comparer ?*
42. Le maître : *Qu'est-ce que ça Ah ben, je vous demande s'il y en a qui ne savent pas les mots et vous ne dites rien et j'entends comparer. + Heureusement que j'ai l'oreille fine ! Hé ? Maéva ? Qu'est-ce que ça veut dire comparer ?*
43. Maéva : *Pasque y a Sébastien il a dix-sept.*

44. Le maître (l'interrompant) : *Ah non ! Tu expliques pas qu'est-ce que ça veut dire comparer*
45. Inès : *Ca veut dire qu'ils mettent ensemble.*
46. Le maître : *Ah non ! Est-ce que ça veut dire mettre ensemble comparer ?*
47. Sébastien (peu audible, plusieurs élèves parlent). : *Ils rajoutent.*
48. Le maître : *Non ! Justement pas qu'ils rajoutent.*
49. Audrey : *Ils enlèvent*.
50. Le maître : *Ah non ! Comparer*.
51. Sophie : *Ca veut dire combien François a de voitures.*
52. Sébastien : *De plus que Sébastien.*
53. Le maître : O*ui mais, qu'est-ce que ça veut dire quand on compare ?*
54. Sébastien : *Qu'on les sépare.*
55. Le maître : *Ah et bé, qu'est-ce que ça veut dire comparer ? + Alors ?*
56. Le maître : *Bé+ Mettons si y a + euh + tant de + Mettons à la ferme école, tiens ! Il y a tant de poules et tant de coqs, si on compare le nombre de poules, ça veut dire qu'on regarde. + On compare, ça veut dire qui en a le plus, qui en a le moins, c'est ça, comparer.*
57. Audrey : *C'est ce que j'ai dit.*
58. Le maître : *C'est ce que tu avais dit aussi + plus ou moins.*
59. Le maître : *Mais, comparer, c'est pas ajouter, attention ! Voilà. C'est bien compris ?*

Pas réponse de la part des élèves.

60. Le maître. *Très bien. Alors vous y allez !*

ANNEXE N°2 : DÉBUT DE LA SÉANCE, CLASSE N°3

1. Le maître : *Bien. Ca y est ?*
2. Des élèves : *Oui.*
3. Le maître : *Donc aujourd'hui nous accueillons à nouveau dans la classe monsieur Favrat + madame Bompard.*
4. Des élèves : *On les avait déjà reconnus.*
5. Le maître : *Nous allons refaire + faire à nouveau un travail en + de mathématiques*
6. Des élèves (en même temps que le maître): *Oh.*
7. Le maître (qui continue sa phrase) : *comme on a fait d'ailleurs l'autre jour. ++ Voilà + donc on va commencer par les mathématiques ce matin.*
8. Des élèves (peu audibles) : *Oh la dictée ?*
9. Le maître : *La dictée on la fera après la récréation*
10. Le maître : *Leila, mets-toi là.+ Tu es prête ?*
11. Le maître : *Alors Tayeb, tu nous lis le problème qui est au tableau.*
12. Tayeb : *Là ?*
13. Le maître : *Oui.*
14. Tayeb : *Sébastien et + Maxime + Sébastien et Maxime compa + com + comparant.*
15. Le maître : *Non.*
16. Des élèves : *comparent* D'autres : *comparent.*
17. Tayeb : *comparent leurs collections de voitures Sébastien en + en a dix-sept, Maxi en a vingt-deux. Combien de voitures a-t-il de « plu » que Sébastien ?*
18. Des élèves : *Plus que.*
19. Tayeb : *Plus que Sébastien.*
20. Un élève (voix basse) : *J'ai rien compris à ce problème.*
21. Le maître : *Bien. Sabrina, tu veux nous relire ce problème.*
22. Sabrina : *Sébastien et Maxime comparent leurs collections de voitures. Sébastien en a dix-sept, Maxime en a vingt-deux. Combien de voitures a-t-il de plus que Sébastien ?*
23. Un élève : *Bastien.*
24. Des élèves (plusieurs parlent à la fois, entre voisins, mais certains propos sont audibles): …*de plus ++ cinq de plus.*
25. Le maître : *Chut + Vous ne donnez pas de réponse, hein !*
26. Le maître : *Vous allez travailler,* vous *travaillez d'abord individuellement.*
27. Un élève : *seuls.*
28. Le maître : *Tout seuls vous chercherez une solution, chercherez une réponse + et après vous travaillez à quatre + d'accord ?*
29. Le maître : *Est-ce qu'il y a des mots que vous ne comprenez pas dans le problème ? Il y a quelque chose que vous ne comprenez pas ?.*
30. Shoriane : *Oui.*
31. Le maître : *Shoriane ?*
32. Shoriane : A*-t-il de plus que Sébastien ? A-t-il de plus, je ne comprends pas.*
33. Des élèves (plusieurs en même temps, confus) :….
34. Une élève : *Ben oui + « pasque » Sébastien il en n'a que dix-sept et Maxime elle a que vingt-deux, elle a vingt-deux, ça veut dire elle a plus que Sébastien.*
35. Shoriane : *Pourquoi y a –t-il écrit a-t-il de plus que Sébastien + a-t-il de plus qu'elle*
36. Un élève : *Combien a-t-il de plus que Sébastien ?*
37. Un élève : *Combien a-t-elle de plus ?*
38. Le maître : *Maxime, c'est un garçon.*

Il accueille ensuite un élève en retard.

39. Le maître : *Shoriane, tu as un peu mieux compris ?*
40. Le maître : *Chacun va chercher une réponse pour le problème.*

Le maître distribue les feuilles pour la recherche.

ANNEXE N°3 : Débat dans la classe n°3

[….]

1. Shoriane *(venant au tableau)* : Nous on a fait dix-sept plus trente-deux euh vingt-deux après euh on a compté on a fait la calc on a fait on a on a fait la calcul.
2. Des élèves : Le calcul !
3. Shoriane : Le calcul après eh ben on a trouvé euh *(propos confus)* trente-neuf après eh ben on a écrit on a fait Sébastien et Maxime après après eh ben euh Sébastien il avait dix-sept eh Maxime eh ben il avait vingt-deux alors on a compté après ben on a écrit on a écrit euh l'égal+ non *(Jordan du groupe C lui souffle « l'égalité »)* Sébastien et Maxime a trente-neuf voitures après eh ben après eh ben on a fait euh.
4. Le maître : Merci Shoriane. Jordan, je te donnerai la parole mais + d'abord Dorsaf + qui est du même groupe que Shoriane. Elle va nous expliquer autre chose.
   D'autres élèves demandent la parole.
5. Dorsaf (du groupe B) : Nous on a pris les vingt de vingt-deux ça nous a fait vingt plus les dix de dix-sept ça fait trente plus les sept trente-sept plus les deux trente-neuf.
6. Leila : Mais nous on dit pas que dix-sept plus vingt-deux.
7. Le maître : Jordan ? Tu prendras la parole, Leila.
8. Dorsaf *(commentant les dessins de son affiche, inaudible)* : Sébastien il en a dix-sept là et Maxime il il en a vingt-deux et ça le total ça nous a fait trente-neuf.
9. Le maître : Merci, Dorsaf. Jordan ?
10. Jordan (du groupe C) : On demande pas de calculer *(inaudible)* on demande combien Maxime a a de plus que Sébastien de voitures on nous dit pas de calculer.

[…]

1. Leila : Nous dans le schéma on dit combien Maxime a de de plus que Sébastien. Mais eux, ils ont fait dix-sept plus vingt-deux égalent trente-neuf. Si on aurait fait dix-sept plus trente-deux égalent euh dix-sept plus vingt-deux égalent trente-neuf eh ben ce serait juste le résultat mais on n'a pas dit ça on n'a pas dit dix-sept plus vingt-deux.
1. Sanae (du groupe A): Maître.
2. Le maître : Sanae.
3. Sanae *(venant au tableau)* : Nous le nôtre à nous alors on a fait on a fait cinq on a fait cinq parce que on a compté sur les mains on a compté sur les mains ça nous a fait ça nous a fait cinq alors on a écrit cinq euh on a écrit une phrase.
4. Dorsaf : Pourquoi vous avez écrit dix-sept plus cinq ?
5. Leila : Eh oui parce qu'il en a cinq de plus que Sébastien. Parce que regarde dix-sept euh non dix-sept dix-huit vingt vingt et un vingt-deux.
   Quelques élèves parlent en même temps, Sanae attend les bras croisés puis reprend.
6. Sanae *(en montrant les nombres sur ses mains)* : On a compté sur les mains. Alors on a fait vingt-deux on a fait vingt-deux sur les mains, après on a fait vingt et un.
7. Leila : C'était pas vingt-deux c'était vingt dix-sept.
8. Sanae : Ah oui *(interrompue).*
9. Leila : Dix-sept dix-huit vingt vingt et un.
10. Un élève : Vingt dix-sept ?
11. Leila : Non dix-sept plus cinq ça fait vingt-deux alors on a on a on a compté que Maxime elle en avait cinq de plus que Sébastien.
12. Sanae : Oui mais on a fait sur les mains on a fait sur les mains on a fait vingt-deux sur les mains après on a fait vingt et un, après vingt et un, vingt après dix-neuf dix-neuf dix-huit dix-sept et +et + et quand on a fait sur les mains tout ça ça nous fait sur les mains *(elle montre les cinq doigts décomptés).*
13. Leila : ça nous a fait vingt-deux.
14. Sanae : ça nous a fait cinq + alors on a écrit on a fait cinq oui mais *(se tournant vers l'affiche B)* y en a des autres qui-s-ont eu faux+ dans celui-là + ils ont eu faux dans celui-là + dans celui-là.
    Plusieurs élèves tentent d'intervenir en même temps pour contester ou approuver Sanae.
15. Leila : Je leur ai expliqué *(inaudible)* on doit dire combien Maxime a de plus que Sébastien + mais eux ils ont fait dix sept plus vingt deux égalent trente-neuf.

16. Sanae : Vous avez eu faux parce que regarde vous avez pensé ça ça fait trente-neuf. Non il faut enlever.
17. Leila : Non il faut pas enlever il faut pas enlever il faut faire il faut compter combien elle en a de plus que Sébastien.
18. Sanae : Oui je sais. Dans eux ça fait trente-neuf, en réalité ça fait cinq + cinq.
19. Le maître : Bien. Merci Sanae. Merci. Alors euh elles ont essayé de nous expliquer pourquoi elles pensent que c'est cinq voitures que Maxime a de plus que Sébastien. Alors attends Leila. J'aimerais qu'il y ait d'autres élèves aussi qui donnent leur explication. + Shoriane ?

[…]

1. Jordan : Le tien il est faux, de ce groupe. N'empêche que la question, c'est Combien de voitures a-t-il de plus que Sébastien ? Il en a cinq de plus, oui cinq de plus.
2. Shoriane : Il faut ajouter ! Il faut ajouter !

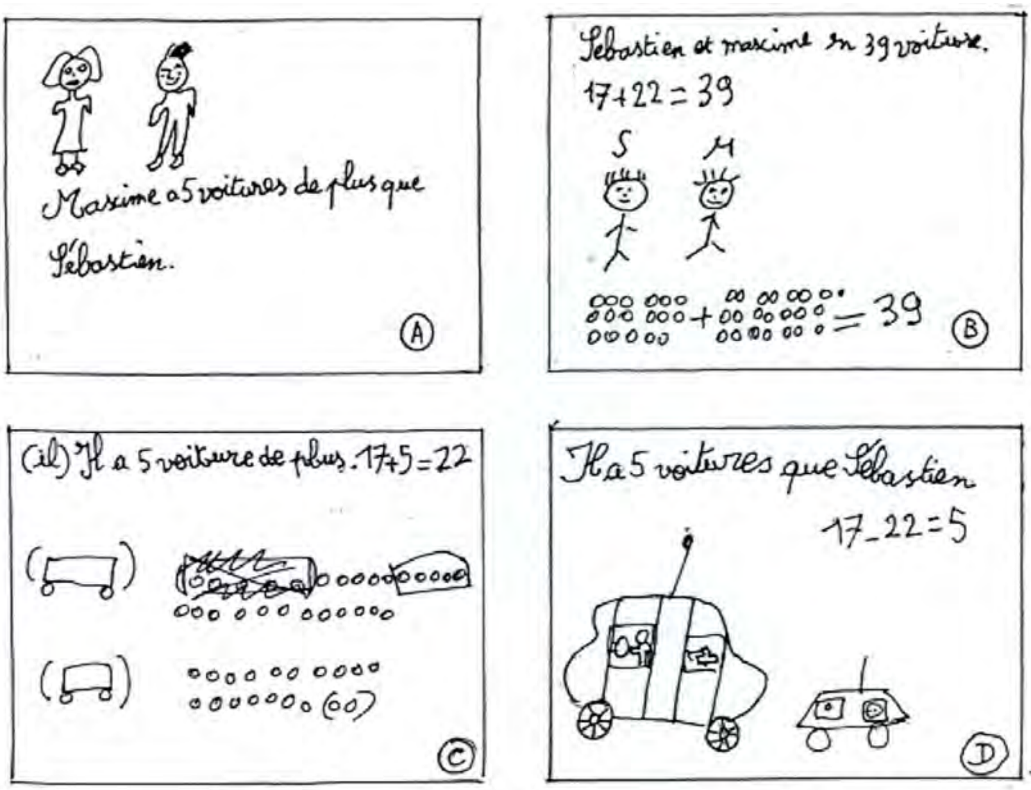
Plusieurs élèves parlent en même temps et quelques paroles plus fortes se détachent sur un fond animé.

3. Jordan : Eh non, il faut pas ajouter.

[…]

1. Sanae : Sébastien. Combien il a de plus que Sébastien. On a compté, ça nous a fait cinq. Il faut pas rajouter. Il faut pas rajouter.
2. Leila : Si on n'ajoute pas, qu'est-ce qu'on doit faire ? On doit enlever ?
3. Sanae : Non.
4. Leila : On doit compter.
5. Sanae : Voilà, on doit compter.
6. Shoriane : Oui eh ben moi, nous on a compté. On a bien réfléchi. *(Bruits)* On a réfléchi bien, si !

ANNEXE N°4 : Affiches, classe n°3



ANNEXE N°5 : REPARTITION DES ÉLÈVES DANS LA CLASSE N°3

Groupe B

Dorsaf, Shoriane, Fouad, Aïcha, Kamel

Groupe C

Jackie, Sarah, Jordan, Mahmoud

Groupe A

Tayeb, Sabrina, Leila, Sanae

Groupe D

Naouel, Anissa, Soraya, Mohamed

USAGE DE POLYDRONS POUR UNE INITIATION À LA GÉOMETRIE EN MATERNELLE

Anne BERTOTTO
PEMF, école maternelle du Pileu-Massy (91)
IUFM d'Étiolles (91)
Anne.bertotto@ac-versailles.fr

Résumé
Cette communication a pour objectif de réfléchir sur l'incidence de la manipulation problématisée d'objets géométriques, en l'occurrence d'un matériel qui se compose de polygones pouvant s'articuler pour réaliser des polyèdres, contribuant à la construction de savoirs géométriques et ce, dès l'école maternelle.
Bien que la géométrie ne figure pas explicitement dans les programmes, les jeunes élèves sont-ils capables de développer les connaissances mathématiques en relation avec la géométrie ?

Après avoir profité depuis plusieurs années des apports de la COPIRELEM, j'ai pensé qu'il était temps d'apporter, à mon tour, ma contribution. Je suis PEMF, attachée à l'École Maternelle et aux Mathématiques. En effet, les formateurs en maternelle se raréfient et la discipline mathématique n'apparaît plus explicitement en tant que rubrique dans les nouveaux programmes.

Penser la géométrie dès l'école maternelle est concevable. En effet, les instructions officielles évoquent un travail possible en maternelle menant vers les mathématiques (document d'accompagnement des programmes). C'est dans la rubrique « découverte du monde » que des propositions d'activités trouveront les prolongements dans les apprentissages mathématiques ultérieurs : « *En effet, les enfants n'attendent pas le cycle 2 pour utiliser un mode de pensée mathématique et commencer à l'élaborer leurs premières connaissances dans ce domaine.* (1) » On peut alors se poser la question de savoir comment penser la géométrie à l'école maternelle ? Ce sujet a fait l'objet d'une recherche-action sur plusieurs années avec une équipe se composant d'une PEMF, un PIUMF, une IEN, une CPC autour de la problématique énoncée dans la présentation de cette communication.

Est-il possible de faire de la géométrie à l'école maternelle ? Pourquoi est-ce si difficile ? Quelle géométrie est envisageable au cycle 1 ? Nous essaierons de répondre à ces questions. Depuis plusieurs années nous avons essayé de construire un parcours dans la géométrie sous forme de situations-problèmes « à rebondissements » et pour lesquelles la manipulation et l'expérimentation sont nécessaires. Nous espérons que ce chemin incitera les enseignants à oser la géométrie à l'école maternelle. Nous tenterons d'être source de propositions face à ce vaste sujet et nous proposerons une progression de démarches de séances de géométrie avec un matériel donné : les « polydrons » *(POLYDRON Didacto www.didacto.fr ou CAMIF « volumes à construire »).* C'est le fruit d'un travail de plusieurs années, sur plusieurs écoles et sur plusieurs niveaux : MS, GS, CP, CE1. Il ne s'agit pas d'un modèle, ni d'une quelconque méthode. Nous essaierons de montrer qu'il est possible de poser des assises en géométrie à l'école maternelle.

I – GÉOMÉTRIE AU C1 : ENJEUX D'APPRENTISSAGES ET PRATIQUES D'ENSEIGNEMENT

I –1 Difficultés et enjeux de l'enseignement de la géométrie à l'école primaire

La géométrie serait elle la mal aimée de l'enseignement des mathématiques ?

La géométrie est un domaine des mathématiques qui « laisse peu de souvenirs dans la mémoire des anciens élèves et des futurs professeurs ; elle est enseignée avec réticences à l'école… » (Boule, 2001). C'est un domaine des mathématiques dont l'enseignement à l'école primaire voit des pratiques très différentes d'une école à l'autre et, bien souvent c'est la matière qui est laissée aux PE2 lors des stages en responsabilité et notamment ce qui concerne l'étude des solides.

A ceci, rien d'étonnant puisque l'enseignement de la géométrie est difficile car « sa compréhension se situe au carrefour du sensible et de l'intelligible » (Bkouche, Charlot, Rouche, 1991).

Pourtant, on s'accorde aujourd'hui à souligner le rôle fondamental de l'enseignement de la géométrie qui contribue à la formation de la pensée scientifique et « *préparerait les élèves à aborder d'autres théories mathématiques* » (Brousseau, 2000).

Se pose alors la question de savoir comment aborder la géométrie avec les élèves.

Notre quotidien est rempli de sollicitations qui nous renvoient à des connaissances liées au domaine de la géométrie : lire une carte, repérer un trajet, mesurer des distances, évaluer des grandeurs, faire un plan….
Dès leur plus jeune âge, les enfants appréhendent l'espace à travers leurs découvertes motrices : monter, descendre, passer d'un endroit à un autre, se repérer dans l'école, courir longtemps pour aller plus loin, courir vite mais moins loin…. Ils manipulent les objets avec une précision croissante : faire un puzzle, encastrer un cube dans un autre, construire une maison en lego, démonter et remonter un objet… C'est à travers ces expériences que se construisent des représentations, des repérages, une familiarisation avec les formes et les grandeurs…

Le champ de ces expériences est prépondérant et trace déjà le chemin et du raisonnement : chercher, essayer, tester, anticiper, justifier, prouver, valider… Elle est le résultat d'un travail de la pensée, comme celle des mathématiciens à travers l'histoire et celle de l'enfant à travers ses apprentissages.

Lismont, Rouche (2002*)* en font même l'analyse suivante : « *Assembler et construire sont des modalités d'une pensée géométrique qui se manifeste d'abord dans l'action. Il s'agit bien d'une pensée, car ces actions comptent des enchaînements que l'enfant maîtrise, adapte, garde en mémoire et peut répéter. Lorsque le langage apparaît, il fait plus qu'accompagner l'action : par son pouvoir d'évocation, il aide à la concevoir et à la corriger en cours de route. Quand les situations de compliquent, il étend son rôle jusqu'à devenir l'instrument du raisonnement. Cette évolution aboutit aux théorèmes qui fondent les constructions géométriques*. »

Il s'agit là d'une perspective à laquelle nous adhérons et que nous avons essayé de mettre en pratique dans notre expérience qui aborde le problème de l'enseignement de la géométrie dès la maternelle.

I – 2 Le problème de l'initiation à la géométrie en maternelle

La spécificité de l'école maternelle tient au fait qu'il s'agit d'une École qui accueille de très jeunes enfants et ce, pour une première scolarisation. Pour la plupart d'entre eux c'est le temps des premières séparations, la découverte d'un nouveau statut, celui d'élève. Les enseignants de maternelle doivent jongler entre la nécessité de poser les premiers apprentissages tout en préservant l'enfant.

C'est dans ce souci de bien être et de bien faire que les classes maternelles sont dotées de matériels pédagogiques : puzzles, jeux de constructions (cubes, duplo, meccano), blocs logiques, jeux d'encastrements, jeux de plateau avec déplacements sur échiquier…Les connaissances sollicitées visent à la structuration de l'espace et plus particulièrement vers le « méso-espace » (4). Ces jeux sont aussi utilisés pour manipuler mais, le terme « manipuler » renvoie plutôt à des objectifs au service de la « psychomotricité fine» plutôt qu'un sens mathématiques. C'est plutôt la prouesse motrice et la performance qui sont repérées plutôt que les opérations mentales effectuées sur les objets.

Au fur et à mesure que l'enfant grandit, les manipulations (citées ci-dessus) disparaissent peu à peu au profit des activités papier/crayon/fichiers. C'est l'espace feuille qui est alors privilégié, vers le « micro-espace ». Malheureusement, ces pratiques arrivent bien trop vite (parfois dès la petite section) et données dans la précipitation c'est à dire, sans activités de repérage, de mise en situation de recherche dont le sens est identifié. Par exemple, on demande aux enfants de colorier tous les carrés qu'ils voient dans un dessin sans avoir eu d'activités de tris de formes et sans savoir ce que ce coloriage va leur apporter.

Le problème de l'initiation à la géométrie à l'école maternelle se révèle donc complexe. Le nouveau programme nous donne des indications à ce sujet, indications qui paradoxalement peuvent déstabiliser les enseignants de maternelle :

- le terme « géométrie » n'apparaît pas. La géométrie est identifiée comme telle à partir du cycle 2. Les documents d'accompagnement des programmes abordent la question de l'enseignement des mathématiques à l'école maternelle « ***vers*** *les mathématiques, quel travail en maternelle ?* » (1) par une approche transversale visant à installer les fondements « *d'une pensée scientifique et logique* » tout en pensant « *les apprentissages sur le long terme* » ;
- les instructions insistent alors dès la maternelle sur l'importance de proposer aux élèves des « problèmes pour chercher » Pourquoi des problèmes pour chercher et quels problèmes ? Telles sont les questions auxquelles les enseignants de l'école maternelle sont confrontés. Est- ce à dire qu'il ne faut pas « faire des maths » à l'école maternelle ? Les formateurs ont là un travail d'accompagnement, de lisibilité, d'interprétation, de compréhension à mettre en chantier. Il ne peut pas y avoir d'ambiguïtés sur ces questions sinon, les enseignants pourraient croire à des intentions de pervertir les objectifs de l'école maternelle. Il nous faut pouvoir apporter des réponses, prouver que les problèmes de recherche sont

justement le moyen pour les élèves de prendre des initiatives, faire face à des situations inédites, prendre conscience de la puissance de ses connaissances, partager des savoirs…. Et, il n'y a pas d'âge pour cela !

II – COMMENT MENER UNE INITIATION À LA GÉOMÉTRIE ?

Les situations problèmes sont déclencheuses d'apprentissages. L'histoire de la géométrie montre comment les hommes ont été capables de partir de problèmes posés par la vie quotidienne (mesurer, se déplacer, construire…) et structurer ces observations en une théorie logique mais complètement déconnectée de cette réalité (géométrie euclidienne). Cette évolution a demandé plusieurs siècles et nos élèves ont une scolarité pour en intégrer les grands principes ! Ce renvoi à l'histoire de la géométrie nous interpelle sur le rapport des hommes à l'appropriation des savoirs. Il s'agira donc bien de faire de la géométrie, de la construire, de la manipuler, de la fabriquer, de la produire : *« les mathématiques n'ont pas à être produites mais à être découverte »* (5). Nous n'allons pas demander pour autant aux élèves de reconstruire l'histoire des mathématiques là où il s 'agit pour l'enseignant de construire **des situations aménagées qui engagent l'activité intellectuelle de l'élève.**

Si certaines connaissances peuvent se transmettre formellement d'une personne à l'autre, d'une génération à une autre, d'un maître à un élève…. d'autres demandent la construction ou reconstruction d'opérations mentales et doivent se situer dans une réelle intention d'apprendre à travers des actions qui apparaissent finalisées pour les élèves : c'est à dire que l'enseignant doit construire des situations aménagées qui engagent l'activité intellectuelle. On confond souvent pédagogie active et pédagogie concrète, on confond activité intellectuelle de l'élève avec l'activité physique (manipulation). C'est une des difficultés de l'école maternelle.

N'y a-t-il pas un champ de situations problématisées avec des jeux de construction permettant de poser des assises en géométrie et ce, dès la maternelle ? Nous appelons une situation de manipulations finalisées, une situation qui nécessite un apport de matériel que l'enfant peut « triturer » pour atteindre un but (par exemple construire un objet) en opérant des mouvements comme tourner, retourner, déplacer, retourner, ajuster, pivoter. Ces situations sont problématisées lorsque l'élève peut envisager des procédures, les éprouver, les confronter à celles de ses pairs, identifier les procédures mobilisables. Il peut ainsi construire ou consolider ses connaissances.

Assembler, construire, représenter, décrire sont des composantes d'une pensée géométrique qui se manifeste dans l'action : agir et penser.

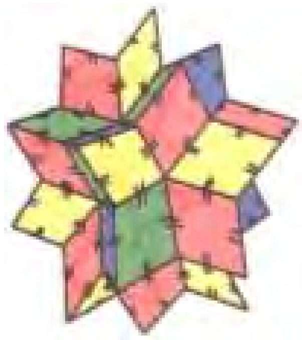
Bien souvent, les écoles disposent de matériels dits pédagogiques qui pourraient servir de point d'ancrage pour des situations didactiques. Il existe, dans bien des écoles maternelles, des jeux construction (cubes, duplo, meccano, moisson des formes, tangram, volumes à construire….). Malheureusement ces jeux ont souvent une vocation occupationnelle (atelier libre ou atelier de délestage). Au regard de ce que nous avons évoqué précédemment, l'enfant peut apprendre en manipulant des objets à condition d'y introduire une dimension didactique. C'est pourquoi, nous nous sommes attachés à travailler dans ce sens et c'est ce que nous allons essayer de montrer avec le matériel « Polydron ». Nous espérons apporter des éléments de réponse liés à la problématique de l'enseignement de la géométrie aux cycles 1 et 2.

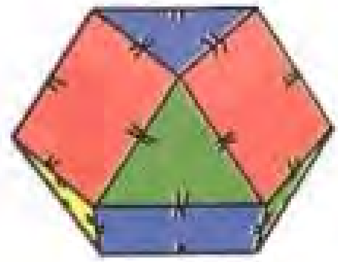
Toutes les activités présentées ci-dessus se sont situées sur du long terme (période de novembre à avril). Nous allons donc nous intéresser à cette approche en articulant espace et géométrie avec la résolution de problèmes.

III – MISE EN PRATIQUE : USAGE DE POLYDRONS POUR DÉVELOPPER UNE INITIATION A LA GÉOMÉTRIE

III – 1 le matériel

« Polydron » est un matériel qui se compose de polygones pouvant s'articuler pour réaliser des polyèdres.





Un choix qui se justifie par les qualités du matériel :

- facilement utilisable, pratique à presque tous les niveaux de l'école primaire ;
- pouvant se pratiquer seul ou en grand groupe ;
- suffisamment attractif et évolutif.

Un inconvénient néanmoins : c'est un matériel qui est cher à l'achat.

Un choix se justifiant surtout du point de vue didactique :

Le fait qu'il s'agisse d'un matériel qui se compose de polygones pouvant s'articuler pour réaliser des polyèdres permet aux enfants de s'engager dans des activités ludiques d'assemblages, de constructions, de destructions et reconstructions motivantes en elles-mêmes, soit en dimension 2, soit en dimension 3. Ces activités sont propices aux échanges entre paires ou avec l'enseignant qui par ses interventions et suggestions peut mener les élèves naturellement vers des activités de tris, de classements, vers des problèmes de construction *etc.*

Nous avons aussi utilisé un appareil photo : L'appareil photo est en effet un outil très utile pour accompagner le matériel « Polydron ». En effet la photo permet de restituer dans le plan un objet en 3D et sous différents points de vue. C'est aussi la mémoire vivante de la classe et du travail de recherche des élèves. Elle est aussi un support pour des fabrications de jeux de type Mémory, Loto…

III – 2 De problèmes en problèmes : les différentes phases de la progression réalisée

Pour créer un objet en 3D, l'élève va réaliser des actions comme *tourner, retourner, pivoter,* déplace, *superposer,ajuster* qui vont lui permettre d'opérer des va-et-vient espace/ plan et concrétiser sa pensée par réalisation d'un polyèdre.

La question est maintenant de savoir comment développer avec les élèves le potentiel qu'offre le matériel. Nous allons présenter la progression que nous avons élaborée avec les élèves en faisant part :

- des consignes introductives de chaque phase ;
- du comportement des élèves : en particulier nous noterons les problèmes spontanés que se sont posés les élèves ;
- du rôle et des interventions de l'enseignant : en particulier nous noterons les interventions qui mènent les élèves vers de nouveaux questionnements et de nouveaux problèmes à résoudre à partir des productions élaborées par les élèves.

Nous aurons l'occasion de montrer chaque fois en quoi les élèves ont progressé dans leur repérage dans l'espace et leur découverte des formes et des grandeurs. Nous rencontrerons ainsi des élèves qui auront eu l'occasion de :

- réaliser un polyèdre ;
- réaliser un polyèdre autre que ceux exposés ;
- nommer un polyèdre (cube, pyramide) ;
- nommer les polygones qui le constitue (carré, triangle, rectangle, losange) ;
- distinguer un carré d'un triangle ;
- utiliser les propriétés des polygones ;
- comparer des polyèdres (celui qui est le plus haut, le plus long, le plus gros ou celui qui est fait avec le plus petit nombre de pièces, celui qui prend le plus ou le moins de place),
- utiliser un vocabulaire approprié.

III – 3 Découverte et appropriation du matériel

Quelque soit le niveau des élèves, cette mise en situation a pour objectif d'appréhender les représentations des élèves, ce qu'ils perçoivent de l'espace à travers des assemblages de polygones. Bien entendu, cette phase fait l'objet de plusieurs séances. Le temps consacré est variable suivant le niveau et les compétences des élèves. Avec ce matériel chacun peut aller à son rythme sans gêner ses pairs.

Consigne : *Que peut-on construire avec les « polydrons »* ?

Chaque élève pourra, **quand il juge qu'il a** terminé, exposé ce qu'il a construit.

Le maître se positionne en **observateur et évalue**, en cours de séance, les niveaux de formulation, *ce que disent les élèves*, avec *quels mots, ce qu'ils font* et comment *ils le font.*

Ce qui permet d'évaluer en cours de situation les niveaux de formulation, les capacités des élèves à s'organiser, anticiper.

Productions observées

Des réalisations « à plat » plus ou moins organisées (formes, couleurs). Seuls les mouvements « déplacer » et « retourner » sont observés sur des polygones réguliers.

Procédures supposées

On peut supposer que l'élève utilise des critères « *même forme que* » avec ou sans validation (superposition), fait références à des images connues (ici, l'étoile).

L'intention de faire est parfois exprimée oralement avec anticipation : « Je v*ais faire une étoile.*

III – 4 Construire des polyèdres : 1ère phase

Cette phase a pour but d'inciter les élèves à construire en 3D, donc à « lever » les pièces et à établir des relations entre l'espace et le plan. Les productions précédentes sont en vue de tous les élèves dans un espace réservé à cet effet qui peut s'appeler « musée », il est la mémoire vivante de la classe.

Consigne : *Rechercher d'autres idées.*

Tout comme les séances précédentes le maître se positionne en **observateur et évalue**, en cours de séance, les progrès des élèves sur les formulations utilisées, les relations opérées pour effectuer des va et vient entre l'espace et le plan.

Productions observées

Procédures supposées

Ce sont souvent des procédures personnelles qui sont observées.

- l'enfant se pose la question de « qu'est-ce que je **vais** pouvoir faire ? », pendant que d'autres procèdent par imitation ;
- certains continuent à construire à plat en faisant « des plus grands », qui prennent « plus de place », qui sont « plus beaux », qui sont « tordus »… ;
- persistance du hasard. Les pièces sont prises aléatoirement. Dans certains cas, ces choix fortuits donnent des idées.

On notera que dans ces moments de tâtonnements, le langage mathématiques commence à se traduire sur divers registres : carré, plus grand que, à côté, devant… ou, font état d'un début de raisonnement : parce que, si, alors, et, ou… Les échanges entre pairs sont de plus en plus explicites. Ils se traduisent par des explications avec anticipation et projection. L'entraide s'organise, la rivalité aussi !

La synthèse est absolument nécessaire pour confronter les productions, faire émerger les procédures et ainsi **confronter des points de vue**. Par exemple, deux façons de concevoir une maison (voir photos ci-dessus). Il s'agit maintenant d'enclencher une dynamique de relance par des choix obligés : *le musée s'est agrandit, il n'y a plus beaucoup de place et les pièces de Polydron viennent à manquer. Il faut retirer des constructions, lesquelles ?...* Moment de débat qui doit permettre de retenir des arguments d'ordre mathématiques comme celui de reconnaître les constructions en volume et de retirer celles qui sont « à plat » par exemple).

III – 5 Construire des polyèdres : 2ème phase

L'enseignant suppose que l'élimination des objets à plat incite les élèves à penser l'espace.

Consigne : *Chercher ce que l'on peut faire, mais attention, on ne peut plus exposer d'objet à plat.*

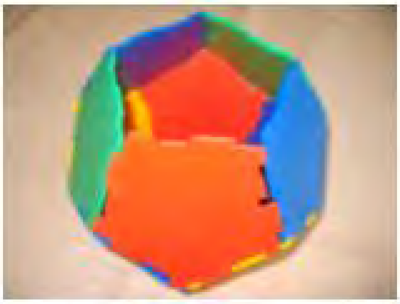
Procédures observées

- Des essais, des échecs avec l'acceptation de recommencer en rectifiant des paramètres comme « changer de forme » ou « positionner autrement »… recommencer en cherchant une autre idée… ;

- certains continuent de construire à plat et s'imaginent que pour « fermer » il suffit de rajouter une pièce.

Le cheminement de la pensée se précise : « *Il me faut deux carrés ; celui là ne va pas à côté…* ». Mise en relation des longueurs des côtés de deux pièces de Polydron de nature différentes (carré et triangle), superposition de pièces pour vérifier qu'elles sont identiques, superposition d'angles…

Pour fermer la boîte, la dernière pièce est identifiée ou elle est posée par tâtonnement. Une fois fermée, l'objet devient « boîte». La notion de « fermé » est validée par l'élève. Pour cela, il met un objet à l'intérieur, le ferme et secoue. Si rien ne tombe, l'objet est considéré comme fermé.



Vient la question : faut-il dire le mot « polyèdre » lorsque l'on s'adresse à de jeunes élèves. Personnellement, j'ai choisi cette idée, sans pour autant en faire un objectif d'apprentissage ou une compétence remarquable ! En contexte, la nécessité d'énoncer « polyèdre » prend tout son sens.

La synthèse, encore une fois, fait émerger des points de vue sur ce que l'enfant sait d'un objet. Ce moment valide les productions pour ne garder que les objets fermés, donc les polyèdres. Ce temps de confrontation a pour but de mettre toute la classe d'accord sur ce que l'on garde et pourquoi on le garde. La décision se prend d'un commun accord sur des critères mathématiques.

III – 6 Vers d'autres polyèdres

L'idée de cette phase est de donner à tous les élèves la possibilité de construire un polyèdre et d'identifier des propriétés qui les caractérisent.

Consigne : *Construire des objets fermés.*

Productions observées

Le musée des objets fermés s'agrandit conformément à ce qui est attendu : beaucoup de polyèdres réguliers (cubes de différentes tailles, pyramides à base polygonales, pavés plus ou moins long…)

Procédures supposées

<u>Procédure avec intention</u> : l'enfant sait déjà ce qu'il **va faire :** « *Je VAIS faire une maison* ». Il met son énergie au service de son projet.

Procédure adaptable : À partir de quelque chose de fortuit, des idées apparaissent et se concrétise.

Procédure inattendue : Production « à plat ». L'enfant imagine qu'il suffit d'ajouter une autre pièce « plat » pour fermer l'objet.

Procédure par imitation : L'enfant choisit un polyèdre du musée, sans le déplacer et reproduit « à distance ». Cet exercice est parfois difficile et requiert des qualités étonnantes. Elles ne sont pas celles attendues, certes mais prouvent que l'élève est capable d'identifier les positions relatives des polygones les uns par rapport aux autres. A ce stade, on passe par des procédures personnelles qui commencent à devenir expertes dans la mesure ou, pour construire, les élèves mettent en relation des propriétés, émettent des hypothèses, anticipent, comparent, déduisent.

La synthèse sert à valider les productions. Tout ce qui n'est pas un polyèdre sera retiré du musée. Les élèves donnent des noms pour authentifier leurs polyèdres : boîte, tambour, tente, pyramide, maison, bateau…Certaines propriétés sont identifiées implicitement comme les caractéristiques d'un cubes (faces carrées), les pyramides (faces triangulaires), les prismes …

On peut se poser la question du vocabulaire mathématique. Faut-il évoquer les termes de « pyramide, pavé, cube… » ? Il en est de même que précédemment, quand le besoin ou le contexte le justifie.

III – 7 Trier les polyèdres

L'idée est de conduire les élèves à identifier des propriétés des polyèdres par élimination des doubles.

Consigne : *De nouveau, nous n'avons plus de place dans le musée et nous n'avons plus de Polydron. Essayons de faire du tri !*

Ce sont d'abord des critères d'ordre affectifs : le beau, celui du copain….

Puis, ils commencent à construire des critères qui s'apparentent à l'identification de certaines propriétés mathématiques : *même forme, même longueur que, même taille que*, plus *petit ou plus grand que, plus haut, plus gros….* Ces comparaisons conduisent à conclure que des polyèdres sont en plusieurs exemplaires : ***« ils sont pareils ».***

Problème : Quels sont ceux qui sont pareils ?

a) **Pas de conflit** pour les polyèdres réguliers comme le cube, la pyramide à base triangulaire.

b) **Ambiguïté** (voir photos ci-dessous).

Débat : Le doute s'installe entre **petit cube et grand cube**. Doit-on les garder ou doit-on en retirer un. Si oui, lequel ?

S'agit-il des « mêmes » cubes ?

S'agit-il du « même » objet ?

Identique ou semblable : C'est un peu par hasard que les élèves se trouvent confrontés à ce vrai problème. Il ne s'agit pas d'en faire un objectif d'apprentissage. Cependant, les élèves cherchent une réponse en juxtaposant les faces des polyèdres, l'un faisant le tour de l'autre. Constatant les différences de grandeurs des surfaces, ils considèrent qu'il s'agit bien de deux cubes : un est grand, l'autre est petit : « ***Ils se ressemblent comme des frères mais pas comme des jumeaux*** ». On garde donc le grand cube et le petit cube.

La position des deux pavés, laisse supposer qu'il s'agit de deux objets différents : Certains élèves hésitent entre deux objets identiques dans des positions différentes. Ils pensent que lorsqu'un polyèdre change de position, il devient alors un **autre objet**. Cela les trouble. Peut-on parler du même objet ? La validation par la mise en position sur la même base ne suffit pas, les élèves éprouvent le besoin de mettre deux pavés, faces contre faces : « ***Ils sont pareils comme deux jumeaux,*** il ne faut en garder qu'un seul ».

III – 8 Réalisation de polyèdres de plus en plus complexes

Il s'agit maintenant de faire évoluer les productions et d'inciter les élèves à utiliser des critères de plus en plus mathématiques pour améliorer les constructions.

Consigne : *Construire un objet qui n'est pas dans le musée.*

Productions observées

Les élèves se lancent maintenant des défis, celui qui fait le plus long, le plus gros, le plus tordus….

Procédures supposées

a) Certains supposent qu'il suffit d'augmenter le nombre de pièces. Plus il y en aurait, plus le polyèdre deviendrait difficile à réaliser ;
b) La nature des polygones devient un choix. Recherche de réaliser un polyèdre qu'avec certains polygones comme le ballon de football, par exemple ;
c) Recherche de polyèdres non convexes appelés *« tordus »*.

A noter : Affinement du langage mathématique qui se précise et se contextualise.

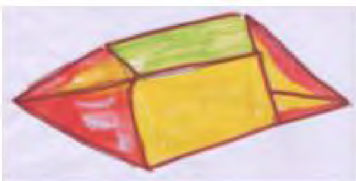
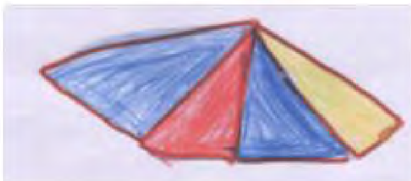
III – 9 Représenter un polyèdre

L'objectif de cette séance est d'identifier ce que les élèves perçoivent de l'objet pour en faire sa représentation.

Consigne : *Dessiner un* objet *du musée.* Attention : C'est l'enfant qui choisit le polyèdre.

Procédures observées

- Il est étonnant de constater que déjà, certains élèves choisissent un polyèdre *facile à dessiner* ! Que faut-il interpréter de cette initiative ? Peut être l'idée que ces élèves anticipent, ajustent, identifient des propriétés caractéristiques : angle droit, convexe, arêtes, faces… Pendant que d'autres élèves prennent un polyèdre au hasard, sans se poser de questions ;
- représentation du polyèdre par contour de l'empreinte d'une des bases du polyèdre ;
- repérage de polygones connus (carré, tringle…) et dessin à *main levée ;*
- la couleur sert de repaire pour marquer que l'enfant ne peut pas dessiner : ce qui est derrière ou sur les côtés.

III – 10 Décomposer un polyèdre

Cette phase est la dernière et s'achève par la nécessité d'établir la fiche technique. En effet, l'élaboration de la fiche technique présente plusieurs intérêts :

- elle est une trace écrite, mémoire de travail. Elle permet de faire la synthèse du travail engagé – photo(s), nom, famille… ;
- elle assurera son rôle de fiche technique : construire un polyèdre ;
- elle permet de faire le point avec l'enfant sur des compétences : nommer des figures simples, expliciter ses choix, décrire un polyèdre nombre et nature des faces)…

Nous allons proposer aux élèves de réfléchir sur la composition d'un polyèdre. Pour cela, nous leur mettons à disposition une fiche photocopiée (fiche technique ci-après) représentant les modèles réduits des pièces de Polydron. Les pièces du musée sont mises à disposition des élèves ainsi que leurs photos.

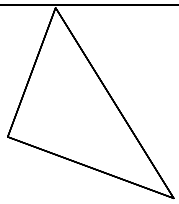
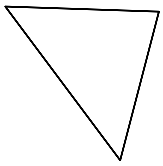
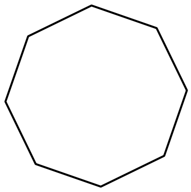
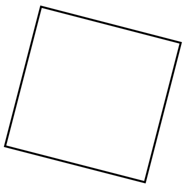
Consigne : « *Il nous faut pouvoir expliquer comment sont faits les polyèdres du musée. Ainsi, nous pourrons les refaire même si on ne les a plus. Pour cela, vous choisissez un polyèdre avec sa (ses) photos et vous essayez de remplir la fiche.* »

Remarque : La dictée à l'adulte peut être envisagée pour des élèves qui ne maîtrisent pas encore l'écriture. C'est l'enfant qui colle la photo après vérification qu'il s'agit bien de celle(s) correspondant au polyèdre choisi. De même, c'est lui qui annonce et qui écrit le nom de ce polyèdre (qui a été validé par la classe dans les activités précédentes).

Validation : Échange des fiches entre élèves.

Consigne : *Construire un polyèdre uniquement à partir de la fiche technique*.

	Je l'ai appelé : « *tente* »
Famille des : « *pointus* »	Je l'ai choisi parce que : ----------------------------

	Nombre	Nom
		
		
		
		

Procédures observées

<u>La plus experte</u> : Le polyèdre est cassé. Ainsi, l'identification des polygones est plus aisée, le nombre plus facile à dénombrer, pas d'oubli sur la nature des polygones. Validation par superposition.

<u>Par tâtonnement</u> : Le polyèdre reste en état. Encore une fois, des élèves choisissent des polyèdres faciles à reconnaître parce qu'ils sont élaborés à partir de figures connues. D'autres se posent des défis : Je prends le plus tordu, le plus gros… Quoiqu'il en soit, le repérage à vue nécessite un pointage qui est rarement perçu. A ce sujet, pour réaliser cette fiche technique il est nécessaire **d'avoir recours au nombre,** ce que les élèves font rarement d'emblée. Ce n'est qu'après plusieurs essais que **le nombre est perçu comme moyen de résolution.** Il semblerait que le nombre ne soit pas reconnu dans une situation à priori non numérique. Ce problème est récurrent dans d'autres situations. Or, les activités de comptage pullulent en maternelle ! Il y a là, un champ à travailler en C1 et C2.

IV – CONCLUSION

A travers cette communication, nous avons essayé de montrer comment il était possible de faire entrer la géométrie par la grande porte de l'école maternelle tout en préservant l'enfant et l'élève. Pour cela, à charge de l'enseignant de construire des situations pensées, finalisées avec des matériels permettant des manipulations. C'est donner la possibilité à chaque élève, avec l'aide de ses pairs, de construire des représentations qui s'apparentent déjà à la géométrie.

Penser l'enseignement de la géométrie dès l'école maternelle semble possible si cela s'inscrit dans une dynamique didactique appropriée et clairement définie.

Il semble que la géométrie effraie encore des enseignants et le fait d'en évoquer son existence à l'école maternelle alarme encore plus. Et, pourtant, après plusieurs années d'expérimentation, nous avons pu observer des jeunes élèves intéressés, concentrés, coopérants, attentifs sur des questions mathématiques.

Nous espérons que ce travail puisse servir de support pour les formateurs d'IUFM et de terrain dans les formations initiales et continues et soit un prétexte à échanges constructifs avec les autres acteurs ou chercheurs.

BIBLIOGRAPHIE

BERTHELLOT ET SALIN (1992) L'enseignement de l'espace et la géométrie dans la scolarité obligatoire, *Thèse 7-11-1992, Université de Bordeaux I.*

BERTOTTO A., HELAYEL J. (2003) enseigner la géométrie cycle 2, *Bordas*.

BKOUCHE R., CHARLOT B., ROUCHE N. (1991) Faire des mathématiques : le plaisir du sens, *Armand COLIN*.

BOLON J (1993) *Les mathématiques à l'école maternelle*, COPIRELEM, **Tome 3**.

BOULE F (1979) *Espace et géométrie pour les enfants de trois à onze ans*, CEDIC.

BOULE F (1985) Manipuler, organiser, représenter, Prélude aux Mathématiques, *Armand COLIN*.

BOULE F (2001) *Questions sur la géométrie et son enseignement*, Math-École, **199**, Institut de Mathématiques, Neuchâtel.

BROUSSEAU G. (2000) *les propriétés didactiques de la géométrie élémentaire : l'étude de l'espace et de la géométrie,* conférence de Crète, séminaire de didactique des mathématiques.

CHERQUETTI, ABERKANE (1992) Dossier JDI n°2.

DIRECTION DE L'ENSEIGNEMENT SCOLAIRE, BUREAU DU CONTENU DES ENSEIGNEMENTS (2004) *Documents d'accompagnement des programmes Mathématiques* www.eduscol.education.fr

LISMONT L., ROUCHE N. (2002*) Construire et représenter, un aspect de la géométrie de la maternelle à 18 ans*, CREM de Belgique *(téléchargeable sur* www.profor.be/crem*).*

ENGAGER LES PE DANS UNE PRATIQUE DE CLASSE INTERDISCIPLINAIRE EPS/MATHS : DISCUSSION AUTOUR D'UN DISPOSITIF DE FORMATION CONTINUÉE

Aline BLANCHOUIN
PIUFM EPS, IUFM de Créteil
aline.blanchouin@creteil.iufm.fr

Nathalie PFAFF
PIUFM Mathématiques, IUFM de Créteil
Nathalie.pfaff@creteil.iufm.fr

Résumé
Cette communication concerne les résultats d'une recherche[1] portant sur la formation des professeurs des écoles (PE) à l'interdisciplinarité Maths/EPS dans le cadre de la formation continuée.
Tout d'abord, nous contextualiserons la question de l'interdisciplinarité à l'école primaire et proposerons une méthodologie pour construire des liens entre l'EPS et les mathématiques. Puis le commentaire de la grille de notre dernier stage (proposé en janvier 2005) permettra de présenter nos conclusions pour engager les PE dans une interdisciplinarité Maths/EPS. Enfin, celles-ci seront discutées à la lueur d'une étude de cas, une enseignante que nous avons suivie au mois de mars, dans son « réinvestissement en classe » du lien « longueur – saut en longueur ».

I – ÉLÉMENTS DE CONTEXTUALISATION DE NOTRE RECHERCHE

I – 1 Une double légitimité à lier les deux disciplines qui met à jour des difficultés

Les programmes de l'école élémentaire[2] proposent aux enseignants de ne pas cloisonner les disciplines, sans pour autant spécifier ce que cela engage réellement : « L'enseignant met à profit sa polyvalence[3] pour multiplier les liaisons et les renvois d'un domaine à l'autre. Il évite ainsi l'empilement désordonné des exercices (…) » (p. 49). En ce qui concerne l'EPS et les mathématiques plus particulièrement, l'injonction institutionnelle est présente à plusieurs occasions. La plus éclairante se trouve dans les documents

[1] Cette recherche est soutenue par l'IUFM de Créteil depuis 2 ans.

[2] IO 2002, Qu'apprend-on à l'école élémentaire ? les nouveaux programmes, CNDP 2002.

[3] Le rapport 97 de l'Inspection Générale Enseignement primaire, la polyvalence des maîtres à l'école élémentaire, définit la polyvalence comme « la maîtrise simultanée des disciplines, de leurs connexions et des compétences transversales qu'elles mettent en œuvre » (p. 19). C'est ainsi, entre autres, assurer la cohérence et des « ponts » entre toutes les disciplines à enseigner (seul ou à l'aide d'intervenants extérieurs).

d'application des programmes d'EPS (C2 et C3) qui précisent que « certaines notions mathématiques peuvent trouver un support dans les activités d'orientation et d'athlétisme (mesure et comparaison de distances, de longueurs…) ou de jeux collectifs (classement de résultats, notion de score) *etc*. » (p. 3).

Les représentations et pratiques des enseignants du 1er degré relatives à l'exercice de leur polyvalence, appréhendées par les enquêtes successives du GRPPE[4] représentent une deuxième source de légitimité pour approfondir la question de l'interdisciplinarité. Elles laissent apparaître qu'il existe un paradoxe entre le discours « conventionnel » d'attachement déclaré à la polyvalence (86%) et les « pratiques qui s'en éloignent ». En effet, les enseignants aiment leur polyvalence, sont convaincus qu'elle est « bénéfique pour les élèves » et qu'elle leur « permet de pratiquer l'interdisciplinarité » mais émettent de multiples doutes relatifs tout d'abord à « leur compétence à enseigner toutes les disciplines », puis « à la possibilité et la signification d'un enseignement interdisciplinaire ».

Ainsi, si à la quasi-unanimité, les enseignants affirment que la polyvalence permet de faire des « ponts », seulement 21% adhèrent sans réserve à cette assertion. Les doutes transparaissent à travers la diversité des ponts déclarés réalisés (13% n'ont rien répondu tout de même) que Baillat regroupe en 7 catégories : Outil (34% : 1 discipline utile pour une autre) ; thème (25%) ; juxtaposition (21%) ; prétexte (20%, le travail dans une discipline est justifié pour réaliser un apprentissage dans une autre discipline) ; activité commune, vie réelle (réutilisable en dehors de l'école). En fait, seulement 8% des exemples correspondent à l'éclairage d'un concept à travers différentes disciplines. Pour terminer, il est à noter que lorsque les enseignants citent des ponts, les disciplines les plus fréquemment présentes sont le « français » (63%) puis les maths (46%) et l'EPS (29,5%). En outre, en C1 et C2, les maths sont le plus souvent associées avec l'EPS (à 52,4% et 37,5% respectivement) même si cette dernière discipline voit son volume horaire d'enseignement non respecté (en C2, - 30%, par exemple) et se présente comme déléguée à plus de 73% en école élémentaire.

« Globalement, on a l'impression que les enseignants sont convaincus de l'utilité de faire des ponts mais qu'ils éprouvent des difficultés, des réticences et aussi des doutes théoriques »[5] (p. 17). Les obstacles à penser l'interdisciplinarité se révèlent donc multiples comme le suggère Richon (2001) : le flou conceptuel qui accompagne le terme d'interdisciplinarité à l'école primaire, est un frein pour la concevoir réellement mais pas seulement :

- <u>Le sentiment d'incompétence des PE</u> dans certaines disciplines ne sert pas la mise en relation de disciplines à partir d'un concept commun. D'ailleurs, « les conditions d'une réelle polyvalence dans l'activité professionnelle » apparaissent extrêmement exigeantes, « notamment sur le plan de la maîtrise épistémologique des savoirs »[6].

---

[4] Groupe de Recherche sur les Pratiques Professionnelles des Enseignants dirigé par Baillat, IUFM Champagne Ardenne.

[5] Rapport de recherche du GRPPE.

[6] Revue n °3 Contre-pied, l'école primaire interroge l'EPS, p. 7.

- Le discours institutionnel sur la « maîtrise de la langue » et les évaluations nationales centrées exclusivement sur les maths et le français n'invitent pas à prendre le temps de la conception et de la mise en œuvre de connexions entre disciplines.

- La délégation ou l'évitement de l'EPS en élémentaire rend délicate une interdisciplinarité s'appuyant sur elle.

- Le manque d'outils / manuels relatifs à une démarche interdisciplinaire semble un obstacle important quand on sait que les enseignants s'aident beaucoup des manuels pour préparer leurs séances. De plus, les pratiques des enseignants sont fortement marquées par celles qu'ils ont reçues en tant qu'élèves et peu d'entre eux ont été confrontés, dans leur scolarité, à un enseignement interdisciplinaire.

I – 2 Animer le concept d'interdisciplinarité

I – 2.1 Définir le concept d'interdisciplinarité

Le flou autour de ce concept nécessite de le clarifier et pour asseoir le cadre de notre réflexion, nous optons pour la proposition de Lenoir (1999), qu'il qualifie de large et souple : « Il s'agit de la mise en relation de deux ou plusieurs disciplines scolaires qui s'exerce à la fois aux niveaux curriculaire, didactique et pédagogique et qui conduit à l'établissement de liens de complémentarité ou de coopération, d'interpénétration ou d'actions réciproques entre elles sous divers aspects (finalités, objets d'études, concepts et notions, démarches d'apprentissages, habiletés techniques…) en vue de favoriser l'intégration des processus d'apprentissages et des savoirs chez les élèves »[7].

La définition des enjeux pour les apprentissages disciplinaires des élèves peut se formuler de façon générale, a priori :

Pour l'EPS, les apprentissages moteurs, dans cette convocation interdisciplinaire, peuvent conquérir une légitimité (établir de réelles progressions) et les habiletés motrices, être indirectement renforcées à travers :

- l'identification et l'appropriation des caractéristiques du dispositif matériel de la situation pédagogique ;
- l'élaboration de principes d'actions, fondements de la définition des règles d'action[8].

Pour les mathématiques, la construction du sens des apprentissages est favorisée. En trouvant un ancrage dans un domaine d'expérience défini par une APSA[9], les notions mathématiques peuvent plus facilement émerger de contextes réels afin de conforter leur sens[10].

---

[7] Lenoir Y. (1999) : p. 300.

[8] Grehaigne (1990 et 1999).

[9] Activité Physique Sportive et Artistique.

[10] Douek N. et Sachs A. (2004).

I – 2.2 Traduire le concept en lien(s) EPS/Maths

Il s’agit à présent de donner « corps » à une interdisciplinarité EPS/Maths à l’école primaire. Pour ceci, trois étapes nous semblent nécessaires. Elles constituent pour nous une méthodologie ouvrant sur l’élaboration de contenus d’enseignements, s’appuyant sur la spécificité du curriculum français et sur la nécessité de mettre en parallèle deux progressions.

Déterminer des binômes APSA / notion mathématique possibles

La lecture des programmes permet de repérer (au-delà des compétences transversales communes), trois concepts communs à l’EPS et aux mathématiques (ceux de longueur, d’espace et de durée) et une notion commune, celle de score qui, en convoquant le nombre, intervient directement, dans les jeux et sports collectifs.

APSA	Notion ou concept commun	Domaine mathématique	Cycle concerné
Jeux collectifs Athlétisme	Score	Connaissance des nombres entiers (Numération)	C1, C2
Athlétisme (saut en longueur, lancer, course de durée)	Longueur	Grandeur et mesure (longueur)	C1, C2, C3
Jeux collectifs Athlétisme (Danse)	Durée	Grandeur et mesure (durée)	C1, C2
Course d’orientation (Gymnastique) (Danse)	Espace	Espace et géométrie (Repérage dans l’espace)	C1, C2, C3
Acrosport Lutte	Espace	Espace et géométrie (Repérage sur un quadrillage)	C2, C3
Sports collectifs	Score	Exploitation de données numériques (Proportionnalité)	C3
Athlétisme (saut en longueur, lancer)	Longueur	Connaissance des fractions simples et des nombres décimaux	C3

Identifier la nature des liens

Définir des liens, c’est également pour nous, identifier ce qu’ils peuvent apporter aux deux disciplines engagées. Aussi, l’approche didactique autorise à définir, pour chaque discipline, les différentes raisons pour lesquelles une interdisciplinarité est à convoquer.

<u>Les mathématiques servent les apprentissages en EPS car elles</u>

- permettent d’identifier les effets de l’action en les évaluant (et aident plus ou moins directement à la formulation de principes d’actions) ;
- facilitent la compréhension des dispositifs matériels des situations proposées ;
- placent les élèves dans des projets individuels ou collectifs de performances à partir de contrats.

<u>L’EPS sert les apprentissages mathématiques pour</u>

- découvrir une notion ou une procédure ;
- réinvestir dans un autre contexte une notion ou une procédure identifiée en classe.

Programmer la fréquence et l'agencement des liens

Enfin, lier une progression en EPS et une progression en mathématiques, exige de définir le nombre de « ponts » et leurs « moments ». A priori, plusieurs variables peuvent être retenues :

- nombre de liens au cours des deux progressions liées (fréquence) : un ou plusieurs ;
- moment dans les progressions de chacune des deux disciplines où interviennent les liens : début, milieu, fin ;
- similarité ou non de ce moment pour les deux progressions (début pour toutes les deux, début pour l'EPS et fin pour les maths) ;
- Immédiateté ou décalage de la réciprocité du lien.

Deux propositions de liens entre le saut en longueur et la longueur différentes par la fréquence et l'agencement des liens sont données en annexes (n°1 et n°2).

Néanmoins, former à l'interdisciplinarité EPS/Maths dans le 1er degré, exige, outre de répondre à la question des outils, de prendre en compte les travaux actuels sur les pratiques enseignantes.

I – 3 Former les enseignants : deux axes à emprunter

I – 3.1 Partir des représentations et des pratiques des enseignants

Selon Perrenoud (2001), le fait de ne pas prendre en compte les pratiques existantes empêchent leur modification, « les innovations proposées par des tiers ne peuvent être accueillies et assimilées qu'au prix d'une analyse de leur congruence avec les pratiques en vigueur » (p. 46). Aussi, l'écart entre ce qui est proposé en formation et ce que font les enseignants ne doit pas être trop important. D'ailleurs, Cauterman et al. (1999) précisent que « le stage de formation et les projets individuels de formation qui « marchent », procèdent par « petits pas », « petits projets », « petits changements » (...), et proposent « des schémas pas trop ambitieux, pas trop idéaux, pas trop prescriptifs et s'appuyant largement sur l'expérience des formés, en les aidant à verbaliser cette expérience » (p. 212).

En fait, pour Robert (2002), « les pratiques des enseignants sont complexes, stables et cohérentes et résultent de recompositions singulières (personnelles) à partir de connaissances, représentations, expériences, et de l'histoire individuelle en fonction de l'appartenance à une profession » (p. 508). L'enjeu de la formation est alors de proposer des contenus qui ne poussent pas l'enseignant à rentrer en conflit avec « le système de pratiques cohérent » qu'il s'est construit.

D'ailleurs, Peltier-Barbier et Ngono (2003) ayant noté peu d'effet de transformation des pratiques après une formation essentiellement « didactique » concluent à l'indispensable nécessité de travailler en formation à l'analyse des pratiques des stagiaires.

I – 3.2 Faire prendre conscience aux enseignants de leurs représentations et pratiques

Les différents travaux sur l'analyse de pratiques montrent cette nécessité de la réflexion dans et sur l'action. Les constats de Cauterman et al. (op. cit.) renforcent ce propos puisqu'ils précisent que « par l'existence du travail collectif, les formations interactives - réflexives sont bien les plus efficaces, quand des formateurs - médiateurs, ouvrant un espace de reconnaissance mutuelle et de tâtonnements, proposent des activités immédiatement applicables mais inscrites dans une perspective à long terme » (p. 210). De même, Montandon (2002) affirme que pour qu'un dispositif de formation favorise la mise en place de « dispositifs innovants », aide à construire un « dispositif d'apprentissage », il doit permettre aux enseignants d'appréhender leur propre rapport au savoir, à eux-mêmes, aux collègues, aux élèves…

Ainsi, à la lueur des éléments développés ci-dessus, pour nous, mobiliser l'interdisciplinarité EPS/Maths, dans le primaire, c'est raisonner en termes de liens, quels que soient leurs natures et fréquences, en respectant les deux règles suivantes :

1. Au minima, le lien ne doit pas nuire aux apprentissages visés dans une discipline (en l'occurrence très souvent l'EPS) ;

2. La réciprocité est à rechercher mais elle ne l'est pas forcément par la voie la plus ambitieuse (situation de découverte pour les maths).

II – ENGAGER DES PE DANS UNE INTERDISCIPLINARITÉ EPS/MATHS : PREMIERS ÉLÉMENTS DE CONCLUSIONS

II – 1 Commentaires des plages d'enseignements, de notre dernier stage «liens EPS/Maths » [11]

Les bien-fondés du dispositif de formation proposé sont issus des travaux de recherches évoqués précédemment et des bilans tirés d'une dizaine de stages (conçus et vécus entre décembre 2002 et octobre 2004) à l'aide d'entretiens informels, de questionnaires distribués aux stagiaires en début et fin de stage et d'une quinzaine de questionnaires « post stage » récupérés.

Les hypothèses émises, au cœur de la conception de la grille de formation présentée, ont été confrontées aux bilans individuels de fin de stage des stagiaires (en les comparant à ceux des précédents). A présent, nous pouvons donc apprécier et justifier les choix réalisés pour les 66h de stage[12].

[11] Annexe n° 3 : grille du stage « liens EPS/Maths en C2 » proposé en janvier 2005.

[12] Les éléments précis de justifications n'apparaîtront pas ici faute de place.

II – 1.1 Objet, fréquence et placement des « séances » les unes par rapport aux autres

Les séances de maths (7 ,5) et d'EPS (7) sont au nombre de 14,5 sur 22 (2/3) au cours desquelles sont traitées respectivement 5 notions et 4 APSA. Elles ont lieu avant la « séance lien » qui implique la notion mathématique et l'APSA traitées.

Commentaire : il s'agit de rendre le PE familier avec la didactique de la discipline dans l'un de ses champs pour qu'il s'y sente « à l'aise » avant de lui demander de réfléchir et de proposer concrètement un lien entre un objet de chacune des deux disciplines car le premier obstacle à l'interdisciplinarité est celui de la maîtrise disciplinaire. Aussi, un sentiment de « sécurité » développé quant à l'enseignement de contenus disciplinaires nous semble un gage pour entrer dans une démarche interdisciplinaire réelle.

> « Ça me semble assez complexe de mêler les deux disciplines car il faut être à l'aise en EPS et en maths. Je préfère essayer d'abord de mettre des choses en place séparément »[13].

Les «séances liens » représentent 5,5 séances sur 22 (le quart) et sont relatives à six projets qui s'avèrent mobiliser deux à deux une même APSA ou une même notion mathématique. Ainsi, les jeux collectifs et l'athlétisme sont à la source de deux projets tout comme la durée et la notion d'espace. Seule la notion de longueur en mathématiques et les APSA « gymnastique et CO » ont été convoquées pour un seul lien, ne permettant pas alors de les mobiliser de nouveau dans ce cadre.

Commentaire : Un nombre important de séances et une redondance dans les objets disciplinaires sélectionnés, nous semblent primordiaux pour sensibiliser les PE au travail de réflexion autour d'une liaison entre les deux disciplines, sachant qu'elle n'est pas habituelle et qu'elle peut même être en rupture avec les pratiques de classe de certains.

Enfin, l'ordre d'apparition des «objets disciplinaires » (en EPS, les jeux collectifs (3 séances), l'athlétisme (2), la gymnastique (1) puis la CO (1) et en maths, successivement la numération (2), addition et soustraction (1), la durée (0,5), la longueur (2) et l'espace (2)) renvoie à la logique avec laquelle nous abordons, les uns après les autres, les liens suivants : jeux collectifs / numération ; jeux collectifs / durée ; durée / course de durée ; saut en longueur / longueur ; espace / gym – CO.

Commentaire : Les pratiques et représentations « interdisciplinaires » des PE étant très souvent thématiques ou de « prétextes » (ce qui a été vérifié lors des séances d'accueil de nos stagiaires), nous avons opté pour présenter en début de stage les liens qui nous semblent le plus en adéquation avec cet état de fait. En effet, il s'agit d'être vigilant sur la graduation des projets proposés aux stagiaires pour ne pas les heurter et pouvoir les faire accéder petit à petit à d'autres possibles qui exigent un déplacement de point de vue et des connaissances pointues disciplinairement. De plus, il s'agit également, dans notre discours, de veiller à diffuser une représentation large du lien EPS/Maths, ne le réduisant pas à deux progressions intriquées régulièrement et qui se fécondent mutuellement à chaque fois (ce qui a bloqué nos premiers stagiaires, décembre 2003 et janvier 2004).

---

[13] C., répondant au questionnaire de fin de stage « SPC2 nov04 ».

II – 1.2 Regard sur les contenus même de formation : une triple préoccupation

Montrer que le lien est bénéfique pour les élèves

Sans rentrer dans le détail, la comparaison des réinvestissements annoncés des PE des 2 stages « LiensC2 » (5/19 pour 2004 et 17/19 pour 2005) sur le projet « numération – jeux collectifs », nous a permis de pointer l'influence de cet élément. En effet, lors du 1[er] stage, les PE n'avaient pas pu prendre conscience (à partir des contenus de formations proposés) de l'intérêt pour les élèves de la progression proposée en mathématiques sur la numération, comme S. l'explique lors d'un entretien (6 mois après) : *« ça (la numération) passe bien en maths (elle a des outils pédagogiques qui la satisfont pour faire manipuler les élèves), alors pas la peine de l'EPS (…) ça ne pose pas de soucis, j'ai pas besoin du recours de l'EPS pour leur faire comprendre les maths ».* A l'opposé, lors du second stage, les PE ont pu accéder à l'idée qu'ils ne faisaient pas réfléchir les élèves sur le sens de la quantification d'une collection et que l'EPS pouvait les y aider (comme point de départ et de réinvestissement).

Faire apparaître le lien comme faisable d'un quadruple aspect

« Matériel », du double point de vue, EPS et « situation-problème de mathématiques » :

En EPS, il s'agit d'évoquer la question du petit matériel en aiguillant pour commander du matériel mais aussi pour en fabriquer à moindre coût (draps pour des dossards ; bouteilles remplies de sables pour des haies...), la question des infrastructures étant rapidement évincée (les APSA proposées pouvant en général se dérouler dans la cour).

Pour les séances de « maths » et de « liens », la lourdeur ressentie : S., lors de notre entretien, lance : *« vous les Piufms, vous avez toujours de bonnes idées mais y'a toujours une tonne de matériel à préparer, on peut pas fabriquer du matériel pour toutes les séances. On n'a pas qu'une seule discipline nous ! En plus fabriquer, ça prend du temps »…*, impose de confronter les PE à l'expérience de « fabrication ». Il s'agit de les « rassurer » doublement : à propos de la pertinence et de la viabilité de la proposition mais aussi de leur compétence à construire ce matériel (notamment pour les sabliers). Plus encore, repartir du stage avec ce dernier « prêt à l'emploi » est apparu comme une demande.

« Sécuritaire », relativement à l'EPS :

C'est un obstacle réel en EPS qui s'accentue dès que les élèves investissent un espace vaste et plus ou moins connu. Les échanges de pratiques et les vidéos de « vrais » élèves (projets avec MF) en activité constituent les principaux moyens privilégiés pour travailler la question et amener les PE à d'autres « pratiques possibles » : enseignements de nouvelles APSA, modalités de travail en acceptant la composition de plus de deux groupes d'élèves...

« Organisationnel », c'est à dire sur le plan de la mise en œuvre des séances de « liens » :

Il s'agit, pour nous, d'aborder, en rapport avec « des scénarii de liens testées avec des MF ou non », des items relatifs à la gestion du groupe, du temps des activités... Ainsi, lors du dernier stage, pour le lien « longueur – saut en longueur », nous avons été conduites naturellement à évoquer, « à l'invitation des stagiaires », des questions relevant de la gestion :

- du groupe classe : Comment imaginer le fonctionnement en ateliers ? Quelles activités athlétiques à côté des ateliers sauts ? Combien d'ateliers saut ? Combien d'élèves par atelier ? Comment s'organisent-ils au sein des ateliers ?
- de l'alternance des phases EPS / Maths : Quand introduire la « manipulation » en maths pour ne pas nuire à l'activité physique ? Quels outils (écrits, de mesure) pour consigner les performances, et quand ? Dans la séance ? Quels observables en Maths pour évaluer l'activité des élèves ?

« Expérientiel », concernant une pratique interdisciplinaire :

Nous pensons que l'expérience joue doublement : aux niveaux de la pratique générale de la mise en relation de différentes disciplines et de la pratique de celle plus spécifique de la liaison Maths / EPS. Les moments d'échanges proposés aux stagiaires autour de l'élaboration et la mise en œuvre des liens sont à ce jour les moyens privilégiés pour prendre en compte cette dimension qu'il nous reste à éclairer.

Répondre à des interrogations de préparation et de mise en œuvre du lien

Pour cela, le déroulement d'une séance « lien » comporte quatre phases : travail de groupes pour élaborer des propositions de liens à partir ou non d'une « mise en situation » ; vécu des situations le plus souvent en gymnase ; discussion des propositions des PE et présentation d'un lien possible par les Piufms ; échanges à partir de moments vidéos quand cela est possible.

De plus, nous cherchons, à la suite d'une telle séance, à associer les PE à la rédaction de scénarii de liens : l'écriture des propositions des stagiaires est réalisée soit par les Piufms, soit par un PE « volontaire » pour retranscrire le travail de son groupe.

II – 2 Conclusions générales pour engager les PE dans un lien réciproque

En se basant sur les déclarations de réinvestissements et quelques entretiens menés, nous pensons que pour faciliter une transformation de la pratique (ici, la mobilisation d'une interdisciplinarité EPS-Maths minimale, c'est-à-dire au moins un lien réciproque sans dommage pour l'une des deux disciplines), tout dispositif de formation doit autoriser une « mémoire et une représentation d'un possible » de cette nouvelle pratique pour :

- qu'elle puisse devenir une partie du « réel de l'activité de l'enseignant » au sortir du stage ;
- qu'elle trouve les conditions de s'exprimer à minima (ne pas nuire à une discipline) lors du retour en classe.

Ceci passe par deux incontournables :

Les contenus de formation « disciplinaires » proposés doivent prendre en compte les représentations et pratiques des enseignants pour qu'ils puissent :

- « Se sentir à l'aise » dans la notion mathématique et l'APSA mobilisées. Reste à établir ce que cela revêt et la part sur laquelle la formation peut agir, pour tout PE ;
- Penser que réaliser un lien apporte quelque chose à leurs élèves du point de vue motivationnel (raccrocher les élèves en difficulté) ou / et des apprentissages.

Les moyens de formation sur lesquels nous jouons pour respecter cette double injonction sont : le traitement des contenus d'enseignement, le nombre de séances par « objet disciplinaire » et le choix de « l'objet disciplinaire ».

Les contenus de formations « interdisciplinaires » proposés doivent prendre en compte les représentations et pratiques des enseignants. Il s'agit de :

- partir de leurs représentations et de leurs pratiques qui sont largement pluridisciplinaires lorsqu'elles existent (l'expérientiel est ici) ;
- les engager dans des projets qui leur semblent acceptablement « coûteux » des points de vue : matériel, sécuritaire, organisationnel ;
- donner des outils de préparation et de mise en œuvre afin d'asseoir un sentiment de faisabilité et d'expertise minimal.

Les moyens de formation que nous avons retenus pour obéir à cette triple demande sont le nombre, le choix, la redondance et la place dans le stage, des séances « lien » ainsi que leur déroulement en quatre phases, ponctuées par la co-écriture de scénarii.

Pour asseoir ces conclusions, il nous faut aller voir du côté des pratiques car si les PE de janvier 2005, à la fin du stage, déclarent tous vouloir réinvestir au moins un projet[14], nous ne pouvons nous contenter d'intentions et de déclarations de réinvestissement que nous recueillons depuis début mai grâce au passage d'un questionnaire « post stage ».

En effet, si la mise en mouvement des PE est réelle d'après les bilans de stages ou les retours de questionnaires des stagiaires de « janvier 04 » (1/2 des PE y déclarent avoir réinvesti un lien), de quelles natures sont les réinvestissements ? Quelles sont ces redéfinitions de liens ? Que signifient-elles ? De plus, nous avons vu que la part de l'expérientiel et le sentiment de compétence sont des données à prendre en compte mais mal circonscrites. Dans quelles mesures peuvent-elles expliquer partiellement l'engagement ou non d'un PE dans une pratique interdisciplinaire ?

Aussi, cherchons-nous à présent, à collaborer avec des PE au moment de la conception et de la mise en œuvre d'un lien expérimenté en FC. Le suivi « en classe » complété d'entretiens et du recueil des outils de préparation devrait permettre d'avancer dans notre questionnement.

[14] Taux de réponses positives à 76%. Sur les 6 projets, 87 OUI / 114 occurrences possibles, ce qui fait une moyenne de 4,6 projet par PE !

III – LE RÉINVESTISSEMENT RÉEL DES PE : UNE ÉTUDE DE CAS

III – 1 Contextualisation de la rencontre

III – 1.1 Présentation de la PE

J. a été rencontrée au cours du stage « Liens EPS/Maths C2 » de janvier 2005. C'est sa deuxième année d'exercice et nous apprenons qu'elle sera inspectée en « mars 2005 »...

Elle a suivi une formation en PE1 au cours de laquelle, en mathématiques, elle a connu N. Pfaff ; elle ne se souvient plus, dans un premier temps, avoir eu des cours de maths en PE2 ! Elle se dit « nulle en maths » et n'aime pas cette matière. D'ailleurs, elle n'a pu suivre des études de médecine comme elle le souhaitait à cause de ses résultats en maths. Issue d'un bac F8, elle a une maîtrise de biologie. En revanche, elle aime l'EPS et se considère bonne ; elle a pratiqué le hand-ball jusqu'à l'université puis a continué un exercice physique régulier (musculation, piscine, footing). Quant à sa formation, cela ne l'a pas marquée...

Pendant le stage, enceinte, elle n'a jamais pratiqué en EPS mais a pris des notes assidues. En maths, elle a construit une progression sur la « mesure de longueur » qu'elle a montré au PIufm pour discuter d'éventuelles modifications qui ont abouti à proposer des situations-problèmes qui n'étaient pas prévues au départ. Parallèlement, elle a affirmé son envie de faire un lien EPS/Maths « longueur / mesure de longueur » mais n'a rien proposé au Piufm EPS. Le dernier jour de stage, au cours du « bilan », elle a réédité sa demande et nous avons convenu de la date du début du projet (14 mars).

III – 1.2 Présentation de la collaboration PE – PIufm pendant la réalisation du « lien »

La collaboration a été continue : Par entrevues, en aval du « lien » (entretien compréhensif puis discussion de travail) et en amont (entretiens d'autoconfrontation et compréhensif) et au cours « du lien », par téléphone et par tournages lors des séances « gymnase ».

Il faut préciser également que si nous avons impulsé l'idée de situation-problème découlant de l'activité physique pour l'unité étalon, pour le reste du projet, nous avons répondu à ses questions sans les devancer et nous n'avons effectué aucune des régulations qui nous semblaient importantes... Il est à noter que si, en maths, la PE se pensait « autonome » grâce à la progression construite lors du stage à partir des contenus de formation, cela n'a pas été le cas ni pour l'EPS (la demande explicite lors du premier entretien), ni pour les liens.

III – 2 Lien réalisé par J. avec son CE1 / CE2 : compte rendu

III – 2.1 L'articulation des deux progressions, présentation des liens réalisés

Description rapide (annexe n°4)

Les progressions ont débutées en décalé de façon autonome, les mathématiques puis l'EPS. Quatre liens ont scandé l'avancée des deux progressions, sachant qu'à l'inverse des maths, l'EPS n'a fonctionné qu'une seule fois « seule » : toutes les séances « EPS », hormis la première, étaient aussi des séances de liens.

La 1ère séance de lien est intervenue à la 2ème séance d'EPS alors que les élèves avaient vu en maths l'objet intermédiaire, l'EPS a ainsi servi à contextualiser une situation-problème en maths relative à la découverte de l'objet «étalon » et à la nécessité d'une unité étalon commune. Ensuite, l'EPS a permis de réinvestir l'objet étalon en maths. Le 3ème lien a concerné l'utilisation de différents instruments de mesure puis la découverte de la conversion m/cm. Le dernier lien a offert la possibilité de réinvestir la conversion m/cm.

Déroulement chronologique des séances

Dates	**Maths**	**EPS[15] (gymnase 1h)**
Lu 07.03	Comparaison perceptive de longueurs Découverte de la notion d'origine.	
Ma 08.03	Réinvestissement de la comparaison perceptive de longueurs.	
Je 10.03	Découverte de l'utilisation d'un objet intermédiaire.	
Ma AM 22.03	Réinvestissement de l'utilisation d'un objet intermédiaire.	Différencier bond et enjambement (1). Découverte de 3 ateliers.
Ma 29.03 AM	**Lien 1** : *Maths, découverte de l'objet étalon & EPS, différencier bond et enjambement (2)* Les élèves se voient proposer différentes bandes pour mesurer leurs performances à partir d'atelier EPS connus (vus en S1).	
Je M 31.03	Institutionnalisation de l'objet étalon ET introduction de la notion d'étalon commun.	
Ve 01.04	Réinvestissement de la notion d'étalon commun (1).	
Lu 04.04	Réinvestissement de la notion d'étalon commun (2).	
Ma M 05.04	Réinvestissement de la notion d'étalon commun (3) pour les CE1 seulement.	

[15] Annexe n°5 pour le contenu des ateliers proposés en séances n°1, 2 & 3 d'une part, et 4 & 5, d'autre part.

Ma 05.04 AM		**Lien 2** : *Maths, réinvestissement d'un objet étalon commun & EPS, différencier bond et enjambement (3)* Les élèves manipulent l'étalon commun pour identifier leurs performances aux 3 ateliers et désigner le meilleur de la classe sur chacun des ateliers. Les ateliers EPS sont ceux des séances 1 et 2.		
Je 07.04 M		PREVU : Réinvestissement de la notion d'étalon commun (4) pour les CE1 seulement.		Bilan EPS prévu sur « le meilleur saut du groupe » sans évoquer les « actions »...
Ma 12.04 AM		**Lien 3** : *Maths, les unités usuelles avec différents outils & EPS, asseoir la notion de bond (1)* Les élèves manipulent des outils de mesure divers pour identifier leurs performances aux 3 ateliers et désigner le meilleur de la classe sur chacun des ateliers. Les ateliers EPS sont nouveaux.		
Je 14.04 M		Travail de conversions à partir des fiches de scores en posant le problème de comparer des performances en cm et d'autres en m.		
Ve M 15.04 Lu M 18.04 Ma M 19.04		Ces 3x ½ j , les élèves ont pu réinvestir les maths en parallèle à une autre activité (la BD). 3 « exercices » ont été proposés : 1. Conversions m-cm et cm-m. 2. Mesure d'un segment à l'aide d'une règle graduée. 3. Tracer un segment d'une longueur déterminée		
Ma 19.04 AM		**Lien 4** : *Maths, réinvestir la conversion cm / m & EPS, asseoir la notion de bond (2)* Les élèves manipulent un mètre ruban pour identifier leurs performances aux 3 ateliers, effectuent des conversions pour désigner le meilleur de la classe sur chacun des ateliers. Les ateliers EPS sont ceux de la séance précédente.		

III – 2.2 Contenus de séances et apprentissages des élèves

Les sources pour entreprendre ce bilan sont multiples et croisées. Il s'agit des documents recueillis de planification de l'action de la PE, de traces écrites du travail réel des élèves et de documents vidéo pour toutes les séances liens.

Les apprentissages des élèves

Les apprentissages en Maths sont réels et ont été favorisés (si nous les comparons à ce qu'elle avait fait l'année d'avant).

Du côté EPS, au niveau des apprentissages moteurs, à part la 1ère séance strictement EPS où les élèves se sont exercées pendant environ 30', les trois autres séances, de part leurs conceptions, ne leur ont permis de sauter qu'une fois à chacun des trois ateliers. La dernière séance les a sollicités un peu plus car elle s'est ponctuée par un concours. Malgré le peu de pratique, les élèves (sauf deux) savent enchaîner course - impulsion 1 pied - réception 2 pieds. Cependant, l'entrée des élèves dans un projet individualisé athlétique n'a pas été atteinte ainsi que l'explicitation des moyens d'agir (principes d'actions) pour sauter loin, J., dans son questionnement, ne les conduisant jamais à comparer leurs performances sur les trois ateliers mais les invitant à identifier le « meilleur saut » de la classe ou d'un groupe (malgré des fiches de performances individuelles). De plus, si pour mesurer la distance d'un saut, ils ont compris la notion d'origine (le début du tapis), ils ne connaissent pas la règle relative au choix de la marque d'arrivée faite par l'athlète : en général, ils prennent la pointe des pieds au lieu du talon (et plus généralement de l'appui le plus proche de l'origine).

En ce qui concerne l'autonomie de fonctionnement au sein d'un travail de groupe, les élèves ont réinvesti lors du système de « binômes, athlète - observateur » des compétences déjà mobilisées en classe. De plus, ils ont pris en charge la gestion d'un matériel (plinth, tapis) relativement conséquent pour de jeunes enfants.

Au niveau du contenu des « séances interdisciplinaires », deux grands écueils

Tout d'abord, les séances de lien se sont réduites à des séances de mathématiques en gymnase, il n'y a pas eu de « temps strictement » EPS permettant une durée de pratique et un nombre d'essais suffisant suivi par un temps « strictement » maths, de mesure. Les élèves, immédiatement après leur saut, manipulaient un outil de mesure pour évaluer la longueur de l'essai. Comme ceci se faisait sur le tapis, les autres athlètes devaient patienter. Lorsque, dans un binôme, chacun avait sauté, les deux élèves changeaient d'atelier. A la fin des 3 ateliers, les élèves regardaient leurs fiches de résultats puis rangeaient le matériel. Parallèlement, J. s'est toujours et exclusivement attelée à aider les élèves à mesurer mais jamais à s'organiser pour sauter plus loin.

Ensuite, les deux séances de « découverte » en mathématiques au gymnase ont été introduites en divulguant, avant le départ sur les ateliers de sauts, la procédure pour pouvoir mesurer. Que ce soit au niveau du lancement ou lors de la phase de recherche, les élèves ont été trop tôt guidés par J. L'exemple le plus frappant est la séance n°1, lors du regroupement initial et du début de séance[16].

III – 3 Analyse du lien réalisé[17]

III – 3.1 L'engagement de J. dans la réalisation de ce lien, quatre principaux facteurs

Un bénéfice pour les élèves

En EPS, ce n'est pas la question des apprentissages moteurs mais le besoin physique des élèves et leur motivation pour l'activité qui sont à la source de sa préoccupation. En maths, elle s'est aperçue au cours de l'année que les élèves de CE2 qu'elle avait l'année dernière n'avaient pas compris la séquence sur les longueurs qu'elle avait faite à l'aide du fichier.

---

[16] De courts extraits vidéo mettant en scène J. et une MF avec qui nous avons testé notre projet ont permis d'illustrer notre propos.

[17] L'analyse s'appuie sur des extraits de trois entretiens menés avec J. : un « 1er entretien » compréhensif d'une heure avant le projet, un entretien d'auto confrontation à la fin du projet ainsi qu'un dernier entretien compréhensif.

J : Ah, j'ai vu que ça a changé de l'année dernière. L'année dernière c'est pas du tout passé. Ceux que j'avais cette année, ils savaient toujours pas se servir de la règle alors que j'avais fait la longueur avec eux.

Quant à l'interdisciplinarité, pour elle, cela apporte de la motivation aux élèves.

A : C'est important pour toi de faire des liens ?
J : Non mais en fait ça peut toucher à tout. Comme ça ils travaillent tout sans s'en rendre compte surtout. [..] (à propos du lien arts plastiques/français qu'elle réalise, J. ajoute : Eux ils savent même pas qu'ils sont en train de faire du français. C'est ça qui est bien. C'est ça l'intérêt. Donc qu'ils le voient pas. Donc c'est bien pour eux).

Un sentiment nouveau de compétence en mathématiques

En effet, en maths, elle a compris la progression proposée lors du stage ce qui lui a permis d'identifier les raisons de l'échec de ses actuels CE2 (CE1 de l'an passé) : les notions de grandeur et mesure étaient confondues, des étapes indispensables à la construction de la notion de mesure avaient été omises dans la progression établie.

Aussi, elle a immédiatement, au cours même du stage, retravaillé la progression afin de se l'approprier.

Une envie d'outils nouveaux et personnels pour enseigner

En EPS, elle ne pouvait plus s'appuyer sur les « jeux » du CPC-EPS (elle ne participait plus aux rencontres) et avait besoin de « contenus » pour faire quelque chose. Ainsi, elle trouve dans cette proposition l'opportunité et l'obligation de faire de l'EPS, en accord avec ses convictions (il est important que les enfants bougent). De plus, cela lui permet de travailler autrement qu'avec des situations toutes préparées.

> *J : En EPS, vu que je fais les projets que fait M. donc en fait on n'a pas beaucoup à faire ; on a juste à prendre la fiche et à faire les jeux et après à participer. Donc je voulais faire quelque chose de plus personnel.*

En maths, il lui restait la notion de longueur à aborder avec les élèves. Cette adéquation avec sa programmation annuelle vient servir le souci de travailler autrement qu'avec le fichier.

> *J : Ah l'année dernière, j'ai été vite, sur le fichier c'est deux pages*
> *A : Tu aurais pu recommencer cette année*
> *J : Ben justement je me suis dit non. Là j'ai toute la progression qui était faite, tous les jeux donc je me suis dit : je vais essayer de le faire, d'appliquer, pas de faire juste les deux pages du fichier, d'appliquer du début jusqu'à la fin pour voir si ça leur faisait du bien aux élèves et la preuve que oui puisqu'ils savent faire.*

De même, travailler en liens, lui permet de tenter « quelque chose de nouveau ».

> *J : Ben, en étant nouvelle enseignante, on a pas spécialement d'expérience sur les liens et mêmes sur les classes nous on applique bêtement ce qu'il y a dans les livres. On nous dit de faire ça, on le fait et c'est vrai que là avec tout ce qu'on a fait, on peut voir autre chose que le fichier, que le livre. Donc d'autres méthodes quoi.*

Aussi, la motivation à « tester », « expérimenter » est visible dans les trois registres de préparation. Nous la mettons en relation avec des traits de caractère qui se sont dégagés au fil des entretiens : ses côtés espiègle, joueuse, exploratrice et « altruiste / humaniste ».

Un sentiment de faisabilité nourri à plusieurs sources

L'adéquation avec ses pratiques (ce qui relève de l'expérientiel) joue dans trois registres : **en maths**, dans **sa pratique d'interdisciplinarité** et dans **le type de contrat didactique** qu'elle a établi avec les élèves.

Aussi, en maths, les « jeux proposés » lors du stage correspondent à sa pratique et à son envie en maths qui est de proposer des jeux !

> *J : Ben en fait avec tous les jeux qu'on avait vu donc en fait je les ai tous faits, pour voir si ça marchait. Donc je les ai tous faits.*
> *N : Les jeux ? Tu parles*
> *J : En classe. Ceux qu'on avait faits en stage*
> *N : Les jeux de maths*
> *J : Oui. Je les ai tous faits pour voir si ça marchait mais non ça va. Non j'aimais bien.*

Plus généralement, l'entrée par les jeux vue en stage correspond bien à ce qu'elle veut proposer à ses élèves.

> *A : Par rapport au stage, qu'est–ce qui t'a le plus marqué ?*
> *J : Les jeux. Les jeux en maths et les jeux en sport. Oui, ça ils m'ont marquée.*

De plus, elle cherche à effectuer des liens même si jusqu'à présent c'était autour du français.

Enfin, la modalité de travail des séances « interdisciplinaires en gymnase » rentre en adéquation avec le contrat didactique établi avec ses élèves : responsabilisation des élèves pour s'occuper du matériel, travail de groupe avec l'enseignant intervenant au fur et à mesure auprès des groupes.

> *A : Et les élèves, tu leur demandes quoi ?*
> *J : Ben d'installer le matériel.*
> *A : Et c'est une habitude ?*
> *J : Ah, ils le font souvent. C'est une habitude.*
> *A : Quand tu travailles en EPS, quand tu fais des groupes, tu fais toujours à peu près comme ça. Tu les fais au moment de la séance.*
> *J : Oui au début de la séance. Des fois c'est eux qui choisissent l'équipe ; des fois c'est moi ; des fois je prends 3 élèves et c'est eux qui choisissent.*

Le sentiment de faisabilité est également assis car la préparation matérielle et la manipulation du gros matériel n'apparaissent pas comme des soucis.

Pour le matériel, elle a l'habitude d'en construire (questionnaire de début de stage) et en plus, dans ce projet, il ne paraît pas conséquent à préparer. Pour ce qui concerne la sécurité en EPS, si elle ne s'imagine pas sortir de l'école avec ses élèves, dans le lieu connu et fermé du gymnase, elle ne voit pas le problème principal, le déplacement des tapis !

A : Par rapport au tapis qui s'est décroché là, ça t'a posé souci ça, en règle générale ou pas. Tu sais là.
J : Non pas spécialement, non
A : Parce que là, par rapport à la sécurité là
J : Par rapport à la sécurité, non, ça a été. Ça a été parce que dans les autres jeux ça a été coincé un peu. Non parce qu'on a l'habitude de travailler avec les tapis. Depuis l'année dernière, je travaille avec les tapis. Non, ça va. J'ai pas eu
A : Ça t'a pas déstabilisé ?
J : Non

III – 3.2 La redéfinition, par J., du lien, quatre pistes d'élucidation

Une pratique habituelle et une représentation de l'enseignement de l'EPS proches de « l'animation ».

En fait, J. n'a jamais véritablement élaboré de progression en EPS. Elle ne construit pas de contenus d'enseignements, elle propose uniquement les « jeux » du CPC – EPS pour préparer les rencontres inter - écoles et n'a donc jamais enseigné le saut en longueur.

A : D'accord. Bon alors habituellement quand tu as le gymnase, qu'est-ce que tu fais dans le gymnase, quand tu fais pas quelque chose autour du saut en longueur ?
J : Ben en fait je fais des jeux pour, pour participer au tournoi de sport inter écoles. C'est des jeux qui sont fait par Michel M.

De plus, lors des séances d'EPS, elle est « juste animatrice, organisatrice » :

A : Oui, quels jeux par exemple ?
J : Ben en fait, il y a des thèmes donc il y a les jeux collectifs, les jeux d'opposition
A : D'accord. Et toi, à quoi tu sers pendant la séance, qu'est-ce que tu fais ?
J : En, en fait j'explique juste la règle du jeu et puis ils jouent
A : Et puis ils jouent, d'accord. Mais pendant qu'ils jouent, qu'est-ce que tu fais ?
J : Ben je suis l'arbitre

En fait, elle ne se positionne pas en tant qu'enseignante possédant des savoirs et devant aider les élèves à les construire. Aussi, pour le saut en longueur, si notre premier entretien l'a invitée à identifier la notion de réception en regroupant les pieds, à aucun moment, elle a éprouvé le besoin d'élucider un point fondamental de l'activité relatif à la mesure du saut.

A : Donc c'était quoi la règle dans ce cas là ?
J : Ben en fait qu'ils devaient poser là où celui qui saute s'arrête
A : Là où il s'arrête
J : Voilà là où il y a les deux pieds
A : Oui mais s'il y a un pied décalé
J : Ben ils prennent le 1er pied
A : D'accord et par rapport au pied c'est où ?
J : Devant. Moi j'ai dit devant
A : Devant c'est à dire ?
J : Aux doigts de pied
A : Aux doigts de pied, d'accord. Tu penses que c'est l'idée, je sais pas, comme ça d'un point de vue théorique entre guillemets sur l'activité, tu penses que c'est exact ?
J : Ben il y en avait qui le mettaient derrière mais
A : Ah, il y en avait qui le mettaient derrière, les élèves qui mettaient derrière

J : Oui mais je pense que c'était réduire la distance du copain donc. Ils sont un peu malins. C'est pour ça que je les ai aidés. Parce que je voyais qu'il y en avait qui réduisaient.
A : Il n'y avait pas de règle pour toute la classe alors sur ça ?
J : Pour toute la classe ?
A : Ben chacun faisait ce qu'il voulait finalement
J : Ben, au début je leur ai dit de poser le bâton à l'endroit où ils s'arrêtent mais j'ai pas indiqué si c'était devant ou derrière. J'ai pas donné d'indication

Enfin, à ces deux éléments (absence d'habitude dans l'élaboration de progressions en EPS et de nécessité de posséder des connaissances pour enseigner cette discipline) s'ajoute le fait qu'elle n'a jamais pratiqué lors du stage (étant enceinte) pour expliquer qu'elle ne s'est pas appropriée les différentes étapes de la progression du saut. C'est ainsi que lors du premier entretien, elle propose de commencer par le pied d'appel, dernière situation vue en stage.

L'ensemble de ces points pourrait permettre de comprendre pourquoi J. même en ayant visionné la vidéo de la première séance de lien en gymnase quelques jours plus tard, ne prend pas conscience du problème. La question de la quantité de travail (nombre de passages, d'essais) lui sera en quelque sorte imposée par la réflexion d'un élève, « déçu de pas avoir beaucoup sauté aujourd'hui ». Si elle en est désappointée, elle ne cherche pas de solution pour autant, la déception de l'élève plus que la nature de sa remarque semble l'avoir touchée. Ce n'est qu'au cours de l'entretien d'auto-confrontation à la fin du projet, qu'elle prend conscience de ce qui s'est passé.

A : On va s'arrêter là par rapport à l'EPS. Mais finalement par rapport à l'EPS, qu'est-ce qu'ils ont appris ?
J : Ben rien (rires). Non mais c'est vrai parce que toutes les séances, elles se sont passées comme ça. En fait, en plus ils étaient plus pressés d'aller dans l'autre jeu pour sauter que se prendre la tête à mesurer. Non en EPS parce que j'ai rien expliqué en EPS. Je leur ai pas dit comment sauter. On a juste fait à cette séance là, quelle est la différence entre les jeux.

Une représentation de la séance « interdisciplinaire » basée sur la prédominance des matières fondamentales

J. précise, lors de l'entretien n°1, un des projets menés avant le stage autour de la bande dessinée. A cette occasion, nous comprenons que les arts visuels ont été utilisés comme contexte « pour faire du français sans s'en apercevoir ». De la même manière, J. conçoit le lien EPS/Maths uniquement au service des apprentissages mathématiques.

N : Ça te tente de recommencer
J : Ah oui. Le saut ?
N : Un lien
J : Ah oui. Je pense que le prochain que je vais faire c'est avec les durées pour l'année prochaine
A : Ah oui, la durée. Pourquoi la durée ?
J : Je ne sais pas (rires)
[…]
A : Et la durée avec quoi ? Avec quelle activité physique ?
J : Faut que je cherche (rires)

Du coup, elle focalise son attention sur la procédure mathématique et ne s'aperçoit des principes d'action en saut qu'au cours de l'auto - confrontation finale.

> *J : Elle vient de sauter pieds joints parce qu'en fait elle s'est arrêtée, elle était dans le cerceau, elle s'est arrêtée et puis après elle a pas repris de l'élan mais elle a repris.*
> *A : Et ça tu l'as noté sur le coup ? Tu t'es dit, ben qu'est-ce que tu t'es dit ?*
> *J : Mais en fait je l'ai vu en regardant la cassette, je l'ai pas vu au gymnase. Je l'ai vu quand j'ai visionné la cassette.*
> *A : Pourquoi tu penses que tu n'as pas pu le voir au gymnase ?*
> *J : Parce que j'étais trop occupée par la façon dont on mesurait, j'ai pas prêté attention à comment ils sautaient.*
> *(...)*
> *J : En fait, je me rends compte que j'ai pas fait du tout attention à leurs sauts. Je m'occupe uniquement de savoir s'ils mesurent et j'ai fait ça dans toutes les séances en fait. Dans toutes les séances qu'on a fait au gymnase, on se préoccupe pas du saut quoi*
> *A : Et toi, tu penses que c'est dû à quoi ça ?*
> *J : Ben, j'étais trop dans l'unité, dans la mesure. Il fallait qu'ils sachent absolument mesurer*

Une mémoire insuffisante de la logique interdisciplinaire proposée au cours du stage

La logique qui est d'introduire quand il n'est pas maîtrisé, l'outil de mesure après le moment d'activité physique des élèves, n'est pas intégrée. Elle n'arrive pas à retrouver, recréer la proposition faite en stage.

> *A : Donc finalement, les élèves ils ont pas beaucoup sauté. Donc l'année prochaine comment on pourrait améliorer le truc quoi ? quelle idée tu avais ?*
> *J : Ben en fait de tout séparer quoi*
> *A : Tout séparer*
> *J : Ben c'est pas la peine de leur faire mesurer puisque, en fait, quand ils mesurent en plus, je me prends plus la tête sur comment ils mesurent que comment ils sautent.*
> *A : Mais à ce moment là, tu pourras plus faire le lien*
> *J : Ben oui, c'est ça (rires). Donc l'année prochaine je fais que le saut en longueur (rires). Maintenant qu'ils ont bien compris les conversions !*

La nature des liens est également une source d'appropriation parcellaire des contenus du stage pour J. : c'est ainsi que lors du 1^er^ entretien, elle ne conçoit le lien « longueur » qu'à partir de séances de réinvestissement où le saut sert de contexte pour réinvestir la procédure mathématique découverte précédemment en séance de maths.

> *A : Pourquoi tu commences pas tout de suite en EPS par introduire l'unité étalon ?*
> *J : Ah commencer tout de suite ? Ben oui. […] Ah ben je sais pas. Dans ma tête, j'avais déjà programmé ça. Moi pour faire le sport je me disais que je vais déjà faire l'unité étalon et après je vais attaquer. Pour moi, pour que ce soit clair dans ma tête quoi.*

Un enseignement en mathématiques qui ne s'appuie pas sur une démarche de résolution de problèmes

En mathématiques, elle n'a enseigné qu'à partir du fichier et avant le stage, elle ne proposait pas de situations-problèmes. Le stage lui ouvre une nouvelle perspective, permettre aux élèves de découvrir par eux-mêmes mais elle n'anticipe pas du tout sur comment ils vont le faire. Elle mise sur le fait que l'un d'entre eux découvrira pour ainsi montrer aux autres.

> *A : Alors qu'est-ce qu'on vient de voir ? Qu'est-ce que tu as fait pendant ce moment ?*
> *J : Ben, en fait, j'en ai fait sauté deux ; j'en ai fait sauté une et puis l'autre elle a mesuré et puis il y en a un qui a réussi à expliquer à quoi servait le petit carton. Donc ils devaient tous observer pour voir comment on faisait.*
> *A : d'accord. Par rapport à ce que tu m'as dit tout à l'heure ; tu me dis : je voulais qu'ils découvrent, c'est ça ?*
> *J : Ben, en fait, il y en a un qui a montré, quoi, comment on faisait. Les autres, ils ont juste regardé, juste observé. Et c'est après qu'ils vont mettre en application s'ils ont vraiment compris comment on faisait pour mesurer.*
> *A : Ils vont mettre en application. Alors, ils vont plus découvrir.*
> *J : Oui, ils vont plus découvrir, c'est sûr puisqu'ils ont déjà vu Kamel montrer comment on faisait.*
> *A : Et Kamel, il savait ça comment ?*
> *J : Ah, je ne sais pas. Il a deviné. Oui, je pense qu'il a deviné.*
> *A : Et toi, ton intention, dans ta tête qu'est-ce que tu avais au moment où tu viens de leur expliquer qu'ils vont partir avec des petits cartons, que tu les amènes devant cet atelier et que tu fais sauter une élève, qu'est-ce que tu as dans la tête à ce moment là ? Tu penses, ton idée, c'était que ça se déroule comment ?*
> *J : Bah, qu'ils trouvent d'eux-mêmes comment on fait, que ce soit pas moi qui leur dise qu'il faut poser le carton.*

Aussi, elle n'anticipe pas les actions (procédures) pouvant être réalisées par les élèves :

> *J : Et ils vont me dire mais pourquoi et je vais leur dire de réfléchir*
> *A : Et tu vas leur dire de réfléchir. Pour les aider à réfléchir, tu avais pensé à quelque chose ?*
> *J : Non, j'ai juste mis les cartons pour qu'ils les voient*
> *A : D'accord. Donc c'est ça que tu avais dans la tête quand tu lances l'activité et donc toi ton job c'était quoi finalement ?*
> *J : Ben d'attendre qu'ils trouvent*
> *(...)*
> *A : Est-ce que tu t'étais anticipée, tu t'es dit, comment tu allais t'y prendre quoi, comment ?*
> *J : Non mais je me suis dit que j'allais leur laisser les cartons devant les yeux et qu'ils allaient essayer de trouver.*

Elle n'a donc pas les moyens d'accepter réellement qu'ils cherchent, sans qu'elle les guide. A cela s'ajoutent, malgré sa maîtrise globale de la progression, des difficultés en maths qui l'empêchent d'identifier les notions impliquées dans certaines procédures. Par exemple, lors de séance n°1, elle considère les notations 8,5 et 8 et demi comme similaires même pour les élèves.

Le suivi de J. dans sa « ré – élaboration » du lien « Longueur – Saut en longueur » proposé lors de notre stage de formation continue en janvier 2005, vient enrichir nos conclusions sur la formation des PE à l'interdisciplinarité EPS/Maths. Plus particulièrement, les points suivants nous semblent des leviers incontournables d'approfondissements pour la suite de notre recherche :

- l'importance du sentiment de compétence en mathématiques et de l'expérientiel dans l'enseignement de l'EPS et dans la mobilisation d'une démarche pédagogique par résolution de problèmes doivent être encore davantage cernés ;

- la difficulté pour les PE à dépasser une représentation « de dominance ou de prétexte » d'un lien entre disciplines doit conduire à interroger nos outils de formation et les scénarii produits.

Enfin, il nous paraît aujourd'hui que l'espace de la formation initiale pourrait offrir la levée de certains obstacles...

BIBLIOGRAPHIE

BAILLAT G. (2003) *Polyvalence, conceptions didactiques et partage du travail chez les enseignants du 1er degré,* in Rapport de recherche 2000-2003, *IUFM Champagne Ardenne.*

CAUTERMAN M.M., DEMAILLY L., SUFFYS S., BLIEZ-SULLEROT N. (1999) La formation continue des enseignants est-elle utile ?**,** *Presses Universitaires Françaises.*

DOUEK N. ET SACHS A. (2004) *Danse et mathématiques un objet de recherche*, Revue EPS1, n°116.

GRÉHAIGNE J.F., CADOPI M. (1990) *Apprendre en éducation physique* in Education physique et didactique des APS, *AEEPS.*

GRÉHAIGNE J.F., BILLARD M., LAROCHE J.Y. (1999) L'enseignement des sports collectifs à l'école conception, construction et évaluation, *De Boeck Université.*

LENOIR Y. (1999) *Interdisciplinarité,* in Encyclopédie historique, questions pédagogiques coordonnée par J. Houssaye, *Hachette.*

MONTANDON C. (2002) Approches systémiques des dispositifs pédagogiques, *L'Harmattan.*

PELTIER-BARBIER M.L., NGONO B. (2003) *Modifier sa pratique, c'est difficile*, Recherche et formation, **44**, *INRP*.

PERRENOUD P. (2001) Développer la pratique réflexive dans le métier d'enseignant, *ESF.*

RICHON H.G. (2001) *La polyvalence : des réactions identitaires aux projets refondateurs,* in Interdisciplinarité, polyvalence et formation professionnelle en IUFM, *CRDP Champagne –Ardenne*.

ROBERT A. (2002) *Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche,* in La revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies, **2-4**, *Cirade université de Québec*.

ANNEXE 1 : PROPOSITION 1, UN LIEN RÉCIPROQUE DIFFÉRÉ

Séances en EPS		Séances en maths
		Séance n°1 Faire apparaître la notion de longueur. Faire apparaître la notion d'origine.
Séance n°1 Découvrir la nécessité pour franchir une grande distance d'enchaîner 3 actions successivement : courir, sauter sur 1 pied dans une zone particulière et arriver dans le sable.		**Séance n°2** Découvrir l'utilisation d'un objet intermédiaire pour comparer des longueurs.
Séance n°2 Prendre en compte une zone pour poser son pied « d'appel », sans arrêt après une course d'élan.	*Utilisation d'une bande pour comparer les sauts* →	**Séance n°3** Réinvestir l'utilisation d'un objet intermédiaire pour comparer des longueurs.
Séance n°3 Identique à S2.		**Séance n°4** Découvrir l'utilisation d'un objet étalon pour comparer des longueurs.
Séance n°4 Découvrir la nécessité pour franchir une grande distance d'effectuer un regroupé lors de la réception au lieu d'enjamber.	*Comparer les sauts pour comprendre le principe d'action* ←	**Séance n°5** Réinvestir l'utilisation d'un objet étalon pour comparer des longueurs.
Séance n°5 Identique à S4.		**Séance n°6** Découvrir la nécessité d'une unité étalon commune pour introduire l'unité usuelle (cm).
Séance n°6 Identique à S5.		**Séance n°7** Mesurer avec l'unité usuelle (cm).
Séance n°7 Enchaîner une course, un appel un pied dans une zone déterminée (large de 30 cm) et un regroupé pour sauter loin.		

ANNEXE 2 : PROPOSITION 2, DES LIENS RÉGULIERS LORS DES DEUX PROGRESSIONS

Séances en EPS		Séances en maths
Séance n°1 Découvrir la nécessité pour franchir une grande distance d'enchaîner 3 actions successivement : courir, sauter sur 1 pied dans une zone particulière et arriver dans le sable.	*Le jeu est inégalitaire au niveau des distances puis du placement des rivières (espace à franchir) par rapport au départ* →	**Séance n°1** Faire apparaître la notion de longueur. Faire apparaître la notion d'origine.
Séance n°2 Prendre en compte une zone pour poser son pied « d'appel » après une course d'élan et sans arrêt.	*Utilisation d'une bande pour comparer les sauts et en déduire les principes d'action pour sauter loin* → ←	**Séance n°2** Découvrir l'utilisation d'un objet intermédiaire pour comparer des longueurs.
Séance n°3 Identique à S2.	*Utilisation d'une bande pour comparer les sauts* →	**Séance n°3** Réinvestir l'utilisation d'un objet intermédiaire pour comparer des longueurs.
Séance n°4 Découvrir la nécessité pour franchir une grande distance d'effectuer un regroupé lors de la réception au lieu d'enjamber.	*Utilisation d'une bande étalon pour comparer les sauts et mettre en place un projet de performance* ← →	**Séance n°4** Découvrir l'utilisation d'un objet étalon pour comparer des longueurs.
Séance n°5 Identique à S4.	*Utilisation d'une bande étalon pour comparer les sauts et identifier les progrès réalisés* → ←	**Séance n°5** Réinvestir l'utilisation d'un objet étalon pour comparer des longueurs.
Séance n°6 Identique à S5.	*Utilisation de plusieurs bandes étalons différentes pour comparer les sauts* →	**Séance n°6** Découvrir la nécessité d'une unité étalon commune pour introduire l'unité usuelle (cm).
Séance n°7 Enchaîner une course, un appel un pied dans une zone déterminée (large de 30 cm) et un regroupé pour sauter loin.	*Utilisation de la mesure en cm pour comparer les sauts et mesurer ses performances* → ←	**Séance n°7** Mesurer avec l'unité usuelle (cm).

ANNEXE 3 : GRILLE DU STAGE « LIENS EPS/MATH AU C2 »

Objectifs retenus

- Identifier des liens possibles entre l'EPS et les Mathématiques.
- Proposer des pistes concrètes de projets autour d'une APSA particulière et d'une notion mathématique.
- Éléments didactiques en EPS, sur plusieurs APSA (couramment rencontrées en milieu scolaire) et en mathématiques, sur quelques notions.

Les interventions ont tourné autour de 3 types de séances

1. La notion de projet :

2 séances en salle pour appréhender la notion et les pratiques des stagiaires (début et fin de stage) & 1 séance par « projet spécifique », en salle et/ou au Cosec.

2. Préciser le « champ conceptuel » de la notion mathématique abordée :

Les séances permettront de réaliser un point sur une notion servant d'appui privilégié pour l'élaboration d'un projet avec l'EPS.

3. Apporter des éléments de didactique spécifique à une APSA (E.P.S) **:**

Les séances seront prétextes à préciser les compétences à construire par le débutant et l'élève expérimenté, les principales variables didactiques et enfin quelques caractéristiques de l'enseignement de l'APSA appréhendée (gestion du groupe, de l'espace ; gestion, caractéristiques & fonctions du matériel utilisé ; place de la verbalisation...).

Grille de stage

Semaine du 10 janvier au 14 janvier : « Jeux collectifs – numération & durée »

journée	Matin	Après-midi
Lundi 10	*Salle Iufm,* N. Pfaff (A.Blanchouin) : Accueil et cadre du stage.	*Salle Iufm,* N. Pfaff : Numération orale
Mardi 11	*Salle Iufm,* N. Pfaff : Numération écrite	*Grande salle du Cosec,* A. Blanchouin : Didactique Jeux collectifs de poursuite
Jeudi 13	*Salle Iufm,* N. Pfaff : Additions et soustractions	*Grande salle au Cosec,* A. Blanchouin : Didactique Jeux co. de balles (1)
Vendredi 14	*Grande salle au Cosec,* A. Blanchouin : Didactique Jeux collectifs de balles (2)	*Salle Iufm,* A. Blanchouin & N. Pfaff : « Projet numération / Jeux collectifs »

Semaine du 17 au 21 janvier : « APEX-espace (suite) & athlétisme-longueur »

	Matin	Après-midi
Lundi 17	*Salle Iufm,* N. Pfaff : La durée 1 / Fin « Projet numération / Jeux collectifs »	*Grande Salle,* A. Blanchouin : Didactique courses (durée et vitesse)
Mardi 18	*Salle Iufm,* A. Blanchouin & N. Pfaff : « Projet durée / Jeux collectifs » + Longueur 1	*Grande Salle,* A. Blanchouin : Didactique sauts et lancers *Salle Iufm,* N.Pfaff : Longueur 1bis
Jeudi 20	*Mouvement de grève dans l'éducation nationale*	
Vendredi 21	*Salle Iufm,* N.Pfaff : « Projet durée / Courses »	*Salle Iufm,* N. Pfaff : Pfaff Longueur 2

Semaine du 24 au 28 janvier : « Autour de l'espace »

	Matin	Après-midi
Lundi 24	*Grande Salle,* A. Blanchouin & N. Pfaff : « Projet Saut en longueur / longueur » + fin « Projet durée / Courses ».	*Petite salle Cosec,* A. Blanchouin : Didactique Gymnastique (+ Fin du matin)
Mardi 25	*Parc de Sevran,* A. Blanchouin : Didactique CO	*Salle Iufm,* N. Pfaff : Espace 1
Jeudi 27	*Salle Iufm,* N. Pfaff : Espace 2	*Salle Iufm* N. Pfaff & A. Blanchouin : Projet Espace 1
Vendredi 28	*Petite salle Cosec + Salle Iufm* N.Pfaff & A. Blanchouin : « Projet Espace »	*Salle Iufm,* N. Pfaff (A. Blanchouin) : « Retour sur la notion de projet + Bilan de stage ».

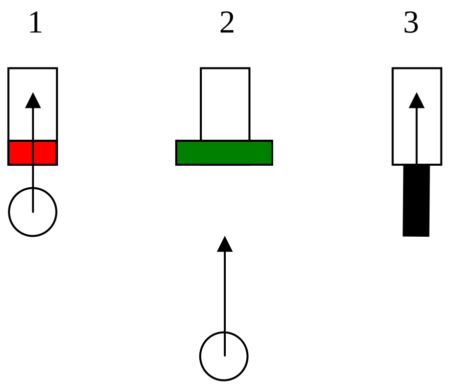
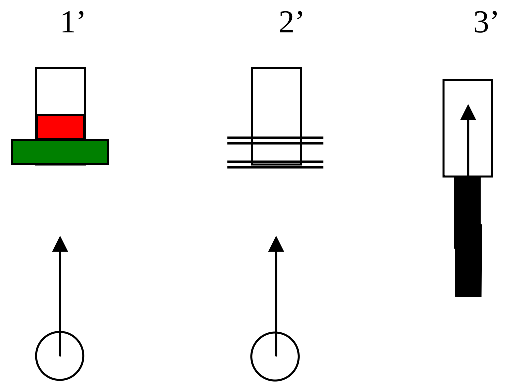
ANNEXE 4 : PROGRESSIONS REALISEES PAR J.

Séances en EPS		Séances en maths
		Séances 1 à 2 Faire apparaître la notion de longueur et la notion d'origine.
Séance 1 Différencier bond et enjambement (1). Découverte des 3 ateliers & institutionnalisation.		**Séances 3 à 4** Découvrir et réinvestir l'utilisation d'un objet intermédiaire pour comparer et reporter des longueurs.
Séance 2 Différencier bond et enjambement (2).	*Utilisation de bandes pour comparer les sauts*	**Séance 5 (gymnase)** Découvrir l'utilisation d'un objet étalon pour comparer des longueurs.
		Séance 6 Découvrir la nécessité d'une unité étalon commune pour comparer des longueurs.
		Séances 7 à 9 Réinvestir l'utilisation d'un objet étalon pour comparer et reporter des longueurs.
Séance 3 Différencier bond et enjambement (3).	*Utilisation d'une bande pour comparer les sauts*	**Séance 10 (gymnase)** Réinvestir l'utilisation d'un objet étalon pour comparer des longueurs.
		Séance 11 Réinvestir l'utilisation d'un objet étalon pour comparer des longueurs.
Séance 4 Asseoir la notion de bond (1) Nouveaux ateliers.	*Utiliser différents instruments pour mesurer les sauts*	**Séance 12 (gymnase)** Découvrir l'utilisation d'outils de mesure (règle graduée, mètre ruban..) pour comparer des longueurs.
	Comparer les sauts mesurés en cm ou en m et cm	**Séance 13** Découvrir la conversion entre le m et les cm pour comparer des longueurs.
		Séances 14 à 16 Réinvestir l'utilisation des outils de mesure pour comparer et reporter des longueurs.
Séance 5 Réinvestissement de la notion de bond (1). Évaluation (concours à chaque atelier).	*Utiliser le mètre ruban pour mesurer les sauts*	**Séance 17 (gymnase)** Réinvestir la conversion entre le m et les cm pour comparer des longueurs en mesurant avec un mètre ruban.

ANNEXE 5 : PRESENTATION DES ATELIERS D'EPS

Précisions générales

- Les sautoirs sont constitués de 2 ou 3 tapis de sol (type « sarneige ») d'environ 1m de longueur mis bout à bout.
- Les 3 ateliers sont disposés dans un ½ gymnase (espace de 20m x 20m). Ils sont donc espacés les uns des autres de façon relativement importante. Cependant, J. les a alignés.

Séances n°1, 2 & n°3	**Séances n°4 & n°5**
	
Atelier n°**1** : le cerceau de départ est situé à 1m du sautoir dont la zone rouge est « interdite » (tapis léger et plastifié d'environ 60 cm de largeur). Atelier n°**2** : Une poutre basse de gymnastique (élément vert) est placée au début du sautoir. Le départ est donné à environ 10 mètres du sautoir. Atelier n°**3** : Les élèves partent depuis un plinth (élément noir).	Atelier n°**1'** : le cerceau de départ est situé à 10 mètres du sautoir dont la zone rouge est « interdite » (tapis léger et plastifié d'environ 60 cm de largeur).Une poutre basse de gymnastique (élément vert) est placée au début du sautoir. Atelier n°**2'** : 2 haies basses espacées d'environ 50 cm sont placées au début du sautoir. Le départ est donné à environ 10 mètres du sautoir. Atelier n°**3'** : Les élèves prennent un élan sur deux plinths mis bout à bout (élément noir).

LES TIC DANS LA FORMATION ET L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES À L'ÉCOLE PRIMAIRE

Richard CABASSUT
Formateur en mathématiques, IUFM d'Alsace
Didirem, Paris 7
richard.cabassut@alsace.iufm.fr

Pascal RIMLINGER
Professeur des écoles, Ecole du Ziegelwasser, Strasbourg

Marc TRESTINI
Chargé de mission TICE, IUFM d'Alsace
LSEC, ULP Strasbourg 1
marc.trestini@alsace.iufm.fr

Résumé : On rend compte de deux dispositifs d'enseignement impliquant les TIC[1] dans l'enseignement de la géométrie à l'école élémentaire : une formation continue à distance pour des professeurs d'école et une mise en oeuvre en classe de CM1 d'une séance sur le cercle. On propose l'éclairage de ces situations par un cadre théorique issu des sciences de l'éducation et de la communication avec une approche instrumentale. On formule ainsi des questions dont on conjecture des réponses.

Mots-clés : Formation à distance – FOAD - TICE - apprentissage collaboratif - enseignement des Mathématiques.

Décrivons le contexte institutionnel national de ces deux dispositifs d'enseignement. Présentons ensuite chacun des dispositifs : le contexte institutionnel local et le déroulement de ces dispositifs, illustrés de quelques exemples. Enfin proposons un cadre théorique pour questionner ces dispositifs.

I – LE CONTEXTE INSTITUTIONNEL NATIONAL

I – 1 Le (C2i)® niveau 2 « enseignant »

La rapide évolution des technologies de l'information et de la communication a engendré au cours des dernières années une progression notable des équipements et des applications informatiques disponibles dans la vie courante et dans la vie professionnelle. Toute personne est aujourd'hui concernée par l'usage désormais banalisé d'outils informatiques.

[1] Technologies de l'Information et de la Communication.

Dans ce contexte nouveau, les exigences relatives à la maîtrise des technologies de l'information et de la communication sont doubles et se concrétisent par la mise en place de deux niveaux d'acquisition de compétences.

Un (C2i)® niveau 1 d'exigence applicable à tous les étudiants et stagiaires de formation continue. Il vise à attester de la maîtrise d'un ensemble de compétences nécessaires à l'étudiant pour mener les activités qu'exige aujourd'hui un cursus d'enseignement supérieur.

Un (C2i)® niveau 2 fait l'objet d'exigences plus élevées et plus ciblées qui sont fonction des orientations professionnelles que prennent les étudiants. Actuellement deux orientations professionnelles sont à l'étude : il s'agit des métiers du droit et ceux de l'enseignement. Concernant ces derniers, les compétences spécifiques à l'exercice de ces métiers, dans le nouveau contexte pédagogique et éducatif, sont identifiées dans ce qu'il est convenu d'appeler le (C2i)® niveau 2 « enseignant ». Ces compétences devront permettre à toute personne engagée dans cette voie d'évoluer et de continuer à se former tout au long de sa carrière. Elles devront être acquises non seulement par les stagiaires IUFM entrant dans la profession mais aussi, progressivement, par les enseignants déjà titulaires dans le cadre de la formation continue.

« Ce niveau 2 vise à attester des compétences professionnelles communes et nécessaires à tous les enseignants pour l'exercice de leur métier dans ses dimensions pédagogique, éducative et citoyenne. Cet ensemble de compétences se déclinera dans les domaines suivants, à la fois pour des utilisations individuelles et pour des usages à mettre en œuvre avec les élèves ou les étudiants :

- les problématiques et les enjeux liés aux TIC en général et dans l'éducation en particulier ;
- les gestes pédagogiques liés aux TIC ;
- la recherche et l'utilisation de ressources ;
- le travail en équipe et en réseau ;
- les espaces numériques de travail ;
- l'évaluation et la validation des compétences TIC dans le cadre des référentiels inscrits dans les programmes d'enseignement » (Circulaire N°2004-46 du 2-3-2004).

Le (C2i)® niveau 2 « enseignant » sera mis en place à partir de la rentrée universitaire 2006 selon les modalités indiquées dans le cahier des charges ministériel après une phase expérimentale durant cette année universitaire 2004-2005 dans les IUFM[2] qui se sont portés volontaires.

L'expérimentation porte sur la définition des contenus de formation, d'évaluation et de validation dont les modalités sont choisies par les IUFM. Elle doit permettre de recenser et mutualiser les différents types d'activité mises en place ainsi que les modalités de formation et de validation et les difficultés rencontrées. Les IUFM expérimentateurs devront fournir un descriptif des dispositifs mis en œuvre (constitution et choix des groupes de stagiaires, tests d'évaluation, équipes de formateurs engagés, *etc*.). L'IUFM

[2] Institut Universitaire de Formation des Maîtres.

d'Alsace s'étant portée volontaire, c'est dans ce contexte expérimental que s'est inscrite cette formation.

II – 2 Le B2i niveau 1 : Le brevet informatique et Internet des écoliers

Dans le but de soutenir et de valoriser les efforts éducatifs appliqués aux technologies de l'information dès l'école élémentaire, il est instauré un brevet informatique et Internet (B2i).

« L'objectif de ce brevet est de spécifier un ensemble de compétences significatives dans le domaine des technologies de l'information et de la communication et d'attester leur maîtrise par les élèves concernés. Le niveau 1 a pour objet de vérifier l'acquisition de compétences que les élèves peuvent maîtriser à l'issue de l'école primaire. Il concerne donc principalement la scolarité élémentaire» (*Ibid*.).

I – 3 Les programmes de mathématiques

Les nouveaux programmes de mathématiques de l'école primaire mis en place progressivement à partir de 2002 évoquent dans les termes suivants les TIC.

Document d'application : « Mathématiques - Cycle des approfondissements.

Enseignement des mathématiques et technologies de l'information et de la communication »

1) Comme on l'a évoqué précédemment, les moyens modernes de calcul (calculatrices et, dans une moindre mesure, tableurs) doivent devenir d'usage courant pour les élèves. Outre l'allégement de la charge de travail qu'ils permettent pour traiter des données tirées de “ vraies situations ”, ils offrent l'occasion d'une approche plus expérimentale des mathématiques. D'autres produits, comme les logiciels de “ géométrie dynamique ”, favorisent également, pour la géométrie, une telle approche et permettent de varier les points de vue sur un même concept ;
2) Le monde Internet constitue une autre piste d'utilisation, en mathématiques comme dans d'autres disciplines, à travers la recherche de documentation (banque de problèmes, documents relatifs aux mathématiques ou à leur histoire, par exemple) ou les échanges entre classes (problèmes résolus en interaction, élaboration collective d'une documentation sur un thème donné, …) ;
3) Des logiciels plus spécifiquement consacrés à l'entraînement de savoir faire peuvent également être utilisés, sous le contrôle de l'enseignant. Ils permettent de varier les exercices proposés et favorisent un travail en autonomie, tout du moins pour ceux qui sont bien conçus, dans la mesure où ils signalent à l'élève les erreurs rencontrées et l'orientent vers d'autres exercices qui lui permettront de progresser. Dans ce domaine, il convient d'être particulièrement vigilant sur la pertinence et la qualité des produits utilisés ;
4) Il faut enfin souligner, en marge de ces réflexions, le bénéfice qui peut être tiré de l'usage du rétroprojecteur pour faire travailler tous les élèves sur un même support (document, production d'un élève ou d'un groupe d'élève, explication de l'utilisation de certains instruments, …) ou pour favoriser, en géométrie, la perception d'une figure présentée dans plusieurs positions ou encore pour résoudre des problèmes de déplacement de surfaces (réalisation de puzzles, par exemple). »

Programmes de mathématiques : « Cycle 3 : contenus, compétences, commentaires ».

1 Exploitation de données numériques

1.3 Organisation et représentation de données numériques
Les situations de construction de diagrammes ou graphiques se limiteront à des cas simples ou utiliseront l'outil informatique (une première initiation au tableur peut être envisagée).

5 Géométrie
Les logiciels de dessin assisté par ordinateur ou de géométrie dynamique pourront, en particulier, faire l'objet d'une première utilisation, mais elles ne remplacent pas les activités papier- crayon.

5.2 Relations : alignement, perpendicularité, parallélisme, égalité de longueurs, symétrie axiale
L'utilisation de l'ordinateur (logiciels de dessin, imagiciels) permet d'enrichir le champ d'expériences des élèves.

Décrivons d'abord les deux dispositifs d'enseignement impliquant les TIC. Le premier dispositif concerne une Formation Organisée à Distance (FOAD) concernant des professeurs d'école titulaires, en charges de classes en cycle 2 ou 3.

II – FORMATION CONTINUE À DISTANCE À L'UTILISATION DES TICE DANS L'ENSEIGNEMENT DE LA GÉOMÉTRIE À L'ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE

Rappelons le contexte local cadré par l'Inspection Académique du Bas-Rhin et par l'IUFM d'Alsace.

II – 1 Le contexte institutionnel local

II – 1.1Lettre de l'inspection académique pour la préparation de la formation continue

« Les actions de formation que vous proposerez devront intégrer deux paramètres : la transversalité des apprentissages et les Tice dans les modalités de formation proposées […] Je souhaiterais qu'en matière de modalités de formation vous utilisiez au mieux la formation à distance, les formations avec retour et la production de documents pédagogiques ».

II – 1.2 Cadrage proposé par l'IUFM

Entre décembre 2004 et février 2005, dix stages de formation continue ont été proposés « à distance » par l'IUFM d'Alsace aux professeurs des écoles dans le cadre de la formation continue du Bas-Rhin. Parmi ces dix stages, deux d'entre eux seulement ont été annulé par manque de candidats inscrits. Pour chaque stage, douze enseignants du primaire pouvaient s'inscrire et se former au sein d'un environnement virtuel d'apprentissage.

Les formations à distance proposées par l'IUFM devaient intégrer plus précisément quatre modalités de travail différentes : un temps en présentiel qui permet à chacun de se rencontrer, de s'approprier les outils de formation à distance, d'entrer dans la problématique du stage (ici utiliser les TICE dans l'enseignement de l'espace et de la géométrie à l'école élémentaire) ou de dresser le bilan de la formation; un temps en formation synchrone (à distance), le plus souvent sous forme discussion en ligne en temps réel (« chat ») ; un temps en formation asynchrone (à distance), où chacun dépose librement sur la plate-forme le fruit de ses réflexions et vient récupérer les productions disponibles, et enfin, une expérimentation (à distance) dans l'école qui permet de mettre en œuvre l'objet de la formation. Elle offrait une grande flexibilité puisqu'elle se déroulait sur quatre mois pour une durée totale de 33h. Deux journées de travail en présentiel, de 6h chacune, précédaient un travail à distance évalué à 15h environ. Une journée de bilan de 6h conclut la formation. Cette organisation qui alterne deux modalités différentes de travail (présentiel/à distance) permet de travailler à la fois l'approche pédagogique et le contenu visé sans trop alourdir le temps en mode présentiel que nous savons non extensible.

12h	15 h sur une période de 4 mois	6h
présentiel	À distance	présentiel

Dans le cadre de l'UNERA (Université Numérique en Région Alsace) nous avons, à cet égard, pu bénéficier du soutien et du savoir-faire du département ULP-Multimédia de Strasbourg qui a mis à notre disposition, puis hébergé sur leur serveur, un environnement virtuel d'apprentissage (ou plate-forme de formation) fondé sur ce principe à savoir celui l'Apprentissage COLaboratif A Distance dont l'acronyme est ACOLAD.

L'environnement ACOLAD est basé sur une métaphore spatiale reproduisant un modèle d'enseignement universitaire structuré en plusieurs lieux (voir document 1) : un bureau personnel, un amphithéâtre accessible à tous, un séminaire accessible à 12 apprenants au maximum, composé de trois salons d'équipes de quatre apprenants chacune, un foyer, et une salle des professeurs, accessible uniquement aux enseignants.

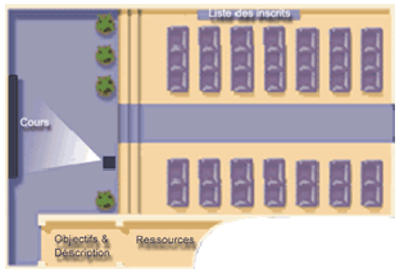
Dans l'amphithéâtre, les stagiaires ont accès à un cours ainsi qu'à des ressources qui viennent l'enrichir : textes complémentaires (articles, références littéraires, *etc*.), simulations, dessins, schémas, photographies, vidéo, URL).
Dans le séminaire et l'espace de chaque équipe, divers outils d'aide à la collaboration sont proposés : agenda, espace de dépôt de documents (lesquels peuvent être discutés grâce à des forums qui lui sont attachés), courrier électronique, causerie *chat*. L'enregistrement des discussions synchrones est possible dans un espace appelé « causerie » situé dans le séminaire et dans l'espace de chaque équipe. Il permet en outre un retour sur les échanges qui ont eu lieu à des dates choisies.
La fonction de *chat* existe également dans le foyer mais elle assure cette fois, pour des raisons évidentes, la confidentialité des échanges synchrones en interdisant leurs enregistrements. Les différentes traces dans ACOLAD, composées de ces discussions synchrones et asynchrones, formeront une partie de notre corpus d'étude.
D'un point de vue pédagogique : « ACOLAD […] privilégie les apprentissages en groupes. Par groupe on entend un ensemble institué d'apprenants et d'enseignant(s) en interaction. La plate-forme est l'environnement virtuel par lequel et dans lequel ces interactions se produisent. L'apprenant est placé dans un contexte d'apprentissage collaboratif, de soutien mutuel, de partage des méthodes de travail et d'observation entre

pairs. Pour que le groupe puisse avancer, l'apprenant est dans l'obligation de s'essayer à des méthodes de travail proposées par les autres, ou d'en proposer lui-même. Il est confronté aux représentations des autres et peut par ce biais faire évoluer les siennes. Il devient non seulement actif, il devient acteur de la formation »[3].
Il va sans dire qu'en faisant le choix d'ACOLAD nous inscrivons clairement notre formation dans des courants pédagogiques de type socioconstructivistes (Doise & Mugny, 1997) : « Ils nous incitent à ne plus penser les processus pédagogiques uniquement dans les relations qu'entretiennent apprenants et enseignants mais à considérer le groupe d'apprentissage comme un concept particulièrement fécond pour la formation à distance » (Faerber, 2003).

Document 1 : métaphore spatiale de la plate-forme collaborative acolad

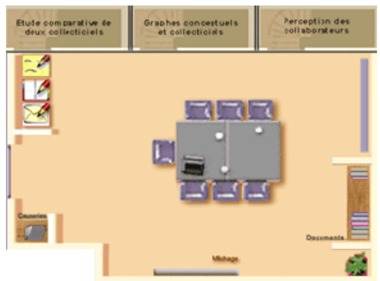
Bureau personnel :

Amphithéâtre :



Foyer des étudiants :

Séminaire :



II – 1.3 Stage proposé par le formateur

Le formateur de mathématiques a proposé au PAF[4] un stage aux caractéristiques suivantes.

Intitulé du stage : utiliser les TICE dans l'enseignement de l'espace et de la géométrie à l'école élémentaire.

Niveau : cycle 2 et cycle 3.

---

[3] Tiré du site de présentation de la plate-forme : http://acolad.u-strasbg.fr/ .

4Plan académique de Formations.

Objectifs

- savoir utiliser des logiciels de géométrie dynamique lors d'activités de géométrie à l'école élémentaire et produire des activités de géométrie impliquant des logiciels de géométrie dynamique ;
- savoir utiliser de la documentation sur Internet (banques de problèmes, documents relatifs à la géométrie et produire des informations sur des sites proposant cette documentation ;
- savoir utiliser des logiciels ou des sites plus spécifiquement consacrés à l'entraînement de savoir-faire de géométrie, savoir être vigilant sur la pertinence et la qualité des produits utilisés, et produire des informations sur ces logiciels ou ces sites ;
- savoir utiliser le vidéoprojecteur pour faire travailler tous les élèves sur un même support ou pour favoriser, en géométrie, la perception d'une figure et produire des exemples d'activités utilisant le vidéoprojecteur.

Contenus

1ère partie présentielle (12h)

- présentation des modalités de la FOAD ;
- analyse des besoins et échanges entre participants sur l'utilisation des TICE ;
- présentations de logiciels et de sites intéressants pour l'utilisation des TICE dans les activités de géométrie ;
- études d'exemples d'activités de géométrie utilisant les TICE ;
- programmations d'activités en classes et modalités du tutorat à distance.

2ème partie à distance (15h)

- réalisation des activités en classe, vers des fiches d'activités ;
- tutorat et échanges à distance ;
- rapports d'étape.

3ème partie présentielle (6h)

- compte rendu des activités, analyse, discussion ;
- productions de fiches d'activités ;
- perspectives de poursuite du travail de mutualisation.

Organisation de la Foad

- Modalités d'accompagnement : dates et rythmes des rencontres à distance à définir avec les stagiaire ;
- contrat de productions : Productions d'exemples d'activités de géométrie utilisant les TICE ;
- candidatures : 17 candidatures et 12 candidats retenus d'après des critères non connus du formateur.

II – 2 Le déroulement du stage

Une première phase en présentiel est constituée de quatre demi-journées successives (début novembre) dont les contenus respectifs de formation sont les suivants :
Organisation de la formation. Connaissances instrumentales (matériels, logiciels, plate-forme acolad, serveur ftp[5], généralités sur les connaissances didactiques (espace et géométrie).
Etude des logiciels « Apprenti Géomètre » et « Déclic » : prise en main, étude de progressions en classe.
Etude d'exerciseurs, de cours en ligne, de sites. Analyse des besoins. En groupe productions pour la classe : fiches pour professeurs, fiches pour des séances avec les élèves.
Suites des productions précédentes. Présentation des productions. Programmation du travail à distance et évaluation des deux jours de formation.
Une seconde phase (quatre mois successifs) est une formation à distance constituée par :

- des rencontres synchrones : quatre rendez-vous d'une heure sont fixés dans le salon de discussion de la plate-forme acolad (causerie-chat) ;
- des échanges par courriers électroniques entre stagiaires et formateur ;
- des mises à disposition de documents par l'intermédiaire de la plate-forme acolad ou du serveur de fichiers ftp ;
- des mises en oeuvre de situations impliquant les TICE en géométrie par chaque enseignant stagiaire dans son école.

Une troisième phase en présentiel d'une journée (fin février) avec compte rendu des activités réalisées en classe, évaluation et réflexion, évolution et prolongement des activités, productions d'autres activités, évaluation du stage, projet de formation.

III – SÉANCE EN CLASSE

Le second dispositif d'enseignement concerne une séance d'enseignement de la notion de cercle, mise en oeuvre par un professeur titulaire d'une classe de CM1, et ayant participé au stage.

III – 1 Le contexte institutionnel local

L'école élémentaire est située dans une zone d'éducation prioritaire de la ville de Strasbourg, Elle est équipée d'une salle d'informatique de 12 postes de travail, mis en réseau et disposé en L le long de deux murs consécutifs. Le logiciel Déclic a été implanté sur chaque poste et chaque élève dispose sur le réseau d'un dossier personnel de rangement, accessible de tout poste. La direction de l'école et l'équipe éducative sont ouverts à l'utilisation des TIC dans l'enseignement.

La classe de CM1 est composée de 19 élèves. Le professeur a la possibilité de dédoubler la classe : un groupe « sciences » pris en charge par un autre professeur et un groupe « mathématique » qui fréquentera la salle d'informatique. Les élèves sont

[5]Un serveur de fichier (FTP) est mis à la disposition du personnel de l'IUFM à partir du portail pour le transfert et l'échange par Internet de fichiers importants.

habitués à fréquenter la salle d'informatique et à utiliser le logiciel Déclic en géométrie. Le professeur était habitué, avant de participer au stage, d'utiliser avec ses élèves.

Document 2 : fiche de préparation de séquence sur le cercle

Titre de la séquence : Le cercle.

Fiche de préparation : cycle3, niveau CM1.

Domaine : Education scientifique.

Champ disciplinaire : Mathématiques.

Objectif général : Reconnaître et construire des cercles à l'aide de données diverses.

Compétences [transversales (dire, lire, écrire), méthodologiques, disciplinaires] :

1. Reproduire une figure complexe à l'aide d'un logiciel de géométrie et sur support papier ;
2. Identifier un cercle représenté, à partir d'une description : centre et rayon, centre et un point du cercle, centre et diamètre ou diamètre ;
3. Construire un cercle (à l'aide d'un logiciel de géométrie, sur support papier) à partir : du centre et du rayon, du centre et d'un point du cercle, du centre et du diamètre, du diamètre.

Déroulement	Travail de l'élève	Support, matériel
Rappels sur les fonctions cercles dans le logiciel de géométrie. 1. Compétence 1 : Présentation de la fiche de travail Cercle [1]. Lecture des consignes des 3 parties de la fiche. Phase de recherche individuelle pour la partie 1. Mise en commun collective rapide. Phase de recherche individuelle pour les parties 2 et 3 puis correction individuelle. Même démarche pour la fiche de travail Cercle [2]	Décrire les deux fonctions du logiciel pour créer des cercles. Reformulation des consignes. Identifier des figures de base (cercles) dans une figure complexe. Tracer des cercles sur support papier et avec l'ordinateur	Salle informatique. Déclic sur chaque PC. Compas, règle, … Fiche Cercle [1] Fiche Cercle [2]

2. Compétence 2 : Présentation de la fiche de travail Cercle [3]. Phase de recherche individuelle pour la partie 1. Mise en commun collective.	Identifier des figures de base (cercles) dans une figure complexe.	Fiche Cercle [3] Rétroprojecteur avec correction en couleur
3. Compétence 3 : Présentation de la partie 2 de la fiche de travail Cercle [3] : « Construire les cercles donnés à l'aide du logiciel de géométrie. » [ind] ; « Construire les cercles données à l'aide du compas et du papier quadrillé. » [ind].	Construction de cercles à l'aide du logiciel Déclic et sur un support papier quadrillé.	(Figure C4 et C5)
4. Entraînement compétences 2 et 3 : Fiche Cercle [4] à réaliser individuellement.		Fiche Cercle [4]

III – 2 La séance observée

La séance observée développe les compétences de reconnaissance et de construction de cercles. Elle s'effectue avec un groupe demi-classe de 9 élèves. Elle dure environ une heure. Chaque élève occupe un poste de travail et reçoit une fiche de travail (voir document 3 ci-dessous). Le professeur explique collectivement la fiche de travail puis chaque élève travaille individuellement à son poste. Le professeur circule pour donner des aides individuelles ou collectives. Les élèves peuvent collaborer entre eux.

Document 3 : Fiche élève Cercle [3]

1. Ouvrir le fichier C4 situé dans Bureau/Pascal/Figures Déclic

Observe bien la figure et réponds aux questions suivantes. (1 carreau = 1 cm)

1 Quel est le cercle de centre A et de rayon 3 cm ?……………

2 Quel est le cercle de centre B et de rayon 3 cm ? ……………

3 Quel est le cercle de centre H et de rayon [HB] ?……………

4 Quel est le cercle de centre G et de rayon [GC] ?……………

5 Quels sont tous les points situés sur le cercle de centre B et de rayon 6 cm ? ………

6 Quels sont tous les points situés sur le cercle de centre A et de rayon [AP] ? ………

7 Quels sont tous les points situés sur le cercle de centre H et de rayon 3 cm ? ………

8 Quel est le cercle dont un diamètre est [PH] ? ……………

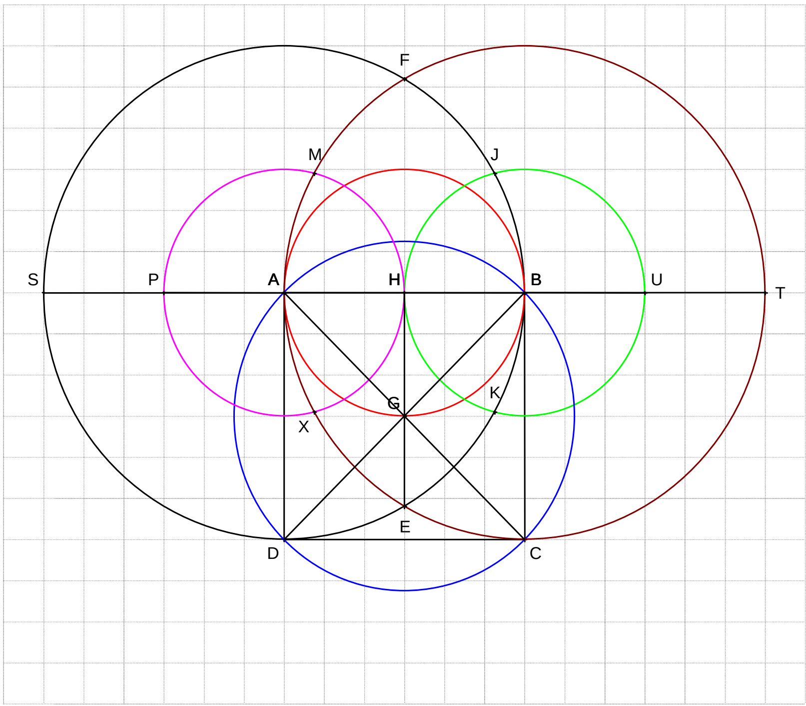
9 Quel est le cercle dont un diamètre est [AC] ? ……………

10 Quel est le cercle de diamètre [AT] ? …………… Quel est son centre ? …..

11 Quel est le cercle de diamètre [HU] ? …………… Quel est son centre ? …..

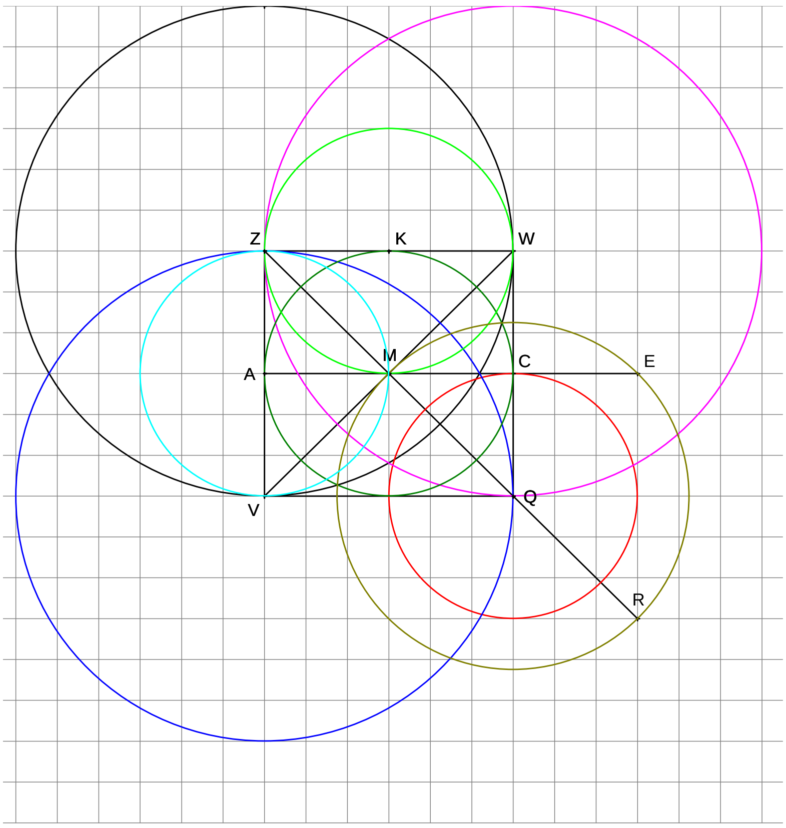
13 Quel est le cercle de diamètre [BS] ? …………… Quel est son centre ? …..

La figure ci-dessous est chargée : les différents cercles sont de couleurs différentes ce qui permet de les caractériser par leur couleur.



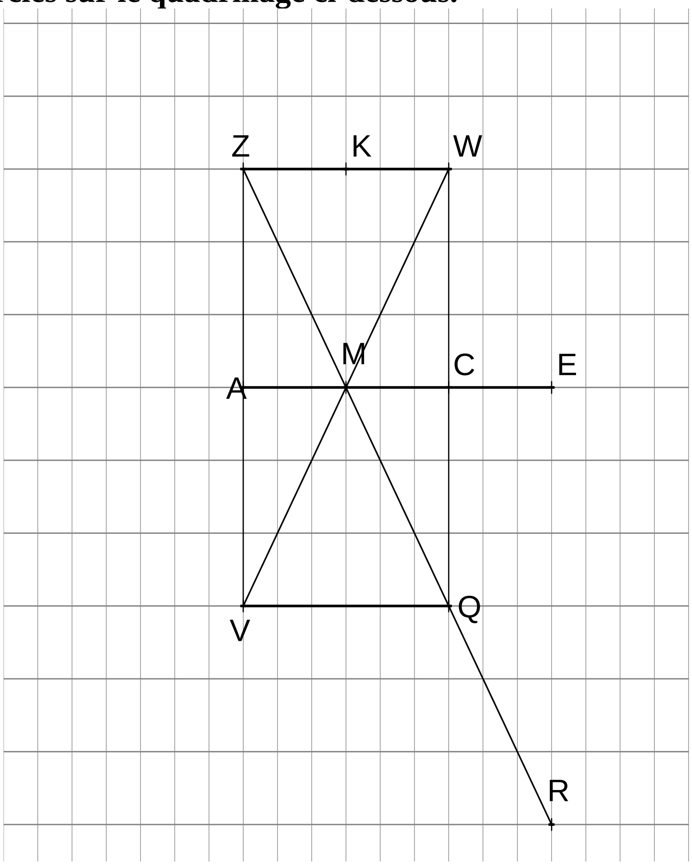
2. Ouvrir le fichier C5 situé dans Bureau/Pascal/Figures Déclic

On charge la figure suivante où les cercles sont tracés avec des couleurs différentes.



Construis les cercles sur ton ordinateur. Utilise des couleurs différentes pour chaque cercle.
Le cercle de centre Z et de rayon 6 cm.
Le cercle de centre Q de rayon 3 cm.
Le cercle de centre V et de rayon [VQ].
Le cercle de centre W et qui passe par le point Z.
Le cercle de centre M et qui passe par le point K.
Le cercle de centre K et de diamètre [ZW].
Le cercle de centre Q et de diamètre [MR].
Le cercle de diamètre [ZV].

Construis les cercles sur le quadrillage ci-dessous.



Nous allons maintenant présenter deux approches théoriques qui permettront de formuler des observations et des questions que nous illustrerons par quelques exemples issus des dispositifs décrits précédemment.

IV – CADRE THÉORIQUE

L'approche instrumentale va nous permettre d'observer et d'analyser la manière dont les stagiaires en formation et les enfants mis en situation d'apprentissage vont s'approprier et/ou éventuellement détourner les « instruments » mis à leur disposition. Cette approche instrumentale repose sur les concepts *d'artefact* et *d'instrument*.

L'artefact est un objet ayant subi une transformation par l'homme, même minime, et qui se distingue ainsi de tout objet dont la modification serait due à un phénomène naturel. Ce peut être un objet matériel (un objet technique tel un ordinateur par exemple) ou idéel (un objet de connaissance, une idée pédagogique, un contenu d'enseignement construits par l'homme) Cet objet est modifié par celui-ci dans un but donné ; il est donc prêt à être utilisé par un sujet tel qu'il a été conçu. Néanmoins, l'usage que ce dernier en fera ne correspondra pas forcément à celui envisagé par le concepteur de l'objet : le sujet pourra détourner la fonction initiale de celui-ci. « Par cette activité, les utilisateurs contribuent d'ailleurs à la conception des usages des instruments » (P. Rabardel, 1995 in G.L. Baron et E. Bruillard, 1996, p. 267).

Le concept d'instrument formalise cette idée d'appropriation et/ou de contournement. Il est défini précisément par P. Rabardel (1995) qui s'inspire de la méthode instrumentale de Lev S. Vygotski et de l'approche constructiviste de J. Piaget. Il considère l'instrument comme une entité mixte, composée d'un artefact et d'un schème d'utilisation. C'est un objet matériel ou symbolique externe au sujet, construit socialement, qui possède un ou plusieurs schème(s) d'utilisation et qui doit être reconstruit de façon interne par le sujet. Il se constitue lors d'un processus *de genèse instrumentale* qui concerne aussi bien l'artefact que le sujet. « La genèse de ces opérations relève de deux processus : un processus *d'instrumentalisation* qui rend compte de l'attribution de fonctions à l'artefact par le sujet en prolongement de ses fonctions initialement prévues ; un processus *d'instrumentation* qui rend compte de la construction d'habiletés par le sujet par adaptation, recomposition à partir d'anciennes et création de nouvelles » (P. Marquet & J. Dinet, [2003]). Ces deux dimensions sont à la fois conjointes et distinctes. P. Rabardel (1995) considère en outre que « l'un d'eux peut être plus développé, dominant, voire le seul mis en œuvre ».

Dans les deux dispositifs d'enseignement présentés (la formation à distance et la séance en classe), différentes catégories[6] d'artefacts coexistent :

- des artefacts techniques constitués d'objets matériels comme la plate-forme d'apprentissage collaboratif, les micro-ordinateurs et leurs logiciels spécifiques ;
- des artefacts pédagogiques qui sont des objets idéels, médiateurs du savoir ; comme par exemple la « scénarisation » de la séance de classe ou la « médiatisation » (qui est une forme de scénarisation) du dispositif de formation à distance ;
- des artefacts didactiques constitués principalement de contenus d'enseignement, d'objets disciplinaires enseignés. Les cas traités ici s'inscrivent dans le champ de l'enseignement des mathématiques et plus précisément dans celui de la géométrie.

L'approche instrumentale permet d'étudier la manière dont vont s'articuler (vont être orchestrés) ces différents artefacts dans un dispositif d'enseignement.

Le processus de genèse instrumentale (passage du statut d'artefact au statut d'instrument) ainsi que les bénéfices ou les complications qui peuvent surgir de la coexistence des ces différents artefacts soulèvent d'inévitables questions : Pourquoi introduire des artefacts dans un dispositif d'enseignement et lesquels choisir ? Comment les articuler pour en tirer le meilleur profit ? Comment et pourquoi sont-ils utilisés ? Examinons ces questions et montrons comment l'approche instrumentale nous aide à y répondre.

---

[6]Certains auteurs (Marquet, 2004) envisagent des artefacts sociaux.

IV – 1 Pourquoi introduire des artefacts dans un dispositif d'enseignement ?

Si la communauté éducative est au moins d'accord sur un point, c'est que l'on ne peut pas construire de véritables situations d'enseignement-apprentissage sans y introduire un minimum d'artefacts pédagogiques, didactiques, voire technique. La question plus controversée qui se pose a trait au bénéfice que l'on peut tirer de l'introduction des TIC (considéré comme une nouvelle génération d'artefacts techniques comparés aux compas ou à la règle par exemple) dans l'enseignement et à la manière dont elles s'articulent profitablement avec les autres artefacts en présence. Certains se demandent plus précisément dans le cas qui nous préoccupe ici, quels sont les « apports potentiels des TIC dans l'enseignement des mathématiques, notamment au vu des difficultés d'intégration que les TICE semblent poser »[7]. D'autres à propos de la disparition progressive d'artefacts didactiques s'interrogent sur les « allègements successifs des programmes en mathématiques : une légèreté didactique ? »[8] . Il est difficile de vérifier que tel ou tel artefact, et selon quel « dosage », améliore ou non l'enseignement. Nous ne sommes pas dans le domaine des sciences exactes (les systèmes éducatifs sont des systèmes très complexes où interviennent beaucoup de variables qui ne sont pas toutes maîtrisées). Tentons néanmoins de répondre à cette question d'abord en regard des attentes institutionnelles.

Comme nous l'avons montré en explicitant les contextes institutionnels nationaux et locaux, l'introduction d'artefacts techniques relatifs aux TIC répond à une demande de différentes institutions (ministère, inspection d'académie, IUFM) exprimée dans différents documents prescriptifs (C2i, B2i, lettres de cadrage, programmes d'enseignement). Interrogeons-nous maintenant sur la pertinence de ces recommandations. Pour se faire, considérons les possibilités d'amélioration que pourraient apporter ces nouveaux artefacts techniques.

Considérons d'abord la situation particulière où le sujet maîtriserait parfaitement l'emploi d'un artefact dont il a l'habitude de se servir. Cet artefact remplirait, en outre, complètement la fonction attendue par le sujet. L'ajout ou la substitution d'un nouvel artefact qui assurerait *a priori* la même fonction impliquerait de la part du sujet un nouvel apprentissage, lequel nécessiterait un effort supplémentaire. Cet effort doit pouvoir être justifié, à défaut de quoi le sujet aurait le sentiment de n'avoir rien gagné à ce changement, voire même d'avoir perdu un temps précieux. C'est ce que l'on appelle en langage familier « faire du vieux avec du neuf ». La sagesse nous conduirait alors à n'introduire de nouveaux artefacts que lorsque nous aurions la preuve qu'ils apportent une plus-value à la situation d'apprentissage considérée ; plus-value que les anciens artefacts ne pourraient assurer.

Par exemple, il peut paraître artificiel de demander à des stagiaires de suivre un stage à distance alors que la distance n'est pas effective (cas de stagiaires pouvant être présents sur un site de formation). Pourtant, des études portant sur des adultes en formation continue ont montré que l'apprentissage collaboratif à distance est plus efficace que l'apprentissage collaboratif en présence[9]. En effet, le rythme n'est pas imposé dans le cadre d'un apprentissage collaboratif et les apprenants peuvent alterner différentes

---

[7]Réunion de juin 2005 du laboratoire Didirem autour des recherches sur les TICE.

[8]Question posée par Rémy Brissiaud sur le site de la SMF (société mathématiques de France) : http://smf.emath.fr/Enseignement/TribuneLibre/EnseignementPrimaire/CahiersBrissiaud.pdf, lu le 1/09/05.

[9] Cf. Note du Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche ; Direction de l'Enseignement scolaire - 29 avril 2002 ; Actes de l'université d'été - La formation continue ouverte et à distance ; http://www.eduscol.education.fr/D0126/acte_foad2.htm

formes de travail, soit en collaboration, soit de façon individuelle. Le travail à distance permet dans ce cas d'apporter de la valeur ajoutée par rapport au travail en présence.

Dans le cas de la séance de classe, on peut être surpris d'utiliser le logiciel de construction géométrique « Déclic » pour tracer des cercles alors que l'élève dispose déjà d'un compas. On peut même craindre que l'utilisation de ce nouvel artefact « Déclic » amoindrisse la maîtrise de l'ancien artefact « compas ». On pourra objecter que « Déclic » présente des qualités d'utilisation que le compas ne permet pas (comme par exemple un tracé plus rapide, plus précis ...), ou apporte des fonctionnalités nouvelles (comme la fonction « historique » qui permet d'enregistrer les différentes étapes d'une construction.
Cependant dans l'articulation ancien/nouveau, la nécessité que le nouvel artefact soit plus performant que l'ancien ne doit pas être un critère impératif. Il est important d'habituer les sujets à maîtriser différents artefacts, à rompre avec l'illusion que ce qui est familier est naturel et plus simple, à valoriser l'effort d'adaptation à un nouvel artefact pour gérer les situations nouvelles.
L'articulation avec d'autres artefacts pour justifier ou accompagner l'introduction de nouveaux artefacts techniques peut-être déterminant dans la difficulté ou la motivation que peut rencontrer un sujet pour l'utilisation d'un nouvel artefact. Par exemple, les logiciels gratuits (Déclic et Apprenti-Géomètre) mis à disposition sur la plate-forme de formation sont des artefacts techniques qui motivent les stagiaires à utiliser la plate-forme pour les récupérer à des fins d'utilisation dans leurs écoles dont les budgets pour l'acquisition de logiciels sont limités. Le travail en petit groupe (12 stagiaires pour le stage FOAD et 9 élèves pour la séance de classe) est un artefact pédagogique facilitant le travail avec le nouvel artefact (plate-forme en FOAD ou logiciel déclic en classe). La mise à disposition sur la plate-forme des artefacts pédagogiques ou didactiques (scénario d'utilisation du logiciel Déclic pour des séances en classe conformes aux programmes de mathématiques de l'école primaire) est un élément également motivant pour l'utilisation de la plate-forme et rassurant pour la mise en œuvre en classe.
Examinons maintenant les utilisations possibles de l'artefact.

IV – 2 Comment utiliser un artefact ?

IV – 2.1 Instrumentalisation

Nous avons vu que l'approche instrumentale distingue deux grandes utilisations d'un artefact.
L'instrumentalisation constitue le cas où le sujet attribue des fonctions (prévues ou non à l'origine) à l'artefact qui lui permettra de s'en servir.
Dans le cadre de la formation initiale à l'utilisation de la plate-forme de formation à distance, le stagiaire doit apprendre à maîtriser les différentes fonctions proposées telles qu'elles ont été définies par le concepteur. Les métaphores proposées (l'amphithéâtre dans lequel le cours est disponible, le séminaire, le lieu de causerie, *etc*.) correspondent à des représentations propres à l'Université et sont fidèles à son mode de fonctionnement. Elles sont néanmoins assez éloignées du paysage dans lequel évolue les stagiaires de notre IUFM (nous n'avons pas actuellement d'amphithéâtre !). Cette remarque vaut également pour les cours mis en ligne et les outils proposés. A titre d'exemples, nos stagiaires sont davantage habitués à des formations professionnelles pratiques qu'à des cours magistraux (artefacts pédagogiques différents). Il n'est donc pas surprenant que l'ensemble des fonctionnalités proposées par la plate-forme ne soit pas utilisé de la même manière que ne le ferait un universitaire. Durant cette formation, nous avons également observé que certaines fonctionnalités n'ont pas été utilisées par le

formateur : comme l'agenda, la salle des professeurs, ou le foyer. Par ailleurs, le formateur IUFM serait peu enclin à produire un cours tel qu'il est attendu sur la plate-forme. Pourtant, d'une manière générale, stagiaires et formateur investiront certains espaces et utiliseront plusieurs outils proposés mais souvent de manière différente que celle attendue (un pieds de table peut servir à soutenir la table ou à battre un tapis !). Ils auront eux-mêmes attribué de nouvelles fonctions à ces différents artefacts par un processus d'instrumentalisation : ils auront construit leurs propres *instruments* de travail.

L'utilisation faite ici est une utilisation détournée : pour la formation continue de douze professeurs d'école sur un temps limité (18h en présentiel et 15 h à distance) le formateur a jugé, plus précisément, que les artefacts tels que « la salle des professeurs », « de salon d'équipe » ou « de foyer » n'étaient pas utiles à sa formation et n'a pas souhaité utiliser du temps (restreint) de formation pour les présenter. De plus pour un certain nombre d'artefacts comme l'agenda, la fiche d'identité ou le dépôt des cours en amphithéâtre, la saisie des données peut être assez lourde au vu des services rendus, ce qui explique la sous-utilisation des fonctionnalités de ces artefacts.

On remarquera que certains artefacts ont été détournés de l'utilisation prévue initialement par les concepteurs de la plate-forme. A propos du séminaire, « Acolad » prévoit que : « Cet espace permet de réunir toutes les personnes inscrites au séminaire et d'accéder aux salons des équipes. Les membres du séminaire s'y réunissent pour : (i) une présentation des situations-problèmes par le tuteur ; (ii) une phase de régulation ; l'exposition et la comparaison des productions des équipes ; (iii) une réflexion commune sur les méthodes de chaque équipe ou sur les obstacles rencontrés ; (iiii) un échange entre les porte-paroles des équipes ». Dans le cas du stage étudié, cet espace a été utilisé uniquement comme un espace d'échanges de documents (le formateur et les stagiaires y déposant les documents à échanger), comme un espace de communication synchrone *(chat)* ou de consultation de l'historique des « causeries », et enfin comme un espace d'échanges asynchrones (courriers électroniques).

On retrouve, par ailleurs, ce processus d'instrumentalisation dans les différentes séances en classe où le logiciel « Déclic » devient un instrument utilisé par les élèves dans des activités de géométrie. Mais dans l'ensemble, l'utilisation des fonctionnalités prévues par le logiciel ont été respectées : nous n'avons pas observé d'importants détournements d'artefacts dans ce cas. Seulement, certaines fonctionnalités nécessitant des artefacts didactiques non disponibles en CM1 (comme la fonction projection orthogonale du menu transformation) n'ont pas été utilisées.

Rendons compte maintenant de l'autre aspect de l'approche instrumentale à savoir celui *l'instrumentation*.

IV – 2.2 Instrumentation

L'**instrumentation** est donc une habileté à utiliser l'artefact à partir des connaissances du sujet : le sujet construit ou adapte ses connaissances pour utiliser l'artefact.

Pour illustrer cette notion citons comme exemple le temps qui a été accordé à la formation des stagiaires pour qu'ils maîtrisent des fonctionnalités de la plate-forme. Mais cela suppose naturellement que le formateur en maîtrise également l'usage. La formation est donc double. « Il est important que les enseignants sachent utiliser les instruments et qu'ils apprennent aux élèves à les utiliser. Pour cela, ils doivent acquérir des compétences réelles de résolution avec les instruments. L'objectif à poursuivre est certainement, un problème étant donné, de choisir l'outil adapté puis de l'utiliser convenablement » (Baron G. - L., Bruillard E. [1996, p. 266]). Partons d'une compétence précisée dans le C2i niveau 2 « enseignant » : « Mise en œuvre pédagogique en présentiel et à distance […] Prendre une décision pédagogique pertinente face à un incident technique ». Le formateur du stage FOAD a donc prévu le

cas où la plate-forme ne serait plus momentanément opérationnelle pour une raison quelconque (et cette situation est effectivement arrivée). Dans ce cas, il a prévu d'utiliser le serveur « ftp » de l'IUFM pour l'échange de documents et le courrier électronique classique pour remplacer les fonctionnalités telles que « le forum sur document » ou « le courrier électronique » existant sur la plate-forme. Le formateur est parti de ses connaissances de la plate-forme et les a adaptées au « ftp » et au courrier électronique qui ont été « instrumenté » comme « plate-forme collaborative de secours ».
Nous n'avons pas eu le temps d'observer des processus instrumentation au niveau de l'utilisation du logiciel Déclic.

IV – 2.3 Des artefacts pédagogiques et didactiques pour favoriser l'appropriation (instrumentalisation et l'instrumentation) d'un nouvel artefact technique

Pour favoriser l'instrumentalisation et l'instrumentation de la plate forme, autrement dit pour qu'elle devienne un véritable *instrument* de formation, un scénario de formation (artefact pédagogique) et des contenus spécifiques (artefacts didactiques) ont été proposés selon la déclinaison suivante :
Une phase d'initiation à la plate-forme où sont présentées les principales fonctionnalités de cet artefact (bureau, fiche d'identité, séminaire, documents du séminaires, causerie, ...). Ensuite une phase d'intégration avec une prise en main de la plate-forme s'intégrant à des activités de documentation ou de discussion autour de ressources, d'une part pour motiver les stagiaires en traitant des notions utilisables en classe, et d'autre part pour optimiser le temps du stage en fréquentant d'autres artefacts (sites ressources, textes officiels) qui seront utiles par la suite. La fiche suivante décrit ces activités visant à familiariser les stagiaires à l'usage d'un artefact nouveau : la plate-forme de travail collaboratif. Ce sera à eux par la suite à construire de habiletés et à assigner des fonctions propres à leur besoin qui s'écarteront peut-être de celles prévues initialement.

Document 4 : activités de prise en main de la plate-forme

Vous allez accomplir les tâches suivantes dans l'ordre proposé. Ces tâches ont deux objectifs distincts :

1. Améliorer vos connaissances instrumentales : par la prise en main de la plate-forme « acolad », vous devriez améliorer vos connaissances de cet instrument et la réflexion (que l'on espère critique) sur son utilisation dans la formation ;
2. Améliorer vos connaissances didactiques : par la consultation des textes officiels et de différentes ressources proposées sur la toile, vous devriez améliorer vos connaissances didactiques sur l'enseignement de l'espace et de la géométrie, et la réflexion (que l'on espère critique) sur cet enseignement.

Renseignement de votre identité
Compléter la fiche d'identité se situant dans votre bureau.
Vous remplirez impérativement la ligne « e-mail » qui permettra la participation aux salons de discussion et à la messagerie électronique. Les autres informations sont facultatives et pourront être complétées de chez vous (par exemple la photo facultative).
Charger parmi les documents du séminaire le document « Présentation des participants ». Compléter le. Le sauvegarder comme documents du séminaire, sous le même nom de document.

Textes officiels et sites ressources
Consulter les différents textes officiels proposés dans les documents « Textes officiels » du séminaire.

Consulter les différents sites ressources suivant : Attention le but n'est pas de s'approprier les connaissances ou les instruments développés sur ces sites mais de vous permettre de développer une discussion à partir des observations et des questions que ces sites susciteront.
http://pcolleu.free.fr/maths/Maths-Index.html
http://perso.wanadoo.fr/m-aime-m/memoirePE2/
http://maths.paris.iufm.fr/cabri/
http://www.onlineformapro.com/espaces/formateur/pedago/peda/signetmath8.asp

Aller au salon de discussion (causerie) et participer à une discussion en essayant de répondre aux questions suivantes :

1. Quels sont les éléments des connaissances et des compétences des textes officiels que vous avez déjà mis en œuvre à l'aide des TICE ou que vous estimez mis en œuvre dans les exemples ci-dessus ?
2. Quels sont les éléments des connaissances et des compétences des textes officiels qui vous paraissent facile à mettre en œuvre avec les TICE ? Difficile ? Pourquoi ?
3. Quels sont les conséquences de la mise en œuvre des TICE dans le domaine de l'espace et de la géométrie sur :
   - les modalités de travail (travail en classe entière avec téléviseur ou vidéo-projecteur relié à l'ordinateur, travail en salle équipée de plusieurs postes, …) ;
   - la gestion du temps et de l'espace ;
   - l'évaluation de l'acquisition des connaissances et des compétences ;
   - la gestion de l'hétérogénéité des élèves ?

Sauvegarde des données
Créer un dossier à votre nom sur le bureau et sur la plate--forme ftp : dans le dossier « USAGERS » puis le sous-dossier « FORM_CONTINUE », puis le sous-dossier « XXXXX FOAD TICE 2005 08 ». Sauvegarder l'historique de la discussion dans le dossier du bureau et sur le ftp.

On retrouve ces deux phases d'initiation et d'intégration des artefacts relatifs à l'utilisation des logiciels Déclic et Apprenti Géomètre, comme l'illustre l'extrait de (Apprenti Géomètre, documents-papier, p. 79) : « *Le chapitre 6, Initiation, expose un ensemble de quatre activités qui ont deux objectifs. Le premier est de découvrir Apprenti Géomètre et de se familiariser avec ses fonctionnalités. Le second est de rencontrer des concepts mathématiques de base tels que la superposition de figures, l'addition, la multiplication et le fractionnement de grandeurs dans un contexte nouveau, constituant un complément utile aux activités papier-crayon et aux manipulations d'objets réels [...] Le chapitre 7, Activités d'intégration, expose trois manières d'intégrer Apprenti Géomètre dans les pratiques quotidiennes de la classe ou de l'école, l'ordinateur n'étant pas, et de loin, le seul outil d'apprentissage*». (*Ibid*., p. 84) répartit les activités dans le tableau ci-dessous suivant une entrée instrumentale (artefacts techniques) et une entrée mathématique (artefacts didactiques).

ACTIVITÉS	CONNAISSANCES INSTRUMENTALES	ENJEUX MATHÉMATIQUES
Découvrir Apprenti Géomètre	Rencontrer l'interface et les fonctionnalités d'Apprenti Géomètre.	Les noms des figures représentant les familles, la différenciation carré – cube.
Comparer deux figures	Déplacer, tourner, retourner, ajuster. Avant-plan – arrière-plan.	Discerner les grandeurs. Être de même grandeur, plus petit, plus grand. Utiliser les termes qualitatifs relatifs aux grandeurs : plus...que, moins...que, aussi...que. La superposition comme moyen de comparaison.
Assembler des figures	Déplacer, tourner, ajuster, fusionner.	Additionner deux grandeurs de même nature. Multiplier une grandeur par un nombre naturel. La superposition comme moyen de comparaison. Le dessin sur papier pointé.
Découper et assembler des figures	Déplacer, tourner, ajuster, diviser, découper, fusionner.	Additionner deux grandeurs de même nature. Couper une grandeur en parts égales. Fractionner une grandeur. Somme de deux grandeurs fractionnées. Composition de deux fractionnements. La superposition comme moyen de comparaison. Les figures de forme différente mais de même aire. La conservation d'une grandeur.

On voit donc qu'il y a un emboîtement de plusieurs artefacts. Ces emboîtements peuvent donner lieu à de possibles interférences que nous allons étudier maintenant.

IV – 2.4 Articulations et conflits instrumentaux

Nous venons de voir que des interférences entre des artefacts pédagogiques et didactiques liées à l'utilisation d'un artefact technique pouvaient survenir. Plus généralement des interférences peuvent se produire entre différents artefacts, par exemple entre un ancien artefact et un nouvel artefact qui peut se substituer à l'ancien comme instrument. Examinons quelques exemples dans lesquels nous avons observé d'abord une assez bonne articulation entre eux et ensuite des tensions ou conflits.

Dans le premier cas, l'observation de la séance de classe avec utilisation de Déclic sur la notion de cercle nous a montré qu'une relative concordance entre les artefacts techniques (souris, écran, logiciel pour tracer et construire) et des artefacts anciens (papier, crayon, compas, règle) pouvait se produire réellement. Les élèves peuvent passer de l'un à l'autre sans problèmes, notamment lorsque la fiche élève invite le passage de l'un à l'autre.

Cependant des conflits peuvent apparaître entre les différents artefacts. (Marquet, 2005, pp. 386-387) précise : « *À chaque fois que l'on fait intervenir un système technique, on prend le risque que les différents niveaux de genèse instrumentale interfèrent entre eux et privent l'apprenant de l'accès à l'instrument didactique sur lequel repose la mesure de l'acquisition de connaissances. Nous désignons donc par* ***conflit instrumental*** *les conséquences d'une interférence qui pourrait survenir entre un ou plusieurs artefacts en jeu dans la situation* ».

Illustrons ce deuxième cas par un exemple issu de notre expérience durant cette formation à distance.

Dans cette formation à distance rappelons et précisons les différentes catégories d'artefacts en présence :

- Des artefacts techniques liés à l'utilisation de la plate-forme collaborative ;
- des artefacts techniques liés à l'utilisation des TIC dans l'enseignement. Bien que d'autres utilisations des TIC ont été abordées lors du stage, pour la suite nous nous limiterons aux seuls exemples de l'utilisation des logiciels Apprenti Géomètre et Déclic en situation d'enseignement en classe ;
- des artefacts pédagogiques, ici scénario d'utilisation des logiciels Apprenti Géomètre et Déclic en classe de mathématiques ;
- des artefacts didactiques concernant l'enseignement de la géométrie à l'école primaire.

On a observé que les échanges à distance étaient dominés dans l'ordre décroissant par des difficultés liées aux artefacts techniques (de la plateforme collaborative en tout premier, des artefacts liés aux matériels où les logiciels utilisés étaient implantés ensuite et des artefacts liés aux logiciels utilisés). Les échanges liés aux artefacts pédagogiques ou didactiques étaient très minoritaires. On peut conjecturer ici un conflit instrumental entre des artefacts techniques qui dominent ou marginalisent le processus de genèse instrumentale des artefacts pédagogiques ou didactiques. On remarque également une très grande hétérogénéité des stagiaires quant aux compétences « avant-stage » sur le maniement des outils informatiques. Nous faisons l'hypothèse que l'instrumentation des artefacts techniques ralentit l'effet souhaité des artefacts pédagogiques ou didactiques. C'est pourquoi nous tenterons une nouvelle expérience de formation à distance sur « la résolution de problèmes en mathématiques ». Fort de notre expérience, nous comptons d'une part alléger le poids des artefacts techniques (les artefacts techniques liés à l'utilisation de logiciels en classe peuvent être supprimés si on choisit des problèmes à résoudre sans recours à des logiciels) ; d'autre part le thème de la résolution de problèmes est plus favorable à la collaboration et pourrait favoriser le processus de genèse instrumentale des artefacts pédagogiques et didactiques.
Dans les échanges à distance les seuls thèmes pédagogiques et didactiques évoqués de manière anecdotique concernent le passage des constructions en environnement papier-crayon aux constructions en environnement logiciel de géométrie, la fonction historique du logiciel de géométrie et la notion de programme de construction, la possibilité de progressions individualisées à l'aide du logiciel. Ce qui frappe c'est la centration sur les problèmes relatifs aux instruments techniques et la faible collaboration entre stagiaires. La motivation des stagiaire est très hétérogène : de la maîtrise des seuls instruments techniques à l'intérêt pour les instruments pédagogiques et didactiques.
Pour ce qui concerne la mise en œuvre en classe de géométrie, on observe que les élèves pratiquent des dispositifs variés : travail individuel ou collaboration à plusieurs autour d'un poste de travail, articulation artefacts environnement papier-crayon et artefacts en environnement ordinateur. Nous n'avons pas observé de conflit instrumental entre artefacts techniques et artefacts didactiques.

V – CONCLUSION

La demande institutionnelle pour l'introduction des TIC dans l'enseignement des mathématiques est forte. Depuis plusieurs années l'enseignement secondaire a répondu à cette demande : modification des programmes de l'enseignement secondaire avec (utilisation de tableurs, de calculatrices, de logiciels de géométrie ...). Dans les manuels scolaires de lycée édités à la suite des nouveaux programmes de 2000, des situations d'enseignement impliquant les TIC sont proposées. Pour une épreuve orale du concours de recrutement du CAPES de mathématiques les candidats sont équipés d'une

calculatrice où sont implantés des logiciels de calcul formel et de géométrie, et des sujets de leçons, impliquant l'utilisation des TIC, peuvent être proposés.
L'enseignement des mathématiques à l'école primaire est en train de connaître la même transformation mais avec quelques années de retard. L'édition scolaire n'a pas encore intégré cette transformation. Le concours de recrutement des professeurs d'école précise pour la première fois en 2006 : « Les questions complémentaires trouvent obligatoirement leur origine dans les exercices proposés. Elles peuvent porter sur [...] des scénarios possibles pour des séances faisant appel aux T.I.C.E ». (Bulletin officiel n° 21 du 26 mai 2005, 1076).
Pour répondre à cette transformation, la formation des enseignants, la mise en œuvre à l'école primaire de situations impliquant les TIC, la réflexion et la recherche sont indispensables. Dans cette communication nous avons voulu illustrer la complexité de cette réponse, en proposant une approche instrumentale qui montre la variété des articulations entre technique, pédagogique et didactique. Comme le souligne (Marquet 2005, 388) « l'introduction de l'informatique perturbe le fragile équilibre que les méthodes d'enseignement ont su trouver pour que les artefacts didactiques s'accommodent des artefacts pédagogiques et pour que les uns et les autres soient instrumentalisés et instrumentés de sorte que les apprenants en fassent les instruments socialement utiles que leur communauté a voulu leur transmettre ». L'enjeu est donc bien dans la construction d'un nouvel équilibre entre technique, pédagogique et didactique.

BIBLIOGRAPHIE

BARON G.L., BRUILLARD E. (1996) *L'informatique et ses usagers dans l'éducation*, collection l'éducateur, PUF, 267 p.

DOISE W. & MUGNY G. (1997) Psychologie sociale et développement cognitif, *Colin, Paris*.

FAERBER R. (2003) Groupements, processus pédagogiques et quelques contraintes liés à un environnement virtuel d'apprentissage in DESMOULINS C, MARQUET P. & BOUHINEAU D. (Eds) (2003), *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain*, Avril 2003, Strasbourg, France.

MARQUET P. (2004) Informatique et enseignement : progrès où évolution, *Mardaga, Liège*.

MARQUET P. & DINET J. (2003) *Un cartable numérique au lycée : éléments de sa genèse instrumentale chez les enseignants et élèves*, in Actes de la conférence EIAH 2003, 15, 16 et 17 avril, Strasbourg.

RABARDEL P. (1995) Les hommes et les technologies. Approches cognitives des instruments contemporains, *Colin, Paris*.

MARQUET P. (2005) *Intérêt du concept de conflit instrumental pour la compréhension des usages des EIAH* lu sur http://hal.ccsd.cnrs.fr/docs/00/03/19/23/PDF/ac9.pdf .

Sites internet au 1/09/05 :

ACOLAD : http://acolad.u-strasbg.fr/ présente la plate-forme collaborative Acolad.

APPRENTI GÉOMÈTRE : http://www.agers.cfwb.be/geometre/telechargAP.asp pour télécharger le logiciel et ses documents d'accompagnement.

DÉCLIC : http://emmanuel.ostenne.free.fr/declic/index_.htm présente le logiciel.

ARGUMENTATION EN MATHÉMATIQUES ET DANS D'AUTRES DISCIPLINES : PRÉSENTATION DE RÉSULTATS DE RECHERCHES RÉCENTES

Jacques DOUAIRE
PIUFM, IUFM de Versailles
Chercheur associé à l'INRP, équipe ERMEL
jacques.douaire@wanadoo.fr

Résumé
L'argumentation joue un rôle important dans les apprentissages, notamment dans les phases de validation. Plusieurs recherches récentes conduites à l'INRP abordent cette question principalement au cycle 3 en mathématiques. Cette intervention présente certains résultats sur les compétences des élèves et les fonctions de l'argumentation, en mathématiques et dans d'autres disciplines, et précise aussi des questions posées par la gestion de ces phases de débat par les enseignants.

I – PROBLÉMATIQUES

Les interactions orales jouent un rôle croissant dans les apprentissages à l'école primaire. Les derniers programmes mettent en évidence leur fonction dans de nombreuses disciplines. En mathématiques, les questions posées par des élèves permettent à d'autres d'expliciter leurs propres méthodes et de prendre conscience des insuffisances de celles-ci, de reformuler des méthodes plus performantes pour se les approprier. Les interactions langagières vont aussi contribuer à la validation des productions par l'explicitation et la critique des preuves produites. Cette validation s'effectue selon des critères mathématiques, parfois en constitution, lors de mises en commun, comportant des débats argumentatifs. Ces phases sont souvent difficiles à gérer par les enseignants. Sur ces questions, plusieurs recherches récentes conduites à l'INRP, en didactique des mathématiques mais aussi d'autres disciplines, ont permis de préciser les fonctions dévolues à l'argumentation, les compétences argumentatives des élèves du cycle 3 ou du début du collège et les raisonnements auxquels ils peuvent accéder. Des conditions sur les situations didactiques, qui ne seront pas développées dans ce texte, et sur la gestion de ces phases de mise en commun par les enseignants ont été mises en évidence dans ces recherches.

Cette communication propose un regard sur ces différents apports.

II – L'ARGUMENTATION DANS LE DOMAINE NUMÉRIQUE

L'équipe ERMEL s'est intéressée au rôle de l'argumentation dans les apprentissages numériques au cycle 3. Nous sommes partis de l'hypothèse que la prise en charge par les élèves de la critique de propositions produites préalablement peut jouer un rôle important dans les apprentissages et dans l'accès à une rationalité mathématique. Les premières situations expérimentées dans le cadre de la recherche «Argumentation et apprentissages numériques au cycle 3 » (conduite entre 1994 et 1997) avaient pour buts de repérer si, et sous quelles conditions, les élèves pouvaient « argumenter pour apprendre » et « apprendre à argumenter ».

En fait, si nous avons pu préciser quelles étaient les possibilités des élèves de débattre ou de critiquer des propositions, nous nous sommes rapidement rendu compte que plutôt que d'« apprendre à argumenter », la question était de développer des situations qui leur permettent d'apprendre à prouver (ERMEL, 1999).

En effet, au cycle 1 et au début du cycle 2, la validation des solutions personnelles, élaborées lors de la résolution de problèmes, est, en dernier recours, une validation pratique : l'élève vérifie par l'action le résultat de sa procédure numérique : par exemple pour contrôler la validité d'un partage, l'élève pourra recourir, si nécessaire, à une distribution. Cette validation suit la reformulation, souvent sollicitée par le maître, des caractéristiques de la situation. A partir de la fin du cycle 2, la validation est progressivement basée sur la confrontation par l'élève lui-même de sa production aux contraintes de l'énoncé : par exemple pour un problème de partage, l'élève pourra vérifier que tout a été distribué et que chacun en a autant. Puis, à partir du cycle 3, coexistent à ces types antérieurs de validation, des processus de preuve qui s'appuient sur des raisonnements produits à cette occasion et se détachent de la validation pratique : par exemple pour prouver au début du CM1 qu'un nombre donné n'est pas la somme de trois nombres qui se suivent, il est possible de l'encadrer entre deux nombres solutions en justifiant que ces solutions sont successives.

Cette recherche a permis un repérage des compétences des élèves du cours moyen ; ceux-ci sont capables de prendre en compte les arguments des autres élèves, d'entrer dans un dialogue argumentatif élaboré (Golder, 1996). Nous avons aussi constaté que les débats pouvaient s'établir sur des objets et selon des critères mathématiques. sous réserve de l'existence d'un enjeu de preuve relatif à des productions (résultats, propositions) produites précédemment par les élèves. L'argumentation en mathématique va donc contribuer au passage, pour une proposition, d'une valeur épistémique (cf. Duval) privée à une valeur de vérité publique.

Plus précisément, au cycle 3, les expérimentations conduites nous montraient que les élèves intégraient la nécessité de prouver, de ne pas en rester à un simple constat (« ce n'est pas possible parce que je n'ai pas trouvé ») ou à une évidence, et que le niveau de preuve auxquels peuvent recourir les élèves était en général au moins du type "exemple générique", qui consiste selon Balacheff (1988) à décrire un processus de preuve en s'appuyant sur les transformations d'un élément particulier, notamment lorsque l'élève ne dispose pas d'un langage permettant la formulation de solution générale.

Les principales composantes de la rationalité appréhendées au cycle 3 sont :

- une proposition est soit vraie, soit fausse, elle ne peut être les deux à la fois ;
- le rôle du contre exemple semble admis comme réfutation d'une proposition, mais son apprentissage n'est pas, au primaire, un objet d'étude ;
- des exemples vérifiant un énoncé ne suffisent pas à prouver qu'il est vrai.

II – 1 Deux types de critères

Nous avions aussi distingué deux types de débats. Certains ont pour but de prouver la vérité ou la fausseté d'une proposition, d'autres visent à porter un jugement sur les qualités de méthodes. Dans le premier cas, la production soumise à la validation peut prendre les valeurs « vrai » ou « faux », même si sa valeur de vérité peut être provisoirement indéterminée. Dans le second cas, les critères de jugement sont des critères techniques portant sur l'efficacité d'une méthode, sa fiabilité, l'économie qu'elle représente, sa transférabilité à d'autres contextes ou problèmes. Les enjeux ne portent donc pas sur des questions de vrai ou de faux. De plus, dans une situation de jugement portant sur la validité d'une méthode, les connaissances sollicitées et les méthodes valorisées évolueront probablement au cours de la scolarité de l'élève. Non seulement elles ne présentent pas toujours une forme définitive, mais nombre d'entre elles risquent d'être abandonnées au profit de techniques plus performantes abordées dans la suite du cursus scolaire, ou universitaire, ou simplement de développements techniques ultérieurs n'existant pas ou méconnus.

A la suite de cette recherche nous nous sommes intéressés à la place tenue par l'argumentation dans les apprentissages géométriques, mais aussi à la comparaison des fonctions de l'argumentation dans plusieurs disciplines, ainsi qu'à la gestion des phases de mises en commun par des enseignants débutants.

III – L'ARGUMENTATION EN GÉOMÈTRIE

Les preuves développées en géométrie au cycle 3 sont de différents types : validation pratique (superposition de figures pour constater une symétrie par exemple), vérification par le recours à des mesures, recours à des raisonnements.

III – 1 Les limites de la validation pratique

La validation pratique ne suffit pas toujours à une remise en cause des méthodes ou des connaissances. En effet, les élèves en restent parfois à l'évidence de la perception visuelle ou interprètent des erreurs comme n'étant que des imprécisions de mesure ou de tracé. Des procédures simplement graphiques peuvent donc conduire à des productions satisfaisantes d'un point de vue perceptif et des procédures basées sur des propriétés à des productions erronées selon ce même point de vue : par exemple, pour compléter le tracé d'un rectangle, des élèves peuvent réussir sans recours explicite à l'angle droit ou au contraire produire un dessin peu précis malgré l'utilisation d'instruments. Face aux limites des contrôles perceptifs, l'explicitation et la critique des méthodes sont donc souvent nécessaires. Le premier choix que nous proposons est souvent de différer la validation pratique.

III – 2 Les difficultés de formulation et de critique des procédures de résolution

En géométrie, l'explicitation des procédures n'est pas toujours suffisante pour valider, car celles-ci s'appuient sur des techniques mais aussi des composantes plus fugaces (gestes, images mentales…) dont l'élève n'a pas toujours conscience ni gardé la trace.

De plus, cette critique des procédures ne présente pas toujours un enjeu réel pour les élèves, plus centrés sur la réalisation de la production. Aussi les débats ne peuvent se dérouler comme dans le domaine numérique pour trancher systématiquement entre plusieurs méthodes.

III – 3 L'émergence de nouveaux critères

Un intérêt essentiel des débats en géométrie a cycle 3 est de permettre la prise de conscience chez les élèves des différents types de validation ou de preuve qui coexistent parfois. Par exemple, à la question posée en CM1 de combien de points a-t-on besoin pour tracer une droite, deux types de réponses ont pu être recueillies : certains élèves affirment que deux points suffisent, d'autres, qu'il est utile de prendre au moins trois points. Le débat permet alors d'expliciter les critères, mathématiques, dans le premier cas, technique, pour la précision du tracé selon ses contraintes propres, dans le second.

L'acquisition des propriétés géométriques montre qu'il y a un décalage dans le temps entre leur utilisation en acte, leur reconnaissance, et leur disponibilité sous forme de savoir dans des processus de preuve.[1]

IV – L'ARGUMENTATION DANS DIFFERENTES DISCIPLINES

La question des interactions langagières et plus particulièrement celle du rôle de l'argumentation est au cœur des problématiques d'apprentissage et d'enseignement. La recherche INRP « Argumentation et démonstration dans les débats et discussions en classe » (2000-2003) a été conduite, à l'école et au collège, par une équipe provenant de cinq IUFM, d'une université et de l'INRP [2].

Cette recherche pluridisciplinaire proposait d'analyser des situations de débat pour voir quelles modifications l'introduction d'un travail argumentatif entraîne sur le statut des savoirs et des raisonnements caractérisant la discipline. Elle a permis une comparaison des fonctions de l'argumentation dans les différentes disciplines, ainsi qu'une appropriation par les disciplines, autres que le français, d'outils d'analyse des interactions verbales et leur mise à l'épreuve dans les processus de construction de connaissances par les interactions verbales.

En mathématiques, il s'agissait notamment de préciser comment l'élève distingue au début du collège, les différents types de preuves rencontrées au cours de sa scolarité et évoqués dans les paragraphes précédents (recours à la perception, appui sur les mesures, élaboration de raisonnements).

---

[1] Les résultats de cette recherche INRP « Rôle de l'argumentation dans les phases de validation en géométrie au cycle 3 » seront publiés dans « Apprentissages géométriques et résolution de problèmes au cycle 3». Cf. aussi le compte-rendu de l'atelier conduit par Marie-Paule Dussuc, Gérard Gerdil-Margueron et Michel Mante présenté dans ces Actes du colloque COPIRELEM de Strasbourg.

[2] IUFM d'Aquitaine, de Bourgogne, des Pays de la Loire, de Caen, d'Amiens et Université de Haute Alsace. Disciplines : Français, Mathématiques, SVT, Physique, Technologie, Histoire-Géographie. Les résultats de cette recherche sont publiés dans : « Argumentation et disciplines scolaires » (INRP, 2004).

Cette recherche nous a permis de préciser le statut différent donné à l'argumentation selon les disciplines. Dans certaines disciplines, comme en technologie, par exemple, les pratiques discursives favorisent plus l'explication que l'argumentation tant dans les réflexions épistémologiques sur les sciences de l'ingénieur, que sur les pratiques professionnelles, ou dans les textes officiels, et aussi dans les pratiques effectives dans les classes.

IV – 1 Fonctions de l'argumentation dans les différentes disciplines

Dans les disciplines concernées par cette expérimentation des caractéristiques communes de l'argumentation ont pu être explicitées : l'argumentation a pour but de convaincre, de faire comprendre et non de persuader ou de faire simplement agir. Pour nous, en accord avec certaines approches théoriques (notamment celle de Perelman), l'argumentation a une double finalité : convaincre un auditoire, ici constitué par la classe, selon des critères rationnels, et établir la justesse d'une affirmation, selon des critères partagés et compatibles avec les exigences des mathématiques. Elle ne se réduit pas à une « dispute », à une confrontation de points de vue déjà constitués où chacun s'appuie sur des justifications bien rôdées ; elle constitue une co-élaboration, une co-construction de positions qui évoluent au cours du débat.

Elle avance et critique des raisons, qui ne sont pas seulement construites pour un auditeur particulier, mais qui visent un degré de généralisation ; elle oblige à négocier des significations, elle favorise l'inscription dans le domaine de référence ainsi que des déplacements vers des concepts « plus scientifiques », comme nous l'avons vu pour la géométrie.

Les débats argumentatifs peuvent avoir différentes fonctions selon les disciplines :

- expliciter des représentations, des choix, identifier les obstacles liées au savoir en jeu ;
- produire un questionnement, construire un problème ;
- expliquer un phénomène, un événement, trouver des causes, décrire un fonctionnement, ouvrir le champ des possibles ;
- produire un objet, concevoir une expérience ;
- critiquer une solution, une conception selon sa pertinence, sa cohérence, son efficacité ou sa nécessité ; élaborer une preuve, en termes d'impossibilité ou de nécessité ; valider un savoir, une démarche…

Or, selon les disciplines, certaines fonctions sont privilégiées :

- dans des disciplines qui acquièrent un nouveau statut au collège, comme l'histoire ou la géographie, l'argumentation va permettre l'émergence de « postures disciplinaires » : les élèves appréhendent progressivement les raisonnements spécifiques ou licites pour chaque discipline par des débats ;
- dans des disciplines expérimentales, elle va permettre l'articulation entre ce qui est observé et ce qui est déduit, afin de réduire, par exemple, le champ des possibles faisant l'objet d'une expérimentation ultérieure ;

- dans des disciplines plus « anciennes », comme les mathématiques ou la grammaire, elle va permettre d'établir la validité de propositions.

IV – 2 Compétences des élèves : outils d'analyse commun

Les argumentations produites dans des débats en petits groupes ou avec l'ensemble de la classe ont été analysées en fonction d'outils communs portant sur :

- l'articulation entre les prises de parole des élèves qui traduisent la prise en compte des propos antérieurs et un étayage des propositions avancées ;
- les raisonnements produits : les relations entre la proposition et sa justification, l'enchaînement de plusieurs propositions entre elles ;
- les connaissances, sollicitées ou construites.

Cette recherche a mis en évidence la grande capacité des élèves à argumenter, sans confusion de leur part sur les critères de validité des raisonnements propres à chaque discipline. Les limites à cette argumentation, qui ne visait pas la construction de compétences « transversales », réside dans la faiblesse du recours à des connaissances pour certains élèves, en particulier dans les expérimentations conduites dans des ZEP : les raisonnements leur permettant de critiquer des propositions erronées mais non d'en élaborer de nouvelles s'appuyant sur des savoirs qui n'ont pas été n'auraient pas été réactivés au cours de la séance.

L'appel à des raisonnements trop exclusivement « logiques » masque souvent une faiblesse d'appui sur des savoirs disciplinaires ; comme le disait l'un d'entre nous : "lorsque le raisonnement est essentiellement logique, c'est que l'on a raté quelque chose". En particulier, la mise en évidence de contradictions chez un interlocuteur (formulation de deux propositions contradictoires à quelque temps d'intervalle par exemple) ne s'accompagne pas toujours de critiques relevant spécifiquement de la discipline.

V – LA GESTION DES MISES EN COMMUN PAR LES ENSEIGNANTS

V – 1 Le cas des mathématiques

En parallèle à ces recherches, les interrogations sur l'appropriation par les enseignants des ingénieries didactiques produites par les recherches de l'équipe ERMEL nous ont conduits (entre 1999 et 2002) à proposer une analyse de la gestion des mises en commun par des enseignants ayant quelques années d'exercice. La question centrale étant celle des relations entre l'organisation didactique et l'activité mathématique réelle de l'élève.

Ces phases sont souvent complexes à concevoir et à gérer pour les maîtres. En effet, l'enseignant doit analyser les productions issues des recherches préalables, mettre en place les conditions du débat, prendre en compte les compétences ou les difficultés de communication de chacun pour permettre la formulation, la compréhension, la critique des productions, garantir que les critères d'accord émergeant lors de ces échanges soient compatibles avec ceux propres à chaque discipline. Il doit prendre des décisions à l'issue des échanges : relance de la recherche, choix d'une institutionnalisation…

Nous avions constaté que ces jeunes enseignants, qui proposaient donc des activités de recherche à leurs élèves, étaient à l'aise dans la conduite des échanges. Ils analysaient de façon adéquate les productions des élèves préalablement à la mise en commun, et avaient, lors d'un entretien mené après la séance, une vue lucide sur les échanges.

Deux critères nous semblaient intéressants pour l'analyse de ces séquences :

- l'existence d'enchaînements des prises de paroles entre les élèves (et non une alternance maître/élève dans les échanges) ;
- la formulation de critiques par les élèves eux-mêmes aux propositions d'autres.

Si, dans les classes observées, les élèves pouvaient formuler leurs solutions et leurs méthodes, des différences apparaissaient relativement à leur rôle dans la formulation des critiques. Dans certaines classes, celle-ci relevait du maître, dans d'autres, les élèves en étaient responsables.

Mais, dans toutes ces classes, les enseignants affirmaient procéder de la même façon quelles que soient les mises en commun ; celles-ci ne faisaient pas l'objet de décisions préalables, de choix conscients, et pouvaient varier d'une situation à l'autre. Elles étaient gérées selon une « coutume » pédagogique propre à chaque maître. (cf. Douaire, Dussuc, Hubert, Argaud, 2003)

V – 2 Une étude pluridisciplinaire

A la suite de cette recherche, une équipe de l'IUFM de Versailles a comparé les fonctions et la gestion des mises en commun dans trois disciplines : français, mathématiques et SVT, dans le cadre de l'Équipe en projet INRP/IUFM « Pratiques langagières et construction de savoirs ». Il s'agissait pour nous, en nous centrant sur une pratique scolaire à laquelle on puisse associer des pratiques de formation :

- d'expliciter ce qui, dans cette pratique, est commun et ce qui est spécifique aux disciplines étudiées ;
- d'analyser les compétences professionnelles requises, les difficultés et les choix effectués par les enseignants débutants en liaison avec des connaissances mobilisées, mobilisables ou lacunaires ;
- d'identifier les éléments pouvant être pris en charge par la formation, en explicitant des critères.

Dans ce but, nous avons notamment étudié des mises en commun gérées par une même enseignante au CM2. Dans cette classe, une place importance est donnée aux interactions langagières. Par exemple, quand un élève vient au tableau, présenter des résultats, commenter des affiches, il donne la parole aux autres, qui lui posent des questions. Il y a une réelle circulation de la parole. Dans le cas où le dispositif le permet, les élèves expriment des critiques ou des questions et leurs interventions ne sont donc pas limitées à des formulations de leurs méthodes. Ces comportements semblent installés depuis le début de l'année et correspondent à des choix, ce que confirme l'entretien : il y a des exigences de socialisation au moyen de débats où la parole de chacun est respectée.

Les différences repérées tiennent en premier lieu à la clarté des contenus disciplinaires visés dans les situations expérimentées et à l'existence d'enjeux explicites dans les débats. Elles relèvent des qualités propres des dispositifs didactiques, plus qu'à la nature même de la discipline : le déroulement en mathématiques montre que pour qu'un dispositif didactique laisse toute sa place au travail critique des élèves, cela suppose non seulement un enjeu suffisant et donc un réel écart entre leurs productions, mais aussi que le professeur puisse faire l'analyse a priori des procédures attendues. En revanche, si le professeur ne dispose pas d'une grille de lecture des propositions que peuvent faire les élèves, il est plus démuni pour gérer le débat. En fait, la qualité des débats est fonction de la conception des ingénieries didactiques : permettent-elles l'activité réelle des élèves, la production de propositions différentes et l'anticipation des procédures qui sont en jeu. (cf. Douaire, Elalouf, Pommier, 2005).

V – 3 Quelques pistes pour la formation

Le maître doit s'interroger, d'une part sur ce qui relève de sa responsabilité et de celle des élèves dans ces phases, d'autre part sur les fonctions mêmes de ces débats et les conditions pour qu'ils soient cohérents avec des exigences disciplinaires.

Si, dès la formation initiale, une sensibilisation aux enjeux cognitifs de l'oral est une condition favorable à la conduite de véritables débats, celle-ci est fonction des outils que s'approprie l'enseignant pour remettre en cause ses choix didactiques.

Compte tenu de l'ensemble des compétences professionnelles qu'un stagiaire doit appréhender en formation initiale, il est difficile pour lui de mettre en œuvre des mises en commun où il ne se contenterait pas de faire formuler aux élèves leurs réponses et expliciter leurs méthodes, mais demanderait aussi de produire des critiques (surtout dans une classe peu habituée à ces pratiques).

Toutefois, sans chercher à simplifier, quelques points peuvent être abordés dès la PE2 :

- distinction entre des mises en commun, et des corrections ou des échanges où chaque élève présenterait les résultats de sa recherche ;
- distinction entre des mises en commun et des synthèses ou des conclusions ;
- nécessité de fixer un objectif à la mise en commun ;
- nécessité de prendre le temps d'analyser les productions avant la mise en commun.

Nous avons aussi essayé différents dispositifs de formation s'appuyant sur la préparation par les PE2 de mises en commun, à partir de productions d'élèves, suivis de l'analyse de mises en commun sur ces mêmes situations enregistrées dans des classes. Ces dispositifs visaient notamment à mettre en évidence :

- des fonctions de la mise en commun : valider des productions et non seulement de formuler des résultats ;
- des choix du maître dans la gestion des prises de paroles (relances, reformulations…).

Mais nous avons bien conscience que les principaux choix du maître, tant dans la préparation, que la conduite de la mise en commun ne peuvent s'appréhender réellement que par l'analyse de sa propre pratique.

C'est pour cela que les formations destinées aux enseignants lors de leurs premières années d'exercice du métier paraissent aussi appropriées pour ce travail en privilégiant, par exemple, des mises en commun effectuées par ces enseignants durant le stage devant leurs collègues, afin de pouvoir discuter entre pairs notamment des organisations pédagogiques de chaque classe et l'effet des attitudes et des interventions du maître en situation sur l'activité de l'élève.

Indissociable de l'appréhension des finalités citoyennes de l'argumentation, l'analyse des conditions du débat est en elle-même un objet de formation continue : elle appelle une réflexion sur le savoir, les propositions, les contradictions suscitant un enjeu, le recours à des connaissances ou des raisonnements « cohérents » avec le champ disciplinaire concerné. Des compétences langagières relatives à l'expression, l'argumentation, les recours à un langage scientifique, se construisent dans ces débats.

VI – EN CONCLUSION

Un axe commun à l'ensemble de ces recherches concerne donc la production de preuves par les élèves et leur critique selon des critères en évolution leur permettant d'appréhender progressivement la rationalité mathématique. Mais la prise en compte des potentialités des élèves suppose une réelle dévolution du travail de preuve. La conduite effective des phases de validation comportant des mises en commun, qui sont souvent difficiles à gérer par les maîtres, pose des questions de recherche et de formation.

Les expérimentations citées ont montré que l'appropriation par des enseignants de ces situations didactiques sollicite des compétences tant disciplinaires que professionnelles qui ne sont pas toujours explicites. Les difficultés rencontrées dans l'exploitation de ces dispositifs peuvent, comme nous l'avons vu, provenir de différentes causes (conception des mathématiques, de l'apprentissage, de l'enseignement…). L'étude d'une part de ces obstacles et d'autre part des outils que le maître peut s'approprier pour analyser ou remettre en cause ses choix didactiques est nécessaire.

Des questions relatives à la formation supposeraient d'être approfondies, notamment dans le contexte de l'articulation de la formation initiale en PE2 et de celles liées à l'accompagnement dans les premières années d'exercice du métier : les compétences disciplinaires et professionnelles liées à l'analyse et la mise en œuvre de ces situations ne concernent pas que les mathématiques et supposent que le maître s'interroge d'une part sur ce qui relève de sa responsabilité et de celle des élèves dans ces phases, d'autre part sur les fonctions même de ces débats et les conditions pour qu'ils soient cohérents avec des exigences disciplinaires.

BIBLIOGRAPHIE

BALACHEFF N. (1988) Une étude du processus de preuve en mathématiques chez les élèves du collège, *Université Joseph Fourier,Grenoble*.

DOUAIRE J., HUBERT C. (2001) *Mises en commun et argumentation en mathématiques*, Grand N, **68**, 29-40.

DOUAIRE J., DUSSUC M.P., HUBERT C, ARGAUD H.C. (2003) *Gestion des mises en commun par des maîtres débutants*, in Faire des maths en classe ? Didactique et analyse de pratiques enseignantes, 53-69 (dir. COLOMB J., DOUAIRE J., NOIRFALISE R.), *ADIREM / INRP*.

DOUAIRE J (dir) (2004) Argumentation et disciplines scolaires, *INRP*.

DOUAIRE J, ELALOUF M.L., POMMIER P. (2005) *La gestion des mises en commun en mathématiques, en sciences et en observation réfléchie de la langue au cycle 3 : savoirs professionnels et spécificités disciplinaires*, Grand N, **75**, 45-57.

DUVAL R. (1992-1993*) Argumenter, démontrer, expliquer : continuité ou rupture cognitive*, Petit x, **31**.

ERMEL (Équipe de didactique de mathématiques) (1999) Vrai ? Faux ?… On en débat ! De l'argumentation vers la preuve en mathématiques au cycle 3, *INRP*.

ERMEL (Équipe de didactique de mathématiques) (à paraître en 2006) Apprentissages géométriques et résolution de problèmes au cycle 3, *Hatier*.

GOLDER C. (1996) Le développement des discours argumentatifs, *Delachaux et Niestlé.*

PERELMAN C. et OLBRECHTS-TYTECA L. (1958) Traité de l'argumentation, *Ed. Université de Bruxelles*.

GRIZE J.B. (1990) Logique et langage, *Orphys*.

PRENDRE EN COMPTE LA DIMENSION PERSONNELLE DES PROFESSEURS EN FORMATION : ENJEU OU IMPASSE ?

Nathalie SAYAC
MCF, IUFM de Créteil (93)
Didirem
nsayac@5miranda.com

Résumé
La question des liens entre pratique et individus a toujours été centrale dans mes recherches. Après avoir exposé mon travail de thèse autour de cette question dans le second degré, je serai amenée à réfléchir à sa transposition dans le premier degré et à m'interroger sur des questions centrales pour ma problématique : a-t-on des pratiques d'enseignement différentes à l'école selon qu'on soit homme ou femme ? Quelles sont les conséquences, en formation et dans les pratiques, des études suivies par les PE ? Les PE2 issus d'un cursus scientifique sont-ils *a priori* plus aptes à enseigner les mathématiques à l'école ? Quelle est l'incidence de l'âge sur les pratiques des PE et instituteurs ?…*etc*.

Mots clés : Pratiques - 1er degré - cursus - variables - dimension personnelle.

Dans notre pratique de formateur, nous avons tous été amenés, un jour ou l'autre, à émettre des opinions empiriques liées à la personnalité des professeurs que nous rencontrons en formation : « les STAPS sont comme si…. », « Les PE2 plus âgés sont comme ça…. ».

Les questions que l'on pourrait se poser dans le cadre d'une recherche sur les pratiques enseignantes sont les suivantes : ces liens sont-ils partagés par d'autres collègues ? Correspondent-ils à des vérités reconnues ou bien n'ont-ils aucun fondement réel ? L'enjeu est de taille, car s'il s'avérait que des liens pouvaient être établis entre des caractéristiques personnelles et des pratiques d'enseignement, il serait opportun d'en tenir compte en formation.

Cette communication se présente en deux temps : un temps de présentation d'un travail de thèse autour de cette problématique dans le second degré, puis un deuxième temps relatif à la transposition de ce travail dans le premier degré.

I – PRÉSENTATION D'UN TRAVAIL SUR LES PRATIQUES DES PROFESSEURS DE MATHÉMATIQUES ENSEIGNANT EN LYCÉE

I – 1 Problématique

Dans le cadre de ma thèse en didactique des mathématiques, soutenue en décembre 2003, j'ai été amenée à m'intéresser aux pratiques des professeurs de mathématiques enseignant en lycée. Mon travail s'est articulé autour de trois questions principales :

- **diversité des pratiques** : qu'est-ce qui varie ou ne varie pas dans les pratiques des professeurs de mathématiques enseignant en lycée ?
- **recherche de variables individuelles** ayant potentiellement une influence sur les pratiques des professeurs, choix de 3 variables spécifiques : est-ce que le sexe, l'âge et le cursus (concours) des professeurs ont une influence sur leurs pratiques ? Dans quelle mesure et à quel(s) niveau(x) ?
- **détermination d'une typologie** de professeurs en fonction de caractéristiques personnelles et d'invariants dans les pratiques : est-ce qu'il existe des types de professeurs correspondant à des pratiques communes et de caractéristiques personnelles partagées ?

I – 2 Cadre de recherche

Le cadre théorique de ce travail est celui de la « double approche », élaboré par Aline Robert et Janine Rogalski, qui permet non seulement d'analyser les pratiques à partir de caractéristiques liées à ce qui est proposé aux élèves, mais aussi à partir de caractéristiques liées au fait qu'enseigner est un métier, une activité sociale rémunérée, personnalisée, comportant de nombreuses contraintes et habitudes.

Pour mieux appréhender les pratiques enseignantes, on tient compte de plusieurs composantes imbriquées les unes aux autres :

- **une composante cognitive** (qui prend en compte les itinéraires cognitifs que les enseignants adoptent pour leurs élèves à travers les contenus et les scénarios proposés) ;
- **une composante médiative** (qui prend en compte les accompagnements pendant le déroulement des séances et les interactions entre élèves et professeurs) ;
- **une composante personnelle** (relatives aux conceptions des enseignants, à leur histoire personnelle, à leur expérience professionnelle, à leur psychisme, même si nous n'explorerons pas ce paramètre) ;
- **une composante sociale** (relative à un « habitus », à un métier, à l'environnement social fréquenté par les professeurs) ;
- **une composante institutionnelle** (relative aux programmes et aux instructions officielles).

Pour analyser les pratiques des professeurs, il faut reconstituer l'imbrication et les hiérarchies de ces composantes. Ma préoccupation était « d'entrer » par la composante personnelle pour essayer de comprendre l'organisation des composantes entre elles.

I – 3 Méthodologie

Pour répondre aux questions posées, une étude qualitative ne m'a pas semblé adaptée, dans la mesure où je souhaitais appréhender la diversité des pratiques dans son ensemble, et que compte tenu de la complexité établie des pratiques, il me fallait en appréhender un certain nombre pour pouvoir dégager des points communs, des différences, tester des hypothèses relatives à mes variables spécifiques et ainsi, espérer dégager une typologie. Une étude quantitative m'a donc semblé plus adaptée à ce que je souhaitais étudier. Par ailleurs, les résultats émanant d'une étude quantitative devaient impérativement, à mon avis, être confrontés à des résultats liés à une étude qualitative des pratiques de professeurs de mathématiques pour évaluer la pertinence de cette étude quantitative, la confronter au « réel » mais aussi pour compléter les informations recueillies par voie indirecte.

I – 3.1 Investigation

J'ai donc conçu un questionnaire, assez dense, en deux parties pour me permettre d'obtenir des informations multiples concernant les professeurs. Une première partie était conçue pour récolter des données objectives sur les professeurs (une trentaine de questions relatives à des informations personnelles, au parcours des professeurs, à leur formation) et une deuxième partie était davantage axée sur les pratiques de ces professeurs (choix d'énoncés, type d'aides préconisées, réactions face à un incident fictif).

255 questionnaires ont ainsi été recueillis dont environ 200 dans l'académie de Versailles, ce qui correspond environ à 18% des professeurs de lycée de cette académie.

Pour compléter cette étude quantitative, j'ai été amenée à visiter[1] cinq professeurs qui avaient répondu au questionnaire. Ces professeurs ont été choisis en fonction de caractéristiques spécifiques, correspondant à des modalités différentes de mes trois variables spécifiques[2]. Des entretiens ont également été menés auprès des cinq professeurs choisis, mais leur exploitation a été assez restreinte.

I – 3.2 Exploitation

Une exploitation des questionnaires a été faite à partir d'un logiciel de traitement statistique[3] (tris à plat, tableaux croisés, caractérisation des variables saillantes par modalités, analyses factorielles). Pour les séances observées, j'ai utilisé une grille d'analyse présentant la situation de la séance, une analyse *a priori* des tâches, le déroulement de la séance, des critères d'analyse des pratiques : ancien/ nouveau, activité des élèves, mode d'explication collectif/ individuel, gestion du tableau, commentaires méta.

I – 4 Résultats

Pour ne pas alourdir cette communication, je présenterai ici les résultats principaux concernant la composante personnelle des pratiques à partir des trois variables spécifiquement étudiées.

---

[1] Les visites ont eu lieu au cours du troisième trimestre de l'année scolaire 2002-2003, dans 2 classes de 1^e^ S, 2 classes de T^e^ S et 1 classe de T^e^ ES. Elles n'ont eu pour point commun que le type de séances (exercices) et le moment (plutôt en fin de chapitre).

[2] Il y avait 3 femmes et 2 hommes, agrégés par concours externe ou interne ou bien certifiés par concours externe, appartenant aux 3 tranches d'âges considérées (moins de 36 ans, entre 36 et 46 ans, plus de 46 ans).

[3] SPAD.

I – 4.1 variable sexe

- Les femmes seraient plus soucieuses que les hommes d'avoir des pratiques en conformité avec l'institution ;
- les hommes seraient davantage enclins à transmettre des savoirs disciplinaires alors que les femmes seraient plus attachées à transmettre des savoir-faire disciplinaires ;
- les femmes seraient plus « sociables » professionnellement parlant ; les hommes travailleraient davantage de façon personnelle ;
- les hommes auraient tendance à prendre en compte le paramètre « élèves » en amont des séances alors que les femmes le feraient plutôt durant le déroulement.

I – 4.2 variable âge

- Les professeurs les plus âgés sont plus libres dans l'exercice de leur métier (expérience plus grande). Les conseillers pédagogiques sont plus nombreux à appartenir à la tranche d'âge la plus élevée. En fin de carrière, les professeurs ont parfois tendance à travailler de façon plus personnelle ;
- les professeurs les plus jeunes sont prioritairement préoccupés par l'acquisition de gestes professionnels de base (prudence pragmatique) ;
- la prise en compte du paramètre « élèves » fluctue suivant les âges. Au début de leur carrière, les professeurs semblent ne pas le prendre en compte prioritairement puis, il devient très prégnant dans leurs pratiques, pour finalement perdre un peu d'importance.

I – 4.3 variable concours

- Les professeurs agrégés par concours externe se positionnent davantage en tant qu'arbitres du savoir dans leurs pratiques d'enseignement et ont une pratique plus autonome dans l'exercice de leur métier ;
- les conseillers pédagogiques se trouvent plus nombreux parmi les professeurs agrégés par concours interne (38% contre 18% de l'ensemble) ;
- les professeurs ayant passé un concours interne sont, soit plus investis dans l'exercice de leur métier, soit plus isolés dans leurs pratiques.

I – 4.4 typologie

À partir de cette enquête, nous avons également pu dégager une typologie constituée de quatre types différents de professeurs correspondant à des caractéristiques personnelles partagées et des pratiques homogènes.

Type 1 : professeurs qui résistent aux contraintes institutionnelles et aux adaptations sociales, estimant certainement que leur niveau de connaissances en mathématiques leur permet de les enseigner légitimement.

Type 2 : professeurs dont les pratiques peuvent être qualifiées de « banales » avec une distinction suivant qu'ils enseignent dans des établissements « difficiles » ou non.

Type 3 : professeurs, plutôt jeunes, contraints par leur manque d'expérience à ne pas trop se disperser et à se focaliser sur des pratiques d'enseignement qui leur permettent d'assurer « convenablement » leurs fonctions.

Type 4 : professeurs, plutôt expérimentés, dont les pratiques recèlent des adaptations sociales de toutes sortes (collègues, élèves). Est associée à ce type l'idée de plus grande « ouverture pédagogique ».

En conclusion, nous pouvons retenir que globalement, les pratiques des professeurs de mathématiques enseignant en lycée, même si elles sont variées, ne sont pas disparates. Confrontés à des contraintes institutionnelles et sociales équivalentes, les professeurs adoptent des comportements assez proches. Néanmoins, lorsque l'on s'attache à considérer les professeurs en fonction de certains déterminants personnels (et notamment le sexe, l'âge et le cursus), il s'avère que l'on peut appréhender des différences de pratiques plus marquées.

II – TRANSPOSITION AU NIVEAU DES PROFESSEURS DES ÉCOLES

II – 1 Points communs et divergences

Quand on travaille comme je le fais depuis quelques années maintenant à la formation des maîtres en mathématiques, la question de la transposition de ce travail apparaît comme une suite logique, une évidence à laquelle le chercheur que je suis ne saurait se soustraire. Néanmoins, même si mon objet d'étude concerne une nouvelle fois les pratiques de professeurs enseignant des mathématiques, il convient de bien différencier les caractéristiques de cette nouvelle enquête.

II – 1.1 points communs

Le cadre théorique de la double approche reste indubitablement un cadre adapté pour une étude concernant les pratiques des professeurs des écoles enseignant les mathématiques puisque ces professeurs, même s'ils appartiennent institutionnellement à un autre corps, exercent formellement le métier d'enseignant. Par ailleurs, les apprentissages en jeu, même s'ils se situent à un autre niveau d'enseignement, sont bien des mathématiques.

Deux des variables spécifiques de l'étude précédente gardent leur pertinence :

- la distinction homme/femme est un élément qui pourrait s'avérer discriminant pour étudier les pratiques des professeurs des écoles enseignant les mathématiques, même si la proportion d'hommes enseignant dans le premier degré est moindre que dans le second degré ;
- l'âge est également un facteur à prendre en compte indubitablement quand on s'intéresse aux pratiques des enseignants car il est généralement lié à l'expérience professionnelle (même si dans le premier degré, il se trouve un nombre croissant de personnes intégrant l'enseignement après avoir déjà eu une première expérience professionnelle). Les résultats de l'enquête précédente ont bien mis en évidence l'influence de ce paramètre dans les pratiques des

professeurs, établissant une distinction entre les professeurs débutant et les professeurs plus expérimentés.

II – 1.2 Divergences

- La troisième variable étudiée précédemment ne correspond plus au cadre de cette nouvelle enquête. En effet, les professeurs des écoles intègrent leurs fonctions à partir d'un unique concours de recrutement, même si des voies annexes sont également envisageables (interne, second ou troisième concours). Les conditions requises pour passer le CERPE sont les mêmes que celles requises pour passer le CAPES, puisque il suffit de posséder une licence mais, la différence majeure entre ces deux catégories de professeurs est que les professeurs des écoles sont issus de parcours très différents[4], alors que les professeurs de mathématiques ont tous un cursus intégrant des études en mathématiques.

On pourrait néanmoins opposer les deux corps de professeurs coexistant actuellement dans le premier degré, les instituteurs et les professeurs des écoles. Cette distinction ne se réduit pas à une différence de statut, elle induit surtout des différences liées à la formation, à l'âge et au niveau d'études des enseignants.

- Un autre point de divergence concerne l'enseignement dispensé par les professeurs des écoles qui intègrent obligatoirement une dimension pluridisciplinaire alors que les professeurs de mathématiques du second degré n'enseignent que les mathématiques. Cette distinction n'est pas négligeable, à mon avis, dans la mesure où le fait d'enseigner plusieurs disciplines peut avoir une influence sur les pratiques des professeurs des écoles enseignant les mathématiques ;
- le temps institutionnel d'apprentissage est également différent suivant que l'on enseigne dans le premier ou le second degré, et cela n'est certainement pas sans incidence sur les pratiques des professeurs. À l'école, une séance de mathématiques peut être prolongée et dépasser le temps prévu si le maître en ressent l'opportunité alors que dans le second degré, les séances ne peuvent dépasser le temps imparti par l'organisation des enseignements généraux ;
- les formations initiale et continue des professeurs sont également différentes dans les deux corps d'enseignement, on peut donc naturellement penser que cela peut avoir une influence sur les pratiques des enseignants, même s'il semble difficile d'appréhender le lieu où cette distinction pourra être perceptible ;
- le cadre d'exercice du métier est également un paramètre qui peut avoir une influence sur les pratiques des professeurs. Une école a rarement la dimension d'un lycée, même s'il se trouve des « grosses » écoles et des lycées de taille réduite. Des lieux d'enseignement plus restreints peuvent inciter les professeurs à travailler ensemble alors que des établissements importants par leur taille incitent peut-être moins à collaborer ;

[4] Sciences humaines ; sciences économiques, gestion ; Langues vivantes ; Droit ou sciences politiques ; Lettres ou sciences du langage ; EPS ; Arts ; Maths ou chimie ou statistiques, *etc*.

- l’encadrement institutionnel des professeurs des deux catégories ne semble pas être de même nature. Dans le premier degré, les inspecteurs sont attachés à une circonscription et peuvent donc exercer une pression plus forte sur les professeurs qui dépendent de cette circonscription. Dans le second degré, les inspecteurs sont, de même que les professeurs, liés à la discipline qu’ils représentent. Ils ont à charge un plus large terrain d’exercice, ce qui ne leur permet pas d’être aussi présents que dans le premier degré ;
- le dernier point que je souhaitais relever concerne les élèves associés aux deux types de professeurs. Au lycée, les professeurs sont confrontés à des élèves d’au moins 14 ans alors qu’à l’école primaire, les professeurs ont à charge des élèves âgés de 3 à 11 ans. Cette différence d’âges peut influencer les pratiques des professeurs à travers la représentation que ces derniers ont de leurs élèves et de la fonction qui leur incombe compte tenu de l’âge de leurs élèves.

II – 2 Hypothèses

Les trois variables étudiées pour appréhender les pratiques des professeurs de mathématiques enseignant en lycée paraissent toujours intéressantes pour étudier les pratiques des professeurs dans le premier degré, avec néanmoins une adaptation en ce qui concerne la variable « cursus ». En effet, il semble plus pertinent de différencier le cursus des professeurs à travers les études qu’ils ont suivies qu’à travers le concours qu’ils ont passé.

Les résultats obtenus précédemment concernant les variables « sexe » et « âge » gardent, à mon avis, une certaine validité même si des nuances pourraient apparaître compte tenu des divergences relevées ci-dessus.

- Concernant la variable « sexe », on pourrait peut-être approfondir les résultats concernant la prise en compte de paramètre « élèves » dans les pratiques des professeurs. L’organisation des enseignements à l’école primaire (journée continue) et l’âge réduit des élèves pourraient permettre de mieux appréhender cette dimension. De même que le résultat concernant le souci plus grand des femmes à avoir des pratiques en conformité avec l’institution pourrait être modifié par la confrontation à un encadrement institutionnel différent, plus étroit ;
- concernant la variable « âge », les résultats obtenus dans l’étude précédente me semblent directement transposables dans le premier degré. Le poids de l’expérience reste essentiel pour étudier les pratiques des professeurs, quel que soit leur niveau d’enseignement. La seule différence que l’on pourrait introduire concerne la formation initiale des deux types de professeurs. L’année de formation à l’IUFM, pendant laquelle les professeurs stagiaires ont soit, trois séries de stages en responsabilité durant trois périodes distinctes en ce qui concerne les professeurs des écoles soit, une classe à l’année en ce qui concerne les professeurs du second degré introduit-elle des différences au niveau de l’entrée dans le métier ?
- concernant la variable « cursus », les résultats sont totalement à revoir puisque le paramètre pris en compte n’est plus le même. La question essentielle qu’il convient d’étudier est celle de l’impact des études suivies sur les pratiques des professeurs des écoles. Est-on plus apte à enseigner les mathématiques à l’école

primaire suivant que l'on a suivi un cursus scientifique ou pas ? Y a t-il des cursus qui préparent mieux les professeurs à enseigner cette discipline ? Si oui, lesquels et pourquoi ? Quelle influence un niveau de connaissances en mathématiques a-t-il sur les pratiques des professeurs ? L'exploration de cette variable permettra, je l'espère, de répondre à des questions essentielles pour l'enseignement des mathématiques à l'école primaire et pour la formation des maîtres.

Le dernier point qu'il convient de soulever concerne la typologie dégagée de l'étude sur les pratiques des professeurs de mathématiques enseignant en lycée. Est-elle toujours adaptée aux professeurs des écoles ? Sinon, quels ajustements peut-on envisager compte tenu de l'introduction des modalités « études suivies » pour caractériser les professeurs ?

Il faudrait également confronter ces résultats aux i-genres et e-genres élaborés par D. Butlen et son équipe concernant les professeurs des écoles enseignant en ZEP.

II – 3 Dispositif envisagé

Cette communication avait pour objectif d'exposer l'ébauche de mon travail à des collègues formateurs et chercheurs afin qu'ils réagissent et m'interrogent sur son fondement et me permettent d'avancer dans ma réflexion en cours. Il est difficile d'être à la fois, à l'extérieur d'un objet d'étude en tant que chercheur et à l'intérieur en tant que formateur, c'est pourquoi j'ai souhaité partager ce moment dans le cadre d'un colloque COPIRELEM, toujours propice aux échanges et à la réflexion.

J'ai donc conçu deux types de questionnaires : l'un à destination des formateurs[5] pour confronter des points de vue empiriques sur la formation, l'autre à destination des instituteurs et professeurs des écoles[6] pour envisager une étude similaire à celle menée auprès des professeurs de mathématiques enseignant en lycée. Ces deux questionnaires sont joints en annexe.

Tout commentaire ou point de vue relatif à mon questionnement sera le bienvenu.

[5] Annexe 1.

[6] Annexe 2.

BIBLIOGRAPHIE

BROUSSEAU G. (1988) Théorie des situations, *Editions la pensée Sauvage*, *Grenoble*.

BUTLEN D. PELTIER M.L. PEZARD M. (2002) *Nommés en REP, comment font-ils ? Pratiques de professeurs d'école enseignant les mathématiques en REP : cohérence et contradictions*, Revue Française de Pédagogie, **140**, 41-52, Paris.

HUBERMAN M. (1989) La vie des enseignants : évolution et bilan d'une profession, *Delachaux & Niestle*.

ROBERT A. (1999) : *Recherches didactiques sur la formation professionnelle des enseignants de mathématiques du second degré et leurs pratiques en classe*, Didaskalia, **15**, 123-157.

ROBERT A., ROGALSKI J. (2002) *Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche*, Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies, **2**-**4**, 505-528.

RODITI É. (2001) L'enseignement de la multiplication des décimaux en sixième. Étude de pratiques ordinaires ?, *Thèse de doctorat d'Université, Paris 7*.

ROGALSKI J. (2003) « *Y a-t-il un pilote dans la classe ? Approche de psychologie ergonomique de l'activité de l'enseignant.* » In ARDM, Actes du Séminaire National de Didactique des mathématiques, La Pensée Sauvage, Grenoble.

SAYAC N. (2003) *Les pratiques des professeurs de mathématiques de lycée : une approche croisée des influences du sexe, de l'âge et du cursus. Étude globale à partir de 255 questionnaires et locale à partir de 5 professeurs*, Thèse de doctorat d'Université, Paris 7.

ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE FORMATEURS 1ER DEGRÉ

1) Pensez-vous qu'il soit important ou irréaliste de prendre en compte la dimension personnelle des professeurs en formation ?

2) La majorité des PE qui nous est confiée sont des femmes. Il arrive cependant que quelques hommes viennent enrichir nos groupes en formation initiale ou continue : avez-vous remarqué des différences ? Si oui, de quelle nature ?

3) Vous avez certainement constaté, que certains PE s'engagent dans le métier d'enseignant en ayant déjà eu une expérience professionnelle ou assez tardivement. Pensez-vous que cela ait un impact sur la manière dont ils appréhendent la formation ?

4) Les PE que l'on a en formation sont issus de cursus totalement différents. Avez-vous remarqué une incidence de ce cursus sur leur positionnement professionnel, sur leur rapport à l'enseignement des mathématiques ou sur la façon dont ils perçoivent la formation ?

5) Quelle est votre opinion sur les affirmations suivantes :

❶ Les PE2 issus d'un cursus « sciences de l'éducation » sont plus aptes à appréhender la formation :

☐ Plutôt d'accord

☐ Plutôt pas d'accord

☐ Sans avis

<u>Commentaires</u>

❷ Les PE2 issus d'un cursus « STAPS» sont plus aptes à appréhender l'enseignement des mathématiques :

☐ Plutôt d'accord

☐ Plutôt pas d'accord

☐ Sans avis

<u>Commentaires</u>

❸ Les PE2 issus d'un cursus scientifique sont plus aptes à enseigner les mathématiques:

☐ Plutôt d'accord

☐ Plutôt pas d'accord

☐ Sans avis

<u>Commentaires</u>

❹ Les PE2 ayant eu des difficultés en mathématiques lors de leur scolarité rencontrent également des difficultés lors de leur formation en mathématiques :

☐ Plutôt d’accord

☐ Plutôt pas d’accord

☐ Sans avis

Commentaires

❺ Avez-vous repéré, en tant que formateur, des liens entre une certaine catégorie de PE2 et leur rapport à l’enseignement des mathématiques à l’école primaire ?

ANNEXE 2 : QUESTIONNAIRE ENSEIGNANT 1^ER^ DEGRÉ

PREMIÈRE PARTIE : **Qui êtes-vous ?**

1) Madame ☐ Monsieur ☐

2) L'année de votre naissance : ……….

3) Êtes-vous :

☐ Professeur des écoles

☐ Instituteur

☐ Professeur des écoles anciennement instituteur

Quelle est l'année de votre 1er poste à ce titre ? ……………….

4) Depuis combien de temps enseignez-vous à l'école élémentaire ? ………… années

Avez-vous déjà enseigné en Maternelle ? ☐ Oui ☐ Non

si oui, combien d'années ? ………..

5) Dans quel type d'école enseignez-vous actuellement ?

☐ ZEP

☐ École d'application

☐ École « banale »

☐ École de « centre ville »

Avez-vous déjà enseigné dans une école en ZEP ? ☐ oui ☐ Non

si oui, combien d'années ? …………

6) Êtes-vous ou avez-vous déjà été :

☐ MAT

☐ DEA

☐ Maître formateur (envisagez-vous de le devenir ? oui / non)

☐ Maître formateur en service partagé

☐ Directeur d'école

7) Êtes-vous :

☐ Titulaire de votre poste (depuis combien d'années ? ………..)

☐ ZIL

☐

8) Avez-vous exercé un autre métier avant de devenir enseignant ?

Si oui, lequel ? ……………………………..

9) Lisez-vous des revues professionnelles type JDI, Education enfantine….

☐ Rarement

☐ Occasionnellement

☐ Régulièrement

10) Votre rapport aux mathématiques :

☐ Plutôt mauvais

☐ Plutôt bon

☐ Normal

11) Avez-vous un intérêt particulier pour :

☐ Les sciences

☐ La littérature

☐ Les arts

☐ La musique

☐ Le sport

☐ Autre, à préciser ………………………………………………..

Votre formation ?

12) De quel type de formation initiale avez-vous bénéficié ?

☐ École normale ☐ IUFM ☐ aucune ☐ autre

(PE1 : oui / non) Laquelle ? …………

13) Quel est votre cursus ?

a- Quel baccalauréat avez-vous passé ?..........................

b- Dans quel domaine avez-vous fait des études ?..

☐ Sciences humaines ☐ sciences économiques, gestion

☐ Langues vivantes ☐ Droit et sciences politiques

☐ Lettres et sciences du langage ☐ EPS

☐ Maths, chimie, statistiques, *etc.* ☐ Arts

☐ Autre, à préciser : ………………………………………………………………...

c- Quel niveau de diplôme avez-vous ?

☐ DEUG ☐ Licence ☐ Maîtrise/ DEA ρ doctorat

14) Quelle est votre implication en formation continue :

☐ Un stage occasionnellement

☐ Un stage tous les ans

☐ Un stage régulièrement

☐ Un stage très rarement

15) Quelles sont vos attentes en formation :

☐ Renouvellement de pratique

☐ Distance par rapport à sa classe

☐ Compléments disciplinaires

☐ Rencontres professionnelles

☐ Autres, à préciser : …………………………………………………………………

Votre pratique ?

16) Travaillez-vous en équipe au sein de votre école ?

☐ rarement ☐ régulièrement v occasionnellement

Quand vous le faîtes, c’est à quelle occasion ?

☐ Élaboration de progressions communes

☐ Élaboration du projet d’école

☐ Élaboration de situations d’enseignement

☐ Échanges de services

☐ Évaluations

☐ Autre, à préciser : ....

17) Faites-vous travailler vos élèves en groupes :

☐ jamais ☐ rarement ☐ occasionnellement ☐ régulièrement

18) Comment concevez-vous la progression annuelle de votre classe ?

☐ Selon une progression établie par vous-même

☐ En collaboration avec d’autres enseignants

☐ En suivant le plan du manuel

☐ Autrement, à préciser :..

19) Suivez-vous les instructions officielles :

☐ scrupuleusement ☐ globalement ☐ pas toujours

20) Terminez-vous le programme de mathématiques que vous vous êtes fixé pour l'année :

☐ toujours ☐ généralement ☐ pas toujours ☐ rarement

21) Pour concevoir l'organisation de vos séances de mathématiques :

☐ Vous utilisez essentiellement le manuel de votre classe

☐ Vous utilisez plusieurs manuels ou livres de votre choix

☐ Vous suivez une organisation personnelle

☐ Autrement, à préciser : ....

22) Rencontrez-vous des difficultés pour élaborer vos séances de mathématiques ?

☐ oui ☐ non ☐ parfois

Si oui, à quel niveau se situent ces difficultés :

☐ Adaptation au niveau des élèves

☐ Choix des situations

☐ Gestion de l'hétérogénéité

☐ Contenu mathématique

23) Vos séances de mathématiques se déroulent-elles généralement comme vous l'avez prévu ?

☐ jamais ☐ rarement ☐ à peu près ☐ exactement

Sinon, d'après vous, de quels problèmes relèvent ces écarts :

☐ Gestion du temps

☐ Évaluation du travail donné aux élèves (trop facile ou trop difficile....)

☐ Gestion de la classe (hétérogénéité, mode de travail.....)

☐ Comportement des élèves

☐ Autres, à préciser : ....

24) Pensez-vous que votre pratique ait évolué depuis que vous enseignez ?

☐ oui ☐ non ☐ je ne sais pas

Si oui, à quoi imputez-vous ces changements :

- ☐ Expérience plus grande
- ☐ Rencontres professionnelles
- ☐ Évènement particulier (stage, changement d’école, de statut...)
- ☐ Raisons personnelles
- ☐ Autres, à préciser : ....

DE L'ANALYSE DE PRATIQUES EFFECTIVES DE PROFESSEURS D'ÉCOLE DÉBUTANTS NOMMÉS EN ZEP/REP À DES STRATÉGIES DE FORMATION

Pascale MASSELOT
Maître de conférences, IUFM de Versailles
DIDIREM Paris 7
PMasselot@aol.com

Monique PEZARD
Maître de conférences, IUFM de Créteil
DIDIREM Paris 7
Monique.Charles@creteil.iufm.fr

Résumé
Nous développons des stratégies de formation permettant de mieux préparer les futurs professeurs d'école à enseigner en milieu difficile. Elles concernent la formation initiale et un dispositif d'accompagnement des nouveaux titulaires lors de leur première affectation en ZEP / REP. Elles s'appuient sur des résultats de recherche portant sur les pratiques de professeurs d'école enseignant les mathématiques dans ces milieux socialement défavorisés, résultats que nous rappelons au début de la communication.

En tant que formateurs IUFM en mathématiques dans des académies comportant beaucoup d'écoles classées ZEP/REP, nous sommes amenées à tenir compte, dans nos dispositifs de formation, des nombreuses affectations de professeurs d'école débutants dans ces classes difficiles. Après avoir précisé le cadre théorique dans lequel nous inscrivons nos analyses de pratiques, nous rappelons brièvement des résultats de recherches précédentes sur les pratiques enseignantes. Nous présentons ensuite des stratégies de formation susceptibles de mieux préparer les professeurs d'école à enseigner en ZEP/REP.

I – UN CADRE THÉORIQUE POUR L'ANALYSE DE PRATIQUES

Nous retenons l'idée que les pratiques enseignantes sont stables, complexes et cohérentes. De nombreuses recherches reprennent et développent ces caractéristiques qui semblent être des conditions internes à l'exercice du métier (Robert, 2001 ; Blanchard – Laville, Nadot, 2000 ; Goigoux 2002).

Notre recherche s'inscrit dans une double approche ergonomique et didactique. Pour analyser les activités proposées aux élèves, les itinéraires cognitifs potentiels ou effectivement mis en place par les professeurs, nous utilisons les concepts de la didactique des mathématiques. Pour restituer la complexité des pratiques enseignantes, nous avons repris la méthodologie élaborée par Robert (2001), notamment une analyse selon cinq composantes de l'activité du professeur (cognitive, médiative, personnelle, sociale et institutionnelle). Ainsi, la composante cognitive concerne l'organisation des savoirs, à court, moyen ou long terme prévue par l'enseignant, les scénarios associés, les itinéraires cognitifs, *etc*. La composante médiative concerne le discours du professeur et ses actes, les interactions dans la classe, les médiations (dévolution des tâches, discours d'accompagnement, modalités d'aides, *etc*.).

II – CE QUE NOUS SAVONS DES PRATIQUES DES PROFESSEURS D'ÉCOLE DÉBUTANTS EN ZEP/REP

Indépendamment des classes dans lesquelles le professeur est nommé, l'analyse des pratiques de professeurs d'école débutants a mis en évidence la cohérence de ces pratiques ainsi que des manques dans la formation généralement dispensée en IUFM (Masselot 2000). Il est apparu qu'une formation qui cherche d'abord à agir sur la composante cognitive des pratiques doit être enrichie par des dispositifs aidant le futur enseignant à gérer la mise en actes de son projet. La maîtrise de la gestion d'une séance s'appuie sur des connaissances relevant de la discipline enseignée et de la didactique de cette discipline mais doit également prendre en compte d'autres aspects qui relèvent de la composante médiative des pratiques.

Par ailleurs, nous avons analysé les pratiques de dix professeurs d'école enseignant les mathématiques dans des écoles de ZEP/REP scolarisant des élèves issus de milieux socialement très défavorisés[1]. Trois de ces professeurs sont des débutants affectés en première nomination en ZEP ; les sept autres enseignent depuis plus de cinq années en zone difficile. Les observations de leurs pratiques effectives ont mis en évidence que ces professeurs étaient confrontés à plusieurs contradictions (Butlen, Peltier, Pézard, 2002). Les systèmes de réponses qu'ils apportent dans l'exercice quotidien de leur métier sont cohérents et correspondent à des catégories de pratiques différentes. Cette cohérence ne semble pas dépendre du degré d'ancienneté. Des contraintes institutionnelles, sociales et personnelles marquent les pratiques et déterminent des normes que tout professeur doit respecter s'il ne veut pas être marginalisé. Un éventail limité de possibles est ainsi ouvert. Pour le décrire et pour expliquer les choix effectués par le professeur, nous avons emprunté à Clot (1998, 1999) la notion de genre en l'adaptant à notre objet d'étude. Nous avons notamment pris en compte la double nature de l'activité du professeur d'école enseignant les mathématiques à l'école primaire : transmettre des contenus disciplinaires (instruire) et former le futur citoyen (éduquer). Cela nous a permis d'élaborer une première catégorisation des pratiques observées. La prise en compte de déterminants de l'activité d'instruction du professeur d'école enseignant les mathématiques a permis de définir trois i (instruction)-genres caractérisés à partir de déterminants relevant de chacune des composantes évoquées ci-dessus. Pour décrire et comprendre comment un i-genre se révèle dans l'activité du professeur, nous identifions les gestes professionnels mobilisés (Butlen, 2004[2]) au cours de la mise en actes du projet d'enseignement. Nous rendons ainsi compte, au-delà des singularisations, des régularités observées dans les pratiques enseignantes.

Un des trois i-genre~~s~~ est très majoritaire ; il regroupe en effet sept des dix professeurs observés (deux débutants et cinq confirmés). Il se caractérise par des scénarios

---

[1] Il s'agit d'une recherche soutenue par le Centre Alain Savary de l'INRP regroupant des chercheurs de l'IUFM de Créteil (Butlen D., Masselot P., Pézard M.) et de Rouen (Barbier-Peltier M.L., Ngono B. et Dubut N.).

[2] Butlen D (2004) Deux points de vue pour analyser les pratiques observées (Première partie, chapitre 2) et Des exemples de difficultés liées à l'appropriation de gestes professionnels attachés à un enseignement de mathématiques en formation initiale de professeurs d'école (Partie 2, chapitre 6) In Peltier M-L (Ed) *Dur, dur, dur d'enseigner en ZEP*, Grenoble, La Pensée Sauvage.

d’enseignement faisant une part importante à la présentation collective des activités, par des phases de recherche individuelle très courtes, voire inexistantes, par une individualisation très forte des parcours cognitifs et des aides apportées par le professeur. Cette individualisation systématique des activités proposées comme du traitement des comportements se traduit par des activités algorithmisées, parcellisées, par un découpage des tâches en tâches élémentaires et s’accompagne au quotidien d’un abaissement des exigences de la part du maître. Les phases de synthèse, de bilan et d’institutionnalisation sont quasi inexistantes. Un deuxième i-genre regroupant deux enseignants (confirmés) est proche du précédent mais s’en distingue notamment sur les présentations collectives des activités : elles sont quasi absentes. Un troisième i-genre, très minoritaire (un professeur débutant) se distingue des deux autres par des scénarios basés sur des problèmes engageant les élèves dans une réelle recherche et comportant quasi systématiquement des phases de synthèse, de bilan et des institutionnalisations locales ou plus générales. Les apprentissages comme les comportements sont traités collectivement.

La comparaison des pratiques des professeurs débutants et plus anciens observés montre que les équilibres établis par les différents enseignants le sont très rapidement et ne semblent pas étroitement liés à leur degré d'ancienneté. Tout se passe comme si les contraintes auxquelles sont assujettis tous les professeurs de ZEP/REP uniformisaient leurs pratiques dans les premières années d’exercice du métier, en réduisant les marges de manœuvre et donc les possibilités de réponses individuelles. Les professeurs débutants recherchent rapidement des pratiques rassurantes, supposées efficaces car mises en œuvre par des collègues plus anciens. D’autre part, l’analyse de leurs pratiques ainsi que les entretiens que nous avons menés avec eux confirment l’existence de manques dans la formation initiale reçue à l’IUFM.

III – DES RECHERCHES SOULEVANT DES QUESTIONS DE FORMATION

Nous avons élaboré des stratégies de formation qui s’appuient sur les résultats de nos recherches sur les pratiques enseignantes en ZEP/REP. Celles-ci concernent la formation initiale mais aussi l’accompagnement des nouveaux titulaires pendant leurs deux premières années d’enseignement. Il s’agit de contribuer à l’amélioration des apprentissages des élèves issus de milieux défavorisés mais aussi à l’amélioration des conditions d’exercice du métier au quotidien des maîtres concernés. A partir des constats effectués lors de nos recherches, nous avons défini plusieurs axes de formation : prendre en compte les contraintes spécifiques des ZEP/REP, inscrire les interventions des formateurs dans la cohérence (en cours de construction) des pratiques des professeurs, créer les conditions d’une appropriation de gestes professionnels efficaces.

IV – DES PISTES POUR MIEUX PRÉPARER LES PROFESSEURS D’ÉCOLE À ENSEIGNER LES MATHÉMATIQUES EN ZEP/REP

Les pratiques de la très grande majorité des enseignants observés se caractérisent notamment par une baisse des exigences et un choix de scénarios risquant de priver les élèves d’apprentissages collectifs. L’existence de pratiques différentes (très minoritaires) laisse penser que d’autres alternatives sont possibles.

IV – 1 Entrer en résonance avec la logique du futur enseignant

Nous avons mis en évidence que les pratiques d’un enseignant débutant s’inscrivent très tôt dans un système cohérent propre à chaque enseignant. Cela nous amène à nous poser la question de l’étanchéité de certains de ces systèmes par rapport au contenu de la formation. Il semble en effet qu’un enseignant qui s’inscrit dans une logique différente de celle du formateur ne puisse intégrer les éléments de la formation qui lui sont proposés, même localement, en raison justement de la nécessaire cohérence du système qu’il se construit. La complexité des pratiques est ainsi à la fois une cause de résistance et de cohérence.

Il nous paraît donc nécessaire de réfléchir à la manière dont le contenu et les stratégies de formation peuvent entrer en résonance avec les conceptions personnelles des futurs enseignants afin de faciliter l’évolution de ces conceptions et la construction d’un ensemble plus flexible de pratiques, susceptible d’évolution comme d’adaptation. En formation initiale comme dans l’accompagnement des nouveaux titulaires, le formateur doit donc essayer d’identifier des éléments de la logique qui sous-tend la pratique de l’enseignant pour pouvoir entrer en résonance avec cette logique. Pour cela, on ne peut se restreindre au seul recueil de témoignages, une observation de pratiques effectives nous semble incontournable.

D’autre part, il nous paraît important d’inclure dans la formation une description précise des écoles de ZEP/REP et de leurs élèves afin d’enrichir les représentations que les enseignants débutants peuvent avoir de ce public. Souvent cette information existe dans les IUFM mais elle est ressentie comme trop générale dans sa description sociologique et trop technique dans sa présentation du fonctionnement du réseau REP. Le plus souvent, les enseignants débutants ont déjà une certaine représentation des élèves fréquentant les écoles de ZEP/REP et de leurs difficultés. Cette représentation est construite à partir des images plutôt caricaturales transmises par les médias. S’ils ne proposent pas de situations de recherche « consistantes », c’est en partie parce qu’ils pensent que leurs élèves ne disposent pas des connaissances nécessaires pour réussir, voire pour s’engager dans l’activité. Ces doutes sont souvent confirmés par les déclarations de leurs collègues plus anciens. Ils semblent identifier élèves de ZEP et élèves en difficulté. La formation gagnerait donc en efficacité en donnant une information plus précise comportant davantage d’éléments de diagnostic sur les difficultés d’apprentissage des élèves. Cela aiderait à distinguer ce qui relève du comportement de ce qui relève du cognitif dans les difficultés des élèves.

Ce pourrait être l’occasion de décrire les contraintes auxquelles les professeurs d’école de ZEP/REP sont assujettis et leurs effets sur les pratiques au quotidien, notamment les contradictions qu’elles engendrent. Une explicitation s’appuyant sur des exemples pouvant servir de références pourrait être développée avec profit, en particulier dans le cas de la contradiction opposant une logique de la socialisation et une logique des apprentissages disciplinaires. Nos travaux précédents montrent que cette dernière est particulièrement sensible en ZEP/REP. (Butlen, Peltier, Pézard, 2002).

IV – 2 Présenter des alternatives cognitives adaptées au public de ZEP/REP

Un des objectifs de la formation est d’aider les futurs enseignants dans le choix des situations d’apprentissage à proposer aux élèves. Il nous paraît important de leur apprendre comment adapter les situations présentées en formation aux élèves de ZEP/REP. Il s’agit de ne pas se limiter a priori dans le choix des situations mais de montrer qu’il est possible, tout en gardant leur richesse, de les modifier pour ce public.

Cette adaptation doit être guidée par la prise en compte de différents critères explicitement définis.

Nous donnons quelques exemples de critères guidant l'adaptation de situations construites pour un public standard (complexité, durée, découpage et planification des tâches) ou la mise en place de situations élaborées pour prévenir ou remédier à certaines difficultés spécifiques (contexte, lien entre connaissances anciennes et connaissances nouvelles).

La durée et le degré de complexité des situations : lors d'entretiens, les trois professeurs débutants reprochent à la formation de proposer des situations faites pour des classes standard. En effet, ces situations sont souvent issues ou inspirées par des ingénieries didactiques construites à l'occasion de recherches testées dans des classes « ordinaires »[3]. Il s'agit de travailler avec ces professeurs les outils nécessaires pour repenser ces situations en vue d'un enseignement prenant en compte les spécificités de leur public, afin qu'ils puissent proposer des situations suffisamment complexes pour que la notion abordée puisse prendre du sens mais suffisamment simples pour que les élèves puissent mobiliser les connaissances nécessaires pour s'engager dans l'activité. De plus, nous avons observé une usure rapide des situations devant des élèves en difficulté. Les professeurs doivent en tenir compte sans pour autant oublier que tout apprentissage demande du temps.

Le découpage de la tâche : dans les pratiques dominantes du genre majoritaire observé, nous avons souvent relevé un découpage quasi systématique de la tâche de l'élève en tâches élémentaires le plus simplifié possible. Si les activités algorithmisées se justifient dans les phases d'entraînement, les situations d'apprentissage, notamment de notions nouvelles, doivent laisser à l'élève une part d'initiative, en particulier un temps de recherche réel.

Le contexte des situations : elles peuvent être choisies dans des contextes variés non nécessairement proches du vécu des élèves contrairement à une pratique assez répandue, notamment en ZEP. Cette pratique se fonde sur l'idée que le choix d'un contexte proche du vécu des élèves va faciliter la dévolution du problème et montrer l'utilité des mathématiques dans la vie courante. Or nous avons pu constater à plusieurs reprises des effets pervers de cette pratique (Ngono, 2003) : les élèves se situent dans un domaine de rationalité autre que les mathématiques et l'enseignant se trouve alors confronté à une difficulté supplémentaire. Souvent il ne peut résister aux malentendus ainsi créés et à défaut d'anticipation, il ne réussit pas à revenir au problème mathématique initial.

L'ancrage du nouveau dans l'ancien : les élèves de ZEP présentent souvent un manque de confiance en leurs capacités et un manque d'assurance dans leurs compétences déjà acquises. Des phases de rappels plus nombreuses et plus régulières (Perrin-Glorian, 1993, Butlen, Pézard, 2003) permettent alors de rassurer les élèves, de leur donner des repères et de les aider à prendre du recul par rapport à leurs connaissances. Il s'agit de mettre en relation les différentes activités et d'ancrer les connaissances nouvelles dans les connaissances anciennes.

[3] Il s'agit de classes ne présentant pas de complexité particulière : effectif raisonnable, un seul niveau, non classement en ZEP …

IV – 3 Prendre davantage en compte les questions relatives au médiatif

Il nous semble que, pour prendre sens, les différents apports explicités ci-dessus doivent être mis en perspective avec les pratiques effectives. Sans une mise en œuvre, même limitée, de projets d'enseignement, ils risquent de rester trop éloignés des réalités quotidiennes de l'exercice du métier. Sans ancrage dans des pratiques, ils ne peuvent être complètement appréhendés par des professeurs en formation qui n'ont pas encore rencontré les contraintes du milieu en question. C'est pour cela que nous pensons indispensable de les intégrer dans une formation initiale spécifique comportant un dispositif adapté à l'analyse des pratiques, c'est-à-dire qui fasse le lien entre les apprentissages disciplinaires dispensés à l'IUFM et les apprentissages « pratiques » effectués lors des différents stages (responsabilité ou tutelle). Ces deux volets de la formation restent encore trop étanches. Nous présentons maintenant les modalités et les contenus de ce dispositif appelé « ateliers d'analyse de pratiques professionnelles ». Nos situations, sous une forme adaptée, nous semblent aussi pouvoir être intégrées au dispositif d'accompagnement à la prise de fonction des nouveaux titulaires.

Elles s'appuient sur des résultats de recherches portant sur l'analyse des pratiques enseignantes effectuées en didactique des mathématiques et plus largement en sciences de l'éducation (Goigoux, 2002 ; Blanchard-Laville, Nadot, 2000 ; Perrenoud, 1994). Elles prennent aussi en compte les travaux effectués sur le micro-enseignement (Altet, Britten, 1983 ; Crahay, 1979) et sur l'utilisation de l'outil vidéo dans la formation des enseignants (Mottet, 1997). Elles visent à favoriser l'acquisition et la construction de gestes professionnels. Elles peuvent par la suite constituer une référence pour l'analyse de pratiques. L'outil vidéo permet une analyse réflexive des pratiques à partir d'échanges entre pairs mais aussi avec différents formateurs. Nos situations sont indépendantes des différents types de stages (en pratique accompagnée ou en responsabilité) prévus dans la formation de tous les professeurs d'école et sont menées dans le respect de la personnalité de chaque stagiaire.

IV – 3.1 Une observation de gestes professionnels experts

Le dispositif de formation peut être initialisé par une observation et une analyse fine de gestes professionnels experts. Par exemple, cela peut se faire à partir de protocoles de séances menées par le professeur du i-genre minoritaire et de productions d'élèves correspondantes. La présentation de cette pratique ne doit pas être interprétée comme une « norme » mais doit permettre d'élargir le champ des possibles, d'envisager des alternatives entre ce qui est dit en formation et ce que le professeur débutant en ZEP/REP pense pouvoir faire dans sa classe.

IV – 3.2 Une résolution de problèmes professionnels restreints

Le professeur stagiaire est confronté à l'exécution de certaines tâches limitées de gestion, la gestion globale de la classe étant provisoirement laissée de côté. Il ne s'agit pas d'assurer l'enseignement de toutes les disciplines pendant plusieurs semaines mais au contraire de réaliser des activités élémentaires à l'occasion de la mise en œuvre de projets d'enseignement limités dans le temps.

IV – 3.3 Une mise en œuvre de gestes professionnels contextualisés, marqués par des contenus mathématiques et permettant de réaliser un projet d’enseignement proche de ceux exposés en formation

Les gestes professionnels étudiés sont marqués par les contenus mathématiques enseignés. Il s’agit d’amener les professeurs stagiaires à mettre en œuvre des séquences de mathématiques visant l’apprentissage d’une notion nouvelle à partir de la résolution d’un problème « consistant ». Le déroulement d’une telle séance doit comporter des phases de recherche autonome (individuelle ou collective) et des phases de bilan et de synthèse des productions des élèves. Ces dernières conduisent à des institutionnalisations locales ou plus générales. Elles se prolongent par des activités de réinvestissement plus ou moins décontextualisées. Le but est de confronter les professeurs novices aux difficultés de mise en œuvre et de leur permettre de s’approprier les gestes professionnels qui permettent de les dépasser. Pour les formés, il s’agit de réaliser une séquence d’enseignement dans un milieu « protégé » toutefois proche de la réalité scolaire. Le stagiaire n’a pas à assumer les conséquences de ses éventuelles maladresses et n’est pas évalué.

IV – 3.4 Une analyse réflexive, partagée avec des pairs, fondée sur un dispositif audiovisuel

Nous reprenons l’idée d’un retour réflexif sur les pratiques effectives du stagiaire s’appuyant sur un document audiovisuel et une observation précise de l’acte d’enseignement. Chaque séance fait l’objet d’une analyse en deux temps s’appuyant sur des échanges entre pairs mais aussi sur les interventions d’un ou plusieurs formateurs de statuts différents (spécialiste d’une discipline ou maître-formateur) : une analyse « à chaud » et une analyse différée dans le temps à partir du document filmé, débouchant sur la préparation de la séance suivante ou sur les adaptations à apporter au scénario initialement élaboré par les stagiaires.

IV – 3.5 Des passages obligés

Il semble que le cycle précédent doit être reproduit au moins deux fois. En effet, des stagiaires peuvent se révéler capables d’analyser sur un document audiovisuel des erreurs ou maladresses professionnelles et pourtant les reproduire dans l’action. Ce type d’analyse permet cependant au stagiaire de se constituer des premières « références » pour son action future et pour un retour sur sa propre pratique. L’analyse de la pratique d’un pair ne suffit pas toujours, la réitération d’erreurs peut être parfois indispensable à une réelle prise en compte, dans l’action, des changements de pratiques à effectuer.

C’est dans les moments d’élaboration du projet et d’analyse réflexive des séances réalisées que le formateur peut avoir accès à des éléments de la logique du futur professeur d’école. Il s’agit pour lui de repérer les priorités de l’enseignant débutant, ce qui motive ses choix et ce qui sous-tend son projet. Il peut prendre des indices sur la manière dont l’enseignant novice identifie et explicite les décisions prises spontanément au cours de la séance. Il peut aussi évaluer la capacité du futur professeur d’école à prendre du recul par rapport à sa pratique, par exemple dans sa manière d’analyser les écarts entre son projet et sa mise en actes. Le formateur est ainsi amené à trouver des moyens adaptés pour entrer en résonance avec des éléments de la logique de l’enseignant débutant qui ont pu être identifiés.

IV – 4 Prendre en compte les aspects institutionnels

L’enseignement en ZEP/REP implique des contraintes spécifiques. Le travail en équipe y est incontournable pour au moins deux raisons. D’une part, l’enseignant est nécessairement amené à collaborer avec ses collègues de l’école et de la circonscription, à échanger avec d’autres partenaires (psychologues, enseignants du RASED[4], parents, …). De nombreuses rencontres sont régulièrement organisées par l’institution. Cela impose une certaine transparence dans le travail : « il faut dire ce que l’on fait, entrer dans des projets »… D’autre part, le travail en équipe avec les collègues des autres classes de l’école s’avère indispensable pour « résister » au quotidien. Il nous parait important que l’enseignant ne se sente pas seul pour affronter les problèmes de gestion de classe ainsi que ceux posés par les comportements des élèves.

Il semble également important de mettre en garde les futurs enseignants de ZEP/REP à propos de certaines dérives possibles découlant d’une interprétation caricaturale de certaines orientations ministérielles. En effet, les professeurs de ces écoles sont souvent amenés à mettre en place des projets « innovants » ayant pour objectifs de socialiser et de motiver davantage les élèves. Ces projets ont souvent peu de liens avec l'« ordinaire » de la classe et ne sont pas évalués en termes d’apprentissages pour les élèves. Cette course à l’innovation risque donc de se révéler finalement dommageable pour la réussite scolaire. Il en est ainsi de la différenciation pédagogique. Nécessaire, cette différenciation est souvent institutionnalisée dans les classes de ZEP/REP de manière un peu caricaturale. Par exemple, la présence dans l’école d’un ou de plusieurs maîtres exclusivement affectés au soutien des élèves, en général très appréciée des enseignants de ZEP/REP, ne doit toutefois pas déboucher sur une trop grande individualisation des apprentissages dont nous avons par ailleurs souligné les risques.

IV – 5 Travailler sur la durée : accompagner les premières années d’exercice

La formation des enseignants doit s’inscrire dans la durée : la formation initiale ne peut pas aborder toutes les spécificités qui risquent de poser problème aux débutants. Les pratiques de ces professeurs se caractérisent par la recherche d’un équilibre fragile fait de contradictions et de cohérence. La première année d’exercice est délicate, particulièrement en ZEP/REP où les débutants sont confrontés à de multiples problèmes. Nous avons constaté que tout élément extérieur, toute intervention mal pensée peut accroître les difficultés de ces professeurs. De même des innovations, même limitées, mais trop éloignées des pratiques usuelles peuvent avoir des effets négatifs. Un accompagnement à la prise de fonction aurait pour but d’aider les enseignants à dépasser leurs contradictions et à se construire un système personnel cohérent de réponses aux contraintes qui pèsent sur eux sans augmenter l’inconfort déjà existant. Les interventions peuvent reprendre des éléments du dispositif de formation initiale précédemment décrit visant à enrichir les pratiques. Elles doivent tenir compte des demandes immédiates des débutants et contribuer à élargir le champ des possibles sans déstabiliser. Les apports fournis devraient alors trouver chez les nouveaux titulaires un écho positif, sans doute plus difficile à obtenir chez des stagiaires en formation initiale.

[4] RASED : Réseau d’Aide à la Scolarisation des Élèves en Difficulté.

V – NOTRE RECHERCHE ACTUELLE

Les résultats accumulés sur les pratiques enseignantes nous conduisent à construire, expérimenter et évaluer (d'un point de vue qualitatif dans un premier temps) les effets d'un dispositif d'accompagnement des nouveaux titulaires en ZEP/REP sur les pratiques effectives des professeurs d'école et sur les apprentissages des élèves concernés. Notre objectif est double : mieux préparer les professeurs d'école débutants à enseigner en REP/ZEP mais aussi mieux comprendre la formation des pratiques enseignantes.

Ce dispositif a donc pour objet d'accompagner les professeurs des écoles affectés en première nomination en ZEP lors de leurs deux premières années d'exercice. Il comporte quatre types de situations de formation.

V – 1 Situation d'Information et de Questionnement (S.I.Q.)

Ce premier type de situation comporte trois volets.

Un premier volet concerne l'adaptation de situations et de programmations en vue d'un enseignement en ZEP, en prenant en compte un double point de vue cognitif et médiatif. Il nous semble que ces deux aspects doivent sans cesse être liés car l'action sur la composante cognitive seule ne suffit pas : il faut aider le futur enseignant à gérer la mise en actes de son projet et donc prendre en compte la composante médiative. La question de l'adaptation des scénarios à un public de ZEP doit être particulièrement travaillée (notamment par un jeu sur les variables didactiques) ainsi que celle de l'aide aux élèves. Les scénarios étudiés doivent être facilement réinvestissables par les enseignants débutants. Cette étude peut se faire à partir de certains contenus mathématiques qui nous semblent emblématiques pour l'apprentissage des élèves. Pour notre part, nous avons choisi le calcul mental, la géométrie et la résolution de problèmes classiques.

Le calcul mental est en général une activité motivante pour les élèves. Les exercices proposés dans les manuels ne sont pas toujours très variés, aussi avons-nous proposé aux stagiaires un document ressource présentant différentes activités de calcul mental à différents niveaux. De plus, le calcul mental demande une gestion particulière de la classe : organisation rituelle, nécessité de moments collectifs d'explicitation des procédures, moment de négociation du contrat didactique… Notre choix est aussi guidé par les nouveaux programmes de l'école élémentaire où le calcul mental est présenté comme une activité fondamentale en liaison avec le calcul réfléchi. Enfin, en ZEP, les élèves rencontrent souvent des difficultés de lecture. La résolution de problèmes formulés oralement peut alors être l'occasion d'éliminer ces difficultés et de travailler directement des notions mathématiques.

La géométrie est un domaine mathématique souvent mal maîtrisé par les professeurs des écoles qui ont en majorité une formation antérieure peu scientifique. Au cours de leur formation initiale, ils n'ont pu observer de séance de géométrie en classe que très rarement car les maîtres formateurs laissent souvent ce domaine aux maîtres qui les remplacent pendant leur service à l'IUFM. De plus beaucoup de fichiers présentent des activités géométriques assez pauvres. Notons qu'il est sans doute plus difficile dans ce domaine de cerner la difficulté des tâches proposées, de hiérarchiser les activités, d'anticiper sur les connaissances des élèves, sur leurs procédures. La géométrie peut être l'occasion de « revaloriser » certains élèves de ZEP, de mettre en évidence de réelles capacités. Comme pour le calcul mental, nous avons fourni aux enseignants débutants un document ressource présentant différents types d'activités géométriques empruntées à différents manuels de l'élève : mise en évidence des variables didactiques ou autres dans des activités de reconnaissance, description, reproduction et construction de figures planes, variété des supports et évocations de diverses modalités de gestion.

La résolution de problèmes classiques est intéressante à travailler avec les nouveaux titulaires car les élèves de ZEP ont beaucoup de difficultés dans ce domaine. Nous appelons problèmes classiques des problèmes ne présentant pas de difficulté particulière, mettant en jeu une (ou éventuellement plusieurs) opérations et pour lesquels une automatisation est visée. Un des objectifs principaux d'un professeur de ZEP doit être que ses élèves sachent résoudre ces problèmes standards faisant intervenir les opérations arithmétiques connues au niveau où il enseigne. Comme pour les autres thèmes, un document ressource est fourni. Nous insistons sur la nécessité de construire le sens, sans en faire un préalable à une automatisation : sens et techniques sont pour nous dialectiquement liés (Butlen, 2005). Avant d'utiliser et de maîtriser la procédure experte, l'élève peut passer par des procédures personnelles de plus en plus élaborées.

A partir des documents fournis par les chercheurs, mais aussi à partir d'autres ressources disponibles en mathématiques (livres de l'élève et du maître, documents pédagogiques sur papier ou informatiques (sites internet), matériels divers pour la numération, la géométrie, les jeux…), chaque enseignant débutant peut ainsi se constituer des éléments de programmation contextualisés par rapport à ses propres élèves.

Le second volet est centré sur les gestes professionnels. A partir de protocoles, de vidéos témoignant de pratiques effectives « externes » (mises en œuvre par d'autres professeurs de ZEP que les professeurs accompagnés), il s'agit de s'interroger sur des gestes et routines professionnels, en liaison avec différents genres de pratiques. On pourra en particulier expliciter certains gestes mis en évidence lors de notre recherche précédente et supposés « efficaces » pour l'enseignement en milieu difficile. Une information sur les pratiques existantes en ZEP et sur certaines dérives possibles (individualisation trop importante, absence de phases collectives, notamment d'institutionnalisation, réduction des exigences…) nous semble indispensable. Cette information doit s'appuyer sur un questionnement en direction des formés.

Le troisième volet comporte une information sur les contraintes spécifiques aux ZEP, sur les contradictions vécues quotidiennement par les professeurs de ces classes. L'accent peut être mis sur la contradiction entre logique de socialisation et logique d'apprentissage dont le dépassement est un enjeu décisif pour l'enseignement en ZEP.

V – 2 Situation de Compagnonnage (S.C.)

Elle consiste à observer les classes des enseignants accompagnés et à répondre individuellement aux questions posées. Pendant cette phase de compagnonnage, le chercheur est une personne « ressource ». Les échanges peuvent se faire directement, par téléphone, par courrier papier ou électronique. Les réponses apportées sont alors complètement contextualisées par rapport à la classe de l'enseignant débutant. Par ailleurs, nous essayons de répondre sans être trop précis, de manière à laisser une marge de manœuvre au professeur. Par exemple, pour l'apprentissage de certaines notions, nous donnons des lignes directrices et fournissons plusieurs exemples de situations qui nous paraissent suffisamment « riches ».

V – 3 Situation d'Échanges visant une Mutualisation des pratiques (S.E.M.)

Sur la base de témoignages des enseignants débutants, il s'agit de mettre en place une pratique réflexive à partir d'échanges entre pairs et avec les chercheurs. Ces échanges sur les pratiques effectives, sur leur efficacité et leurs limites, permettent de mettre en commun les expériences de chacun et de les analyser collectivement. Cette situation peut aussi comporter des entretiens (à partir d'un questionnaire préalablement défini) entre les professeurs accompagnés d'une part et les chercheurs d'autre part.

V – 4 Situation d'Information, d'Échange et de Questionnement plus Contextualisée (S.I.E.Q.C.)

Il s'agit de reprendre le premier type de situation (S.I.Q.), en particulier le travail sur l'adaptation de situations (privilégiées par la formation, caractéristiques du i-genre minoritaire) à un public de ZEP, mais de manière encore plus contextualisée. Ce quatrième type de situation est l'occasion d'initialiser chez les professeurs accompagnés une pratique réflexive, notamment à partir de l'analyse de pratiques effectives d'un enseignant confirmé de l'école (proche du i-genre minoritaire).

De façon générale, le dispositif d'accompagnement doit prendre en compte l'institution. Les situations du premier type (S.I.Q.) sont proposées lors du stage de prise de fonction des nouveaux professeurs des écoles qui se déroule soit sur trois semaines en début d'année soit sur trois fois une semaine au cours du premier et du second trimestre. Les situations de compagnonnage, d'échanges et de mutualisation des pratiques (S.C. et S.E.M.) supposent des observations de classes et des regroupements réguliers entre enseignants accompagnés et chercheurs. Les situations de type S.I.E.Q.C. peuvent être proposées au cours d'un stage d'école concernant tous les enseignants d'une école, en particulier des débutants en seconde année d'exercice (NT2). Ce dernier type de situation n'est réalisable que si la demande de stage, liée à un projet pour l'école, est impulsée et fortement soutenue par la direction de cette école et par l'inspecteur de la circonscription. Elle suppose qu'il y ait déjà dans l'école une habitude de travail en équipe.

Les situations de type S.C. et S.E.M. peuvent être reprises après une situation de type S.I.E.Q.C. Il s'agit alors d'amener les enseignants accompagnés vers une analyse réflexive individuelle et / ou collective de plus en plus poussée de leurs pratiques effectives.

V – 5 Mieux comprendre la formation des pratiques enseignantes

Qu'est-ce qui amène un professeur d'école débutant à s'inscrire dans un i-genre plutôt qu'un autre ? Comment s'installent les pratiques ? Y a t il des moments cruciaux au cours de la formation ou des premières années d'exercice ? A cette étape de notre recherche, nous pouvons donner quelques constats.

Pour certains professeurs d'école débutants en ZEP, le i-genre est affirmé très tôt, indépendamment du dispositif d'accompagnement. C'est le cas d'un professeur qui s'inscrit d'emblée dans le i-genre minoritaire. Pour les autres, on peut, dès la première année, pressentir une ébauche d'inscription dans un i-genre, mais cela demande une analyse plus détaillée. De façon générale, il y a nécessité de prendre en compte plusieurs facteurs : le contexte social et institutionnel de l'école (la direction de l'école peut jouer un rôle important dans l'impulsion de tel ou tel type de pratique), les manuels (il semble que les manuels utilisés en mathématiques lors des deux premières années aient un rôle déterminant dans la construction des pratiques des débutants), le niveau scolaire de la première classe dans laquelle on enseigne (on ne construit pas forcément la même pratique si on commence par un CP ou par un CM2).

BIBLIOGRAPHIE

ALTET M., BERBAUM J. (1982) Micro-enseignement, *Pressse Universitaires Françaises, Paris*.

ALTET M., BRITTEN J.D. (1983) Le micro-enseignement. Une méthode rationnelle de formation des enseignants, *Paris. Dunod*.

BLANCHARD- LAVILLE C., NADOT S. (2000) Malaise dans la formation des enseignants, *L'Harmattan, Paris.*

BROUSSEAU G. (1986) *Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques*, Recherches en didactique des mathématiques, **7/2**, La pensée Sauvage, Grenoble.

BUTLEN D., PELTIER-BARBIER M-L., PEZARD M. (2002) *Nommés en REP, comment font-ils ? Pratiques de professeurs d'école enseignant les mathématiques en REP. Contradictions et cohérence*, Revue Française de Pédagogie, **140**, Paris, 41-52.

BUTLEN D., PELTIER-BARBIER M.L., PEZARD M. et al. (2002) *Pratiques de professeurs d'école enseignant les mathématiques en REP : Cohérences et contradictions*, Cahier DIDIREM n° 44, IREM de Paris 7, Paris.

BUTLEN D., PEZARD M. (2003) *Etapes intermédiaires dans le processus de conceptualisation en mathématiques*, Recherches en didactique des mathématiques, **2/3**, La pensée Sauvage, Grenoble, 41-78.

BUTLEN D., MASSELOT P., PEZARD M. (2004) in PELTIER M-L. (Ed) Dur , dur, dur d'enseigner en ZEP, *La Pensée Sauvage, Grenoble*.

CLOT Y. (1999) La fonction psychologique du travail, *Presses Universitaires Françaises, Paris*.

CRAHAY M. (1979) *Un essai de micro-enseignement. Une perspective fonctionnelle*, Revue Française de Pédagogie, **48**, Paris.

CRAHAY M. (1989) *Contraintes de situations et interactions maître-élève : changer sa façon d'enseigner, est-ce possible ?* Revue Française de Pédagogie, **88**, 67-94, Paris.

GOIGOUX R., (2002) *Analyser l'activité d'enseignement de la lecture : une monographie*, Revue Française de Pédagogie, **138**, Paris, 125-134.

MASSELOT P. (2000) De la formation initiale en didactique des mathématiques (en centre IUFM) aux pratiques quotidiennes en mathématiques, en classe, des professeurs d'école (une étude de cas), *Doctorat de didactique des mathématiques, IREM Paris 7, Université Denis Diderot - Paris 7.*

MOTTET G. Ed. (1997) La vidéo-formation, Autres regards, autres pratiques, *L'Harmattan, Paris*.

NGONO B. (2003) Étude des pratiques des professeurs des écoles enseignant les mathématiques dans les classes difficiles – Étude de l'impact éventuel de ces pratiques sur les apprentissages, *Doctorat de didactique des mathématiques, IREM de Paris 7, Université Denis Diderot - Paris 7.*

PERRENOUD P. (1994) La formation des enseignants entre théorie et pratique, *L'Harmattan, Paris*.

PERRIN-GLORIAN M.J. (1993) *Questions didactiques soulevées à partir de l'enseignement des mathématiques dans les classes faibles*, Recherches en didactique des mathématiques, **13/1.2**, La pensée sauvage, Grenoble, 5-118.

ROBERT A. (1999) *Pratiques et formation des enseignants*, Didaskalia, **15**, 23-157.

ROBERT A. (2001) *Recherches sur les pratiques des enseignants et les contraintes de l'exercice du métier d'enseignant,* Recherches en Didactique des Mathématiques, **21/1.2**, La pensée sauvage, Grenoble, 57-80.

ROBERT A., ROGALSKI J. (2002) *Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche*, Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education (La Revue Canadienne de l'Enseignement des Sciences des Mathématiques et des Technologies), **2-4**, 505-528.

ROBERT A. (2004) *Des analyses d'une séance en classe (à partir d'une vidéo) aux analyses des pratiques des enseignants de mathématiques : perspectives en formation d'enseignants*, *Documents pour la formation des enseignants*, Cahier n° 3, IREM de Paris 7, Paris.

DIRE OU ÉCRIRE ? ACTIVITÉS D'ÉCRITURES RÉFLEXIVES DANS UNE SITUATION DE RÉSOLUTION DE PROBLÈMES DE PROPORTIONS EN CYCLE 3

Jean-Claude RAUSCHER
Maître de conférences, IUFM d'ALSACE
LISEC ULP Strasbourg
IREM de Strasbourg
Jean-Claude.Rauscher@Alsace.iufm.fr

Résumé
Quelle contribution peut apporter le recours à la production « d'écrits réflexifs » par les élèves au développement de leurs connaissances ? C'est la question qui est envisagée ici dans le cadre d'une expérimentation menée en fin d'école primaire à propos de la résolution de problèmes relevant de la notion de proportionnalité. Les problèmes considérés sont des problèmes de comparaison de mélanges proches de ceux de Noelting (1980). Inspirées par les travaux de Duval (1998), nos observations repèrent un obstacle dans l'exploitation des écrits des élèves en classe pour passer d'une situation de formulation à une situation de validation : une « pratique orale » de l'écrit par les élèves. Spontanément, les élèves écrivent comme ils parlent, sans retour sur ce qu'ils écrivent. Le dispositif élaboré et mis à l'épreuve a alors le but d'initier les élèves à une « pratique écrite » par l'objectivation de leurs écrits. Nous analysons dans quelle mesure cette initiation est réussie et quelles sont ses conséquences, d'une part sur la nature des validations possibles par les élèves, et d'autre part sur le développement de leurs connaissances.

Mots clés : Résolution de problèmes - proportionnalité - écrits réflexifs - dire - écrire - valider.

I – INTRODUCTION

Dans le cadre d'une expérimentation menée en fin d'école primaire à propos de l'initiation à la notion de proportionnalité, nous nous posons la question de la contribution que peuvent apporter des écrits dans le cas de la résolution de problèmes destinés à développer des connaissances chez les élèves à propos de cette notion.

Notre projet initial était d'utiliser les écrits produits par les élèves à la suite d'une comparaison de plusieurs problèmes à résoudre comme base d'une situation de validation en classe.

Mais dans cette entreprise nous nous sommes heurté au fait que les écrits, majoritairement incomplets ou incompréhensibles, n'étaient pas immédiatement utilisables pour cela. Spontanément, les élèves ont recours à une « pratique orale » de l'écrit (Duval, 1998). Néanmoins ces écrits témoignaient de pensées balbutiantes qui méritaient d'être prises en compte.

Dans ce but, nous avons réorienté le projet initial. Au lieu de faire travailler les élèves directement sur les procédures de résolution, nous avons mis en place un dispositif de comparaisons de leurs écrits initiaux qui permettait d'attirer leur attention sur la structure des écrits produits. Pour cela nous avons choisi de centrer les élèves sur les écrits initialement produits à propos d'un problème qui ne nécessitait pas de travail heuristique important pour être résolu et, qu'à juste titre, les élèves avaient estimé « facile ».

Dans la nouvelle perspective, les écrits demandés aux élèves n'avaient plus comme fonction principale d'être immédiatement des outils au sein de la classe pour communiquer ou débattre. Ils entraient dans le cadre d'activités d'écritures réflexives personnelles permettant un contrôle et un développement de la pensée par chacun.

Nous expliquerons plus précisément comment nous sommes arrivé au dispositif mis en place. Il vise à faire passer les élèves d'une posture orale dans leurs écrits à une posture d'écriture réfléchie. Nous examinerons ensuite à partir des écrits produits par quelques élèves représentatifs les évolutions constatées et les progrès réalisés dans le domaine des apprentissages mathématiques en jeu. Nos observations nous amènent à affirmer que ces dispositifs d'écritures réflexives recèlent un potentiel de progrès importants pour les élèves en mathématiques.

II – LA PERSPECTIVE INITIALE DU DISPOSITIF : DES ÉCRITS RÉFLEXIFS EN APPUI À L'ACTIVITÉ MATHÉMATIQUE

II – 1 Le contexte de l'expérience

La classe de CM1/CM2 de 24 élèves où s'est déroulé l'essai pris en considération ici était la classe de Mme Régine Baltz, PEMF à l'école Karine de Strasbourg Hautepierre. L'école est située dans une « zone d'enseignement prioritaire » où des difficultés sociales dans l'environnement des élèves sont donc reconnues par l'Éducation Nationale. L'expérience s'est déroulée en novembre 2001 sur 4 séances d'une heure chacune espacées de 2 à 4 jours chaque fois.

II – 2 Le contenu de l'enseignement

Le projet visait à initier les élèves à la notion de proportionnalité. En accord avec les indications des programmes nous considérions qu'il ne s'agissait pas d'étudier cette notion pour elle-même. Cette étude, plus formelle, relève du collège. Il s'agissait ici de l'aborder par la résolution d'un ensemble de problèmes mettant en jeu des traitements relevant de cette notion, les élèves étant pour cela libres de développer les rhétoriques qui leur semblent appropriées.

II – 3 Un dispositif initial s'appuyant essentiellement sur les interactions sociales en classe

La classification proposée dans la rubrique « Écrire en mathématiques » des documents d'application des programmes (Ministère de la jeunesse, de l'Éducation nationale et de la Recherche, 2002, p. 9) distingue trois types d'écrits qui peuvent étayer les apprentissages en mathématiques :

- *les écrits de type « recherche » correspondant au travail privé de l'élève pour mener sa recherche ;*

- *les écrits destinés à être communiqués et discutés qui peuvent prendre des formes diverses (affiches, transparents...). Ils doivent faire l'objet d'un souci de présentation, de lisibilité, d'explicitation tout en sachant que, le plus souvent, ils seront l'objet d'un échange entre les élèves au cours duquel des explications complémentaires seront apportées ;*
- *les écrits de référence élaborés en vue de constituer une mémoire du travail de l'élève ou de la classe.*

Dans cette présentation, on peut repérer les types de situations définies dans la théorie des situations (Brousseau, 1998) pour conduire graduellement les élèves à préciser les connaissances utilisées pour résoudre un problème. Le premier type d'écrit accompagne la situation d'action où les élèves sont en recherche. Les « écrits destinés à être communiqués et discutés » correspondent à une situation de formulation pour préparer une situation de validation. Enfin par « écrits de référence » on peut comprendre des phases de décontextualisation et d'institutionnalisation.

En première approximation nous nous situions globalement dans cette approche. En effet, la perspective dans laquelle s'inscrivait *a priori* notre démarche était de proposer des problèmes abordables par les élèves avec leurs conceptions initiales. Des situations de communication entre pairs au sein de la classe devaient alors permettre aux élèves d'une part de formuler leurs raisonnements, puis de remanier leurs conceptions en fonction des défaillances et des contradictions qui peuvent se révéler dans une phase de débat qui se fait classiquement à l'oral.

II – 4 Un accompagnement par des écrits réflexifs

Mais dans notre cas, ce dispositif s'appuyant sur les interactions sociales au sein de la classe se spécifiait par un accompagnement explicite de la situation de formulation par des « écrits réflexifs » produits par les élèves. Nous nous référions ainsi à Vygotski (1934/1997) qui analyse la spécificité de l'écrit par rapport à l'oral et pointe le fait que les activités de production d'écrits sont porteuses d'une prise de distance réflexive par rapport au geste, à l'expérience ou à la pensée immédiate. C'est dans cette perspective que nous avions déjà développé des expériences qui avaient pour but de favoriser chez les élèves la prise de conscience de leurs connaissances (Rauscher, 2001).

Dans le cas présent, nous pensions que l'étayage de la situation de formulation par des activités d'écriture réflexive permettrait de développer au sein de la classe un milieu (au sens de la théorie des situations) qui faciliterait le passage de la situation de formulation à la situation de validation.

Pour créer une distance réflexive nous avons recouru à « une pratique d'écrits comparés par écrit » : nous ne faisions pas uniquement résoudre les problèmes proposés immédiatement mais nous demandions aussi aux élèves de qualifier par écrit individuel, après discussion en binômes, ces exercices de « facile » ou « difficile » et de justifier leurs qualificatifs. Nous voulions ainsi créer une « distance réflexive » entre l'élève et son action, une distance qui l'amènerait à objectiver ce qu'il faisait pour résoudre l'exercice ou à tenter de rendre compte des impasses qu'il rencontrait. Dans une séance suivante, un échantillon d'écrits d'élèves serait proposé à toute la classe à fin de comparaison et de débats. L'échantillon sélectionné que nous envisagions devait permettre de mettre en lumière des points de vue divergents ou des procédures variées pour nourrir les échanges et le débat. Nous émettions l'hypothèse que ce passage par l'examen d'un échantillon d'écrits produits par les élèves permettrait à l'ensemble des élèves de prendre en considération les points de vue des autres et d'autre part éviter la trop grande sensibilité aux arguments de pouvoir entraînée par les relations sociales au sein de la classe. La pratique des écrits comparés se proposait de développer ici un contexte qui favoriserait l'approche scientifique idéalement peu sensible aux effets de pouvoir.

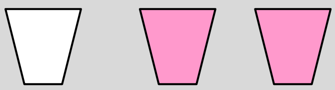
Le scénario initialement prévu au départ était donc le suivant :

	Corpus proposés à la réflexion des élèves	Tâches à effectuer par les élèves
Phase 1 Voir annexe 1	Énoncés de 5 problèmes. Contenus sous jacent : la notion de proportionnalité.	Après lectures individuelles et discussions par binômes, classement par écrits individuels des problèmes en facile/difficile et justifications.
Phase 2 (3 jours après)	Des écrits sélectionnés de la phase 1.	Comparaison et confrontation à l'oral, au sein de la classe.

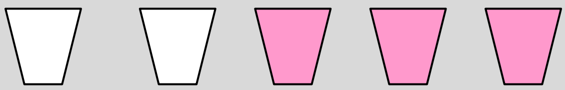
II – 5 Les problèmes choisis

Dans une séance antérieure à la phase 1 nous avions proposé un échantillon de problèmes aux élèves mettant en jeu la notion de proportionnalité. Nous avions choisi des problèmes susceptibles de provoquer un questionnement suffisamment riche pour que les élèves puissent adhérer à l'idée d'écrire sur leur façon d'appréhender ces problèmes. En l'occurrence pour choisir les problèmes dans cet accompagnement à l'initiation à la notion de proportionnalité en cycle 3, nous nous sommes appuyés sur les travaux de Adjiage (2001). Dans ce lot de problèmes, nous avions remarqué un grand engouement qui se manifestait par des discussions animées au sein des binômes pour un problème de comparaison de mélanges. Il est construit sur le modèle des problèmes analysés par Noelting (1980) et repris par Alarcon (1982) et Adjiage (2003) :

On mélange dans une grande cruche ces deux verres de sirop de grenadine avec un verre d'eau.
N°1



On mélange dans une grande cruche ces trois verres de sirop de grenadine avec deux verres d'eau



N°2

Quel mélange a le plus le goût de la grenadine ?

Les réponses d'importants échantillons d'élèves devant de tels problèmes de comparaison de mélanges ont été analysées par Noelting (1980) en fonction des rapports en jeu et de l'âge des élèves. Le problème tel qu'il a été proposé ici est difficile pour des élèves de 9/10 ans car il ne peut se résoudre par la comparaison de quantités absolues mais fait intervenir de façon sous-jacente la comparaison des rapports 1/3 et 2/5. Malgré la difficulté apparente de ce problème pour des élèves de cet âge nous avons voulu profiter de l'engouement qu'il a suscité chez bon nombre d'élèves pour les faire progresser sur l'idée de proportion. En cela nous avons suivi l'enseignante qui avait le souci constant de proposer à ses élèves de relever des défis importants pour les faire progresser avec beaucoup de réussite comme nous avons pu le constater dans divers domaines en mathématiques. Restait à savoir si l'on pouvait s'appuyer sur les premières démarches des élèves pour développer leurs connaissances à propos des traitements en jeu sur des problèmes de proportionnalité.

Les élèves qui se sont exprimés à propos de ce problème pour le qualifier de facile ou difficile se classent en trois catégories :

- ceux qui ont produit la justification erronée suivante : « *Cet exercice est facile. Pour la première ligne, je prends le verre d'eau et le mets dans le premier verre de grenadine pour en enlever le goût, il reste un verre de grenadine dont on n'a pas enlevé le goût. Dans la deuxième ligne, je prends les deux premiers verres d'eau pour enlever le goût des deux premiers verres de grenadine, donc dans deux lignes, c'est le même goût.* » ;
- ceux qui ont été séduits par ce raisonnement : « *Il est facile, Noémie m'a expliqué* » ;
- ceux qui ne sont pas convaincu et qui rejoignent ceux qui n'ont pas évoqué le problème : « *Problème de la grenadine : je n'ai toujours pas compris*. »

En fait une exploitation immédiate de cette situation s'est révélée impossible. Comment faire mettre en question un raisonnement erroné qui suscitait une forte adhésion ou l'incompréhension ? Il était difficile de renvoyer ces écrits à toute la classe en vue d'un débat pour avancer sur la notion de proportion. Le risque était grand de voir se rallier aux procédures erronées un grand nombre d'élèves au départ silencieux devant le problème. La tâche proposée aux élèves était visiblement trop éloignée de leur zone proximale de développement. Pour profiter néanmoins de l'engouement des élèves pour ce problème de mélange, nous n'avons néanmoins pas renoncé à exploiter ce genre de problèmes. Mais l'entreprise se révélait délicate.

Notre idée fut alors de replacer pour la phase 1 ce problème de comparaison de mélanges dans un échantillon de problèmes de même type mais pouvant se résoudre par des raisonnements plus accessibles aux élèves. L'échantillon de problèmes choisis devait donc offrir des possibilités de traitements variés accessibles aux élèves. Voici les problèmes proposés (le 1er nombre désigne le nombre de verres d'eau, le 2ème celui de sirop) :

	Problème n°1	Problème n°2	Problème n°3	Problème n°4
1er mélange	1 pour 2	2 pour 1	2 pour 2	2 pour 2
2ème mélange	2 pour 3	4 pour 2	3 pour 3	3 pour 2

Remarque : les problèmes étaient bien sûr proposés avec la présentation figurative vue précédemment.

Voici une analyse *a priori* des procédures possibles :

- le problème n°1 est le même que celui proposé initialement et revient en terme de rapports à comparer 1/3 et 2/5. Dans la classification de Noelting (1980) se référant aux stades du développement logique de Piaget ce problème est placé à un niveau assez élevé (opérations formelles). Néanmoins il y discernerait la facilité suivante : les deux premiers termes de chaque paire sont dans un rapport entier. Cela veut dire ici que par exemple on pourrait doubler les quantités du premier mélange pour avoir deux verres d'eau dans chacun des mélanges et comparer ensuite les quantités de grenadine ;
- le problème n°2 revient à comparer 2/3 et 4/6. Il permet *a priori* d'obtenir et de confronter des avis différents résultant soit de procédures multiplicatives correctes (par exemple *« prendre deux fois le premier mélange pour obtenir le deuxième mélange »*), soit de procédures additives erronées (par exemple *« au deuxième mélange il y a deux verres d'eau de plus qu'au premier mélange et seulement un verre de grenadine de plus »*). Dans la classification de Noelting, ce problème trouverait sa place dans les opérations concrètes avec la spécificité de mettre en jeu des rapports équivalents ;
- les troisième et quatrième problèmes permettent *a priori* aux élèves de se situer par rapport au rapport 1/2 à l'intérieur de chaque mélange (*« moins ou plus que la moitié »*) et le problème 4 peut à vraie dire se traiter par une procédure additive (*« il y a deux verres de grenadine dans chaque mélange mais il y a un verre d'eau de plus dans le deuxième mélange »*. Dans la classification de Noelting, ces problèmes trouveraient leur place dans les opérations concrètes mais de moindre niveau que le problème 2 parce que mettant en jeu des rapports équivalents à 1.

III – LE REMANIEMENT DU DISPOSITIF ET LA NOUVELLE PERSPECTIVE : DES ÉCRITS RÉFLEXIFS AU CENTRE DE L'ACTIVITÉ MATHÉMATIQUE

III – 1 La posture naturelle des élèves par rapport à l'écriture : un obstacle

Les problèmes de l'échantillon se différenciant par les traitements possibles qu'ils offrent pour les résoudre, nous émettions l'hypothèse que dans la phase 1 du dispositif initialement prévu les élèves auraient l'occasion de repérer certains de ces traitements possibles et de les formuler par écrit. Nous émettions aussi l'hypothèse que dans la phase 2 un échantillon d'écrits individuels que nous aurions sélectionnés pourrait servir de support à une discussion en classe mettant en lumière les différents traitements et leur validité. Dans les faits, la phase 1 du dispositif initialement présenté a été effectuée mais nous avons estimé que les écrits, très incomplets ou incompréhensibles, recueillis à l'issue de cette phase ne permettaient pas d'entamer la phase 2. Nous avons ainsi été amenés à réorienter le projet. Dans les écrits produits, on trouvait bien quelques raisonnements complets sur le modèle de l'exemple 1 qui suit ou quelques repérages assez précis des difficultés rencontrées comme pour l'exemple 2.

Exemple 1 : « Le problème n°4 est *plutôt facile car il y a 2 verres d'eau et 2 verres de grenadine donc on sent encore la grenadine et au 2ème mélange il y a 3 verres d'eau et 2* *verres de grenadine alors maintenant on ne sent plus le goût alors c'est le premier mélange qui sent la grenadine ».*

Exemple 2 : « Le problème n°3 est plutôt difficile *parce qu'il y a le même nombre de verre de grenadine et d'eau et je n'arrive pas à comparer. »*

Ces productions auraient pu éventuellement servir de support pour amorcer une confrontation de points de vue entre élèves. Mais dans la grande majorité des cas les raisonnements et les informations sur lesquels ils étaient basés n'étaient pas décelables comme le montre les trois exemples 3, 4 et 5.

Exemple 3 : « Le problème n°4 est *le plus facile car le 1er mélange a deux verres d'eau et de grenadine ».*

Exemple 4 : « Le problème n°1 est facile : *parce que on a mis un peut de l'eau ».*

Exemple 5 : *«* Le problème n°4 est *difficile parce qu'il faut faire un petit calcul ».*

Nous étions devant le fait que les productions des élèves étaient trop disparates et incomplètes pour pouvoir en extraire des éléments qui permettraient d'amorcer un travail sur la comparaison des problèmes et les différents traitements possibles dans les situations de comparaison de mélanges.

A propos *« des écrits destinés à être communiqués et discutés »* les documents d'applications des programmes (2002) indiquent *« qu'ils peuvent prendre des formes diverses (affiches, transparents) »* et *« qu'ils doivent faire l'objet d'un souci de présentation, de lisibilité, d'explicitation tout en sachant que, le plus souvent, ils seront l'objet d'un échange entre les élèves au cours duquel des explications complémentaires seront apportées ».*

Mais ici, pour résumer, on pouvait dire que la situation de formulation mise en place par la comparaison écrite des problèmes ne permettait pas l'entrée dans une situation d'explicitation, de comparaison et de validation des traitements possibles. Pour autant, allions nous abandonner ce travail ? L'abandonner revenait à abandonner des élèves qui avaient déployé une activité d'écriture réflexive non négligeable. Il est d'ailleurs à noter que dans plusieurs productions écrites apparaissaient des indices certains d'un travail de réflexion et d'objectivation de la pensée de la part de ces élèves comme le montre l'exemple suivant.

Exemple 6 : « Le problème n°2 est plutôt difficile *:~~Parce que~~ c'est plus facile que le 4ème parce que c'est là où j'ai le mieux compris entre le 4 et le 2 il y a plus d'eau que de grenadine au 1er mélange.* »

Nous étions prêts à continuer avec eux l'aventure du développement de leurs connaissances dans le domaine considéré. Mais de quelle façon ? De fait, si nous avons été amenés à abandonner l'idée de travailler immédiatement avec les élèves sur les divers traitements possibles dans les problèmes de mélanges, nous avons en revanche pensé à leur faire comparer les structures de leurs écrits.

En fait par leurs écritures bien incomplètes, on pouvait comprendre deux choses. La première c'est que certains élèves étaient loin d'avoir prise sur les traitements possibles pour réaliser ces comparaisons de mélange. La deuxième est que les élèves qui avaient une idée de ces traitements étaient dans une posture de communication de type orale qui laisse implicite des éléments de leurs raisonnements (Duval, 1998). Certaines tournures produites par les élèves montrent que l'effort des élèves ne s'est pas centré sur la correction grammaticale et syntaxique mais que « le dire » a prévalu. Pour distinguer l'oral de l'écrit Vygotski (1934/1997) analyse que dans les communications orales habituelles les sous-entendus se produisent parce qu'ils s'appuient sur le contexte partagé de la conversation et qu'il y a toujours un interlocuteur qui peut demander des précisions sur ce qui a été dit. En revanche, lorsqu'on écrit pour être compris, il faut donner ces précisions d'emblée sans interlocuteur pour vous relancer. L'écriture a donc des exigences que l'oral n'a pas. Ici, dans un premier jet, l'écrit des élèves est un reflet de leurs pensées avec toutes les incomplétudes non gênantes quand on pense habituellement pour soi mais rédhibitoires lorsqu'on veut être compris. En anticipant sur la suite de notre expérience, on peut ici rapporter les propos de deux élèves qui situent bien cette différence. Une élève voyant sa voisine écrire de façon scrupuleuse tous les éléments d'un raisonnement à propos de la comparaison de deux mélanges lui dit : *« Mais la maîtresse n'est pas bête, elle comprendra sans que tu parles du deuxième mélange. »* La voisine a répondu *: « Il faut faire comme si elle n'avait pas compris ! »* Cette élève avait bien compris le changement de posture qu'implique l'approche scolaire des expériences (Bucheton, Chabanne, 2002). Cette identité d'élève ne va pas de soi. Elle est pourtant une condition nécessaire pour qu'un travail d'élaboration de connaissances puisse s'amorcer.

III – 2 Les enjeux d'un changement de posture par rapport à l'écriture

Dans notre perspective, on comprend qu'on ne peut pas s'appuyer sur les écrits produits dans une posture orale pour faire comparer aux élèves leurs raisonnements. On peut penser que dans la plupart des cas, c'est ce qui fait que les enseignants renoncent alors à l'idée de s'appuyer sur les écrits des élèves en classe. En revanche si l'on ne veut pas renoncer à ce projet, il se dégage la nécessité d'envisager une nouvelle dimension dans les activités proposées aux élèves : celle de la possibilité ou de l'initiation au passage d'une « posture orale » par rapport à l'écriture à une « posture écrite » qui permettra aux élèves de produire des écrits compréhensibles par autrui. Écrire pour être compris dans le développement d'un raisonnement en mathématiques nécessite une prise en compte des contraintes de l'expression écrite. Mais non seulement le scénario remanié que nous avons alors élaboré va les prendre en compte par nécessité d'être compris mais il va en faire un point d'appui pour l'élève pour se comprendre par le contrôle de sa propre écriture.

En effet en référence aux travaux de R. Duval, nous avons été amené à penser que cette nécessaire prise en compte des contraintes de l'écriture amènerait les élèves non seulement à être compris mais surtout et essentiellement à se comprendre soi-même et ainsi évoluer dans la compréhension des traitements mathématiques en jeu dans les résolutions de problèmes proposés.

R. Duval développe cette perspective dans la compréhension de ce qu'est une démonstration en mathématiques. Pour lui, ce n'est pas dans la recherche que se nouerait et se dénouerait la compréhension de la démonstration (Duval, 1998, p. 184) mais dans l'écriture. C'est parce que l'expression écrite donne accès au discours (à son organisation, à ses opérations, à la portée de ses questions ou de ses assertions) (Duval, 1998, p. 193) que les élèves peuvent comprendre la différence entre une argumentation à laquelle ils ont spontanément recours pour convaincre un interlocuteur en géométrie et une démonstration qui possède une structure sous-jacente radicalement différente et qui n'est pas subordonnée à une situation d'interaction sociale. En l'occurrence pour permettre l'accès à cette compréhension, M.A. Egret et R. Duval (1989) proposent une objectivation par les élèves de leurs propres discours à l'aide d'une représentation par réseau : « Je me rends compte que je n'avais pas compris ce que j'avais écrit » déclare une élève après ce travail découvrant ainsi les secrets de la structure ternaire d'un pas de démonstration. A travers ce moyen les élèves accèdent ainsi progressivement à la compréhension de la structure d'une démonstration, compréhension qui déclenche la « jubilation » des élèves qui ont le moyen de valider de façon autonome leur raisonnement grâce au contrôle de leurs écrits.

Il est *a priori* hardi de faire une transposition de cette situation relative aux démonstrations en géométrie à notre situation relative aux problèmes relevant de la notion de proportion. Nous avons pourtant retenu de cette étude l'idée d'élaborer et de mettre à l'épreuve un dispositif qui amènerait les élèves à objectiver et à contrôler la structure de leurs écrits. L'hypothèse était que non seulement ils pourraient ainsi progresser sur la forme de leurs écrits mais aussi dans la découverte et la compréhension des traitements en jeu dans les problèmes de comparaison des mélanges.

Alors que dans le dispositif initial l'écrit ne pouvait intervenir qu'en appui à l'activité mathématique comme matériau d'échanges entre élèves, cette fois-ci nous faisions l'hypothèse qu'elle pouvait y occuper une place centrale.

III – 3 Le scénario remanié

Pour passer d'une posture orale dans l'écriture à une posture d'écriture, l'idée était de faire passer les élèves d'un *« j'écris »* qui est équivalent au départ à un *« je dis »* à un *« qu'est ce que j'écris ? »* et ceci non pas sur le fond de ce qui est dit mais sur la forme. Il s'agit de provoquer une observation réfléchie de la structure des discours produits et non pas immédiatement des contenus des discours. C'est ce travail d'observation qui devrait permettre *a priori* aux élèves d'avoir prise sur leurs pensées.

Pour neutraliser la question des contenus des problèmes nous avons choisi comme support d'observation les réponses des élèves relatives à un même problème qu'une grande majorité d'élèves avait qualifié de facile. Il constituait donc un bon support parce que la majorité des élèves y avait eu accès et avaient développé un raisonnement à son sujet. On pouvait donc attirer l'attention des élèves sur la structure de ce qu'ils avaient écrit. Quel était le scénario proposé aux élèves pour cela ?

Nonobstant le changement d'objet à faire observer aux élèves, il est dans la continuité du processus amorcé : il s'agit de faire comparer six productions écrites sélectionnées par le professeur et de les comparer. Le but de la séance était annoncé aux élèves (voir annexe 2) : il s'agit en fin de compte de rendre les argumentations plus compréhensibles et complètes. Le travail de comparaison a d'abord été mené par deux avec production écrite des remarques. Une mise en commun dirigée par la maîtresse au tableau a eu pour but de dégager de façon synthétique les défauts et les qualités des différentes productions soumises. A la fin de la séance, après la récréation, il a été demandé aux élèves de répondre le plus complètement possible par binômes à la question du problème 4.

Le scénario final complet qui a été mené à son terme était alors le suivant :

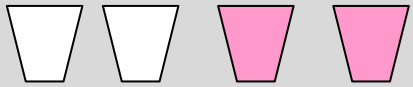
	Corpus proposés à la réflexion des élèves	Tâches à effectuer par les élèves
Phase 1	Énoncés de problèmes. Contenus sous jacent : la notion de proportionnalité.	Après lectures individuelles et discussions par binômes, classement par écrits individuels des problèmes en facile/difficile et justifications.
Phase 2 (quelques jours après la phase 1) Voir annexe 1	4 énoncés de problèmes de comparaison de mélanges se distinguant par des possibilités de traitements variés.	Après lectures individuelles et discussions par binômes, classement par écrits individuels des problèmes en facile/difficile et justifications.
Phase 3 (3 jours après la phase 2) Voir annexe 2	6 productions écrites relatives à l'un des problèmes jugées majoritairement facile par les élèves. Les productions se différencient par leurs structures.	Après lectures individuelles et discussions à deux, explicitation par écrit des différences formelles entre les productions. Synthèse organisée à l'oral par la maîtresse et résumée au tableau.
Phase 4 (dans la même séance que la phase 2)	L'énoncé du problème jugé majoritairement facile.	Rédiger la solution du problème.

On peut remarquer que dans notre dispositif, pour passer d'un *« J'écris »* à un *« Qu'est-ce que j'écris »* nous passons par un *« Qu'est-ce que nous avons écrit ? »*. Cela permet à chaque élève de réfléchir sur la forme de son écrit avec la référence en positif ou en négatif aux écrits produits par des élèves la classe. Le dispositif crée donc « un espace intersubjectif » (Bucheton, Chabanne, 2002) qui permet de penser la forme des écrits. Il faut remarquer aussi que l'articulation entre les phases orales et écrites favorise dans ce dispositif « la circulation entre les temps d'appropriation individuels par l'écriture et l'élaboration collective des idées dans les temps d'oral » (Vanhulle in Bucheton, Chabanne, 2002).

III – 4 Le support de réflexion proposé aux élèves

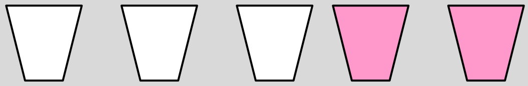
Nous avons choisi comme support d'observation les réponses des élèves relatives au problème n°4 : On mélange dans une grande cruche ces deux verres de sirop de grenadine avec deux verres d'eau

N°1



On mélange dans une grande cruche ces trois verres de sirop de grenadine avec deux verres d'eau

N°2



Quel mélange a le plus le goût de la grenadine ?

Notre choix des écrits initiaux (résultant de la phase 2) soumis à l'observation des élèves dans la phase 3 peut se comprendre à partir de l'analyse *a priori* des traitements possibles pour résoudre le problème.

Le problème présente deux mélanges (le 1^{er} et le $2^{ème}$) et deux ingrédients (eau et grenadine). La comparaison des mélanges pour déterminer le mélange qui a le plus le goût de la grenadine demande une prise en compte organisée de ces quatre données pour pouvoir aboutir à une conclusion en passant éventuellement par des conclusions intermédiaires. Nous appelons ici « traitement » le processus qui comporte la prise en compte organisée des données, les conclusions intermédiaires et la conclusion. La prise en compte organisée est une reprise ou une réorganisation des données telles qu'elles sont présentées dans l'énoncé initial. Une présentation sous la forme d'un tableau 2x2 rend compte des données et des différentes prises en compte possibles.

	Eau	Grenadine
1^{er} mélange	2 verres d'eau	2 verres de grenadine
$2^{ème}$ mélange	3 verres d'eau	2 verres de grenadine

Nous pouvons distinguer deux entrées possibles, l'une par ligne, l'autre par colonnes. Elles donnent lieu à des traitements pertinents du problème de comparaison. Nous écartons une entrée par les diagonales, formellement possible mais qui ne permet pas de déboucher sur un traitement pertinent.

$1^{ère}$ entrée possible par les lignes que nous appellerons « entrée par les mélanges »

Cette entrée reprend les données telles qu'elles sont présentées en ligne dans l'énoncé et compare les quantités à l'intérieur de chaque mélange avec des conclusions intermédiaires avant de mettre en parallèle les conclusions intermédiaires pour conclure :

Dans le premier mélange
Rappel des données : Il y a $\boxed{\text{2 verres d'eau}}$ et $\boxed{\text{2 verres de grenadine.}}$
Comparaison des quantités « Il y a donc autant d'eau que de grenadine dans le 2ème mélange. »

Dans le deuxième mélange
Rappel des données : « Il y a $\boxed{\text{3 verres d'eau}}$ et $\boxed{\text{2 verres de grenadine.}}$ ».
Comparaison des quantités : « Il y a donc plus d'eau que de grenadine dans le 1er mélange. »

Mise en parallèle des deux mélanges
1) *« Il y a* $\boxed{\textit{autant}}$ *d'eau que de grenadine dans le premier mélange. »*
2) *« Il y a* $\boxed{\textit{plus}}$ *d'eau que de grenadine dans le deuxième mélange. »*
Conclusion : « Le premier mélange a plus le goût de la grenadine que le deuxième. »

2ème entrée possible par les colonnes que nous appellerons « entrée par les ingrédients »

Cette entrée réorganise les données telles qu'elles sont présentées en lignes en privilégiant une lecture par colonnes (qui ne s'impose pas *a priori* dans la présentation du problème). Elle considère successivement chaque ingrédient en comparant chaque fois les quantités présentes.

Comparaison des quantités d'eau
Rappel des données : « Il y a $\boxed{\text{2 verres d'eau}}$ dans le premier mélange et $\boxed{\text{3 verres d'eau}}$ dans le deuxième mélange. »
Comparaison des quantités « Il y a donc moins d'eau dans le 1er mélange que dans le 2ème.»

Comparaison des quantités de grenadines
Rappel des données : «Il y a $\boxed{\text{2 verres de grenadine}}$ dans le premier mélange et $\boxed{\text{2 verres de grenadine}}$ dans le 2ème mélange. »
Comparaison des quantités : « Il y a autant de grenadine dans chaque mélange. »

Mise en parallèle des deux mélanges :
1) *« Il y a* $\boxed{\textit{plus}}$ *d'eau dans le 2ème mélange que dans le 1er . »*
2) *« Il y a* $\boxed{\textit{autant}}$ *d'eau que de grenadine dans chaque mélange. »*
Conclusion : « Le premier mélange a plus le goût de la grenadine que le deuxième. »

Il est à remarquer que même si les élèves peuvent utiliser le rapport ½ dans chacun des deux raisonnements, ils peuvent s'en tirer en comparant uniquement des quantités absolues (plus, moins, autant). Nous avons donc bien un problème qui est accessible aux élèves. Cela peut expliquer qu'une majorité d'élèves ait qualifié ce problème de « facile » et ait produit des amorces de raisonnements corrects pour le justifier. Néanmoins la mise en parallèle des deux mélanges en tenant compte des deux ingrédients est nécessaire car sinon on peut arriver à une conclusion correcte avec un raisonnement faux si l'on ne tient compte que d'un seul des deux ingrédients *: « Il y a plus d'eau dans le 2ème mélange que dans le 1er donc il a plus le goût de l'eau »* ou encore *« Il y a autant de grenadine dans chacun des mélanges donc ils ont le même goût »* . La mise en parallèle des deux mélanges en tenant compte des deux ingrédients est donc nécessaire pour produire un traitement pertinent complet. Or les productions écrites des élèves étaient souvent incomplètes sur ce point essentiel dans la compréhension et la maîtrise du problème.

Les six textes constituant l'échantillon proposé à l'observation des élèves ont alors été choisis parce qu'ils se différencient sur les aspects suivants qui déterminent le degré d'explicitation de ces traitements :

- *nombre de mélanges évoqués ;*
- *répétition des données ou non ;*
- *présence d'arguments ou non ;*
- *présence d'une conclusion ou non*.

Voici l'échantillon d'écrits initiaux proposés à l'observation des élèves :

Le problème 4 est :

Réponse 1 : *plutôt facile car il y a trois verres d'eau et deux verres de grenadine au 2ème mélange, tandis qu'au 1er mélange, il y a deux verres d'eau et 2 verres de grenadine donc c'est sûr.*

Réponse 2 : *plutôt facile car le 1er mélange est égaux, ça a le même goût.*

Réponse 3 : *le plus facile car le 1er mélange a deux verres d'eau et de grenadine.*

Réponse 4 : *plutôt facile car il y a 2 verres d'eau et 2 verres de grenadine donc on sent encore la grenadine et au 2ème mélange il y a 3 verres d'eau et 2 verres de grenadine alors maintenant on ne sent plus le goût alors c'est le premier mélange qui sent la grenadine.*

Réponse 5 : *le plus facile parce qu'au 1er mélange, il y a deux verres d'eau et deux verres de grenadine. Au 2ème il y a trois verres d'eau et deux verres de grenadine.*

Réponse 6 : *le plus difficile car il y a moins de grenadine que de l'eau alors plus d'eau.*

Voici alors les profils des six textes :

Aspects repérés	Rép. 1	Rép. 2	Rép. 3	Rép. 4	Rép.5	Rép.6
Qualificatif du problème 4	Facile	Facile	Facile	Facile	Facile	Difficile
Nb. de mélanges évoqués	2	1	1	2	2	0
Répétition des données	oui	non	non	oui	oui	non
Présence d'arguments	non	oui	non	oui	non	oui
Présence d'une conclusion	non	oui	non	oui	non	non

Seul l'élève qui donne la réponse 6 ne trouve pas le problème facile et justifie sa difficulté de traiter le problème.

Lors de la phase 4 du déroulement de notre expérience, l'examen centré sur la comparaison des défauts et qualités formelles de l'échantillon des six productions d'élèves a donné lieu dans un premier temps à des remarques disparates de la part des élèves. Prises individuellement les remarques produites étaient souvent bien ténues. Le travail oral en binôme a déjà permis de les étoffer d'avantage. Et enfin la mise en commun des remarques réalisée avec l'aide de l'enseignante a abouti à une synthèse collective qui reprenait pratiquement les points qui avaient présidé à la sélection de notre échantillon de six productions : nombre de mélanges évoqués, répétition des données ou non, *etc*. Cette synthèse qui figurait au tableau a pu servir de cahier de charge lors de la reprise finale du problème 4.

Le dispositif proposé aux élèves les appellent à objectiver et à contrôler la structure de leurs écrits. Il reste maintenant à savoir quels effets il a eu sur la forme de leurs écrits mais aussi sur la découverte et la compréhension des traitements en jeu dans les problèmes de comparaison des mélanges.

IV – LES EFFETS DU DISPOSITIF

IV – 1 L'objet et la méthode d'évaluation

Quels sont les effets du dispositif ? Nous nous poserons deux questions à ce sujet. D'une part peut-on constater un travail de reprise et de réorganisation par les élèves de leurs propres pensées initiales ? D'autre part peut-on constater une avancée dans l'appréhension des traitements possibles dans les problèmes de comparaison de mélanges ?

Au cours du déroulement des trois séances nous avons recueilli les écrits produits par les élèves. A savoir, successivement, les écrits obtenus lors de la comparaison par les élèves des quatre problèmes de comparaison de mélanges, puis les écrits obtenus lors de la comparaison par les élèves des six raisonnements relatifs au problème n°4 et enfin les écrits obtenus lors de la reprise par les élèves du problème n°4. Nous pouvons donc repérer les évolutions des élèves à partir de là.

Nos observations ont porté sur deux points qui permettent de voir dans quelle mesure il y a un travail de réorganisation de la pensée et une acquisition de connaissances à travers la procédure expérimentée :

1) Peut-on repérer des évolutions dans les traitements mathématiques effectuées pour comparer les mélanges ? En particulier voit-on des abandons de traitements erronés ? Des amorces de traitements corrects ? Des acquisitions de traitements corrects ?

2) Peut-on repérer des postures réflexives dans les écrits produits ? Il s'agit pour cela de repérer des indices de prise en charge par les élèves de leurs propres discours, par exemple des verbes conjugués à la première personne ou encore des connecteurs logiques qui indiquent un retour sur ce qui vient d'être écrit. Si oui, il s'agit de signes qui montrent qu'un processus de compréhension ou une tentative de validation interne sont en cours.

IV – 2 Les profils de progressions repérés

Après examen minutieux de l'ensemble des productions nous distinguons trois groupes d'élèves qui se différencient par des points de départ et des évolutions différentes. Nous allons globalement caractériser ces groupes pour ensuite présenter les productions de quatre élèves et les analyses que nous en avons faites.

Un premier groupe d'élèves pour qui le problème était d'emblée à portée. Ces élèves se caractérisent par des écrits qui témoignent d'emblée d'un traitement pertinent et repérable de la situation de comparaison de mélanges proposée même si des parties de leurs raisonnements restent implicites. Ce groupe compte 4 ou 5 élèves de la classe. Les progrès qu'ils ont réalisés résident dans un contrôle affirmé des traitements qu'ils ont effectués. Nous analyserons plus précisément le cas d'**Anna** représentatif de ce groupe.

Un deuxième groupe d'élèves pour qui le problème était difficile au départ mais qui ont progressé. Beaucoup d'élèves étaient au départ dans des dispositions *a priori* défavorables dans la compréhension et le traitement du problème. Il s'agissait alors de repérer si parmi ces élèves certains feraient des progrès importants ainsi que la nature de ces progrès. Les cas d'**Hassan** et d'**Abdallah** sont représentatifs d'un groupe non négligeable de tels élèves (une dizaine) qui progressent sur la compréhension et le traitement du problème par une activité réflexive de reprise et de réorganisation de leurs pensées à travers l'examen des textes produits.

Un troisième groupe d'élèves pour qui le problème était difficile au départ mais pour lesquels les changements observés ne témoignent pas réellement de progrès. Nous retrouvons dans ce groupe à peu près une dizaine d'élèves qui sont en majorité, mais pas exclusivement, des élèves de CM1. Comme représentatif de ce groupe, nous présenterons le cas de **Steve** qui au départ ne donne aucune indication sur des traitements possibles. En fin de travail, il apparaît nettement que lire et écrire reste pour lui des actes formels qui ne permettent pas encore d'avoir prise sur sa pensée.

IV– 3 Quatre exemples d'évolutions observées

Pour chaque cas d'élève, nous présentons en encadré ses écrits, à savoir successivement les écrits produits lors de la phase 2 (comparaison des 4 problèmes), puis de la phase 3 (comparaison des raisonnements relatifs au problème n°4) et enfin de la phase 4 (reprise du problème n°4). Avant de procéder à l'analyse de ces écrits. Nous n'avons jamais effectué de correction aux écrits des élèves et nous les rapportons dans leur intégralité.

IV – 3.1 L'évolution d'Anna (CM2)

Les écrits d'Anna

Comparaison des 4 problèmes

Le problème n°4 est facile : *car dans les deux lignes il y a deux verres de grenadine mais dans la première ligne il y a deux verres d'eau et dans la deuzième 3 verres d'eau, donc il est simple.*

Le problème n°1 est difficil**e** : *car dans la première ligne il y a deux verres de grenadine et 1 verre d'eau ; dans la deuzième 3 verres de grenadines et* $\boxed{2}$ *d'eau. C'est trop dure à comparer.*

Le problème n°2 est plutôt : facile *car* *1 : il a un verre de grenadine et 2 d'eau.*
2 : 2 grenadine et $\boxed{4}$ *d'eau.*

Le problème n°3 est plutô**t** : *dure car je n'arrive pas à comparer.*

<u>Comparaison des raisonnements relatifs au problème n°4</u>
Ce qui manque à la réponse 1 **:**
il n'a pas dit la réponse.
donc c'est sûr que c'est le 1er mélange qui a le plus le goût de la grenadine.
Ce qui manque à la réponse 2 :
il a oublié de d'écrire le 2ème mélange.
…et le 2ème mélange à 2 verres de grenadine et 3 d'eau, donc c'est le 1er mélange qui a le plus de goût.
Ce qui manque à la réponse 3 :
*il a pas dit la réponse et de décrire le 2ème mélange***.**
Ce qui manque à la réponse 4 :
il a tout dit
Ce qui manque à la réponse 5 :
Il a oublié de décrire qu'elle cruche à le plus de goût.
Ce qui manque à la réponse 6 :
Il a pas dit le premier mélange et la réponse.

<u>Reprise du problème n°4</u>
C'est le premier mélange qui a le plus le goût de la grenadine car dans le premier mélange il y a deux verres d'eau et deux de grenadine ; et dans le 2ème mélange il y a trois verres d'eau et deux de grenadine, donc il y a pareille de grenadine, mais dans le 2ème mélange il y a plus de verres d'eau que dans le premier ; et comme ça se mélange donc c'est le 1er qui a le plus le goût de la grenadine.

Analyse du travail d'Anna

1ère étape

Traitements
Entrée par les ingrédients au mélange 4 : mise en parallèle des quantités d'eau avec les quantités de grenadine. Anna repère qu'il y a deux verres de grenadine dans chacun des mélanges et met en parallèle ce fait avec les quantités différentes d'eau qu'il y a dans les deux mélanges. Pour le problème n°1 : elle met en parallèle les deux mélanges cette fois-ci. Mais le fait qu'elle souligne le $\boxed{2}$ d'eau laisse supposer qu'elle essaye d'appliquer la même stratégie et se heurte au fait qu'il n'y a pas de quantités communes de grenadine. Pour le problème n°2 : ce problème est qualifié de facile. Mais le traitement qu'elle applique n'est pas explicite. Le fait qu'elle souligne le $\boxed{4}$ d'eau laisse imaginer qu'elle a repéré un coefficient multiplicateur. Nous pencherions par le repérage en colonne car dans le problème n°3 qui prête à un traitement accessible en ligne, elle déclare forfait. Il est vrai que 3 n'est pas un multiple de 2.

Indices d'une posture réflexive
On peut repérer des expressions qui indiquent une implication personnelle d'Anna dans son écrit. Elles témoignent d'une objectivation de sa posture réflexive : *« je n'arrive pas », « c'est trop dure ».*

2ème étape

Traitements
Anna fait une analyse très minutieuse des éléments formels qui manquent pour que les traitements indiqués par les six productions soient complets.

Indices d'une posture réflexive
Le constat est énoncé en rapportant les manques à un *« il »* qui désigne l'élève dont on examine la production : *« il a », « il n'a pas ».*

3ème étape, la production finale

Traitements
L'écrit final est très complet du point de vue du traitement qu'il expose. On peut observer une modification formelle par rapport à sa première référence au problème n°4 : alors que la première fois, Anna se focalisait sur les quantités de grenadine, cette fois-ci elle reproduit fidèlement la description des deux mélanges comme ils sont présentés dans l'énoncé, à savoir « en lignes ». On peut imaginer qu'il s'agit là d'un effet de la prise en compte du cahier de charge formel élaboré par la classe en synthèse de la 2ème étape. Mais ce changement n'entraîne pas de changement de traitement puisque Anna se focalise à nouveau très vite sur un traitement en colonnes : « *donc il y a pareille de grenadine, mais dans le 2ème mélange il y a plus de verres d'eau que dans le premier* ». Il y a donc stabilité dans le traitement qu'applique Anna au cours de ce travail pour résoudre le problème 4.

Indices d'une posture réflexive
Si le traitement du problème 4 était déjà visible au début, l'écrit final apparaît plus étoffé par des conclusions intermédiaires, et des expressions qui témoignent de reprises par Anna de son propre discours : *« donc il y a », « et comme ça se mélange »….* Cela donne à cet écrit final un aspect de discours très cohérent.

En conclusion dans le cas d'Anna

Anna savait déjà traiter le problème n°4 au début du scénario. On peut alors se demander quel est le bénéfice qu'elle retire à propos de cette situation, au-delà d'une amélioration formelle de son écrit. On peut estimer que ce progrès est assez minime et qu'il n'était pas nécessaire de déployer tout ce dispositif pour cela. Nous ne le pensons pas car on peut constater que sa prise de distance réflexive lui a permis d'affirmer davantage encore sa conviction en explicitant et en contrôlant complètement son raisonnement en bout de course. Elle est entrée dans une posture écrite par rapport à l'écriture qui lui sera utile pour aborder des problèmes plus difficiles pour elle. La question qui subsiste néanmoins est de permettre à Anna de trouver d'autres traitements possibles pour résoudre les trois autres problèmes qui dans un premier temps lui résistent. Nous émettrons à ce sujet quelques hypothèses en conclusion de notre étude.

IV – 3.2 L'évolution d'Hassan (CM2)

Les écrits de Hassan

Comparaison des 4 problèmes
Le problème n°1 est facile : *car il y a deux verres de grenadine et un verre d'eau alors on prend la moitié du verre et en le mais dans le premier verre de grenadine et en prend l'otre moitier et on le mais dans l'otre verre de grenadine.*
Le problème n°2 est difficile : *car il y a 4 verre de grenadine et deux verres d'eaux, avec les deux verres d'~~eaux~~ grenadine on prend le premier verre et on prend la moitier et en le mais dans le premier verre d'eau instsuite.*
Le problème n°3 est plutôt : *facile car ils sont égaux.*
Le problème n°4 est plutôt : *moyen car defois il faut faire la moitier de la moitier.*

<u>Comparaison des raisonnements relatifs au problème n°4.</u>
Ce qui manque à la réponse 1 :
C'est que le premier mélange a le plus de goût. Au deuxième goût il y a 3 verres d'eau et 2 vers de grenadine c'est évident et ~~y~~ il y aura plus de gout d'eau.
Ce qui manque à la réponse 2 :
Ce que j'ai compris c'est que il y a deux verres d'eau et deux verres de grenadine ca va donner le même gout, mais c'est avec des chiffres pére c'est pour cela qu'il a dit que sa va donner le même gout.
Ce qui manque à la réponse 3 :
C'est la même chose que la réponse 2 sauf c'est mieux expliqué, que la réponse 2.
Ce qui manque à la réponse 4 **:**
Bien expliqué.
Ce qui manque à la réponse 5 :
Le premier mélange ~~et~~ est la même chose que la n°2 réponse 2 et 1. Au deuxième mélange il y a trois vere d'eau et deux vere de grenadine alors l'eau est supérieur au vere de grenadine on ora plus du gout d'eau.
Ce qui manque à la réponse 5 :
Je l'ai pas bien compris car il y a combien de vere d'eau et de grenadine "on le c'est pas."

<u>Reprise du problème n°4</u>
Quel mélange a le plus le goût de la grenadine *? Le mélange qui à le plus de la grenadine est le premier mélange.* Pourquoi ? *Car il y a deux vers de grenadine et de vers d'eaux c'es égaux car sa va donner le même gout et que le 2ème mélanges plus d'eau que le premier mélange alors il y aura plus du goût d'eau. »*

Analyse du travail d'Hassan

1ère étape

Remarque préalable. Hassan trouve que le problème le plus facile est le n°1 et le plus difficile le n°2. Il considère ensuite les problèmes 3 et 4. On peut penser qu'il les a considérés dans l'ordre ce qui laisse planer un doute sur les qualificatifs (imprimés) attribués aux deux premiers problèmes. En revanche, on peut être sûr qu'il a lui-même choisi les qualificatifs pour les deux derniers problèmes.

Traitements
Hassan expose une manipulation à répéter : un demi-verre d'un des ingrédients à verser dans un verre contenant l'autre ingrédient *(« instsuite* » comme il écrit). Mais chaque fois qu'il fait cela, il ne considère que le premier des deux mélanges sans apporter de conclusion. On peut alors se poser des questions sur sa représentation du problème (Julo, 1995). Le fait qu'il pense que le problème n°3 est facile parce qu'il y a égalité ne nous éclaire pas davantage. Ni sa remarque pour le problème n°4 où il envisage la nécessité de faire évoluer sa procédure.

Indices d'une posture réflexive
Dans la première étape, il n'y a pas trace de personnalisation de l'écrit.

2ème étape

Traitements
Dans cette étape, Hassan effectue un repérage très minutieux des défauts et des manques dans les six productions qu'il a à examiner.

Manque d'arguments qu'il ajoute (pas toujours judicieusement) : *« mais c'est que avec des chiffres pére c'est pour cela qu'il a dit que sa va donner le même gout. »*
Manque d'indication de données : « *il y a combien de vere d'eau et de grenadine "on le c'est pas". »*
Il repère le manque d'évocation des deux mélanges : cela n'apparaît pas dans l'examen des réponses 2 et 3 où il se laisse emporter dans la focalisation sur un seul des mélanges mais dans l'examen de la réponse 5 où il marque le point commun avec les réponses 2 et 3 mais complète par l'évocation du deuxième mélange et conclut globalement pour l'ensemble de la comparaison des mélanges.

Indices d'une posture réflexive
Si dans la première étape, il n'y a aucune trace de personnalisation de l'écrit. En revanche dans la deuxième étape les *« il y a »* et *« on »* très neutres de la première étape laissent place à des expressions plus personnelles. On voit petit à petit comment il objective les éléments des textes : *« ce que j'ai compris » « je l'ai pas bien compris » « c'est mieux expliqué »*. On voit le travail de compréhension et de contrôle qu'il fait par là en reprenant les six productions pour en pointer les manques. Il prend à cœur ce travail, essaye de se convaincre à partir des écrits de ses camarades.

3ème étape, la production finale

Traitements
Dans la dernière étape en revanche il présente un traitement complet de la situation avec une entrée par les mélanges : comparaison des ingrédients à l'intérieur de chaque mélange et mise en parallèle des deux mélanges avec des conclusions intermédiaires pertinentes même si elles sont maladroitement exprimées : « *sa va donner le même gout*. » *; « il y aura plus du goût d'eau. »*

Indices d'une posture réflexive
Alors que dans la première étape, il n'y avait qu'une description neutre de manipulations, les connecteurs logiques (*« car » ; « alors »*) indiquent ici un discours réfléchi.

En conclusion du cas d'Hassan

Avec Hassan, il nous semble qu'on a l'exemple d'un élève qui a évolué très positivement. Il a progressé sur la compréhension du problème : à la fin il prend en compte les deux mélanges et les deux ingrédients. Il a aussi progressé sur la coordination de ces données pour effectuer un traitement assumé du problème. Il nous semble que le moment clé qui lui a permis de progresser ainsi est la deuxième étape. Hassan fait partie des élèves pour qui on voit nettement s'exercer un travail de réorganisation de sa pensée à partir de l'examen des productions écrites des autres élèves du point de vue de leur forme. De la forme au fond, il franchit le pas pour arriver à ce qu'on peut considérer un processus de validation interne.

IV – 3.3 L'évolution d'Abdallah (CM2)

Les écrits d'Abdallah

Comparaison des 4 problèmes
Le problème n°1 est facile : *parce que au 1er mélange il y a deux verre de grenadine et un verre d'eau il y a plus de grenadine que d'eau alors c'est le plus facil.*
Le problème n°3 est difficile *: Parce qu'il y a le même nombre de verre de grenadine et d'eau et j'ai pas comprie.*
Le problème n°4 est plutôt difficile *: Parce que.*
Le problème n°2 est plutôt difficile *: ~~Parce que~~ c'est plus facile que le 4ème parce que c'est là où j'ai le mieux compris entre le 4 et le 2 il y a plus d'eau que de grenadine au 1er mélange.*

Comparaison des raisonnements relatifs au problème n°4
Ce qui manque à la réponse 1 :
Elle dit pas que c'est le 1er mélange qui est juste.
Ce qui manque à la réponse 2 :
-Il dit pas si c'est juste.
- j'ai trouver une autre solution : il ne s'occupe pas du deuxième mélange.
Ce qui manque à la réponse 3 :
Ce qui manque à la réponse 4 :
Ce qui manque à la réponse 5 :
Ce qui manque à la réponse 6 : *il dit pas si c'est le deuxième ou le 1er mélange. Je l'ai pas bien compris car il y a combien de vere d'eau et de grenadine "on le c'est pas"*

Reprise du problème n°4
Quel mélange a le plus le goût de la grenadine : *C'est le 1er mélange.*
Pourquoi ? *Parce que au 1er mélange il y a deux verre d'eau et deux verre de grenadine alors ~~li~~ il y a le même goût. Et dans le deuxième mélange il y a 3 verre d'eau et 2 verre de grenadine alors il y a plus d'eau.*

Analyse du travail d'Abdallah

1ère étape

Traitements
Dans la première étape, Abdallah ne parle chaque fois que d'un seul des deux mélanges pour signaler que l'un des ingrédients l'emporte sur l'autre du point de vue des quantités. Il est très ennuyé par les cas où l'un des mélanges contient autant de grenadine que d'eau. Il ne comprend manifestement pas correctement l'enjeu du problème de comparaison de deux mélanges.

Indices d'une posture réflexive
C'est dans la première étape qu'Abdallah témoigne nettement d'une posture réflexive : il fait un retour sur lui-même *« c'est là ou j'ai le mieux compris » « et j'ai pas compris »* et donne des raisons objectives de ses jugements dévoilant par là la compréhension imparfaite de la situation. Il arrive à repérer la limite de son traitement initial. Mais va-t-il par la suite arriver à comprendre qu'il a une représentation erronée du problème ?

2ème étape

Traitements
S'il ne manifeste pas une grande activité d'écriture dans la deuxième étape, l'examen des productions des autres élèves lui permet néanmoins de repérer qu'il faut considérer les deux mélanges : *« … il ne s'occupe pas du deuxième mélange »*.

Indices d'une posture réflexive
Cette découverte se présente sous la forme d'une prise de conscience : *« J'ai trouvé une autre solution : il ne s'occupe pas du deuxième mélange ».* Mais d'où lui vient cette révélation ? Le fait de parler à ce propos d'une *« autre solution »* semble indiquer qu'il ne s'agit pas là d'une découverte personnelle. On peut penser que contrairement à Hassan qui faisait une analyse minutieuse des six écrits, c'est essentiellement la discussion en binômes et en classe qui l'a provoquée. La remarque sur la réponse 6 prouve néanmoins qu'il prend conscience à partir de l'écrit d'un autre qu'il faut bien évoquer le mélange auquel on se réfère quand on émet un avis pour être compris.

3ème étape, la production finale

Traitements
Le peu d'observations dont il rend compte dans la deuxième étape semble suffire pour le mettre sur la voie de la compréhension de la nature du problème. Abdallah prend en compte les deux mélanges et les deux ingrédients pour réaliser un traitement correct avec entrée par les mélanges. Il semble avoir dépassé le problème de l'égalité des deux ingrédients, mais la façon qu'il a pour donner une conclusion intermédiaire à cette situation *(« alors il y a le même goût »)* montre qu'il est encore dans la perspective où il s'agit de comparer chaque fois quel ingrédient l'emporte dans chaque mélange. Comme pour Anna, on peut ici remarquer une persistance du traitement initial.

Indices d'une posture réflexive
Les connecteurs logiques pertinents indiquent un discours réfléchi qui confirme à notre avis une compréhension du problème et de son traitement et non pas la reproduction de normes formelles.

En conclusion du cas d'Abdallah

L'activité réflexive déployée par Abdallah dans la première étape nous a permis de repérer sa représentation erronée du problème des comparaisons de mélanges. Nous pensons en l'occurrence que les écrits réflexifs trouvent aussi leur justification dans le fait que l'enseignant a la possibilité de repérer de telles incompréhensions. Quel enseignant aurait remarqué la façon dont Abdallah a compris ce problème dans une situation de formulation ou de validation à l'oral ? D'autre part, on voit que le travail d'objectivation des écrits de ses camarades le fait avancer dans la compréhension du problème. Sa position initiale reste néanmoins tenace puisqu'on y retrouve la trace dans la production finale.

IV – 3.4 L'évolution de Steve (CM2)

Les écrits de Steve

<u>Comparaison des 4 problèmes</u>
Le problème n°3est facile : *parce que y a le même goût.*
Le problème n°1 est difficile : *car il faut faire un petit calcul.*
Le problème n°4 est plutôt : *facile car il faut faire un petit calcul.*
Le problème n°1 est plutôt : *facile car il faut faire un petit calcul.*

<u>Comparaison des raisonnements relatifs au problème n°4</u>
Ce qui manque à la réponse 1 :
vous diser pas quel est la deuxième réponse.
Ce qui manque à la réponse 2 :
mais il a pas mit le deuxièmes.
Ce qui manque à la réponse 3 :
mais il a pas mis le deuxièmes.
Ce qui manque à la réponse 4 ***:***
il est bien il a mis le deuxièmes est le premier.
Ce qui manque à la réponse 5 :
il est bien car il a mis le premier et le deuxièmes.
Ce qui manque à la réponse 6 :
Il a pas pas mis la réponse du deuxièmes.

<u>Reprise du problème n°4</u>
« C'est le premier qui a le plus le goût parce-que le premier a deux verres d'eau et deux verre de grenadine et le deuxièmes a trois verre d'eau et deux verre de grenadine. »

Analyse du travail de Steve

1ère étape

Traitements
Steve qualifie de facile l'exercice 3 et justifie son appréciation de façon succincte *: « parce qu'il y a le même goût ».* Il n'explicite pas les caractéristiques qui permettent cette conclusion. Aucun mélange, ni ingrédient n'est indiqué. On peut supposer qu'il a remarqué les équilibres qui caractérisent chacun des mélanges. Dès qu'on n'est plus dans ce cas de figure, il évoque la nécessité d'un *« petit calcul ».* A part cela, il n'y aucune amorce de présentation d'un traitement à effectuer.

Indices d'une posture réflexive
Dans la première étape, il n'y a pas trace de personnalisation de l'écrit.

2ème étape

Traitements
Steve signale de façon très formelle la présence ou la non-présence de l'évocation de certains éléments dans les textes. Mais dans la plupart des cas on ne sait pas s'il parle d'un mélange ou d'une conclusion : *« il a pas mis le deuxièmes ».*

Indices d'une posture réflexive
Dans cette étape, il semble entrer dans une posture dialogique. Dans sa première remarque il s'adresse à l'élève qui a écrit le texte *: « vous diser pas. ».* Il revient ensuite à une position plus distanciée en utilisant ensuite la 3ème personne du singulier : *« il a*

pas mis.. ». Mais il en reste à un constat très formel sans jamais dire ses difficultés de compréhension et sans jamais reprendre un traitement comme ont pu le faire Anna, Abdallah ou Hassan.

3ème étape, la production finale

Traitements
Il y a un changement important par rapport aux écrits de la première étape : les deux mélanges et les deux ingrédients sont évoqués. Mais il n'y a pas de conclusions intermédiaires qui indiqueraient un traitement de ces données.

Indices d'une posture réflexive
Aucun connecteur logique, aucune expression personnelle ne laisse supposer qu'il y a production d'un discours réfléchi.

En conclusion du cas de Steve

Steve fait partie des élèves chez lesquels on ne peut pas déceler d'indices d'un véritable travail de reprise et de réorganisation des écrits initiaux : il apparaît nettement que lire et écrire reste pour lui des actes formels qui ne permettent pas encore d'avoir prise sur sa pensée. Le fait que plusieurs élèves de CM1 fassent partie de cette catégorie d'élève pose question. S'agit-il d'une question de développement logique de ces élèves ? Ou d'un développement trop rudimentaire encore des capacités d'écriture et de lecture ? En tout cas ces élèves nous interrogent sur la pertinence de notre dispositif à leur égard.

V – CONCLUSION

Notre projet initial était d'accompagner l'activité de résolution par la production d'écrits qui avaient comme fonction principale d'être des outils au sein de la classe pour communiquer ou débattre et développer ainsi les bases d'une situation de validation en classe. Avec le projet remanié nous avons été amenés à mettre le travail de comparaison et de contrôle de la structure des écrits produits au premier plan de l'activité. Pour ce travail de contrôle de la structure des écrits, nous avons choisi de centrer les élèves sur un problème qui ne présentait pas de difficulté pour être résolu et qu'à juste titre les élèves estimaient « facile ». De ce fait, il n'y avait pas de travail heuristique trop important à la charge des élèves.

Au moment de la conclusion on peut alors se poser deux questions. La première se rapporte aux bénéfices qu'ont tirés les élèves des activités proposées. L'autre est de savoir si en centrant l'attention des élèves sur un problème facile nous avons permis aux élèves de progresser sur les apprentissages mathématiques.

Une observation nous donne d'emblée une indication : l'engouement des élèves que nous avions noté initialement à propos du problème des mélanges avec des proportions difficiles à comparer ne s'est pas démenti lors du travail d'observation de la structure des écrits produits à propos du problème plus facile. Tant dans la phase individuelle d'examens des productions des camarades que dans la synthèse des remarques et la réécriture du raisonnement, ces élèves qui *a priori* pouvaient éventuellement rechigner à « écrire » ont pleinement été concentrés, actifs et intéressés. Libérés de la charge heuristique, ils ont pu pleinement se concentrer sur le travail d'analyse de leurs écrits initiaux pour les améliorer à partir de l'observation des écrits des autres élèves. Et de fait, les évolutions des écrits d'Anna, d'Abdallah et d'Hassan montrent qu'un véritable travail de réflexion s'est développé. Ils ont quitté une posture d'écriture « pour dire » pour entrer véritablement dans une posture d'écriture pour « contrôler et développer leurs pensées ». En outre, même si dans la majorité des cas le problème facile était déjà résolu implicitement, on peut voir qu'un travail de repérage et d'appropriation de traitements s'est effectué. Les élèves qui au départ avaient une mauvaise représentation du problème ou entamaient des traitements erronés ont rejoint des élèves qui dès le départ avaient une bonne représentation du problème et des idées de traitements pertinents. L'ensemble des élèves qui sont entrés dans ce travail de reprise et de réorganisation réfléchies des écrits ont eu l'occasion de développer et de s'assurer de la validité de leurs rhétoriques de façon personnelle. Ils ont appris à expliciter, à développer et à conforter leurs raisonnements sur un cas sur lequel ils ont pu s'exercer. On peut faire l'hypothèse que cet apprentissage leur sera utile par la suite pour développer et contrôler leurs idées lorsque les difficultés heuristiques et les notions en jeu seront plus complexes.

Reste pour évoquer une limite de ce travail et les précautions à prendre d'attirer l'attention sur le cas des élèves qui ne sont pas entrés dans un travail de reprise et de réécriture assumées de leurs écrits et qui de ce fait ne progressent pas dans l'appréhension, et *a fortiori*, dans le traitement du problème. Nous émettons l'hypothèse qu'*a priori* ils ont une maîtrise insuffisante de l'écrit pour pouvoir s'exprimer par écrit dans une « posture orale » qui est de dire ce qu'ils pensent. Ils sont encore trop accaparés par l'effort que constitue l'écriture.

Nonobstant cette réserve, nous pensons avoir mis en évidence par cette expérience l'intérêt, et même à notre avis la nécessité, de leur donner des occasions d'effectuer des travaux de reprise et de réorganisation réfléchies d'écrits personnels, indépendamment d'autres occasions d'écrire pour chercher, communiquer ou mémoriser telles qu'elles sont décrites dans les instructions des programmes.

BIBLIOGRAPHIE

ADJIAGE R. (2001) *Maturations du fonctionnement rationnel, Fractions et décimaux : acquisitions d'une classe, projets de programme 2000 pour l'école élémentaire*, ANNALES de DIDACTIQUE et de SCIENCES COGNITIVES, **7**, IREM de Strasbourg, 7-48.

ALARCON J. (1982) L'appréhension des situations probabilistes chez des élèves de 12-14 ans résultats d'une enquête proposée à des élèves de 4ème et de 5ème, thèse de 3ème cycle, IRMA, ULP de Strasbourg.

BROUSSEAU. G. (1998) Théorie des Situations Didactiques, *La pensée sauvage, Grenoble*.

BUCHETON D., CHABANNE J-C. (2002) Parler et écrire pour penser, apprendre et se construire ; l'écrit et l'oral réflexifs, *Education et Formation, Presses Universitaires Française, Paris.*

DUVAL R., EGRET M.A. (1989) *L'organisation déductive du discours, Interaction entre structure profonde et structure de surface dans l'accès à la démonstration,* ANNALES de DIDACTIQUE et de SCIENCES COGNITIVES, **2**, IREM de Strasbourg, 25-40.

DUVAL R., EGRET M.A. (1989) *Comment une classe de quatrième a pris conscience de ce qu'est une démarche de démonstration*, ANNALES de DIDACTIQUE et de SCIENCES COGNITIVES, **2**, IREM de Strasbourg, 41-64.

DUVAL R. (1995) Sémiosis et pensée humaine**,** *Peter Lang, Berne*.

DUVAL R. (1998) *Écriture et compréhension : pourquoi faire écrire des textes de démonstration par les élèves*, Actes du colloque : Produire et lire des textes de démonstration. 23-24 janvier 1998, *Laboratoire de Didactique des Mathématiques, Université de Rennes 1*, 79-98.

DUVAL R. (2000) *Écriture, raisonnement et découverte de la démonstration en mathématiques*, Recherches en didactique des mathématiques, **20**, *La pensée Sauvage-Editions, Grenoble*, 135-170.

ERMEL Équipe de didactique de mathématiques), DOUAIRE J. (Dir.), HUBERT C. (Dir.) (1999) Vrai ? Faux ?... On en débat ? De l'argumentation vers la preuve en mathématiques au cycle 3, *INRP, Paris*.

JULO J. (1995) Représentation des problèmes et réussite en mathématiques, *Presse Universitaire de Rennes*.

MINISTÈRE DE LA JEUNESSE DE L'ÉDUCATION NATIONALE ET DE LA RECHERCHE (2002) Mathématiques cycle des approfondissements (cycle3), *Collection École, Documents d'application des programmes, CNDP*.

NOELTING G (1980) *The Developpement of Proportional Reasoning and the Ratio Concept*, Educational Studies in Mathematics, *Cambridge*, 217- 253.

RAUSCHER J-C. (2001) *Une production écrite des élèves au service des apprentissages dans le domaine numérique*, ANNALES de DIDACTIQUE et de SCIENCES COGNITIVES, **7**, *IREM Strasbourg*, 49-76.

RAUSCHER J-C. (2003) *Mise à l'épreuve de l'accompagnement d'activités mathématiques par des écrits réflexifs au cycle 3 et en début de collège*, Actes du colloque « Constructions des connaissances et langage dans les disciplines d'enseignement », Université Victor Segalen Bordeaux 2, avril 2003, *Cédérom, IUFM d'Aquitaine-Université Bordeaux 2*.

VYGOTSKI L. (1934/1997) Pensée et langage, *La Dispute*, *Paris*.

ANNEXE 1

Le goût de la grenadine

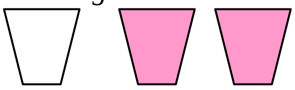
Voici trois problèmes

Vous travaillez à deux. Vous allez examiner ces problèmes. Vous réfléchirez d'abord ensemble. Puis chaque élève écrira sur sa feuille quel est le problème qui d'après lui est le plus facile, puis le plus difficile. Sur cette feuille, il expliquera clairement ses choix. Nous ramasserons les feuilles.

PROBLÈME N°1

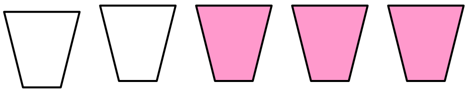
Dans une grande cruche, on mélange un verre d'eau avec deux verres de grenadine. Les verres sont pleins à ras bord.

1er mélange



Dans une autre grande cruche, on mélange deux verres d'eau avec trois verres de grenadine.

2ème mélange

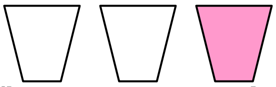


Question *: quel mélange a le plus le goût de la grenadine ?*

PROBLÈME N°2

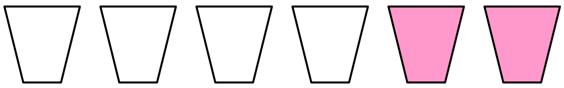
Dans une grande cruche, on mélange deux verres d'eau avec un verre de grenadine. Les verres sont pleins à ras bord.

1er mélange



Dans une autre grande cruche, on mélange quatre verres d'eau avec deux verres de grenadine.

2ème mélange

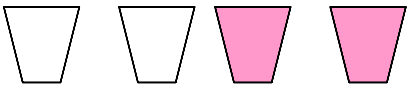


Question *: quel mélange a le plus le goût de la grenadine ?*

PROBLÈME N°3

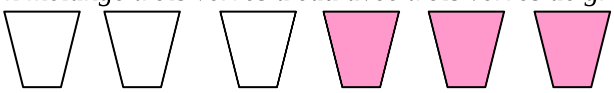
Dans une grande cruche, on mélange deux verres d'eau avec deux verres de grenadine. Les verres sont pleins à ras bord.

1er mélange



Dans une autre grande cruche, on mélange trois verres d'eau avec trois verres de grenadine.

2ème mélange

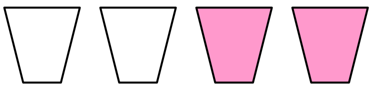


Question *: quel mélange a le plus le goût de la grenadine ?*

PROBLÈME N°4

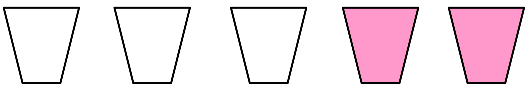
Dans une grande cruche, on mélange deux verres d'eau avec deux verres de grenadine. Les verres sont pleins à ras bord.

1er mélange



Dans une autre grande cruche, on mélange trois verres d'eau avec deux verres de grenadine.

2ème mélange



Question *: quel mélange a le plus le goût de la grenadine ?*

Feuille réponse :

Le goût de la grenadine

Le problème le plus facile est le problème n° :
Pourquoi, à ton avis, est-il le plus facile

Le problème le plus difficile est le problème n° :
Pourquoi, à ton avis, est-il le plus difficile ?

ANNEXE 2

Le goût de la grenadine : aujourd'hui, améliorons nos réponse !

Rappel
Dans le travail de mardi, intitulé "le goût de la grenadine", il s'agissait de comparer chaque fois deux mélanges d'eau et de grenadine. On demandait alors aux élèves de dire si le problème était plutôt facile ou plutôt difficile et d'expliquer pourquoi.

But du travail aujourd'hui
On a constaté que certaines de vos réponses étaient souvent incompréhensibles ou incomplètes. Le but du travail aujourd'hui est que tous les élèves s'améliorent à ce sujet.

Travail
Voici les réponses de quelques élèves de la classe à propos d'un des quatre problèmes.
Par deux vous allez lire ces réponses individuellement et écrire ensuite ce qui manque à votre avis dans certaines de ces réponses.
Comparez ensuite les réponses avec celles du voisin et complétez au stylo vert.

Ce problème est… :

Réponse 1 : ***plutôt facile car il y a trois verres d'eau et deux verres de grenadine au 2ème mélange, tandis qu'au 1^er^ mélange, il y a deux verres d'eau et 2 verres de grenadine donc c'est sûr.***

Réponse 2 : ***plutôt facile car le 1^er^ mélange est égaux, ça a le même goût.***

Réponse 3 : ***le plus facile car le 1^er^ mélange a deux verres d'eau et de grenadine.***

Réponse 4 : ***plutôt facile car il y a 2 verres d'eau et 2 verres de grenadine donc on sent encore la grenadine et au 2^ème^ mélange il y a 3 verres d'eau et 2 verres de grenadine alors maintenant on ne sent plus le goût alors c'est le premier mélange qui sent la grenadine.***

Réponse 5 : ***le plus facile parce qu'au 1^er^ mélange, il y a deux verres d'eau et deux verres de grenadine. Au 2^ème^ il y a trois verres d'eau et deux verres de grenadine.***

Réponse 6 : ***le plus difficile car il y a moins de grenadine que de l'eau alors plus d'eau.***

Feuille réponse :

Ce qui manque à la réponse 1 :

Ce qui manque à la réponse 2 :

Ce qui manque à la réponse 3 :

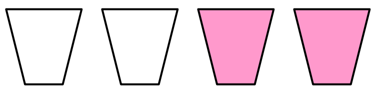
Ce qui manque à la réponse 4 :

Ce qui manque à la réponse 5 :

Ce qui manque à la réponse 6 :

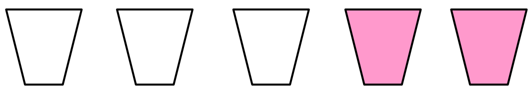
Comme tu le constates, la majorité des élèves ont à juste titre trouvé ce problème facile. Il s'agissait du problème n°4 où il s'agissait de comparer les mélanges suivants :
Dans une grande cruche, on mélange deux verres d'eau avec deux verres de grenadine. Les verres sont pleins à ras bord.

1^{er} mélange



Dans une autre grande cruche, on mélange trois verres d'eau avec deux verres de grenadine.

$2^{ème}$ mélange



Relis les réponses données par les élèves. Puis, en tenant compte des remarques faites aujourd'hui, réponds le plus complètement possible à la question :

Quel mélange a le plus le goût de la grenadine et pourquoi ?

ACTIVITÉS DE CLASSIFICATION ET CONSTRUCTION DE DÉFINITIONS À L'ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE

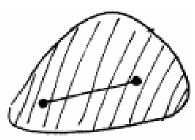
Cécile OUVRIER-BUFFET
ATER, IUFM de Grenoble
Laboratoire Leibniz
cecile.ob@wanadoo.fr

Résumé
Les programmes de l'école élémentaire insistent, en géométrie, sur les activités de comparaison, reproduction, description, construction, et représentation : aucune mention n'est actuellement faite des activités de classification, alors que celles-ci amènent les élèves à dégager ou à préciser des critères de classement, ces critères pouvant ainsi être associés aux propriétés mathématiques caractérisant les objets d'une même classe. Le but est ici de nous interroger sur les connaissances et compétences en jeu dans les situations de classification, l'objectif étant de les faire vivre en classe. Pour cela, nous proposons dans cette communication une nouvelle lecture des activités de classification : celle de la construction de définitions.

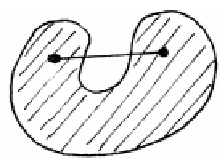
Une étude épistémologique de processus de construction de définitions nous permet en particulier de faire une analyse des situations en terme de dialectique entre construction de définitions et formation de concepts, mais aussi de caractériser la gestion par l'enseignant de ces mêmes situations.

Mots-clés : Classification - construction de définitions - convexe.

Marcel Berger parlant de « choses convexes » lors de la conférence inaugurale de "MATh.en.JEANS" au Palais de la Découverte (1992) :



« Un convexe, c'est quelqu'un qui est tel que, chaque fois qu'on prend deux points dedans tout le segment qui les joint est dedans.



Vous avez là quelque chose qui n'est pas convexe. Si vous aimez les fractals alors il faut quitter la salle parce que le convexe c'est typiquement un non-fractal. La convexité c'est une sorte de garantie, d'assurance, de contrôle : elle garantit que vous n'avez pas de trou, pas de creux, pas de gondolement. »

La présentation du concept de 'convexité' est ici remarquable : la donnée d'un exemple et d'un contre-exemple vient illustrer la définition mathématique, cette dernière étant augmentée d'une description 'morphologique' de ce qu'est une figure convexe. Il convient de noter ici que l'appréhension du concept 'convexe' est rendue possible par quatre voies complémentaires que nous qualifierons de nécessaires : une définition en langage mathématique, l'illustration par un exemple ET un contre-exemple de la délimitation entre figures convexes et figures non-convexes (ce qui nous ramène à l'origine étymologique du mot même 'définition', à savoir 'délimitation'), une représentation géométrique du propos, une définition en langage naturel. Il resterait à caractériser un ensemble de situations rendant le concept de ‘convexe’ pertinent pour que la compréhension de ce concept soit achevée.

Cet exemple nous permet de souligner combien l’activité de classification est liée à celle de définition. En effet, établir deux classes revient à délimiter un concept par ce qu’il est et ce qu’il n’est pas. Nous proposons dans cette communication de considérer une situation de classification autour du difficile concept de convexité et de l’analyser sous l’angle de la construction de définitions. Nous rapporterons dans un second temps les résultats d’une telle expérimentation réalisée en classe de cycle 3.

I – CLASSIFICATION ET CONSTRUCTION DE DÉFINITIONS

I – 1 Articulation entre classification et définitions

Rappelons qu’il existe deux pièges de la définition (d’après Kahane, 1999) : celui de croire facile à acquérir ce qui est simple à énoncer et celui consistant à trop se fier aux définitions car celles-ci résultent d’un choix, et ne laissent ainsi à voir qu’un aspect du concept. Ainsi en va d’une définition donnée à un élève, lors d’une présentation de nature axiomatique. Une voie de recherche est ouverte par la considération de la construction de définitions comme un balisage de la formation de concept chez l’apprenant. Nous avons souligné en introduction un lien entre l’activité de classification et celle de définition. Ajoutons à cela l’importance dans la classification des aspects de généralisation et de dénomination : « Classification et généralisation doivent être jointes. Utiliser un nom pour une espèce, c’est vouloir faire des généralisations et former des anticipations concernant des individus de cette espèce. Aussi bien, utiliser un nom commun pour classer, c’est en l’utilisant vouloir le projeter » (Hacking, 1993).

L’importance du travail sur les propriétés d’objets géométriques lors d’activités de classification a été notée par Freudenthal (1973) et Fletcher (1970). Nous allons reprendre ce fil en considérant une activité de classification et en l’étudiant au travers de la construction de définitions, précisant ainsi un mode de gestion particulier de situations de classification. Pour cela, revenons tout d’abord sur les conceptions communes sur la définition en mathématiques.

I – 2 Conceptions courantes sur la définition

Nous nous appuyons ici sur des travaux français et anglo-saxons réalisés auprès d’enseignants du primaire et du secondaire (Borasi 1992, Ouvrier-Buffet 2003, Shir 2005). Ils nous permettent en effet d’être au fait de ce que les enseignants peuvent avoir comme conception sur la ‘définition’ en mathématiques et ainsi d’anticiper les modes de gestion qu’ils peuvent mettre en œuvre dans des situations de construction de définitions.

De ses travaux, il se dégage que :

- une définition doit être minimale, non redondante (ceci est conforme avec le classique aspect logicien des théories mathématiques bien ‘formées’ et conduit à donner dans une définition une caractérisation nécessaire et suffisante du concept en jeu). Cela va de pair avec la conception qu'une définition doit être opératoire et doit avoir une place dans les démonstrations ;

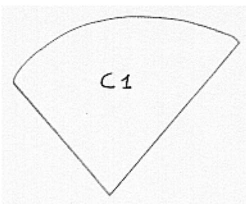
- une définition, c'est la donnée d'un nom : remarquons que l'aspect 'dénomination' est très présent chez les enseignants, alors que notre étude de la formation de concepts selon la construction de définitions pourrait nous faire minorer en quelque sorte l'acte de donner un nom, la caractérisation passant au premier plan (nous reviendrons sur ce point ci-après) ;
- une définition doit livrer l'existence (et même l'essence …) d'un concept mathématique, ceci conformément à une vision platonicienne selon laquelle un concept pré-existe à sa définition ;
- divers critères de nature langagière viennent s'ajouter aux conceptions précédemment citées à savoir : une définition doit être précise, simple, courte, élégante, familière, et même universelle ;
- enfin, la spécificité des conceptions des enseignants à l'égard du concept de définition est clairement liée à l'apprentissage lorsqu'ils soulignent qu'une définition doit être basée sur des connaissances antérieures et doit permettre à l'apprenant de se constituer sa propre image mentale du concept mathématique défini.

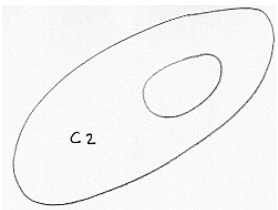
Nous reprenons ci-après, dans l'analyse a priori de la situation expérimentée, les termes d'une étude épistémologique (cf. Ouvrier-Buffet, 2003&2004) afin d'en dégager des outils permettant le balisage de processus définissants, ainsi que la gestion de situations de construction de définitions.

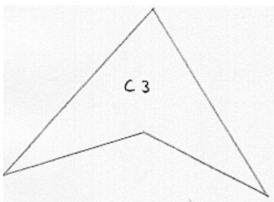
II – UNE SITUATION SUR LA CONVEXITÉ

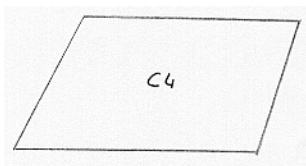
II – 1 Présentation de la situation

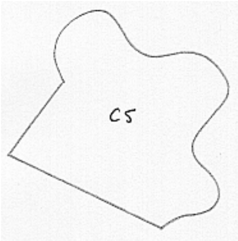
Le matériel à disposition des élèves (cycle 3) est constitué d'objets physiques découpés dans du carton permettant la manipulation et une feuille où les figures sont dessinées (voir figures ci-dessous).

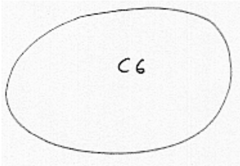


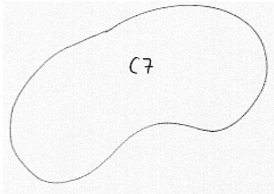


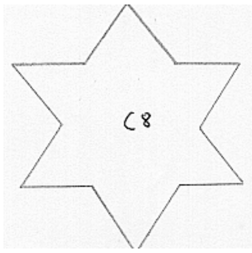












La tâche est énoncée de la façon suivante : « faire deux classes ».

Méthodologie : cinq groupes constitués de trois ou quatre élèves de cycle 3 chacun participent à l'activité. Au niveau du déroulement, un *Gestionnaire-Observateur* (noté GO) est présent et a pour projet de conduire la séance vers la construction de définitions de « convexe », à partir des classes produites par les élèves. Il s'agit donc pour le GO d'utiliser notamment un levier de demande explicite de définition.

II – 2 Analyse a priori

Le concept en jeu est celui de convexe. D'après Fletcher (1970, p. 267s), différentes définitions sont envisageables :

- définition 1 : une figure est convexe si et seulement si, étant donnés deux points P et Q de la figure, tous les points du segment PQ appartiennent à la figure ;
- définition 2 : une figure est convexe si et seulement si toute droite passant par un point quelconque intérieur à la figure, coupe la frontière exactement en deux points ;
- définition 3 : une figure est convexe si et seulement par chaque point de sa frontière il passe au moins une ligne de support. Notons qu'une définition semblable à celle-ci, mais de nature « dynamique » pourrait émerger ; en langage « naturel », il s'agirait de : en parcourant la frontière de la figure, toute la figure est toujours du même côté (un sens de parcours étant choisi). De par son aspect, on peut en imaginer une évolution de par des arguments de nature langagière et logique (cf. § I-2 ci-dessus) ;
- définition 4 : une figure est convexe si et seulement à chaque point P extérieur correspond un point et un seul de la figure qui soit le plus proche de P.

Le choix des figures objet de la classification a été réalisé selon les contraintes suivantes :

- nous avons choisi de tracer au moins une figure avec des traits courbes et non courbes afin de ne pas avoir une classification suivant la caractéristique 'traits courbes et traits droits ?
- nous avons évité les quadrilatères et autres figures géométriques très institutionnalisées (afin de court-cicuiter tout recours à des classifications et définitions pré-établies).

II – 3 Gestion de la situation de classification : vers la construction de définitions

Rappelons que, pour nous, il est nécessaire que la gestion se concentre sur le **processus de construction de définitions**, en tant que savoir transversal, et non pas sur le produit « définition » résultant.

Une étude épistémologique du concept de définition (Ouvrier-Buffet, 2003 & 2004) – étude que nous ne relaterons pas ici dans son intégralité – nous a permis de mettre en relief des leviers agissant sur un processus de construction de définitions. Ce processus s'articule en fait autour de quatre pôles qui sont bien sûr dépendants des types de problèmes considérés. Il s'agit de :

- un pôle *construction de théorie* (qui ne nous concerne pas au primaire) ;
- un pôle *résolution de problème* (comprenant un travail spécifique sur les exemples et contre-exemples) ;
- un pôle *logique* ;
- un pôle *langagier*.

Ainsi, le GO peut agir en classe, en utilisant différents « leviers ». Ces leviers peuvent être relatifs à la définition en tant qu'énoncé définissant : il s'agira alors, pour le GO, de formuler, par exemple, des demandes ayant trait à des aspects langagiers, logiques (voire à l'aspect lexical) de l'énoncé définissant. Des leviers relatifs au concept en jeu pourront être également utilisés : le GO pourra demander explicitement de générer des exemples et contre-exemples, ceux-ci donnant l'opportunité à l'élève de revenir sur la définition qu'il est en train de construire. Soulignons que le travail sur les exemples et contre-exemples n'est pas toujours aisé à mettre en œuvre en primaire. Il reste néanmoins premier lors de la construction de définitions. Nous soulignons alors l'importance du travail sur les exemples et contre-exemples, spécifique à toute démarche scientifique, pour tester une définition.Par ailleurs, reprendre un trait pertinent énoncé par les élèves est un mode de gestion didactique classique. Un tel geste apparaît comme majeur lors de la gestion de processus de construction de définitions : il permet en effet d'entretenir le processus de dévolution de la tâche « construction de définitions ». [NB : nous entendons « dévolution » comme un processus présent tout au long de la situation, sans réduire ainsi la dévolution à la donnée du problème et à la production de stratégies de base (Brousseau, 1998 – Margolinas, 1993)]. Si un tel geste est notable, celui de demander de renvoyer les élèves à la consigne (écrire une définition) l'est tout autant.

III – PRODUCTIONS DES ELEVES

III – 1 Classes produites

Notons que les classes décrites ci-après ont été réalisées par les élèves uniquement à partir des figures cartonnées. Nous avons regroupé ces différentes classifications en trois catégories : *morphologiques, mathématiques* et *pavage*.

Nous qualifions de *morphologiques* les classifications mettant en œuvre des descriptions ‘physiques’ liées aux formes manipulées. Il s’agit des deux classes suivantes (observées dans la quasi-totalité des groupes observées) :

- arrondis / pas arrondis : dans un groupe, cette classification à amener les élèves à construire verbalement la définition de figure ‘plus arrondie qu’une autre’ par des considérations sur longueur et surface ;
- pointus / pas pointus.

Nous appelons *mathématiques* les classifications faisant preuve de connaissances explicites antérieures de géométrie. Nous en avons dénombré quatre de ce type à savoir : possédant un axe de symétrie / ou non ; polygones / pas polygones ; ayant des diagonales / ou non ; ayant au moins un angle / et les autres.

La catégorie *pavage* correspond en fait aux manipulations des élèves conduisant à l’assemblage de certaines figures entre elle. Les élèves parlent de figures qui "s’accouplent" ou non. A leurs yeux, cette classification leur apparaît comme anecdotique et le vocabulaire qu’ils utilisent alors les fait rire !

III – 2 Cheminement d’un groupe : définitions produites

Nous avons choisi de relater ici le cheminement d’un groupe de trois élèves de CM1-CM2 afin de montrer où peut se situer le processus de construction de définitions en primaire. Nous soulignerons en particulier les conceptions des élèves sur le concept de définition ainsi que la gestion des définitions par le GO.

Le groupe en question a proposé successivement trois classifications :

- les figures possédant un axe de symétrie ou non ;
- celles ayant au moins un angle ;
- ainsi qu’une classification très proche de convexe : « quand on relie les coins, les bords, c’est intérieur ou extérieur ».

La dernière classification a conduit les élèves à élaborer deux classes, deux figures restant cependant non classées (C2 – la pièce trouée – et C5 – la pièce alliant courbes droites et non droites) : « c’est pas bon car il faudrait trois colonnes ».

Les interventions du GO s’organisèrent en trois moments distincts :

- le premier consista en la demande d’obtenir deux classes (répondre ainsi à la consigne), en tranchant pour C2 et C5 ;
- le deuxième fut la donnée du nom de ‘convexe’ : ceci est en accord avec une vision philosophique des définitions (donner un nom avant d’entrer dans la caractérisation, pour savoir ‘de quoi l’on parle’) ;
- le troisième fut, conformément à ce qui était annoncé, la demande d’une définition écrite de convexe.

La réaction des élèves ne s’est pas fait attendre : ils sont allés chercher le dictionnaire, ce qui nous permet de souligner que leur rapport aux définitions mathématiques est de même nature que leur rapport aux définitions lexicales, ce qui n’est pas le cas d’élèves du secondaire. Il s'avère alors que les leviers langagiers et logiques (cf. § II-3) ne peuvent alors pas être utilisés. De plus, pour les élèves, une seule définition suffit, la demande réitérée du GO d'autres définitions n'a eu de réponse que par effet de contrat didactique. Reste alors à la disposition du GO des leviers de nature mathématique, consistant en la recherche de caractéristiques de la convexité : ces leviers comprennent notamment la demande explicite d'exemples et de contre-exemples. Le GO doit être ainsi particulièrement sensible aux potentialités, en terme de construction de définitions, des propriétés caractéristiques en germe dans le discours des élèves.

Voici les définitions successives écrites par ces élèves : nous les articulons avec les interventions du GO.

> Déf-élève 1 : « convexe : figure ayant les points qui se relient à l'intérieur ». "Point" est barré, remplacé par "angles" puis par "angles et arrondis".

GO : quelle est la signification de relier un arrondi ? Précisez arrondi. Le GO demande un exemple et un contre-exemple répondant à la définition 1.

> Déf-élève 2 : « figures régulières (ou irrégulières) se reliant à l'intérieur ». "Irrégulières" est ensuite barré.

Le GO demande alors une autre définition ne mobilisant pas l'idée des traits intérieurs. Ce à quoi les élèves répondent très justement : « quand on relie les points, c'est à l'intérieur. On ne voit pas comment on pourrait dire autrement ». Pourtant, notons que dans le discours des élèves, deux autres définitions auraient pu émerger : la définition 2 et la définition 3.

Suite à cette demande du GO, plusieurs définitions semblables furent écrites :

> Déf-élève 3 : « figure de n'importe quelle forme, quand on relie les points, ils sont à l'intérieur ».
>
> Déf-élève 4 : « convexe : quand on trace les diagonales, ça reste à l'intérieur de la figure ».
>
> Déf-élève 5 : « convexe : quand on relie un point à un autre, la droite ne sort pas de la figure »

Le GO demande alors de considérer non pas des segments mais des droites (pensant à la potentialité de la définition 2). Le lecteur ne sera pas étonné de lire la réaction des élèves : « mais on sort du thème ! Si on trace une droite sur toutes les figures, elles peuvent toutes être non convexes » … ce qui bien sûr ne répondra plus à la consigne, à savoir établir deux classes.

CONCLUSION

L'expérimentation de la construction de définitions en primaire n'est absolument pas de même nature que dans le secondaire : en effet, les élèves de cycle 3 n'ont pas encore une 'culture' des définitions mathématiques, ce qui limite les interventions du GO relativement à la dialectique entre formation de concept et construction de définitions.

Cependant, la richesse conceptuelle que proposent les situations définissantes issues de tâches de classification n'est pas à nier. Cet article illustre les possibilités en termes de gestion de telles situations, pointant particulièrement les leviers permettant d'agir sur un processus définissants. De telles expérimentations seraient à conduire de nouveau, afin d'évaluer plus finement leurs impacts en terme d'appréhension de nouveaux concepts à l'école élémentaire.

BIBLIOGRAPHIE

BORASI R. (1992) Learning mathematics through inquiry, Heinemann – Portsmouth, New Hampshire.

BROUSSEAU G. (1998) Théorie des situations didactiques, *La Pensée Sauvage, Grenoble*.

FLETCHER T.J. (1970) L'apprentissage de la mathématique aujourd'hui – Essai d'une didactique nouvelle pour l'enseignement du second degré, 4ème Edition, *OCDL, Paris*.

FREUDENTHAL H. (1973*) Mathematics as an educational task, Dordrecht, Reidel*.

HACKING I. (1993) Le plus pur nominalisme – l'énigme de Goodman, (Trad. R.Pouivet), *Éditions de l'éclat*.

KAHANE J-P. (1999) Quelques aspects des définitions mathématiques, *Bulletin de l'Union des Professeurs de Spéciales,* **189**, 10-14.

LAKATOS I. (1961) *Essays* in the logic of mathematical discovery, *Thesis, Cambridge (University Library)*.

MARGOLINAS C. (1993) De l'importance du vrai et le faux dans la classe de mathématiques, *La Pensée Sauvage, Grenoble*.

MATH.EN.JEANS (1992) Combien méchant peut être un convexe ? ou quel est le convexe le moins rond, *MATh.en.JEANS au Palais de la Découverte*, 167-172. Ed. MATh.en.JEANS, Paris.

OUVRIER-BUFFET C. (2003) Construction de définitions / construction de concept : vers une situation fondamentale pour la construction de définitions en mathématiques, *Thèse, Laboratoire Leibniz, Université Joseph* Fourier – Grenoble, Disponible en version électronique : http://www-leibniz.imag.fr/~buffet

OUVRIER-BUFFET C. (2004) Dévolution et gestion de situations de construction de définitions en mathématiques. In Symposium « *Travail du professeur et dévolution dans les classes ordinaires* », *Congrès de l'AECSE*, Paris, septembre 2004. Disponible en version électronique : http://www-leibniz.imag.fr/~buffet

SHIR K. & ZASLAVSKY O. (2005, à paraître) 'Students' Conceptions of a Mathematical Definition', *JRME*.

PENSER LA FORMATION AVEC DES CONCEPTS ISSUS DE LA DIDACTIQUE

Annie PEIX
Professeur de mathématiques, IUFM DE LYON
annie.peix@wanadoo.fr

Claude TISSERON
Maître de conférences, UCB LYON1
LIRDHIST-LYON 1
tisseron@univ-lyon1.fr

Résumé

La formation des professeurs d'école doit prendre en compte la demande de l'institution de leur voir réaliser la conduite de problèmes de recherche en mathématiques.

L'observation de classes montre que la gestion de telles situations est extrêmement complexe. En effet, la mise en œuvre et la conduite de situations de classe permettant aux élèves d'exercer une activité autonome de production de savoirs par une recherche et des échanges argumentés entre pairs est pour l'enseignant et les élèves un lieu de négociation et d'élaboration de divers types de répartition des rôles, responsabilités et modalités de fonctionnement et d'utilisation du savoir. Pour nous, la conduite de ces situations est pour l'enseignant un lieu d'expérimentation, de mise en œuvre et d'approfondissement de compétences nombreuses et variées qui lui sont utiles dans l'ensemble de son activité professionnelle. Cette utilité est liée aux nombreuses dimensions (psychoaffective, relationnelle, pédagogique, didactique…) qu'il doit gérer simultanément dans l'action.

L'objectif de la recherche menée pour l'IUFM de Lyon a été de construire une situation de formation à la conduite de problèmes de recherche qui soit aussi une formation à des gestes et attitudes professionnels "génériques". Après une analyse de formations existantes sur ce thème, le repérage de leurs manques par rapport aux besoins exprimés par les enseignants, et un détour par une analyse didactique du dispositif de formation permettant de le repenser, la recherche a permis l'élaboration d'une ingénierie de formation qui sera présentée. Celle-ci permet l'expérimentation réflexive contextualisée de gestes appropriés avec comme référence une théorie du "problème de recherche" construite par les stagiaires eux-mêmes dans la formation.

La méthodologie utilisée pour la conception du dispositif utilise des concepts de la théorie des situations, mais en les repensant dans le contexte de la formation des maîtres. Son intérêt vient de ce que le questionnement et les outils qu'elle propose semblent pertinents pour d'autres disciplines que les mathématiques.

I – LE CADRE DE LA RECHERCHE

I – 1 Le projet de formation, le *problème ouvert* comme problème de recherche

La finalité du projet de formation est de mettre à la disposition des professeurs d'école des organisations raisonnées de situations permettant que "l'élève soit confronté à de véritables problèmes de recherche", comme il est mentionné depuis de nombreuses années dans les I.O.

Il s'agit de donner aux professeurs d'école les moyens de conduire de façon appropriée des problèmes de recherche en classe : fournir un ancrage théorique (faire comprendre pourquoi ça marche) ; donner des outils didactiques et pédagogiques (faire comprendre et montrer comment le faire) ; constituer un rapport au savoir approprié.

Les situations proposées en formation font référence à la pratique d’innovation du *problème ouvert* mise en place par l’IREM de Lyon depuis une quinzaine d’années, et qui a montré son efficacité pour modifier le rapport aux mathématiques tant pour les élèves de collège (Arsac et al., 1988) que pour les futurs professeurs d’école en formation initiale (Peix, mémoire de DEA, 1997, et Peix, Tisseron, 1998). Des difficultés de diffusion de cette innovation ont été montrées dans (Arsac et al., 1992).

Si le problème ouvert a fait l'objet de nombreuses expérimentations et recherches, en particulier sur le scénario et le rôle du maître, au niveau du collège, le problème de sa transposition à l'école élémentaire - comme exemple typique de problème de recherche - n'est pas résolu. Les formations étudiées au début de cette recherche confirment la difficulté dans laquelle se trouvent les enseignants pour réaliser à leur satisfaction la conduite de problèmes de recherche. Cette difficulté est due à l'absence "d'au moins une technique, à portée non vide, relativement fiable et assez facilement maîtrisable, pour accomplir ce type de tâches" pour reprendre l'expression que (Chevallard, 1996) utilise à propos de tâches à réaliser au lycée.

I – 2 Le problème de la formation

Si la description des dispositifs et de leurs modalités de gestion fournit des techniques enrichissant l'outillage pédagogique de l'enseignant, le problème de la formation est de permettre l'intégration d'attitudes et de compétences nouvelles qu'implique une complexification des rôles à tenir par les enseignants au sein de ces nouvelles tâches. Cette évolution ne va pas de soi : beaucoup d'enseignants de mathématiques ont encore du mal à intégrer des problèmes de recherche dans leur pratique usuelle d'enseignement. Cette difficile intégration n'est pas seulement due au fait que les contenus d'enseignement eux-mêmes et l'évaluation de leurs apprentissages n'en nécessitent pas directement l'usage. Elle vient aussi des résistances des enseignants aux coûts cognitif et organisationnel de changements complexes, dans un milieu par ailleurs bien régulé au sein de contraintes extrêmement fortes (Crahay, 1989).

I – 3 Une hypothèse

Nous faisons l'hypothèse que la conduite réfléchie de problèmes de recherche est un instrument de développement de compétences professionnelles en ce qu'elle permet à l'enseignant d'expérimenter de nouveaux rôles, par exemple en donnant aux élèves davantage de responsabilités.

Cette responsabilisation des élèves s'accompagne naturellement du développement de leur autonomie et de leurs capacités d'écoute mutuelle et d'argumentation lors de tâches coopératives. Pour cela cette responsabilisation nous paraît l'élément clé (ou fondateur) d'un contrat pédagogique spécifique. En effet, le type de contrat d'un problème de recherche en autonomie implique une complexification des fonctions de l'enseignant, car celui-ci doit intégrer dans une pratique coutumière requise par les exigences du programme, l'inconnu d'une situation nouvelle en grande partie dévolue aux élèves, au sein de laquelle il doit assumer divers rôles. Ces différents rôles impliquent la construction par l'enseignant de leur signification par rapport à une conduite de classe plus "directive" qui reste largement dominante par ailleurs.

De plus, pour nous, l'importance de la formation à tenir ces différents rôles tient au fait que ceux-ci peuvent être utilisés au quotidien en dehors des situations spécifiques de recherche, et qu'ils correspondent à une attitude dans laquelle le travail de l'élève est reconnu pour ce qu'il est et l'erreur est constitutive de l'apprentissage. La capacité à adopter une telle attitude ne va pas de soi et son adoption constitue pour Favre (1995) une rupture par rapport à l'attitude courante dans laquelle l'erreur doit être évitée.

II – LES FORMATIONS OBSERVÉES EN 1999-2000

L'objet de la recherche en 1999-2000 consistait à identifier ce qui est pris ou non en charge par des formations existantes sur le problème de recherche dans l'Académie de Lyon, et comment est assurée cette prise en charge.

Partant des formations antérieures existantes, nous les avons modifiées pour en améliorer l'efficacité, en précisant les objectifs de formation, puis nous avons mis en œuvre une nouvelle formation de 9 heures, intégrée à un stage de formation continue cycle 2. Cette formation se déroulait ainsi : 6h, puis expérimentation en classe, puis 3h.

Par ailleurs, nous avons observé trois modules de formation initiale en PE2 à l'IUFM de Lyon, s'articulant aussi autour d'une expérimentation en classe.

Les résultats d'observation sont en accord avec nos hypothèses de départ. Dans les modules PE2 observés, nous constatons une permanence des questions des stagiaires sur divers points, et ceci même après les expérimentations en classe. Il s'agit d'abord de l'intérêt du problème de recherche pour l'élève et pour le maître et de sa place dans l'ensemble des activités en termes de cohérence et d'économie. Il y a aussi des questions récurrentes sur la gestion du travail de groupe, le type de production exigible en termes d'exactitude et de reflet des recherches du groupe, la gestion de l'expression écrite et orale, les modalités de validation du problème et plus généralement la question de la conclusion de la situation. Plusieurs de ces questions sont très présentes en particulier au cycle 2.

Pour toutes les formations observées, on constate une appropriation très variable du dispositif par les stagiaires. De plus, l'analyse des échanges montre une prise en charge insuffisante de certaines difficultés des stagiaires par le dispositif de formation, en particulier pour les questions citées. C'est à dire que l'analyse de l'ingénierie de problème ouvert proposée est souvent alimentée par les remarques des stagiaires observateurs, mais de fait prise en charge par le formateur.

De plus, les réponses apportées par le formateur sont souvent formulées en termes de conviction personnelle, de croyance dans les effets du problème ouvert observés de façon répétée. Sans exclure ce registre d'expression de croyances et convictions, il semblait nécessaire d'aller au-delà dans notre visée de construction de savoirs professionnels.

On peut interpréter d'une part les problèmes et questions soulevés par les stagiaires à propos de la pertinence et des modalités de la mise en œuvre de problèmes ouverts et d'autre part leur faible prise en charge par le dispositif de formation comme des indicateurs de problèmes de "transposition".

En juin 2000, suite à ces analyses de protocoles, nous formulions l'hypothèse que pour améliorer la formation, il nous fallait donner non seulement des techniques, mais aussi des outils didactiques (des références théoriques) qui permettent à l'enseignant de penser et d'adapter ces techniques, c'est-à-dire d'organiser et de conduire les problèmes de recherche, en fonction du cycle concerné. Nous explicitions ces outils théoriques comme relevant des notions de contrat/milieu, dévolution/institutionnalisation et validation avec le rapport aux mathématiques et à l’erreur.

On était ainsi dans une perspective de transposition des notions didactiques. Mais la contrainte de courte durée de la formation et le désir d'y maintenir une expérimentation rendent difficiles des apports théoriques didactiques conséquents.

Il semblait aussi que, pour répondre aux besoins de cohérence et d'économie exprimés par les stagiaires, il fallait montrer comment intégrer ces problèmes de recherche à l'ensemble des activités mathématiques, de façon à ce que leur mise en œuvre soit clairement finalisée, participe d'une dynamique globale, et que l'enseignant puisse faire vivre et utiliser le contrat créé lors de ces situations. Il nous fallait donc repenser le dispositif de formation en nous appuyant sur ces conclusions.

III – RETOUR SUR LE DISPOSITIF DE FORMATION ET LES SAVOIRS EN JEU

En septembre 2000, au vu de la complexité de la gestion des situations de recherche, qui nous est apparue par les questions des stagiaires dans les études précédentes, nous revenons sur la formation au problème de recherche par le biais des "savoirs professionnels" spécifiques permettant d'en conduire.

En utilisant le langage de la théorie des situations, les formations observées nous sont apparues en septembre 2000 comme de grosses situations dans lesquelles les phases d'action étaient prédominantes relativement aux savoirs relatifs à l'objet problème de recherche (le quoi). Mais, relativement aux gestes (le comment) et aux savoirs professionnels (le quand et le pourquoi) qui en permettent une réalisation appropriée, la formation fonctionne suivant un contrat comparable au contrat d'ostension défini par Brousseau (1995, p. 46) pour l'apprentissage des mathématiques. En paraphrasant Brousseau, le formateur "montre" un objet, ou une propriété de la situation, le stagiaire accepte de le "voir" comme le représentant d'une classe dont il devra reconnaître les éléments dans d'autres circonstances. La connaissance relative aux gestes et savoirs professionnels en jeu n'est pas *construite* par les stagiaires ni explicitée sous forme d'un savoir.

Le formateur utilise un répertoire de reconnaissance à la portée des stagiaires qui doivent voir la même chose que lui dans les objets présentés. Le formateur fait l'économie des situations de "formulation" des savoirs professionnels en jeu et de l'organisation du savoir correspondant.

Suite à ce constat, il nous apparaît que pour améliorer la formation, il est nécessaire de pouvoir expliciter les savoirs professionnels en jeu, puis de repenser la formation à ces savoirs. Pour repenser la formation, c'est-à-dire le dispositif de formation, nous utilisons la théorie des situations comme cadre de pensée pour faire en sorte que les savoirs (professionnels) visés *émergent des situations de formation avec une construction par les stagiaires eux-mêmes*, c'est à dire avec le minimum de "monstration" par le formateur.

La question pour les formateurs est alors de construire des situations de formation permettant, favorisant, induisant l'émergence de connaissances qui s'installeront comme savoir de la formation pour contrôler ensuite les actions conduites en classe, *a priori* pour les préparer, puis *a posteriori* pour les analyser. Ce savoir issu de la formation sera pour les stagiaires leur théorie du problème ouvert.

On envisage donc la construction par les stagiaires d'éléments de la théorie du problème ouvert sans donner nécessairement de vocabulaire didactique spécifique, et donc sans faire de l'acquisition d'un tel vocabulaire un objectif de la formation.

Le retour sur les actions réalisées en classe avec un contrôle prenant appui sur cette théorie de référence est envisagé par le biais d'un dispositif destiné à provoquer des argumentations autour des interprétations des actions réalisées en classe, des problèmes rencontrés et des décisions prises.

Ces interprétations confronteront les points de vue issus de la théorie construite collectivement avec les attitudes et comportements provenant de croyances, opinions personnelles, habitus réellement mis en œuvre en classe.

L'argumentation sur les interprétations provoque ainsi l'articulation des savoirs spécifiques de l'objet "conduite de problèmes de recherche en classe" avec les rapports personnels des stagiaires à cet objet dont elle convoque l'expression.

C'est à partir de ces idées générales que nous envisageons de réorganiser le dispositif de formation. Nous allons montrer comment nous avons modifié la formation en présentant de façon détaillée le nouveau dispositif repensé. Cette présentation permettra au lecteur d'en avoir une idée globale. Chemin faisant nous montrerons aussi notre interprétation de quelques effets de cette formation en analysant quelques interventions des stagiaires. Puis nous proposerons une analyse a priori de divers aspects du dispositif en utilisant le cadre interprétatif qui a guidé son élaboration.

IV – LA FORMATION EN 2000/2001, MODIFICATION ET ANALYSE

IV – 1 Le contexte des formations

Les deux actions concernées par cette nouvelle étude sont deux stages : en novembre/décembre 2000, le même stage de formation continue avec le même cadre qu'en 1999-2000 (6h en formation, expérimentation, 3h en formation). En janvier/mars 2001, élaboration d'un module de 9h destiné aux professeurs d'école stagiaires (PE2). Ce module est inséré dans un parcours de 30h, au centre local de l'IUFM de Bourg ayant pour thème « rapport au savoir, conduite de classe ». Ce module comporte 6h en janvier puis une expérimentation en classe avec un retour en avril de 3h.

Les observables pour les actions concernées sont composés des éléments suivants : les transparents produits par les observateurs lors de la recherche du problème, les affiches produites par les stagiaires pour l'analyse de la situation vécue, les échanges des stagiaires lors de cette analyse et synthèse du formateur (protocole), les affiches produites pour l'analyse de l'expérimentation en classe, les échanges des stagiaires lors de cette analyse et la synthèse du formateur (protocole).

IV – 2 Description de la formation : les nouveaux outils de la formation

Les diverses étapes

Elles sont dans leurs intitulés les mêmes que dans les dispositifs antérieurs. Mais elles diffèrent dans leurs objectifs et les formes de travail proposées qui découlent des consignes modifiées. Pour la compréhension du lecteur, nous énumérons d'abord ces étapes, puis nous précisons ensuite les modalités de réalisation.

L'étape 1 est une recherche de problème en groupe. Il s'agit comme dans les stages précédents de faire vivre complètement une recherche de problème ouvert : recherche de problème en groupe et production d'une affiche avec débat collectif de validation, puis expression orale du vécu sur cette expérience.

L'étape 2 consiste en une analyse en petits groupes de la situation vécue. Nous allons présenter ci-dessous la consigne modifiée.

L'étape 3 consiste en échanges entre les stagiaires et une synthèse en grand groupe. Nous allons présenter ci-dessous la consigne modifiée.

L'étape 4 est la préparation de l'expérimentation en classe. Nous allons présenter la grille de préparation modifiée et la consigne de retour modifiée.

L'étape 5 est le retour sur l'expérimentation. Nous allons présenter le nouveau dispositif d'analyse et la synthèse enrichie.

Comme il n'y a rien de modifié dans l'étape 1, nous n'y revenons pas et nous commençons l'explicitation des modifications avec l'étape 2.

Étude de l'étape 2 : Analyse de la situation problème ouvert vécue à l'étape 1

Les groupes sont identiques aux groupes de l'étape 1. Chaque groupe doit produire une affiche pour décrire le dispositif qu'il vient de vivre à l'étape 1. L'ancienne consigne de 1999 était la suivante :

> ***Vous venez de mettre en évidence certains effets produits lors de cette recherche de problème (essais, conjectures, richesse de la recherche, implication pour chercher et pour prouver, diversité des démarches, plaisir de faire des mathématiques,…).***
> ***Qu'est-ce qui a pu, selon vous, produire de tels effets ?***
> ***Poser des questions sur les divers éléments de la situation, <u>en évoquant des faits précis</u> qui ont eu lieu. Pour chaque point, faire ressortir les éléments de la synthèse.***

Cette consigne visait à permettre aux stagiaires de reconnaître ce qui dans le dispositif pouvait produire les effets qu'ils avaient rencontrés et invitait directement à un débat oral sur ce point. La consigne de 2000 vise davantage à faire travailler les *relations* du dispositif problème ouvert et *sous une forme différente*. La voici ***:***

> ***Cette situation de recherche de problème, telle qu'elle a été conduite, a produit certains effets que vous avez mis en évidence.***
> ***Nous vous proposons de travailler maintenant sur la situation vécue, son dispositif, pour mieux en comprendre le fonctionnement, et pouvoir disposer de points d'appui pour à votre tour conduire de telles situations en classe, et obtenir les effets attendus.***
> ***Vous utiliserez à votre guise l'espace de l'affiche pour mettre en évidence les relations entre les éléments de la situation et les effets qu'ils produisent.***

L'avantage d'une représentation graphique pour les stagiaires est de limiter l'usage de la langue aux éléments repérés, pour que les exigences de formulation ne fassent pas obstacle à la production de liens significatifs. Par ailleurs, du point de vue de l'analyse du dispositif, elle constitue un élément de symbolisation de l'expérience vécue dans le dispositif problème ouvert sur un registre graphique qui complète les registres sensori moteur et langagier mis en œuvre dans l'expérience.

Les affiches produites montrent bien un souci de mise en évidence d'une organisation de la situation, une recherche de liens entre différents moments de la situation, symbolisés par des flèches. On y voit aussi une mise en évidence du rôle de chaque moment : par exemple sur l'une des affiches sont explicités le rôle du travail de groupe, le rôle de l'affiche, le rôle du maître.

Ce travail sur l'affiche, avec la consigne telle qu'elle a été donnée, a bien permis en un temps raisonnable (une petite heure) la formulation par les stagiaires des fonctions spécifiques des différents moments et de leurs articulations, ainsi qu'une explicitation et un début d'analyse du rôle du maître.

Étape 3 : échanges entre stagiaires, synthèse en grand groupe

Il y eu modification de l'orientation des échanges et de la synthèse en mettant l’accent dès le début sur les objectifs de la situation problème ouvert.

Les effets de la production des représentations graphiques -dont on remarque la richesse- apparaissent bien dans les échanges entre stagiaires autour de leurs affiches. Voici deux exemples d'échanges entre stagiaires sur les affiches :

> Ensuite l’élève à la fin du travail de groupe, il expliquait son travail et il argumentait ce qu’il avait fait, ça permet aussi aux élèves de découvrir d’autres pistes de travail, d’autres façons d’avoir traité le problème et l’énoncé. On a dit aussi que ça permettait, enfin dans le groupe, un partage du travail et une certaine spécialisation parce qu’on n’a pas non plus travaillé de la même façon. Moi j’ai dessiné beaucoup, et par contre j’ai été bloquée après …

Outre l'explicitation de fonctions spécifiques du dispositif, ces citations nous montrent une appropriation de la situation par des va et vient entre une projection dans la position de l'élève puis un retour au vécu du groupe.

Dans l'exemple ci-dessous, il y a pointage d’éléments du rapport au savoir de l ’élève en problème ouvert :

> Et puis ce travail de groupe permettait aussi aux élèves d’émettre des hypothèses et de tenter de vérifier ce qui n’empêchait pas, pendant un certain temps, de rester sur des erreurs. Par exemple, dans le groupe, il y a une loi qui ...

Au fur et à mesure des échanges, le formateur reformule les remarques des stagiaires pour accentuer le caractère de généralité qui est déjà souvent présent. L'accent est mis sur l'organisation de la situation et l'analyse a priori avec les liens entre : objectifs - type d’énoncé - dispositif - rôle du maître et la conduite à travers les rôles du maître.

Étape 4 : Préparation de l’expérimentation

L'ancienne consigne consistait en une demande de préparation collective en petit groupe d'un problème ouvert en classe, incluant le choix et l'adaptation d'un énoncé et un début d'analyse a priori. Dans la nouvelle grille de préparation écrite, les stagiaires doivent, en plus de l'anticipation de l'expérimentation, ***indiquer un objectif personnel de formation par rapport à la conduite de problème ouvert.***

De plus, en vue de l'analyse de l'expérimentation, la consigne précise : "***Notez, pour le retour vos remarques par rapport à vos objectifs personnels de formation".***

L’objectif personnel de formation sert de fil conducteur pour le stagiaire, et incite à une attitude réflexive. Nous faisons aussi l’hypothèse que se fixer cet objectif joue sur l’anticipation de la situation que le stagiaire construit pour son expérimentation.

Étape 5 : Retour sur l’expérimentation

Ce retour utilise un nouveau dispositif d ’analyse de l'expérimentation faite en classe. Nous ne revenons pas sur le premier dispositif de 99-00. Nous présentons directement l'organisation du travail dans cette étape avec les consignes proposées. Cette étape comporte trois moments :

1. Un bilan individuel à partir d'une grille qui donne des pistes pour ce bilan.

2. Un bilan par groupe ayant préparé collectivement l'expérimentation par niveau de classe et problème, ce bilan est élaboré sous forme d'une affiche qui est commentée lors des échanges.

3. Des échanges sur les affiches.

IV – 2.1 Bilan individuel avec une grille

La nouvelle consigne orale est la suivante : "***Vous listez : ce qui a été conforme aux prévisions, ce qui n 'a pas été conforme***". Elle est accompagnée d'une grille d'aide à l'analyse distribuée par écrit et qui est reproduite ci-dessous.

DES PISTES POUR FAIRE UN BILAN DE VOS OBSERVATIONS
1. Bilan du point de vue des élèves
- Types de procédures apparues.
- Comportement des élèves pendant la recherche.
Évolution éventuelle par rapport au comportement habituel en mathématiques.
- Nature des échanges, pendant la recherche et pendant le débat.
- Comment s'est fait l'accord sur la validité des solutions ?

2. Bilan du point de vue de la mise en œuvre
- La consigne : a-t-il fallu la donner plusieurs fois ? la compléter ? la reformuler ?
- Avez-vous eu besoin de relancer la recherche et comment cela s'est-il passé ?
- Sous quelle forme ont été recueillies les procédures ? Dans le cas d'une affiche, y a-t-il eu des résistances pour la rédiger ?
- Organisation et gestion du débat.
Faites part des autres points que vous souhaitez voir aborder.

IV – 2.2 Bilan par groupe/niveau de classe/problème

Les groupes sont les mêmes que pour les préparations d'expérimentations. La nouvelle consigne distribuée par écrit et reprise à l'oral est la suivante :

Réalisez une affiche en 2 colonnes : ce qui a été conforme aux prévisions, ce qui n’a pas été conforme.
Dans chaque colonne (conforme, non conforme), vous faites en groupe le choix d’un ou deux éléments sur lesquels il vous semble important de travailler : un élément de réussite, un élément de difficulté.
Pour ces éléments choisis, vous vous mettez d’accord sur une explication : vous explicitez les éléments de la situation qui permettent d’expliquer la conformité ou l’écart avec vos prévisions. Pour cela, vous pouvez vous aider des éléments mis en évidence lors de la séance précédente : document « Le problème ouvert à l’école », l'affiche de votre groupe sur l’analyse de la situation vécue.
Un rapporteur par groupe.

Cette consigne vise à forcer l'analyse sur les éléments conformes explicables par le dispositif, et ceux non conformes. Cette non conformité peut être imputée soit à la complexité de sa réalisation effective, soit à des contraintes spécifiques aux classes, soit aux conceptions des enseignants, et ceci de façon évidemment non exclusive.

Les analyses et interprétations du moment suivant visent à départager ce qui relève des contraintes externes et ce qui relève des conceptions.

IV – 2.3 Échanges sur les affiches, exemples de citations de stagiaires

L'objectif de ces échanges est de provoquer le repérage par les enseignants des liens entre la *situation* problème ouvert et ses effets sur les modalités de travail des élèves, ainsi que sur les rôles et attitudes que cela suppose, qui peuvent être en conflit avec leurs propres conceptions. Par ailleurs ils permettent aussi d'affiner les interprétations des consignes par la reconnaissance des variantes possibles et de leurs effets.

Si en 1999-2000, on restait sur du vécu, du type compte-rendu libre d'expérimentation, il nous apparaît qu'en 2000-2001 on obtient en plus des éléments d'analyse qui s'expriment par les liens que les stagiaires établissent entre ce que font les élèves et les aspects spécifiques du dispositif problème ouvert. Les items sont ceux qui sont choisis par les stagiaires pour approfondir ce qui a été constaté. Nous proposons ci-dessous en exemple quelques citations extraites des échanges en FC.

IV – 2.4 Fonctionnement du contrat de recherche

Une acceptation du contrat lié à la situation

> Tous les enfants ont accepté de se laisser conduire dans une situation de recherche et se sont impliqués, aucun n'a été incapable de présenter sa démarche, tout le monde a fourni un document dessin ou autre chose qui montrait sa façon de résoudre.

Les élèves sont conscients de la rupture de ce contrat

> Même s'ils mettent quelque chose ils sont persuadés qu'ils se sont trompés car ce n'est pas comme d'habitude. Ils vont oser quelque chose qu'ils n'oseront pas habituellement, même si ça n'aboutit pas moi je trouve intéressant qu'ils aient osé même si c'est faux.

Les effets sur les initiatives des élèves

> Le problème se prête bien à ce genre de chose, c'est-à-dire qu'on va oser faire, même si moi j'ai une réponse fausse mais malgré tout la démarche est intéressante.

IV – 2.5 L'articulation affiche / travail de groupe / débat

Les inconvénients évoqués sont relatifs à la souffrance, la frustration dues à la complexité de rédaction d'une affiche. Produire une affiche est jugé trop ambitieux au CE1. Il est aussi noté un appauvrissement de l'affiche par rapport au travail de groupe. Les avantages sont du côté de l'intérêt du débat dans les groupes comme compte-rendu pour la synthèse et la communication. Les échanges montrent aussi le rôle de l'affiche pour inciter les groupes à se mettre d'accord sur un contenu et faire des choix, et donc permettre et produire des confrontations, régulations, validations, soit internes au groupe en phase de production, soit inter groupes en phase de débat. Du point de vue de la formation, ces échanges permettent une structuration du dispositif "problème ouvert" par un retour sur les fonctions des diverses phases et leurs relations.

En lien avec la production d'une affiche, il y a eu un débat sur les avantages et les inconvénients d'avoir à adopter une solution commune ou pas, certains stagiaires s'étant d'ailleurs refusés à contraindre les élèves à se restreindre à une seule solution. D'où un échange sur les effets des diverses consignes de production d'affiche : présenter les solutions du groupe ou présenter une solution commune pour le groupe et le repérage de la contrainte de rédaction qui limite ce qui est communiqué.

IV – 2.6 Ouverture sur la pratique professionnelle : prise de distance, position réflexive

Les stagiaires vont plus loin dans l'analyse et manifestent ainsi cette position réflexive que nous cherchons à provoquer. L'enseignant se détache de la description d'un fait précis, et poursuit l'analyse en procédant à des déclarations sur sa pratique voire sur la pratique enseignante relative au problème de recherche en général. Il prend conscience de ce que ce travail peut permettre (validation, correction des erreurs). Il se donne des prescriptions à lui-même en termes de méthodes. Il se détache de la description d'un cas particulier et repère que la manipulation est un outil pour gérer l'hétérogénéité. Plus précisément suivant les stages, les points les plus saillants ont été les suivants :

- en formation continue comme en formation PE2 on note particulièrement la découverte d'un autre regard sur les capacités des élèves :

Je ne m'attendais pas à ce qu'ils se valident entre eux, et qu'ils discutent entre eux de leurs erreurs et qu'ils se les corrigent.

- la possibilité pour l'enseignant de valoriser des démarches élémentaires :

Elle a manipulé elle a mis sa solution puis après elle a dit j'aurais pu enlever une grande puis mettre une petite…ça l'a un petit peu mise en valeur parce qu'elle a essayé de trouver à partir de sa manipulation d'autres solutions. - En fait on est revenu au matériel au moment de la validation pour la validation de la synthèse on est revenu à un regard sur l'action d'un élève par la manipulation matérielle.

- la découverte d'une autre forme de pratique pédagogique et de son intérêt :

On a vu aussi des enfants qui avaient la réponse et qui auraient pu nous dire mais qui n'osaient pas, ils avaient peur de se tromper voilà, eh ben on pense qu'en fait c'est à nous de faire ce genre d'activité le plus souvent possible de leur faire travailler l'expression orale et puis de les aider aussi peut-être en posant des questions pour les aider à retrouver leur cheminement.

- en formation initiale PE2, on note particulièrement la découverte de l'importance du temps de travail individuel des élèves ; l'influence de l'analyse *a priori* de la situation par le maître pour la qualité de la mise en commun qu'il anime ; également le rôle du problème ouvert comme outil pour permettre à l'enseignant de prendre de l'information sur les connaissances de ses élèves.

De prévoir les procédures, ça a été très bénéfique […] ça a permis de beaucoup mieux organiser la séance […] on sait comment on va amener la mise en commun par la suite, on sait dans quel ordre vont être montrées les productions, et ça permet de bien mieux gérer la leçon de maths. -On a essayé aussi d'expliquer pourquoi ils avaient fait une erreur à laquelle on n'avait pas pensé, dans l'ignorance de la commutativité de l'addition.

- on peut noter aussi le manque de distance par rapport à ce qui est dit en formation

…normalement, dans un problème ouvert, on ne doit pas apprendre de nouvelles connaissances.

V – ANALYSE DU DISPOSITIF

V – 1 Une visée de formation professionnelle

L'enjeu et l'originalité du nouveau dispositif est de proposer une situation permettant de faire formuler par les stagiaires eux-mêmes les relations entre les éléments du dispositif "problème ouvert" et les effets qu'il permet de produire sur les élèves.

L'élaboration de ces relations constitue le véritable travail conceptuel des stagiaires. Le résultat de ces élaborations constitue pour les stagiaires leur théorie du dispositif "problème ouvert" *comme représentant générique du problème de recherche.*

Précisons cette idée de théorie. Le dispositif "problème ouvert" se présente comme une succession d'étapes dont la description se fait en langage courant (recherche en groupe, production d'affiches, conduite de débat, *etc.*…). Chacune de ces étapes a ainsi en soi une signification claire en elle-même. Mais le dispositif global prend sa signification et permet les effets attendus par la succession des étapes, les relations qu'elles entretiennent sur divers registres et les subtilités de la mise en scène et de la gestion de l'ensemble par l'enseignant.

Ce sont ces relations qui donnent leur sens et leur importance à chaque étape et constituent la théorie du problème ouvert.

Le dispositif de formation constitue d'une part une formation à la conduite de problème ouvert pour lui-même, d'autre part une ingénierie générique pour la pratique professionnelle.

V – 1.1 Le problème ouvert pour lui même

La formation au problème ouvert pour lui-même vise à donner un modèle de mise en œuvre du problème de recherche à l'école élémentaire. Elle peut être utilisée comme ingénierie permettant d'introduire deux types de situations de classe : situation-problème et problème de recherche. A ce niveau, le problème ouvert est pris pour lui-même, il s'agit de permettre au stagiaire de s'approprier en les reconstruisant pour lui-même des schèmes sociaux d'utilisation déjà décrits extérieurement à lui. Cette construction inclut une compréhension de la signification du problème ouvert comme théorie, ce qui correspond à une situation de formation spécifique. Son appropriation pour l'action réussie en classe relève d'une expérimentation anticipée et d'un retour réflexif sur l'action. Ce retour réflexif nécessite aussi une situation de formation appropriée.

V – 1.2 Le problème ouvert comme moyen

Dans cette perspective, l'expérimentation de problèmes ouverts est l'occasion de poser des *questions génératrices* de la pratique professionnelle (Chevallard) à travers son utilisation comme lieu de travail (observation, mise en œuvre et /ou construction) de gestes et savoirs professionnels génériques et occasion de retour réflexif sur la pratique.

Dans cette perspective, il est facile de dresser une liste de gestes et/ou connaissances professionnels travaillés dans la situation problème ouvert et décontextualisables :

Sur la notion de situation

- importance fondamentale de l'analyse *a priori* pour structurer avant, piloter pendant, analyser après ;
- passer de l'observation de l'élève à l'observation des effets d'un dispositif spécifié sur les comportements et connaissances ;
- notion de situation comme organisation théorique structurée, cohérente et finalisée ;
- mise en cohérence entre objectifs, types de tâches, dispositif, rôles et attitudes du maître, effets produits ;
- rôle du milieu, dévolution, implication et travail autonome.

Sur le rapport au savoir

- travail sur des variables du rapport au savoir de l'élève, sur ses capacités suivant la situation ;
- travail sur les rapports aux mathématiques et à l'erreur (de l'élève et aussi du professeur).

Sur les modalités d'intervention et les dimensions en jeu

- aides versus médiation, respect de positions ;
- rôle du débat, argumentation, rapport à l'erreur versus attitudes et valeurs sociales.

Sur des aspects techniques des modalités de conclusion

- modalités de la validation ;
- gestion de phases de conclusion.

La reconnaissance du caractère générique des gestes professionnels que le problème ouvert permet d'expérimenter doit aussi passer par une situation de formation appropriée. Il s'agit de permettre la construction de schèmes dont la signification est donnée par les transformations qu'ils permettent sur les formes d'activités et d'interactions enseignant-élève.

V – 2 Repenser le dispositif de formation

<u>Des hypothèses</u>

- L'appropriation de l'ingénierie et de son caractère générique nécessite une construction de sa signification et sa mise à l'épreuve par les stagiaires eux-mêmes collectivement et en coopération ;
- il est pertinent de réutiliser la notion de *situation* de la Théorie des Situations Didactiques (Brousseau, 1998) construite pour les apprentissages des élèves, car en général, les connaissances se construisent en situation de résolution de problème (pannes, crises), mais ces connaissances sont d'abord des connaissances de l'action. Dans ce cadre, il faut donc prendre en compte l'importance du rôle de situation de *formulation* comme intermédiaire permettant de passer de l'action à la validation, des connaissances au savoir ;
- cette formulation se fera plus facilement dans le langage déjà disponible dont la signification sera retravaillée à cette occasion, les notions nécessaires ayant été construites collectivement auparavant dans une situation d'action.

<u>Une méthode</u>

Permettre une *formulation par les stagiaires eux-mêmes* de la "théorie du problème ouvert" en deux étapes : d'abord comme instrument pour anticiper l'action ; ensuite comme instrument pour analyser sa réalisation, c'est-à-dire repenser le dispositif décrit par la théorie et les gestes professionnels pour le conduire, leur cohérence et leurs effets. De plus, permettre à chaque fois *la validation* par un débat collectif et coopératif appuyé sur une référence construite auparavant.

D'où une formation en deux temps en pensant les situations de formation avec les outils de la théorie des situations didactiques de Brousseau (TSD) et de la théorie de l'anthropologie didactique (TAD) de Chevallard. Du point de vue de la TSD, suivant les types de savoirs visés le dispositif didactique de formation prend comme milieu : soit une situation vécue en formation (recherche complète d'un problème ouvert (PBO)), soit une situation de classe destinée à expérimenter la validité de modèles d'action (systèmes organisés de connaissances permettant la construction ou le choix d'une stratégie).

V – 3 De la pratique à la "pratique instruite"

Le tableau ci-dessous résume de façon synthétique les diverses situations proposées en formation. Nous verrons ensuite un autre tableau qui en propose diverses interprétations.

Situations proposées	Modalités de travail connaissances mises en œuvre et savoirs en jeu
I - Vivre une situation faire des maths, rechercher un problème	recherche en groupes d'un problème mathématique, production d'affiches, débat de validation
II - Du vécu au texte élaborer une affiche sur le dispositif de I	étudier le PBO comme modèle par la mise en mots et en liens des objets du dispositif sur un registre énonciatif, discursif et graphique
III -Présentation, échanges, confrontation synthèse	explicitation collective de la théorie du dispositif : les objets et leur sens via la signification des liens entre les objets le PBO comme modèle premières mises en lien avec d'autres modèles (apprentissage, mathématiques, rôles)
IV -Du texte à l'action programmée préparation d'une expérimentation élaboration de stratégies repérage d'items professionnels	mise en œuvre de techniques et méthodes vues en II et III anticipation d'objets à travailler à partir de modèles d'action
V -Expérimentation en classe	en plus de ce qui est anticipé, il y a usage nécessaire de savoirs <u>personnels</u> pour réaliser les gestes prévus
VI - Retour sur l'action programmée, réalisée compte rendus analyse	sur le registre "conforme ou non" élaboration de l'analyse sur des objets choisis par les sujets mises en lien avec d'autres modèles (apprentissage, mathématiques, rôles)
VII - Présentations, échanges	communication, confrontation régulation, validation

VI – QUELQUES EFFETS DE LA FORMATION

Un questionnaire a été adressé aux 19 stagiaires de la formation continue de 2000/2001. Parmi les 19 stagiaires, 9 ont répondu. A propos des questions qui portent sur la réalisation de problèmes ouverts, 8 stagiaires déclarent avoir intégré des problèmes ouverts dans leur progression sur 2001-2002. Le 9^{ième} est un titulaire remplaçant qui n'a pas eu de classe assez longtemps pour mettre en œuvre des problèmes ouverts. Les raisons invoquées sont du côté des avantages pour les élèves : intérêt et bénéfice de la recherche, de la mise en commun. Il s'agit aussi pour l'enseignant de développer une attitude, de négocier un contrat (*"faire prendre conscience aux enfants qu'ils sont tous capables de chercher, d'inventer, de trouver" ; "le groupe classe mûrit dans sa socialisation et sa vigueur intellectuelle"*).

Une question concernait les modifications éventuelles de l'attitude de l'enseignant vis-à-vis des élèves : nous leur demandions quelles sont celles qu'ils attribuent à la formation à la conduite de problème ouvert. Les réponses font part de l'usage du dispositif "problème ouvert" et de son extension à d'autres disciplines. Les enseignants disent avoir modifié leur pratique sur les points suivants : découverte des connaissances et compétences des élèves et appui sur celles-ci, modification dans le traitement de l'erreur, modification du rôle de l'enseignant dans le sens d'un souci de dévolution, appui sur le contrat créé, transfert des compétences à d'autres situations, en particulier meilleure maîtrise des mises en commun, confiance dans la capacité à les conduire.

Au vu de ces réponses, il semble bien qu'il y ait construction et identification de compétences professionnelles (gestes, attitudes) utilisables dans l'ensemble de la pratique. Par ailleurs, et bien que cela ne corresponde pas à ce qui est demandé, les stagiaires ne peuvent s'empêcher de mentionner divers effets de la pratique du problème ouvert, observés chez leurs élèves, et divers bénéfices pour le contrat en classe (prise en compte de divers niveaux de solutions, sans en dévaloriser certaines, possibilité offerte à chacun de résoudre avec ses propres moyens, plaisir de la recherche, développement de la confiance en soi, d'une forme d'assurance, par le fait de rapporter son travail aux autres, responsabilisation des élèves vis à vis de leur travail).

VII – CONCLUSION : QUESTIONS ET PERSPECTIVES POUR L'EXPLOITATION DU DISPOSITIF

VII – 1 Effets du nouveau dispositif de formation

Le nouveau dispositif de formation a permis principalement trois choses : d'abord, les questions des stagiaires qui étaient restées sans réponse dans les formations de 1999-2000 émergent plus tôt, et sont traitées ; par ailleurs, des éléments d ’analyse sont produits par les stagiaires eux-mêmes et leur permettent d'aller plus loin dans leurs explicitations de gestes professionnels finalisés ; enfin des compétences professionnelles génériques sont construites et identifiées par certains stagiaires.

Se pose alors la question de l'institutionnalisation : il faudrait pointer avec les stagiaires ces acquis professionnels et faire prendre conscience à un plus grand nombre de leur caractère générique.

VII – 2 Quels moments et quels objets pour une institutionnalisation ?

Les échanges entre stagiaires permettent de cerner deux types d'objets sur lesquels pourrait porter l'institutionnalisation.

VII – 2.1 Sur la conduite d'un problème de recherche

Par exemple, le problème de recherche permet à l'enseignant de prendre de l'information sur les connaissances et compétences des élèves. Souvent, en tant qu'enseignant, on sous-estime les compétences et on surestime les connaissances.

Différents enjeux sont à tenir dans la classe, concernant en particulier le rapport à l'erreur, et le rapport au savoir : liens entre procédures, limites. Une même situation peut permettre de gérer différents types d'enjeux.

VII – 2.2 Sur l'explicitation des gestes professionnels

Il faudrait intégrer au dispositif une situation de formulation des compétences professionnelles travaillées. (Elle prendrait place en position VII sur le tableau du paragraphe V–3). Des exemples de gestes et/ou connaissances professionnels travaillés dans la situation problème ouvert et décontextualisables ont été cités en fin de V–1. Cette dernière situation permettrait la mise en évidence de leur caractère "générique" par les stagiaires, ce qui en constituerait une décontextualisation. Cette dernière situation devrait permettre de renforcer les acquisitions que montrent les réponses post stages ci-dessus. Dans la formation expérimentée, cette explicitation a été faite par le formateur lui-même par manque de temps. Une situation de formation plus élaborée nous paraît nécessaire pour faire travailler la décontextualisation. A cet effet, les notions de situation de rappel de type I et II de Perrin-Glorian (1994, p. 140) peuvent être utilisés avec pertinence pour penser la situation de formation correspondante.

VII – 3 Mise en cohérence avec le reste de la formation

Il faudrait aussi pouvoir travailler sur les savoirs professionnels qui émergent dans ce travail et faire en sorte qu'ils puissent être réinvestis dans d'autres types de situations. Un dispositif serait à construire pour intégrer nos concepts de formation dans un contexte approprié à l'IUFM. La mise en œuvre en formation continue est moins complexe.

BIBLIOGRAPHIE

ARSAC G., GERMAIN G., MANTE M., PICHOD D. (1984) La pratique du problème ouvert, *IREM de Lyon*.

ARSAC G., BALACHEFF N., MANTE M., (1992) *Teacher's role and reproducibility of didactical situations*, Educational Studies in Mathematics, **23**, 5-29.

ARSAC G., GERMAIN G., MANTE M. (1988) Problème ouvert et situation problème, *IREM de Lyon*.

BROUSSEAU G. (1998) Théorie des situations didactiques, *La pensée sauvage, Grenoble.*

CHEVALLARD Y. (1995) *La fonction professorale : esquisse d'un modèle didactique*, in Actes de la VIIIeme Ecole d'été de didactique, IREM de Clermont-Ferrand.

CRAHAY M. (1989) *Contraintes de situation et interactions maître-élève : changer sa façon d'enseigner est-ce possible ?* Revue Française de pédagogie, **88,** 67-94.

FAVRE D. (1995) *Conception de l'erreur et rupture épistémologique*, Revue Française de pédagogie, **111**, avril-mai-juin 1995, 85-94.

JULO J. (1995) Représentation des problèmes et réussite en mathématiques, *P.U.R.*

PEIX A., TISSERON C. (1998) *Les problèmes ouverts, un outil de formation pour les professeurs d'école ?*, Petit x, **48**, 5-20.

PERRIN, M.J. (1994) *Théorie des situations didactiques : naissance, développement, perspectives*, in Artigue, M. et al., Vingt ans de didactique des mathématiques en France, La pensée Sauvage, Grenoble, 97-147.

L'USAGE DES TICE PAR LES STAGIAIRES IUFM : HORS LA CLASSE ET/OU DANS LA CLASSE ?

Maha ABBOUD-BLANCHARD
Maître de conférences, IUFM D'ARRAS
Equipe DIDIREM Paris 7
maha.blanchard@math.jussieu.fr

Résumé
Quels rapports entretiennent les stagiaires IUFM (PE et PLC) avec les TICE ? Comment ces rapports interviennent et évoluent au cours de la formation et des premiers temps d'exercice du métier ? Cet article présente les résultats d'une étude portant sur ces rapports et sur les usages professionnels qui y sont associés dans trois cadres différents : le cadre personnel, le cadre de la préparation de la classe et celui de la classe.

Mots clés : TICE, usages, pratiques enseignantes, enseignants débutants.

Les données utilisées dans cet article ont été obtenues dans le cadre de l'équipe en projet « Appropriation des outils TICE par les stagiaires D'IUFM » qui a associé, entre 2002 et 2004, l'INRP et cinq IUFM : Besançon, Dijon, Lille, Orléans-Tours & Reims.

I – INTRODUCTION

Dans ce travail, nous nous situons à la fois dans le domaine des recherches sur les usages des technologies dans l'enseignement et dans celui des recherches sur les pratiques des enseignants et la constitution de la professionnalité enseignante.

Nous avons pris comme objet d'étude les enseignants dès leur formation initiale en IUFM. Du point de vue des TIC ces enseignants débutants bénéficient, en principe, d'une formation reçue à l'Université (C2i niveau 1) et en IUFM et ont, semble-t-il, une représentation favorable des apports possibles des technologies à l'enseignement.

Nous nous sommes donc proposés d'étudier les compétences des stagiaires IUFM dans le domaine des TICE et leurs limites, et d'identifier les usages de technologies qu'ils pratiquent le plus facilement durant leurs premiers temps d'enseignement ainsi que les points de résistance et les déterminants qui les sous-tendent.

Afin de mieux cerner ces compétences et ces pratiques, nous avons délimité trois cadres d'usage des technologies par l'enseignant qui correspondent aux différents contextes d'activité et à l'emploi d'outils informatiques spécifiques ou non à ces contextes :

- *le premier cadre* concerne les activités *non directement liées la classe*, comme par exemple la communication via la messagerie électronique et la recherche de documentation via l'Internet. Dans ce cadre, les outils bureautiques sont les plus utilisés, cependant, le travail personnel dans une discipline donnée peut impliquer l'utilisation de logiciel spécifique à cette discipline ;

- *le second cadre* est celui de la préparation de la classe, comme par exemple l'élaboration et l'organisation des fiches de préparation et la conception de documents destinés aux élèves. Dans ce cadre, des outils logiciels spécifiques à l'enseignement d'une discipline deviennent souvent nécessaires ;
- *le troisième cadre* est celui de *la classe* : les usages des TICE dans ce cadre ont pour objectif de soutenir des apprentissages disciplinaires. Ils tirent le plus souvent parti des logiciels spécifiques à la discipline ou constituent une utilisation spécifique de logiciels généraux.

Nous faisons l'hypothèse qu'une réelle intégration des TICE à l'enseignement suppose une instrumentation « harmonieuse » de l'activité de l'enseignant dans les trois cadres. Dans le troisième cadre, cette instrumentation s'articule avec une activité instrumentée des élèves. La mise en place récente du C2i niveau 2 - enseignant[1] rejoint cette hypothèse puisqu'il y est définit des objectifs de compétences cohérentes dans les trois cadres.

II – HYPOTHÈSES

Nous nous basons donc sur l'idée d'une instrumentation qui articulerait les usages des outils TIC dans les différents cadres de l'activité professionnelle, instrumentation qui pourrait être favorisée par le rapport, a priori favorable, de la population des enseignants débutants vis-à-vis des TICE. Deux hypothèses sous-tendent alors notre travail :

- **Une première hypothèse** est qu'il existe au sein de chaque cadre un contraste entre des usages se développant "naturellement" et d'autres posant plus de difficultés. A titre d'exemple, dès qu'une classe de primaire est équipée d'un ordinateur il est fréquent, de voir l'école investir dans l'achat de Cédéroms éducatifs. L'utilisation de ces logiciels, qu'on peut qualifier de « fermés », se généralise et les enseignants les intègrent facilement dans les activités quotidiennes de la classe. En revanche, des logiciels dits « ouverts » où la conception de la tâche de l'élève est à la charge de l'enseignant peinent à trouver leur place dans ces classes.

Les déterminants de ces contrastes peuvent être recherchés dans plusieurs domaines tels les représentations de l'enseignement ou bien les contraintes de l'exercice du métier et les normes associées. C'est le cas par exemple quand l'usage par les élèves d'un outil logiciel recommandé par les instructions officielles demande à l'enseignant un temps de préparation de la classe démesuré par rapport à la pratique habituelle ou conduit à une durée d'activité en classe inhabituellement longue pour le sujet étudié, a fortiori lorsqu'il s'agit d'un professeur débutant.

- **Une seconde hypothèse** est que, pour un outil donné, il existe des écarts qualitatifs entre les différents cadres d'activités que nous venons de distinguer. La communication par l'Internet par exemple se répand notamment chez les jeunes adultes et l'on peut s'attendre à trouver une propension à son utilisation chez les professeurs stagiaires dans le but d'échanger avec leurs collègues. Il n'est pas certain cependant que cet usage modifie l'enseignement lui-même :

[1] Certificat Informatique et Internet ; http://tice.education.fr/educnet/Public/formation/c2i-ens/

une communication instrumentée peut fort bien concerner une pratique enseignante non instrumentée.

Pour nous, ces écarts qualitatifs constituent des obstacles à l'instrumentation harmonieuse décrite plus haut. L'investissement réalisé par l'institution dans le domaine des TICE ne se justifierait pas si les enseignants les utilisaient uniquement en dehors de la classe. Il s'agit donc de caractériser ces écarts qualitatifs et de rechercher les facteurs (formation, ressources, dispositifs...) qui, chez les enseignants débutants, favorisent la transition d'un cadre à l'autre.

III – MÉTHODOLOGIES ET RÉSULTATS

Notre recherche exploratoire ne disposant que d'une durée très limitée (deux ans), monter un dispositif spécifique de recueil de données était inopportun. Nous avons par conséquent fait le choix d'utiliser des données déjà existantes dans les IUFM participant au projet. Malgré l'hétérogénéité que pourraient présenter ces données, nous avons fait le pari que les axes que nous définirons pour les analyser nous permettraient de faire ressortir certains points saillants, soit parce qu'ils concordent d'un IUFM à l'autre, soit parce qu'ils montrent des disparités. Des résultats isolés (obtenus dans un seul IUFM) pourraient également présenter un intérêt pour notre problématique.

Nous avons, par conséquent utilisé deux méthodologies : la première, quantitative, concerne l'analyse des déclarations des stagiaires recueillies à travers des *questionnaires*, la deuxième, qualitative, s'attache à *l'étude* d'un corpus limité *de mémoires professionnels.*

III – 1 Les questionnaires

Nous avons utilisé des données provenant de 3 IUFM, Dijon (questionnaires passés en début d'année), Besançon et Reims (questionnaires soumis en fin d'année), et portant sur l'ensemble des stagiaires en deuxième année d'IUFM. Nous avons également utilisé des données provenant de l'IUFM d'Orléans-Tours –qui sont plutôt à visée clinique puisqu'ils concernent deux groupes de PE2– avec une passation des questionnaires en début et fin d'année. Nous ne rentrerons pas ici dans les détails de l'analyse, nous nous limiterons à la présentation des résultats, synthétisés selon 4 axes en liaison avec les trois cadres d'usages définis ci-dessus.

III – 1.1 L'équipement personnel

Le croisement des résultats des 4 IUFM montre que le taux d'équipement progresse au cours de la deuxième année pour se stabiliser, chez les PE2, autour de 85 %. L'enquête plus précise qu'a fait Orléans-Tours sur les PE2, montre qu'il s'agit, dans cette population, d'un équipement personnel assez complet : 3/4 ont un graveur et 2/3 un scanner (en progression sur l'année).

L'accès personnel à l'Internet et la possession[2] d'une messagerie électronique progressent également, non seulement au cours de l'année de formation, mais aussi d'une année à la suivante (Dijon note en début d'année un taux de 55% chez les PE2 en 2003 et 62% en 2004). L'usage de la messagerie est en moyenne de deux fois par semaine pour 80% des stagiaires. L'étude d'Orléans-Tours note cependant que 20% des PE2 déclarent ne jamais utiliser leur messagerie.

III – 1.2 Les usages personnels

L'utilisation du traitement de texte est la plus répandue chez les PE2 (86% à Dijon en début d'année et 98% à Besançon en fin d'année). Cette généralisation au cours de la deuxième année peut résulter des incitations faites en direction des stagiaires pour qu'ils présentent leurs travaux en utilisant un traitement de texte. Par ailleurs, elle semble être due davantage au compagnonnage et à l'autodidaxie qu'à des formations spécifiques. L'utilisation d'autres logiciels généraux, comme par exemple le tableur, est beaucoup plus faible et se situe autour de 45% pour l'ensemble des stagiaires (1er et 2nd degrés).

Certaines des questions posées visaient à identifier les lieux et les moments où s'étaient formées les compétences en informatique. Les grandes tendances se retrouvent d'une étude à l'autre. Les compétences semblent faites de savoirs d'action suivant directement l'équipement et les usages les plus courants, et être acquises principalement par autodidaxie. Le rôle de l'IUFM semble moindre que celui joué par la famille et les amis dans l'apprentissage du traitement de texte. Ces compétences semblent homogènes chez les PE2, contrastant avec l'hétérogénéité du recrutement. En particulier, l'étude d'Orléans-Tours ne montre pas d'avantage particulier aux PE2 les plus jeunes dans une population où l'âge varie entre 23 et 34 ans. Une explication serait que les parcours des PE2, bien qu'étant différents, incluent généralement un usage de l'ordinateur, au moins comme outil.

III – 1.3 Les usages pour la préparation de la classe

Les logiciels utilisés ici sont dans l'ensemble les mêmes qu'en utilisation personnelle, notamment la production de documents pour la classe en traitement de texte. L'utilisation de logiciels disciplinaires pour la préparation de la classe reste très minoritaire (9% pour les PE2 de Reims en 2003). . Il existe ainsi une continuité dans les usages personnels et en préparation de la classe des logiciels " généraux ", ce qui peut traduire l'évolution de certaines normes professionnelles et la résistance d'autres. La faiblesse de l'utilisation de logiciels spécifiques aux disciplines peut témoigner aussi d'une résistance des normes liées à la discipline.

La recherche de ressources sur l'Internet devient la règle et s'accompagne d'une augmentation du recours aux préparations en ligne " toutes faites ". Ce recours constitue une rupture, assez radicale, par rapport à la préparation " autonome " à l'aide des médias traditionnels (manuels, livre du maître, fichiers, *etc*.). Les professeurs stagiaires disposent, via l'Internet, d'un ensemble de ressources facile à localiser grâce aux moteurs de recherches. Par différence avec les médias traditionnels, ces ressources sont

---

[2] Sans oublier l'attribution automatique par l'IUFM d'une adresse électronique « institutionnelle » au stagiaire.

d'un intérêt et d'une pertinence très hétérogènes et ne constituent pas un ensemble organisé. Il convient donc de s'interroger sur la façon dont l'exploitation de ces ressources s'intègre dans la nouvelle professionnalité et de la contribution des dispositifs de formation à une utilisation “ saine ”.

III – 1.4 Les usages dans la classe

L'accès au matériel

L'accès à un matériel informatique pour travailler avec la classe pendant le stage est généralement possible (66% chez les PE2). Cependant, les logiciels disponibles dans les établissements fréquentés sont jugés sans beaucoup d'intérêt dans un tiers des cas. Les résultats d'Orléans-Tours soulignent que 30% des PE2 ont rencontré des difficultés d'accès à un matériel satisfaisant. Nous pouvons ici émettre l'hypothèse que les collectivités ont fait un effort important pour équiper en matériel les établissements. Le PE2 en stage dispose de cet équipement mais ne trouve pas les logiciels qui lui permettraient d'en tirer parti. Deux cas peuvent se présenter : dans le premier, les professeurs "permanents ” de l'établissement n'ont pas complété l'équipement matériel par l'achat de logiciels ; dans le second, les logiciels achetés ne sont pas ceux que le professeur stagiaire s'attendait à trouver et il renonce à les utiliser. Dans les deux cas les attentes du stagiaire –dont on peut penser qu'elles sont partiellement déterminées par la formation reçue à l'IUFM– ne correspondent pas à la réalité de l'établissement.

Les usages

Quant aux usages des TICE faits pendant le stage, l'analyse faite à Orléans-Tours par type d'outil et par cycle donne l'image suivante des usages chez ces PE2 : le traitement de texte est le plus couramment utilisé ; le navigateur est d'emploi bien moins fréquent, le courrier électronique n'est pas intégré aux pratiques de classe, de même que l'insertion d'images ou la recherche documentaire sur CD-ROM.

Concernant le traitement de texte, la majorité des usages, notamment les plus fréquents, ont lieu en cycle 3 avec des activités telles que : mise en forme d'écrits personnels ; réalisation d'un journal d'école ; production de textes dans le cadre d'un projet inter-écoles appuyé sur la correspondance électronique. Dans les autres cycles, des jeux et activités d'écriture sont mentionnés.

Également en cycle 3, l'usage du navigateur est présent : plus de 25 % des PE2 ont organisé des séances de recherche Internet durant un de leurs stages et 10 % déclarent un usage fréquent. La recherche documentaire est l'unique motivation et concerne l'histoire ou la géographie dans six cas sur sept.

Sur des échantillons plus larges et sur 3 années, Reims confirme que pour les PE2, les usages effectifs en classe, les plus significatifs en 2000 concernent le traitement de textes (51 %).

Motivations et représentations

Contrairement à ce que l'on redoute parfois (peur des enseignants devant des usages qui peuvent les mettre en insécurité du fait d'une maîtrise insuffisante), les jeunes enseignants ne semblent pas considérer que les usages en classe sont réservés aux experts. Ils se déclarent prêts, si les conditions matérielles le permettent, à les assumer dès le début de leur carrière. Les taux d'intentions dépassent en effet nettement les taux déclarés d'utilisation en classe, déjà élevés en année de formation, et progressent notablement au cours des années dans toutes les filières pour atteindre la quasi-généralisation chez les PE2 (97%). Parmi les raisons ou avantages associés à l'usage de l'informatique en classe les professeurs stagiaires privilégient une préoccupation de nature culturelle : les élèves doivent être sensibilisés, formés, aux nouvelles technologies devenues incontournables dans la société actuelle, les PE2 adhérant plus à ce registre que les PLC2. Les apports des TICE aux apprentissages dans les disciplines arrivent assez loin en seconde position. La vision de l'ordinateur comme aide à la motivation des élèves arrive en troisième position.

Parmi les formes d'utilisation possibles, 2 professeurs stagiaires sur 3 voient un usage de l'ordinateur en remédiation, et 1 sur 2 lors des phases d'apprentissage ou d'entraînement. Seul 1 sur 3 imagine une utilisation avec la classe entière. Les professeurs stagiaires privilégient donc des formes où l'ordinateur sert à mettre les élèves en activité sans mobiliser le professeur.

III – 2 L'étude de mémoires professionnels

L'analyse de mémoires professionnels centrés sur les TICE constitue une première approche d'une étude des pratiques effectives, particulièrement dans le cadre des usages en classe. Elle complète les connaissances issues des questionnaires concernant les deux premiers cadres (usages non liés à la classe, préparation des cours), ainsi que les données recueillies en lien avec le troisième cadre qui se situent, elles, sur un plan général (notamment celui des représentations et celui de la perception des contraintes du métier), mais sont peu informatives quant aux pratiques effectives.

Le mémoire professionnel constitue en effet une partie de l'évaluation des enseignants stagiaires en 2ème année d'IUFM, "*Il s'appuie sur l'analyse des pratiques, rencontrées en particulier lors du stage en responsabilité et doit permettre de vérifier les capacités du professeur stagiaire à identifier un problème ou une question concernant ces pratiques, analyser ce problème et proposer des pistes de réflexion ou d'action en se référant aux travaux existant dans ce domaine* "[3]. Le mémoire est donc un écrit sur une pratique effective en lien avec les préoccupations professionnelles du professeur stagiaire. Une analyse de mémoires centrés sur les TICE devrait donc permettre d'approcher la réalité de ces pratiques et d'aller plus loin dans la connaissance du type d'usage des TICE effectivement développé pendant l'année de stage.

Une première étude quantitative a été réalisée dans le cadre de travaux de thèse (Caliskan & Erdogan, 2003). La méthodologie utilise les données concernant les mémoires de 582 PLC2 mathématiques disponibles sur les sites Web des IUFM. Cette étude porte en particulier sur la problématique du mémoire et sur le type de technologies utilisée. Nous ne détaillerons pas ici cette étude mais nous croiserons ses résultats avec ceux de la deuxième étude.

[3] Texte officiel : circulaire N°91-202 du 2 juillet 1991.

Une deuxième étude qualitative a porté sur un corpus restreint de 28 mémoires de PE2 et PLC2 (mathématiques et sciences). Il s'agissait, à travers l'analyse des problématiques et des mises en place de séquences TICE, de repérer certaines caractéristiques des tentatives d'intégration des TICE, notamment en termes de potentialités, de contraintes et de difficultés.

En synthétisant les résultats obtenus à travers ces deux types d'étude, nous pouvons les présenter selon trois aspects :

Le choix du type des TICE

L'étude des mémoires en mathématiques montre que les types de TIC mis en œuvre en priorité sont ceux correspondant aux usages qui peuvent le plus facilement s'insérer dans une pratique d'enseignement peu modifiée à un niveau donné. Ainsi sont privilégiés des usages qui « rendent directement des services », par exemple : l'utilisation de logiciels de géométrie dynamique pour une géométrie de construction et de conjecture au collège.

Les questions traitées dans les mémoires

L'étude de l'ensemble des mémoires montre de façon cohérente une centration des problématiques, soit sur des apports généraux des TICE aux apprentissages des élèves, soit sur les conditions de mise en œuvre des TICE, les aspects didactiques et les pratiques enseignantes étant moins interrogés. La réflexion sur l'activité de l'enseignant dans les environnements TICE, n'apparaît que rarement dans la problématique déclarée comme dans les analyses de séquences ; elle est essentiellement repérée à l'occasion de difficultés rencontrées, et mentionnée dans la conclusion du mémoire.

La réflexion concernant la mise en œuvre en classe se situe dans le registre de l'innovation plutôt que de la réflexion. Elle se centre sur l'activité de l'élève en la limitant à l'interaction avec l'ordinateur.

La mise en œuvre des TICE dans la préparation de la classe et dans la classe

L'étude qualitative a permis d'approcher de plus près la réalité des conditions de mise en œuvre des TICE dans les deuxième et troisième cadres d'usage.

Les stagiaires mentionnent rarement l'utilisation de ressources en ligne pour la préparation de la classe. Cette observation, pourtant obtenue sur des mémoires récents (2002-2003), contraste avec les déclarations obtenues dans les questionnaires. Ces déclarations surestiment-elles les pratiques ? Les conditions de réalisation du mémoire sont-elles telles qu'elles conduisent le stagiaire à ne pas faire appel à ces ressources ?

Concernant *la préparation des tâches des élèves*, elle se concrétise souvent sous forme de *document écrit* distribué au début de la séance. Ce document contient à la fois des questions sur les thèmes disciplinaires et des instructions de manipulation du logiciel. En ce qui concerne le degré d'autonomie de l'élève et son évolution, on peut constater que le document est très souvent directif au départ et qu'il le reste au cours des séances.

L'activité du stagiaire reste marginale tout au long des séances qui se situent en environnement TICE (dans une logique qui apparaît très voisine de celle régissant l'enseignement programmé). Lors de la phase de mise en activité des élèves, elle consiste à distribuer le document-élève, à aider à la prise en main du logiciel et à expliciter la consigne ; au cours de la phase de travail personnel des élèves, elle se réduit à une aide individuelle ou à un contrôle de l'avancée du travail ; la phase de bilan est quasiment inexistante. Nous faisons l'hypothèse que cette position en retrait de l'enseignant résulte –au moins partiellement– du caractère guidé des tâches assignées à l'élève. Il est également possible que ces enseignants débutants dévoluent une partie de leur rôle à l'ordinateur, considéré comme partenaire dans leur relation avec l'élève.

Quant à *la réflexion du stagiaire sur sa propre activité*, elle apparaît, comme nous l'avons déjà dit plus haut, dans certaines analyses a posteriori des séquences menées ainsi que dans les conclusions des mémoires. Cette *réflexion paraît déclenchée par les difficultés rencontrées* au cours des séances TICE. Les difficultés liées à la gestion du temps sont celles qui reviennent le plus souvent : longueur du temps de préparation, difficultés de gestion du temps pendant le déroulement de la séquence.

Certains PLC2 en mathématiques mentionnent la difficulté de l'évaluation des activités TICE, tandis que d'autres signalent les difficultés de l'enseignant pour trouver un équilibre entre des activités guidées, où tout se passe bien mais au cours desquelles l'apprentissage des élèves est réduit, et des activités plus ouvertes, où l'élève peut perdre de vue le sens mathématique de l'activité.

IV – CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

A l'issue de deux années de travail, l'objectif premier de notre recherche exploratoire nous semble atteint. Les trois cadres que nous avons distingués nous ont permis de repérer des usages des TICE par les enseignants pendant leur année de stage, aussi bien ceux qui se développent « sans trop de difficultés » que ceux qui sont contraints.

L'hypothèse d'une population de nouveaux enseignants généralement équipée, connectée et disposant de représentations favorables des TICE est confirmée. Les compétences de ces enseignants correspondent généralement à ce qui est nécessaire pour une utilisation non directement liée à la classe. Acquises principalement par autodidaxie à travers la pratique d'outils divers et sans cesse en évolution, ces compétences sont-elles réellement mobilisables quand il s'agit, non de pratiquer pour soi-même, mais de développer des usages par les élèves dans un contexte d'enseignement ?

Le cadre de la préparation de la classe est plus contraint qu'on pourrait le penser au premier abord. Les PE2 ont un volume d'enseignement à assurer sur des périodes « bloquées » de 3 ou 4 semaines, où les conditions d'exercice sont en fait celle de « remplaçants ». Il faut souligner aussi que la préparation de la classe doit tenir compte des comportements et des pré-requis des élèves, de la disponibilité des ressources (matériels et logiciels…) et est donc nécessairement vécue dans l'urgence. Le recours à des préparations « toutes faites » et disponibles sur l'Internet peut offrir une solution à cette situation d'urgence. L'utilisation du traitement de texte, qui est déjà pratiqué régulièrement dans la sphère personnelle, pour mettre « au propre » ses préparations afin qu'elles soient disponibles et facilement exploitables ultérieurement paraît « naturelle » et d'ailleurs encouragée par les formateurs. Par contre, l'utilisation d'autres outils TICE, moins familiers, dans ce contexte de préparation de la classe apporte davantage de complexité que de solutions.

Le cadre des usages en classe est bien sûr le plus contraint. La manipulation avec ou devant les élèves n'autorise pas les " essais-erreurs " ni la perte de temps. Le manque de repères didactiques entraîne des difficultés notamment lorsqu'il s'agit de réagir face à un comportement imprévu du logiciel. Face à ces difficultés, les déclarations des professeurs stagiaires concernant l'utilisation envisagée des TICE en classe nous semblent marquées d'une certaine naïveté : pour motiver les élèves, pour faire de la différenciation et aider à la remédiation...

Notre étude des mémoires semble indiquer que les professeurs stagiaires attirés par les TICE cherchent à construire des usages compatibles avec les contraintes du métier et les normes professionnelles telles qu'ils les perçoivent. La prise de conscience des spécificités des séances TICE apparaît a posteriori et à l'occasion des difficultés rencontrées. Concernant les professeurs stagiaires, A. Lenfant (2002) montre que la cohérence des pratiques se construit et tend à se figer au cours de l'année de stage, sous l'effet des représentations antérieures et des contraintes de l'exercice du métier. Une évolution peut cependant intervenir à l'occasion d'«incidents critiques », lorsque le professeur stagiaire en saisit l'opportunité pour une analyse réflexive de son action. Les difficultés pour mettre en place des séances TICE, soulignées dans les conclusions des mémoires, représentent-elles ce type d'incidents-critiques ?

Pour répondre à cette dernière question, aussi bien qu'à d'autres que nous avons soulignées plus haut, pour comprendre la divergence de certains de nos résultats et aussi la complexité de la réalité des pratiques des TICE par des enseignants débutants, nous nous sommes engagés dans une nouvelle recherche[4] (2005-2008) qui porte sur la « Genèse d'Usages Professionnels des Technologies chez les Enseignants », GUPTEN.

BIBLIOGRAPHIE

ABOOUD-BLANCHARD M. (2005) *Uses of ICT by pre-service teachers*, 74-78, in Proceedings of the 7th International Conference on Technology in Mathematics Teaching, University of Bristol UK.

CALISKAN N. & ERDOGAN E. (2003) *La place des TICE dans les mémoires professionnels d'IUFM.* Actes en ligne du colloque ITEM, www.reims.iufm.fr

LAGRANGE J.B. (sous la direction de) (2005) *Appropriation des outils TIC par les stagiaires d'IUFM et effets sur les pratiques professionnelles*, Rapport final de l'Équipe en projet INRP-IUFM.

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 doctorat de l'Université Paris 7.

[4] Réponse à l'appel d'offre de l'ACIEF "Éducation-formation et technologies d'information et de communication".

D'UN CONCOURS DE MATHÉMATIQUES PAR CLASSES À LA FORMATION DES MAÎTRES

Lucia GRUGNETTI
Unité de recherche en didactique des mathématiques de l'Université de Parma
lucia.grugnetti@unipr.it

François JAQUET
Ancien chercheur à l'Institut romand de recherche et documentation pédagogique (IRDP)
rédacteur de la revue *Math-École*
fr.jaquet@wanadoo.fr

Résumé
Le Rallye mathématique transalpin (RMT) est un concours de mathématiques sur la résolution de problèmes par classes entières dont l'un des objectifs est d'apporter des résultats et des éléments de réflexion utiles dans le cadre de la formation des maîtres.
Après quelques rappels sur les buts et les principes du RMT, l'article décrit les différentes phases d'élaboration des problèmes, comprenant l'énoncé et une analyse a priori, et les critères de choix qui concernent le contenu mathématique, la tâche de résolution et le contexte, illustrés par trois exemples d'évolution d'une première version à celle qui est retenue pour l'épreuve.
Dans une seconde partie, l'article présente quelques analyses de procédures relevées pour quatre problèmes. On met en évidence, pour chacune d'elles, les savoirs effectivement mis en œuvre par les élèves, tels qu'ils apparaissent à la lecture de leurs explications.
Les retombées pour la formation des maîtres de ce travail d'élaboration et d'analyse paraissent fructueuses, elles sont suggérées par quelques questions ou commentaires, à propos de chaque exemple traité.

I – INTRODUCTION

Les concours de mathématiques se développent un peu partout dans le monde dans le cadre des structures scolaires ou en marge de celles-ci. Sous des modalités très diverses, ils ont en commun la résolution de problèmes.

Leurs organisateurs sont en général des professeurs de mathématiques, avec l'objectif de faire partager leur intérêt pour la discipline à leurs élèves et, parfois à un public plus large.

Certains concours attirent les « forts en maths », et se limitent à établir un palmarès fondé sur les « bonnes réponses » obtenues. D'autres, de plus en plus nombreux, ont des visées pédagogiques : engagement des maîtres, initiation à de nouvelles pratiques, … Le « Rallye mathématique transalpin » s'inscrit dans cette tendance, affiche explicitement des objectifs en vue de la formation des maîtres et, à cet effet, analyse de manière détaillée ses problèmes et les stratégies des groupes d'élèves qui les ont résolus.

II – LE CADRE

Le Rallye mathématique transalpin (RMT) est une **confrontation entre classes**, des degrés 3 à 9 de la scolarité obligatoire (élèves de 8 à 15 ans) dans le domaine de la **résolution de problèmes de mathématiques**.

Le rallye propose **aux élèves** :

- de faire des mathématiques en résolvant des problèmes.
- d'apprendre les règles élémentaires du débat scientifique en discutant et défendant les diverses solutions proposées ;
- de développer leurs capacités, aujourd'hui essentielles, à travailler en équipe en prenant en charge l'entière responsabilité d'une épreuve ;
- de se confronter avec d'autres camarades, d'autres classes.

Pour **les maîtres**, associés à toutes les étapes, dans la mesure de leurs disponibilités, le rallye permet :

- d'observer des élèves (les leurs lors de l'épreuve d'essai et ceux d'autres classes) en activité de résolution de problème ;
- d'évaluer les productions de leurs propres élèves et leurs capacités d'organisation, de discuter des solutions et de les exploiter ultérieurement en classe ;
- d'introduire des éléments de renouvellement dans leur enseignement par des échanges avec d'autres collègues et par l'apport de problèmes stimulants ;
- de s'engager dans l'équipe des animateurs et de participer ainsi à la préparation, à la discussion et au choix des problèmes, à l'évaluation en commun des copies, à l'analyse des solutions.

Pour **les formateurs**, et, plus généralement pour l'enseignement et la recherche en didactique le rallye offre :

- une source de problèmes analysés à exploiter en formation ;
- des résultats, observations et analyses à propos des stratégies, erreurs, obstacles, variables didactiques … ;
- des propositions de champs d'investigation et de développements.

Le RMT propose des épreuves de **résolution de problèmes par classes entières**, réparties en sept catégories, des degrés 3 à 8 (8 à 14-15 ans) de la scolarité. La décision de participer au concours est prise conjointement par la classe et le maître, après une épreuve d'essai au cours de laquelle les uns et les autres ont pu saisir les enjeux d'une résolution collective de problèmes, à la charge des élèves seulement.

Chaque épreuve est composée de 5 à 7 problèmes par catégorie, à résoudre en 50 minutes. Beaucoup de problèmes sont communs à plusieurs catégories. Ils sont choisis, en nombre et en difficulté, de telle façon que chaque élève, indépendamment de son niveau, puisse y trouver son compte et que l'ensemble de la tâche soit globalement trop lourd pour un seul individu, aussi rapide soit-il.

C'est la classe qui est responsable des réponses apportées. Les élèves doivent produire **une solution unique** pour chacun des problèmes. Il n'y a pas que la "réponse juste" qui compte, les solutions sont jugées aussi sur la **rigueur des démarches et la clarté des explications fournies**.

Les épreuves qui suivent les essais se font **hors de la présence du maître titulaire de la classe**. Celui-ci est remplacé par un collègue avec qui, si possible, il fait un échange. Il quitte donc son rôle d'enseignant pour celui d'observateur, s'abstenant de toute intervention, de quelque nature que ce soit, dans la classe dont il a le contrôle pendant la durée de l'épreuve. Son rôle se limite à la distribution des sujets, au contrôle de la durée et à l'envoi des copies à l'équipe qui sera chargée de les évaluer.

La **préparation des problèmes** se fait en coopération entre les différentes équipes régionales et nationales. Les traductions (en français, italien, allemand, hébreu) sont rigoureusement comparées.

L'évaluation des copies est faite par l'équipe régionale responsable, selon les critères déterminés dans l’analyse a priori des problèmes, lors de leur élaboration. Pour chaque catégorie, un classement est établi, par région, sur l'ensemble des deux épreuves I et II. C'est lui qui détermine la participation aux finales régionales. Les critères d'évaluation et le résultat de chaque problème, ainsi que les classements, sont communiqués aux classes dans les meilleurs délais.

Après chaque épreuve le maître est libre de photocopier les solutions produites par la classe, d'exploiter les problèmes, de les discuter, de les reprendre et d'analyser les résultats avec l'ensemble des élèves.

Des **journées d’études internationales** permettent aux animateurs des différents pays participants de se rencontrer pour organiser l’élaboration des problèmes, conduire des analyses a priori ou a posteriori, déterminer les orientations du RMT ou les exploitations didactiques de ses problèmes.

L'appui scientifique au RMT est assuré par les membres de ses sections qui appartiennent à des institutions de recherche en didactique des mathématiques dans leurs pays respectifs.

III – L’ÉLABORATION DES PROBLÈMES

Pour les animateurs du RMT, la résolution de problèmes constitue l'une des stimulations essentielles des apprentissages, par le sens qu'elle donne aux situations à mathématiser.

Mais encore faut-il s'entendre sur ce que l'on appelle **« problème »**.

Le RMT propose des *situations pour lesquelles on ne dispose pas d'une solution immédiate et qui conduisent à inventer une stratégie, à essayer, à vérifier, à justifier sa solution*.

Cette définition se rapproche de celle du « problème ouvert », qu'on s'approprie rapidement, où l'on trouve des défis, du plaisir à chercher, des aspects ludiques.

Elle se distingue de celle de la « situation-problème » destinée à construire une nouvelle connaissance ou à en reconstruire une après s'être trouvé dans une situation conflictuelle où le niveau antérieur de la connaissance s'est révélé inadéquat. Si certains problèmes du RMT peuvent effectivement provoquer un conflit cognitif, le dispositif de « concours » ne permet toutefois pas d'en tirer profit : il n'y a pas de temps pour des développements ou exploitations didactiques et le maître est absent lors de la résolution par les groupes d'élèves. Elle est différente de celle du « problème d'application » destiné à renforcer et assimiler des connaissances ou en étendre le champ d'application, qu'on situe généralement en fin de séquence d'apprentissage d'une notion. Il faut toutefois relever à ce propos que tout problème participe au renforcement des savoirs qu'il mobilise ; mais que ceux du RMT cherchent à éviter les effets de « répétition » et « d'exercice » par le choix de contextes les plus originaux possible.

Une des conséquences de la définition du problème du RMT, comme de toute autre compétition, est qu'il doit être inédit (dès qu'on en a trouvé la solution, ce n'est plus un problème), riche et stimulant pour les élèves.

Du fait de son étendue géographique, le RMT doit créer des problèmes qui conviennent à des systèmes éducatifs qui différent par leurs programmes et leurs contextes scolaires : tous les pays ne présentent pas les mêmes notions au même degré de la scolarité ; il faut éliminer tous les problèmes ressemblant à ceux des manuels de toutes les régions où se déroulent les épreuves … ; les contextes des sujets doivent être neutres culturellement, les énoncés doivent pouvoir être traduits dans plusieurs langues …

Les buts que le RMT s'est fixés pour les maîtres et la formation, impose une autre contrainte sur ses problèmes : ils devraient être exploitables en classe, après le concours. Ses animateurs souhaiteraient que la participation aux épreuves du RMT ne se fasse pas « en plus » ou « à côté » du curriculum, mais qu'elle soit conçue comme une partie intégrante (« à l'intérieur ») du programme de mathématiques et de ses objectifs ; en particulier de ceux qui concernent l'initiation à la démarche scientifique, le développement de l'autonomie, l'organisation d'une recherche, la rigueur des notations, la communication de résultats.

Les conditions sont donc multiples et complexes, parfois contradictoires ou paradoxales, au point que le problème du RMT peut paraître une création utopique. Mais ces conditions, ou contraintes, ne se sont pas imposées spontanément. L'évolution s'est faite sur une longue durée, et la question « Qu'est-ce qu'un bon problème, pour le RMT ? » n'a été posée qu'après 12 ans d'existence, comme thème de la 8^{e} rencontre internationale de ses animateurs, en 2004, où des **critères de choix** se sont dégagés, qui paraissent pertinents pour la formation. En voici trois :

A. Le contenu mathématique
C'est le premier critère, qui fait peu à peu l'unanimité.
Il faut s'assurer que le problème n'« oublie » pas les mathématiques. Il y a effectivement de nombreux jeux, divertissements, casse-tête, défis très plaisants qui, bien que qualifiés de « mathématiques » n'ont pas de contenus disciplinaires que nous sommes capables d'identifier.
Le RMT ne prétend pas éviter ce type de sujets, mais tente d'en limiter la fréquence sans ses épreuves.

B. La tâche de résolution
Un problème qui mobilise des savoirs mathématiques reconnus du point de vue adulte peut parfois être résolu par des élèves par des voies détournées. C'est l'analyse de la tâche de résolution, en fonction du niveau de développement de l'élève, qui permet d'éviter l'écueil.

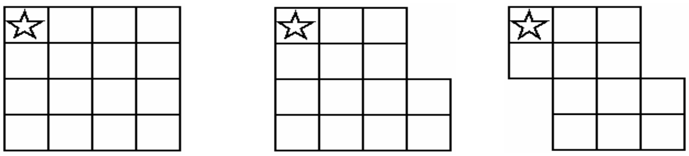
C. Le contexte
Il faut éviter que la décontextualisation constitue la tâche la plus importante du problème.

Nous présentons, dans les pages suivantes, quelques exemples pour illustrer les processus d'élaboration des énoncés de problèmes du RMT en fonction des trois critères exposés ci-dessus.

III – 1 Exemple 1

Voici un problème « refusé » avec un extrait de son analyse a priori, examiné en groupe de travail lors de la rencontre internationale de Bourg-en-Bresse, en 2004. Ce sont ici le contenu mathématique et le contexte qui sont en cause

Trois plaques de couleur (Cat. 3)
Voici trois plaques en bois.
La première plaque est peinte en rouge, la deuxième plaque en vert et la troisième en bleu.



Vous choisissez deux plaques et vous les placez l'une sur l'autre.
Les étoiles doivent toujours être dans le coin en haut à gauche.
Coloriez ce que vous voyez. Dessinez toutes les possibilités.

Extraits de l'analyse a priori
« …
Domaine de connaissances
- Géométrie : positions relatives d'objets vus d'avion

Analyse de la tâche
- Essayer toutes les combinaisons possibles en superposant deux plaques : R sur V, R sur B, V sur R, V sur B, B sur R, B sur V. Remarquer que 2 des 6 combinaisons donnent le même résultat (R sur V et R sur B pour lesquelles on ne voit que R) et qu'il n'y a donc que 5 possibilités.

... »

Les commentaires du groupe de travail
Il est difficile de trouver un contenu mathématique à ce problème. Les « positions relatives d'objets vus d'avion » ne sont pas habituelles et l'on a de la peine à imaginer leurs relations avec les connaissances, notions ou compétences des programmes. Il faudrait à la rigueur ajouter « combinatoire » dans le domaine de connaissances, car

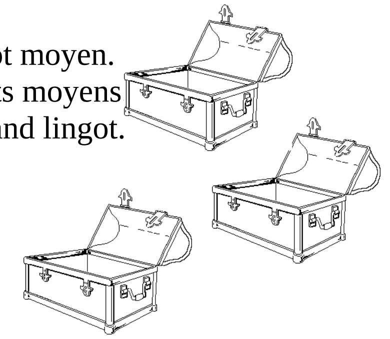
c'est effectivement la recherche des arrangements des trois plaques, prises deux à deux, qui est à la base de la solution du problème.
À propos des critères de la tâche et du contexte, il apparaît que la partie essentielle du travail de l'élève réside dans l'appropriation du contexte ou dans la compréhension des intentions des auteurs de l'énoncé. Le matériel est tout à fait inhabituel et, avant de répondre aux questions, il faut comprendre ce que sont les objets concernés : plaques en bois, de couleurs différentes, représentées par des portions de quadrillages blancs avec une étoile dans la case supérieure gauche. Il faudrait plutôt ajouter une boîte, dont le fond est exactement de la même grandeur que la plaque rouge, avec une illustration en trois dimensions, avec un texte plus détaillé : « Vous choisissez deux plaques. Vous mettez une plaque dans la boîte. Vous posez la seconde par-dessus, … « Mais les ambiguïtés subsistent : sur « coloriez ce que vous voyez », sur ce que signifie le terme « possibilités », afin de savoir ce que sont deux « possibilités différentes » et, surtout, sur ce qu'on attend comme réponse et comme support : des grilles de 4 x 4 dessinées par les élèves avant qu'ils ne les colorient ? Avec le dessin de la boîte en cas de modification de consigne selon les propositions du groupe de travail ? Des collages de deux plaques de papier placées l'une sur l'autre ?).
À propos de l'analyse de la tâche toujours, il paraît difficile, au vu de ce qui précède, de décrire ce que les élèves pourraient faire effectivement. On pourrait ajouter « s'organiser pour explorer toutes les possibilités », mais le terme « s'organiser » devrait être précisé. Il est vraisemblable que de nombreux groupes découperaient des modèles en papier des plaques préalablement coloriées en rouge, vert et bleu, mais comment feraient-ils ensuite ? Par exemple, placer la bleue sur la rouge et redessiner la figure obtenue sur une autre feuille ou les coller et agrafer le collage à la feuille-réponse ?
Finalement, le problème a été rejeté, ne répondant à aucun des trois critères.

Cette « mésaventure » a-t-elle quelque chose à voir avec la formation des maîtres ?
Nous pensons que oui, parce que ce sont des maîtres qui ont choisi le problème pour sa première version, d'autres maîtres qui l'ont examiné en groupe de travail, avec des formateurs et chercheurs et parce que, même dans ce deuxième examen, la décision de renoncer n'a pas été évidente. Ceci permet d'affirmer que chacun, maître ou chercheur, a quelque chose à apprendre dans le domaine de l'élaboration de problèmes, et que, par conséquent, celle-ci participe de la formation, initiale ou continue.
On pourrait objecter que le maître n'a pas à se préoccuper de l'élaboration des problèmes, tâche réservée aux auteurs de manuels ou d'épreuves de concours. Ce n'est pas le point de vue du RMT.

III – 2 Exemple 2

Ce problème a été « accepté » avec un développement sensible de son analyse a priori, de nombreux doutes sur son niveau de difficulté et un déplacement de deux degrés, des catégories 3, 4 et 5 vers 5 et 6 (CE2 - CM2 à CM2 - 6^{e}). Dans cet exemple, c'est l'analyse de la tâche et, par conséquent le choix de la catégorie (degré scolaire) qui sont en jeu.

Les trois coffres (Cat. 5, 6)
Le contenu de chacun de ces trois coffres a la même valeur que 30 pièces d'or.
Dans chaque coffre, il n’y a que des lingots.
Dans le premier coffre, il y a 4 petits lingots et 1 lingot moyen.
Dans le second coffre, il y a 2 petits lingots et 2 lingots moyens
Dans le troisième coffre, il y a 1 lingot moyen et 1 grand lingot.



Combien de pièces d'or vaut un petit lingot ?

Combien de pièces d'or vaut un lingot moyen ?

Combien de pièces d'or vaut un grand lingot ?

Expliquez comment vous avez trouvé vos réponses.

Les différents groupes qui ont examiné le premier projet ont constaté que le problème, d’un point de vue mathématique, présente un système de trois équations du premier degré à trois inconnues : $4p + m = 2p + 2m = m + g = 30$ (où m, n et p sont exprimés en nombre de pièces d’or) et qu’il paraissait trop ambitieux de le proposer à des élèves de 8 à 11 ans comme prévu initialement.

Les « domaines de connaissances » proposés étaient l’arithmétique (échanges, équivalences) et la logique. Les différentes consultations y ont ajouté la proportionnalité.

Dans le premier projet de l’analyse a priori, « l’analyse de la tâche » était formulée ainsi :

« Comprendre que 1 lingot moyen vaut 2 petits et qu’un grand vaut 2 moyens ou 4 petits.
Comprendre que 6 petits lingots valent 30 pièces d’or et donc qu’un petit lingot vaut 5 pièces d’or (30 : 6 = 5).
Trouver la valeur d’un lingot moyen (10 = 2 x 5) et d’un grand lingot (20 = 4 x 5) »

Cette analyse s’est sensiblement développée et affinée par l’apport des contributions des différents relecteurs, elle a aussi bénéficié d’une expérience des années précédentes. Un problème du 6^{e} RMT (Crociani et al., 1999), *Les pots de confiture*, de structure tout à fait analogue (mais avec des plus grand nombres de pots/lingots et des rapports de 3 – au lieu de 2 – entre les masses/valeurs des grands, moyens et petits) s’était révélé difficile, en catégories 6, 7 et 8.

Finalement, le texte de cette analyse de la tâche a passé de quelques lignes à plus d’une vingtaine, et il se révélera encore bien lacunaire lors de l’examen des copies reçues :

« - Se rendre compte que, si chaque valeur de coffre est de 30 (pièces d’or), les coffres sont équivalents entre eux, bien qu’ils ne contiennent que des lingots différents soit en nombre soit en grandeur.

Tirer, de l’équivalence entre les contenus des deux premiers coffres : 4p +1m = 2p + 2m (p désigne la valeur d’un petit lingot, m désigne la valeur d’un lingot moyen) une équivalence plus simple en retirant 2 p dans chaque coffre : 2p + 1m = 2m, puis une dernière équivalence encore plus simple, en retirant 1 m de chaque coffre, pour arriver à l’équivalence : 2p = 1m.

De la même manière, tirer de l’équivalence entre les contenus du premier et du troisième coffre : 4p+1m=1m+1g (g désigne la valeur d’un grand lingot) l’équivalence plus simple : 4p = 1g.

On peut donc par substitution, entre les relations 2p = 1m et 4p = 1g, obtenir la relation 1g = 2m.

- À l’aide des relations précédentes, voir que les contenus de chacun des coffres peuvent s’exprimer, après substitution, avec une seule sorte de lingots ; par exemple des petits lingots :

  le contenu du premier coffre est de : 4p+1m = 4p+2p = 6p ;

  le contenu du deuxième coffre est de : 2p+2m = 2p+2x2p = 2p+4p = 6p ;

le contenu du troisième coffre est de : 1m+1g = 2p+4p = 6p.

Ceci permet de passer à la « mesure » de chaque lingot en pièces d'or. Comprendre que 6 petits lingots valent 30 pièces d'or et donc qu'un petit lingot vaut 5 pièces d'or (30 : 6 = 5) ; trouver la valeur d'un lingot moyen (10 = 2 x 5) et d'un grand lingot (20 = 4 x 5) : m = 10 pièces d'or et g = 20 pièces d'or.

Ou : procéder par essais, au hasard ou organisés. Par exemple, à partir du contenu du troisième coffre, postuler que m = 12 et g = 18, ce qui conduira à une contradiction en vérifiant ces valeurs de m et g pour les contenus des deux autres coffres.

Puis, ce qui peut paraître naturel, essayer les valeurs m = 10 et g = 20, qui permet de trouver p = 5 par observation du contenu du deuxième coffre et enfin de vérifier ces valeurs pour le contenu du premier coffre.

Ou : travailler avec des représentations graphiques des lingots et des équivalences, plus faciles pour appliquer les règles d'équivalence (par exemple sous forme de balance à équilibrer). »

III – 3 Exemple 3

Voici un problème dont il a fallu modifier le contexte pour « ne pas noyer le poisson ».

La pêche a la ligne (Cat. 3, 4) (version I)
Mario se rend à la fête avec son petit frère Gino, où une pêche à la ligne spéciale est organisée.
On pêche des poissons en plastique qui portent chacun un numéro. Ils sont dans un grand bocal rempli d'eau.
Il y a exactement 9 poissons, ils portent les numéros : 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , 9
Pour gagner un lot, il faut pêcher un ou plusieurs poissons, de façon que le total des numéros inscrits sur les poissons pêchés soit exactement égal à l'âge de celui qui pêche.
Quand on joue, on ne remet pas dans l'eau le poisson que l'on vient de pêcher.
Gino a 9 ans. Il gagne en pêchant les poissons 2 , 6 , 1. Il aurait aussi pu gagner en pêchant par exemple les poissons 4 , 5.
Mario a 15 ans.

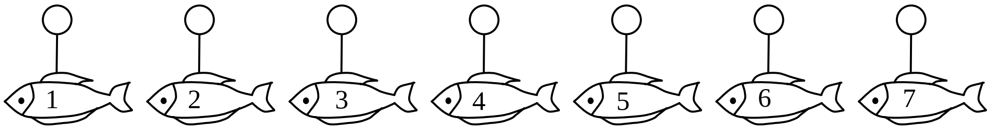
Indiquer toutes les façons possibles de gagner pour Mario.

Expliquez comment vous avez trouvé.

La première version a paru un peu difficile au groupe de travail qui l'a examinée qui a alors décidé d'ajouter un dessin, de réduire les valeurs de 9 à 7 et de l5 à 11, et clarifier le texte.

La pêche a la ligne (Cat. 3, 4) (version II)

À une fête d'anniversaire, un des jeux organisés est une « Pêche à la ligne » spéciale. Dans une bassine pleine d'eau, flottent 7 poissons en plastique avec un anneau sur le dos, comme ceux dessinés ci-dessous :



Sous le ventre de chaque poisson est inscrit un nombre de 1 à 7 : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Chaque enfant peut pêcher deux ou plusieurs poissons, sans les remettre dans la bassine. Il gagne si la somme des nombres inscrits sous les poissons pêchés est égale à son âge.
Jean a 9 ans et a gagné un prix en pêchant les poissons avec les nombres 2, 6 et 1. S'il avait pêché les poissons avec les nombres 3 et 7, il n'aurait rien gagné.
Mario a 11 ans.
Expliquez toutes les possibilités qui permettent à Mario de gagner un prix à la “pêche à la ligne”. Expliquez comment vous avez trouvé.

Lors d'une consultation plus large, de nombreux lecteurs ont souligné les ambiguïtés dues au contexte :
La « pêche à la ligne » est un jeu où le numéro des poissons est caché (où la pêche se fait à l'aveugle ou encore au hasard). Les numéros « sous le ventre » ne sont donc pas visibles pour le pêcheur qui pêche de dessus et le dessin de face ne permet pas de ne pas de les voir.
Il faut imaginer que le jeu se joue ainsi : le joueur tire un poisson et vérifie que son numéro (nombre) n'atteint pas son âge. Il tire alors un deuxième poisson et calcule la somme des deux nombres. Si elle est égale à son âge, il a gagné, on arrête et l'on remet les poissons dans la bassine. Si elle est supérieure à son âge, il a perdu et l'on remet aussi les poissons dans la bassine. Si elle est inférieure à son âge, il tire un troisième poisson et l'on fait la somme des trois nombres. Et ainsi de suite.
L'énoncé parle de deux poissons ou plus, ce qui signifie qu'un joueur de moins 8 ans serait désavantagé en cas de tirage de 7 au premier poisson.
La question demande « quelles sont les possibilités … » C'est une nouvelle ambiguïté, révélatrice. L'analyse de la tâche laisse penser qu'une possibilité comme 7 + 3 + 1 est la même que 1 + 3 + 7. Or, la situation est fondamentalement différente dans le déroulement du jeu. Si le joueur (de 11 ans) tire 7 au premier coup, il risque de perdre au 2^{e} en tirant 5 ou 6, tandis que s'il tire 1 au premier coup et même 3 au deuxième coup, il sait qu'il peut encore jouer son 3^{e} coup sans aucune crainte). Donc les permutations des termes correspondent à des situations de jeu différentes. On se retrouvera devant de nombreuses répétitions justifiées mais comptées comme des erreurs.
Le malaise est donc certain : on demande à l'élève de s'approprier un « jeu » (non équitable) mais en fait on ne s'intéressera qu'à l'aspect mathématique de la réponse : l'inventaire des décompositions de 11 en somme de termes différents choisis parmi 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, sans tenir compte des permutations.
Il a fallu alors trouver un contexte plus clair, qui n'occulte pas les savoirs mathématiques.

Les pots (Cat. 3, 4, 5)

Devant l'arrosoir, qui contient exactement 11 litres d'eau, il y a sept pots vides : de 1 litre, 2 litres, 3 litres, 4 litres, 5 litres, 6 litres et 7 litres.

Mario doit choisir quelques pots dans lesquels il versera toute l'eau de son arrosoir. Les pots choisis devront être entièrement pleins, mais il ne faut pas qu'ils débordent !

Quels pots Mario peut-il choisir ?

Par exemple, si Mario choisit les pots 3, 4 et 6, il n'aura pas assez d'eau pour les remplir tous.
S'il choisit les pots 6 et 2, il n'arrivera pas à vider entièrement son arrosoir.
S'il choisit les pots 3, 6 et 2, c'est possible, il pourra vider l'arrosoir et remplir entièrement les pots.

Mais il y a encore d'autres possibilités.

Indiquez-les toutes et expliquez comment vous les avez trouvées.

Le thème de l'arrosoir paraissait éviter ces écueils : il n'y a plus de « jeu » ni de joueurs, ni de poissons à remettre seulement en fin de partie ou entre les parties hypothétiques, il n'y a plus d'aléatoire (c'est peut-être une perte mais, de toute manière, comme on n'en tire pas profit …), les solutions peuvent se trouver sans savoir ce qu'est la « somme » et sans écritures mathématiques. Le fond du problème mathématique subsiste, c'est-à-dire l'inventaire, qui demande une organisation de type combinatoire.

IV – L'EXPLOITATION DES RÉSULTATS POUR LA FORMATION DES MAÎTRES

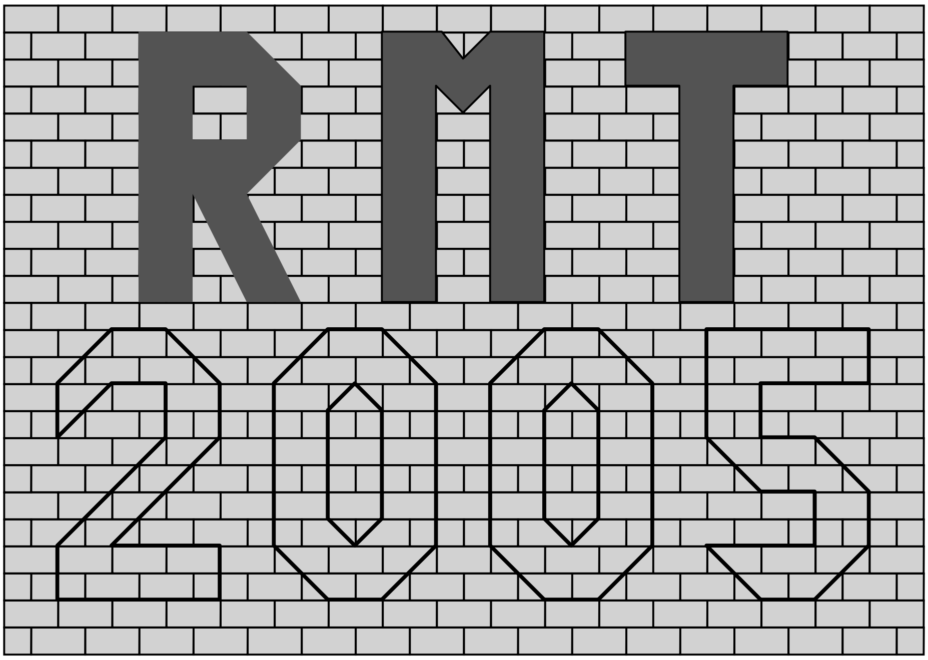
L'examen des copies des problèmes du RMT confirme parfois les prévisions de l'analyse de la tâche et apporte alors des compléments d'information sur la manière dont les élèves procèdent pour arriver aux solutions.
Dans d'autres cas, cette analyse a posteriori apporte des surprises : obstacles inattendus, représentations dominantes non adéquates, procédures détournées permettant d'obtenir la solution par des voies non prévues.
Dans un cas comme dans l'autre, ces résultats peuvent conduire directement à des exploitations ou à des investigations complémentaires par la reprise des problèmes pour la classe entière, à la création de nouveaux problèmes par le jeu des variables didactiques ou de contexte.

IV – 1 Exemple 4

Ce problème est révélateur du niveau de construction du concept d'unité pour la comparaison d'aires.

RMT 2005 (Cat. 3, 4)

Sur le mur de l'école, on a peint l'intérieur des lettres R, M et T pour la prochaine finale du Rallye Mathématique Transalpin. Il reste encore à peindre l'intérieur des quatre chiffres de 2005.
Sophie va peindre, le « 2 » et le premier « 0 ». Marc peindra l'autre « 0 » et le « 5 ».



Qui utilisera le plus de peinture ?

Expliquez comment vous avez trouvé votre réponse.

L'analyse a priori du problème montre qu'il a été conçu dans un but didactique avec l'intention évidente de faire apparaître la mesure, à un niveau scolaire où ces notions sont en phase d'approche, sans encore aucun formalisme ni règle institutionnalisées. En voici quelques extraits :
« …
Les élèves doivent se rendre compte que la quantité de peinture dépend de la grandeur des surfaces à recouvrir et qu'il faut trouver un moyen de les comparer : par recouvrement et découpages, par pavage avec une ou plusieurs formes et, en cas d'adoption d'un pavé unité, par comptage.
Parmi les unités les plus naturelles pour ce contexte, il y a la « brique » (rectangle) et la « demi-brique » (carré), mais, dans un cas comme dans l'autre, il faudra tenir compte des triangles (demi-carré) et des trapèzes (3/4 de brique ou 1 carré et demi) qu'il faudra convertir en briques ou en carrés.
L'unité choisie, les règles d'échanges bien assimilées, il faut encore organiser le comptage de manière rigoureuse car les différentes formes qui apparaissent sont nombreuses et disposées différemment dans le « 2 » et le « 5 » qui restent à peindre.

Au passage, on peut remarquer qu'il est inutile de calculer l'aire des « 0 » et qu'on peut ainsi s'éviter bien des comptages et des sources d'erreur. Cette simplification fait cependant appel à une règle d'équivalence, qui ne peut être qu'intuitive pour des élèves de 8 à 10 ans.
Il ne reste plus alors qu'à conclure : expliquer que c'est Marc qui utilisera le plus de peinture, en disant, par exemple, que le « 2 » correspond à 17 briques alors que le « 5 » correspond à 18 briques.
… »

Une analyse globale des résultats montre que le problème est « difficile ». Sur plus de 300 classes, de toutes les sections, les moyennes se situent entre 0,5 et 1,5 en catégorie 3 (CE2) et entre 0,9 et 1,7 en catégorie 4 (CM1). (4 points sont attribués aux réponses justes et bien expliquées, 3 points aux réponses justes avec explications lacunaires ou confuses, 2 points aux réponses avec quelques erreurs, 1 point à la réponse « Marc » sans aucune explication ou avec une démarche erronée, 0 point, incompréhension ou démarche entièrement fausse

Un examen des procédures de résolution sur de 68 copies de Suisse romande : 25 de catégorie 3 et 43 de catégorie 4) fait apparaître quatre grandes catégories :

IV – 1.1 Dénombrement des briques

C'est la procédure « experte » par mesure d'aire, selon une même unité, la « brique » rectangulaire. 31 copies (46%) avec, souvent une explicitation des transformations d'unité comme dans le cas suivant :

C'est Sophie qui doit peindre le plus, on a conté les carreaux en calculant, Sophie va en peindre 36 et Marc 32,5.

Sophie	*Marc*
10 + 9 = 19	*10 + 10 = 20*
4 + 10 = 14 : 2 = 7	*10 + 6 = 16 : 2 = 8*
5 + 9 = 14 et le 3/4 est 6.8	*4 + 6 = 10 et le 3/4 est 2.5*
9 + 4 = 13 : 3 = 3.20	*4 + 2 = 6 : 3 = 2*
19 + 7 + 6.8 + 3.2 = 36	*20 + 8 + 2.5 + 2 = 32.5*

(Les comptages des formes sont exacts, on remarque au passage la division par 3 pour les triangles, une transformation « 3/4 » pour les trapèzes avec, vraisemblablement, l'usage de la calculatrice et l'apparition de nombres décimaux sur son affichage, que ces élèves n'ont encore pas étudiés en classe.)

IV – 1.2 *Dénombrement des formes (ou parties) à l'intérieur des lettres*

Dans cette procédure, les nombres de rectangles, de carrés, de triangles et de trapèzes sont additionnés, sans tenir compte de la grandeur de ces figures ; c'est-à-dire sans la définition d'une unité commune. C'est alors Sophie qui peint le plus de « pièces ».
24 copies (35 %).

Du genre :

Sophie peindra le plus avec le plus de peinture.
On a compté les briques du 2, 0 et du 0, 5. Alors le 2, 0 (59) sont les plus grands et le 0 , 5 (56) sont les plus petit.

IV – 1.3 *Comparaison par superposition/décomposition ou par recouvrement pas à pas*

Dans cette procédure, on ne s'intéresse pas à l'aspect numérique de la mesure. Il n'y a pas de nombre de parties ou d'unités
7 copies (10 %).

- dont 4 parlent de superposition du « 2 » et du « 5 » du genre :
  Marc peindra plus que Sophie. On l'a retourné et on a vu que le cinq avait plus de briques. (cat. 4)
  ou, de manière un peu ambiguë, vu l'erreur :
  Nous avons décalé le deux et nous avons découpé le tour du deux puis on l'a plié sur le cinq et nous avons dû encore les découpé et nous avons vu que le deux a besoin de plus de peinture que le cinq. Nous avons vu que les zéros sont identiques. Ce sera Sophie qui utilisera le plus de peinture. (cat. 4)
- dont 3 montrent que les élèves ont marqué ou colorié simultanément le « 2 » et le « 5 » pièce par pièce.
  Par exemple, une copie (cat. 3) présente un coloriage avec des couleurs (une dizaine) identiques pour les différentes pièces des deux zéros et une progression du coloriage à partir du haut dans le « 5 » et le « 2 » : les 3 rectangles de la première ligne du « 5 » en vert, orange et jaune, comme ceux des deux premières lignes du « 2 », puis les 2 carrés de la deuxième ligne du cinq en bleu comme les 4 triangles des deux premières lignes du « 2 », puis les deux rectangles de la deuxième ligne du « 5 » en violet et brun comme le rectangle de la troisième ligne du « 2 » et le trapèze et le triangle de l'extrémité supérieure droite du « 2 », *etc*. À la fin, il reste deux parties triangulaires signalées par « *vides* » et correspondant à une brique dans le bas du « 5 » avec l'indication « *si on les colorie ou utilisera plus de peinture* » et la conclusion « *Le 05 utilise plus de peinture.* »

IV – 1.4 *Prise en compte des périmètres des lettres pour déterminer la quantité de peinture.*

6 copies (9 %)

- dont 5 mesurées en cm, qui aboutissent à de longues additions de nombres décimaux et des sommes proches de 17 cm.
- dont 1 compte les segments du périmètre :
  On n'a contez les très du 5 et du 2 est on n'a vu que le 5 avez plus de très. Comme le deux 0 sons les mêmes on ne les a pas compté et alors le 5 qui a 15 très. Et le 2 a 14 très.
  C'est Marc qui peint le plus ! (cat. 3)

Potentialités du problème pour la formation

« RMT 2005 » s'est révélé difficile en catégorie 3 comme en catégorie 4 (avec des moyennes des points attribuée respectivement de 1,24 et 1,6).

On pourrait le regretter ou craindre un effet de découragement chez les élèves.

On peut au contraire se réjouir de la « consistance » du problème et, vu qu'aucune copie n'est blanche, des efforts entrepris par les groupes qui se sont engagés dans la solution.

Dans les manuels scolaires, la tendance actuelle est de simplifier la tâche des élèves, d'écarter les obstacles éventuels, de faciliter les comptages en agrandissant les figures et en diminuant leur nombre. De là à dire qu'on « cherche à ce qu'il n'y ait plus de problème », il n'y a qu'un petit pas.

On est ici dans une problématique de « dévolution ». Quelle partie de la tâche va-t-on laisser au groupe d'élèves, quelle partie va-t-on confier à l'énoncé du problème.

Dans « RMT 2005 », on laisse beaucoup de tâches aux élèves et aux maîtres qui voudraient exploiter ce problème pour la classe, en lieu et place d'activités bien progressives qui vont guider l'élève vers des automatismes non intégrés. La notion « d'invariance de l'unité » dans la construction d'une procédure de mesure est une découverte essentielle, qui ne deviendra consciente que par la confrontation de cas où elle est prise en compte avec des cas où elle est oubliée.

Au vu des 68 copies analysées, on peut être presque certain que les principales stratégies relevées doivent apparaître au moins une fois dans une classe. Ceux qui n'ont pas encore reconnu l'importance d'une unité constante pourront se confronter avec ceux qui l'utilisent, peut-être inconsciemment, avec ceux qui n'ont pas encore de méthode rigoureuse de comptage, avec ceux pour qui les règles d'échanges entre rectangles, carrés, triangles et trapèzes sont encore vacillantes.

Il y a de la place, dans ce contexte, pour des argumentations, des validations entre élèves, puis des développements et des variantes (il y a d'autres lettres ou d'autres chiffres à peindre sur le mur) pour aller jusqu'aux institutionnalisations de la part du maître.

À condition, bien sûr, qu'on ne fasse pas « RMT 2005 » *en plus* des autres activités du programme sur les mesures d'aire, mais *à la place*.

IV – 2 Exemple 2 (« Les trois coffres »)

Ce problème jugé « difficile » en catégories 5 et 6 par certains et proposé pour les catégories 3 à 5 par d'autres obtient des moyennes situées entre 2 et 3 points selon les sections, c'est-à-dire une bonne « réussite » comparativement aux autres problèmes du RMT. De quoi dire, aux uns que leur pessimisme n'était pas de mise et aux autres qu'ils avaient raison de le soumettre à des élèves plus jeunes.

La formule « concours » exige un classement des participants. Le RMT n'échappe pas à cette règle et doit donc établir des critères d'attribution des points. Cette nécessité de type « normatif » n'a a priori pas d'intérêt didactique, elle a cependant l'avantage de contraindre les auteurs des problèmes à une réflexion sur l'évaluation des résultats.

On se retrouve ainsi au niveau de préoccupations permanentes de l'enseignant et du formateur : comment apprécier une copie si, comme l'a choisi le RMT, on veut aller au-delà de la dichotomie juste-faux.

Les critères d'attribution des points découlent directement de l'analyse a priori de la tâche, mais ils présentent aussi une dimension qualitative correspondant aux choix pédagogiques et didactiques affirmés dans les buts de la confrontation. Parmi les tâches les plus délicates lors de cette évaluation des copies, il y a la distinction entre une

justification de la solution et une simple vérification, l'appréciation de la cohérence d'un raisonnement logique, la reconnaissance d'une démarche hypothético-déductive, la recherche d'indices sur les représentations que les élèves se font d'une connaissance, l'estimation du niveau des connaissances en jeu.
À titre d'exemple, voici les critères d'attribution des points du problème *Les trois coffres* présenté précédemment, tels qu'ils ont été établis a priori. Comme l'analyse de la tâche de cette activité, ils se révéleront encore bien lacunaires lors de l'examen des copies.

4 Réponse correcte (5 pièces d'or pour la valeur d'un petit lingot, 10 pièces d'or pour la valeur d'un moyen et 20 pièces d'or pour la valeur d'un grand) avec explications (usage d'équivalences graphiques et/ou numériques ou emploi d'une stratégie d'essais/erreurs, …) ;

3 Réponse correcte, mais sans démonstrations ou explications claires des manipulations opérées sur les équivalences ;

2 Deux au moins des rapports ou équivalences entre les valeurs des lingots sont énoncés correctement, (1g = 2m, 1g = 4p, 1m = 2p), mais une erreur s'est produite lors de la conversion en pièces d'or ;

1 Essais de valeurs attribuées aux lingots, qui n'aboutissent pas, ou un seul rapport trouvé entre les valeurs en pièces d'or des lingots (1g = 4p) ou (1m = 2p) ;

0 Incompréhension du problème.

Pour trancher, il faut une analyse plus détaillée de ces résultats et savoir comment les élèves s'y sont pris.
Voici les procédures relevées dans les 37 copies d'une section (Cagliari) :

IV – 2.1 La division par 6 comme premier argument (6/37)

Les justifications les plus nombreuses commencent par une référence explicite à une division de 30 par 6 permettant de trouver la valeur du petit lingot.
Mais on ne peut pas savoir, d'après les explications, comment le diviseur 6 a été « découvert ». S'agit-il des 6 lingots des deux premiers coffres, ou y a-t-il eu simplifications de l'équivalence des deux premiers coffres, 4p + m = 2p + 2m pour arriver à l'équivalence 2p = m, puis substitution de m = 2p dans la premier coffre pour aboutir à la valeur 6p ?

Ex. A1 : *30 : 6 = 5 valore lingotto piccolo (valeur du petit lingot)*
5 + 5 = 10 valore lingotto medio (valeur du lingot moyen)
10 + 10 = 20 valore lingotto grande (valeur du grand lingot)
avec représentations des lingots de chaque coffre, respectivement par un, deux et trois carrés du quadrillage, accompagnées d'un tableau récapitulatif *VALORI GRAFICI* ou les valeurs attribuées aux dessins sont repectivement1, 2 et 4. (cat. 6)

Ex. A2 : … *(Nous avons obtenu les lingots en divisant 30 et avons trouvé la valeur d'un petit lingot, c'est-à-dire 5. Comme 5 x 4 font 20 il reste 10 pour le moyen et naturellement 20 sera le grand lingot)* (cat. 5)

Dans certains cas, la division par 6 est accompagnée d'une division par 3 pour trouver la valeur du lingot moyen.

Ex. A3 : *(Nous avons divisé 30 qui sont les pièces d'or par 6 et avons obtenu 5 qui devrait être la valeur d'un petit lingot … puis nous avons toujours divisé 30 par 3et avons obtenu 10 qui devrait être la valeur d'un lingot moyen) …*(cat 5)

Si le dividende est toujours 30, le diviseur de la seconde division peut être 4 au lieu de 3, ce qui laisse des doutes sur l'origine de ce diviseur : nombre de lingots moyens au total dans les trois coffres ou valeur d'un coffre en lingots moyens ?

Ex. A4 : *(En divisant 30 par 6, le nombre des petits lingots on trouve combien vaut un petit) in pezzi d'oro. Dividendo 30 per 4 il n° dei lingotti medi si trova quando vale 1 lingotto medio in pezzi d'oro. Sottraendo 30 per 10 il valore di 1 lingotto medio si trova quanto vale 1 lingotto grande...*
Dans la réponse de cette copie, les valeurs indiquées des lingots sont respectivement de 5, 10 et 20 pièces d'or ; on constate cependant la présence préalable d'une réponse « 7,5 » (recouverte de correcteur blanc) pour le lingot moyen, correspondant effectivement au quotient de 30 par 4. (cat. 5).

Dans deux cas, la division par 6 est représentée graphiquement : le coffre est un rectangle de 2 x 3 carrés, ou les lingots de 5 occupent un carré, ceux de 10 deux carrés, *etc*.

Ex A5 : les 3 rectangles de 2 x 3 et un tableau récapitulatif des 3 lingots avec leurs valeurs respectives : 1 carré = 5, 2 carrés = 10, 4 carrés = 20, avec le commentaire :
…Quindi dividendo il baule in parti facendo credere que siano lingotti,… (Donc en divisant le coffre en parties, comme si c'était des lingots, chaque coffre nous a donné la somme des lingots : 30). (cat. 6).

Dans un seul cas, les élèves partent du troisième coffre et commencent alors par une division par 3, semblant admettre a priori le rapport de 2 entre le grand lingot et le moyen.

Ex A6 : *Abbiamo preso in considerazione il 3° forziere. (le troisième coffre)*
Se facciamo 30 :3 ottienamo 10.
Quindi abbiamo addizionato 10 + 10, cosi otteniamo 20 (valore del lingotto + grande). Ciò che ci resta è il numero 10. (valore del lingotto medio) …. (cat 6).

IV – 2.2 Le lingot moyen vaut le double du petit comme premier argument (7/37)

La clé du problème, pour cette catégorie de procédures, réside dans la découverte du rapport 2 entre les valeurs du lingot moyen et du petit et/ou entre celle du grand et du moyen. À partir de ce rapport, on peut passer à la division par 6 et/ou par 3 explicite - comme dans la catégorie précédente - ou implicite.
Mais l'interrogation reste la même. Comment les élèves ont-ils trouvé ce rapport 2 ?
Une première hypothèse, de « routine » ou de « facilité », est d'imaginer que, si la valeur du le petit lingot est l'unité, celle du moyen est le nombre naturel suivant, 2, et celle du grand est 3 dans une conception « linéaire » de la progression, ou 4 dans une conception «exponentielle ». (Dans les copies observées, lorsque les lingots sont représentés par des carrés alignés on trouve autant de triplets de valeurs « 1 ; 2 ; 3 » que de « 1 ; 2 ; 4 »). Dans un cas comme dans l'autre, le rapport décisif pour le calcul, entre les valeurs des lingots moyen et petit est le même : 2.
La deuxième hypothèse exigerait la simplification de l'équivalence 4p + m = 2p + 2m conduisant à la relation 2p = m. Comme cette opération complexe n'est jamais

mentionnée intégralement dans cette catégorie de procédures, comme dans toutes les autres d’ailleurs, on peut donc raisonnablement opter pour la première hypothèse.

Ex. B1 : *… (J’ai pensé que le moyen valait le double du petit …) e il grande il doppio del medio, ho diviso i 30 pezzi d’oro x 6, ho moltiplicato il risultato trovando quelli medii e ho moltiplicato ancora x 2, trovando quelli grandi.*
avec représentations des lingots de chaque coffre, respectivement par un, deux et quatre carrés du quadrillage, (cat. 6)

Ex. B2 : *… (Nous avons déduit ces réponses parce que, selon nous, deux petits valent un moyen …)*
Avec réponses justes et dessins de trois coffres contenant les lingots représentés par des boules de tailles différentes. (cat 6)

Ex. B3 : *(Nous l’avons découvert en remarquant que le petit est la moitié du moyen …)*
Avec réponses justes et dessins de trois lingots représentés par des rectangles de 2, 4 et 6 carrés. (cat 6).

Les deux copies suivantes sont les seules où les équivalences et les substitutions apparaissent clairement, sans toutefois préciser comment le rapport 2 est obtenu.

Ex. B4 : *(En comparant le premier coffre et le deuxième, nous avons vu que le moyen est le double du petit … ainsi nous avons vu qu’il suffisait de diviser 30 par 6 pour obtenir le nombre du petit, qui est 5 …)*
avec représentation littérale des coffres : *PPPPM PPMM MG* où les équivalences sont marquées par des doubles flèches entre lingots isolés et groupes de deux, avec, en annexe, les écriture $P + P = M$ et $M + M = G$ (cat 5).

Ex. B5 : *4 lingotti piccoli = 2 medi o i grande (4 petits = 2 moyens ….)*
1 lingotto medio = 2 piccoli
1 lingotto grande = 2 medi o 4 piccoli
30 pezzi d’oro = 6 lingotti piccoli
30 pezzi d’oro = 3 lingotti medi
30 pezzi d’oro = 1 lingotto grande e uno medio
Quindi 30 : 6 = 5 che sarebbe il valore di un lingotto piccolo
30 : 3 = 10 che sarebbe il valore di un lingotto medio
30 : 1,5 = 20 che sarebbe il valore di un lingotto grande (cat 6)

IV – 2.3 La valeur du petit lingot est 5, a priori ou par essais successifs (12/37)

Dans 7 copies de cette catégorie de procédures très semblables, il n’y a aucune justification de la manière dont la valeur 5 a été attribuée au petit lingot. Toutes les explications décrivent la manière de calculer la valeur des autres lingots ou portent sur les vérifications.

Ex. C1 : *(Nous avons compris que les petits valent 5 pièces, les moyens 10, et les grand 20. En effet, toutes les sommes donnent 30)* (cat. 5)

Parmi les autres copies de cette catégorie, certaines parlent d’essais plus ou moins explicitement :

Ex. C2 : *… (Nous avons essayé de calculer selon les données de l'énoncé …. et avons fait les preuves)*
Avec un dessin des lingots dont les longueurs sont proportionnelles à 1, 2, 3 pour les vérifications (cat. 6)

Ex.C3 : *Abbiamo trovato la soluzione facendo dei tentativi dopo di che abbiamo scoperto che nel primo forziere se avessimo fatto 5 × 4 dava 20 pezzi d'oro. Facendo 10 1 dava 10 e sommando 20 + 10 abbiamo scoperto che il primo forziere conteneva 30 pezzi d'oro. …* (cat. 6).

D'autres mentionnent clairement des décompositions de 30 ou citent les essais effectués :

Ex. C4 : *30 = 10 + 10 + 10 no*
30 = 5 + 5 + 5 + 5 + 10 si
30 = 5 + 5 + 10+ 10 si
30 = 10 + 20 si
Per arrivare a scoprire il valore dei 3 lingotti abbiamo scomposto il n. 30 scoprendo cosi che nel terzo forziere il lingotto grande valeva 20 pezzi d'oro e il lingotto medio valeva 10 pezzi d'oro (20 + 10 = 30)
Facendo cosi abbiamo scoperto il valore del lingotto piccolo. (cat 5).

Ex. C5 : *1p = 2 primo forziere [(2 x 4) + 5] = 13 no*
1m = 5 secondo forziere [(2 x 2) + (5 x 2)] = 14 no
1g = 10 terzo forziere [(5 + 10)] = 15 no

1p = 5 primo forziere [(5 x 4) + 10] = 30 si
1m = 10 secondo forziere [(5 x 2) + (10 x 2)] = 30 si
1g = 20 terzo forziere [(10 + 20)] = 30 si …
suivent les explications détaillées. (cat. 5)

ou encore, avec un peu de chance, confondent le nombre de lingots du premier coffre avec la valeur des petits lingots :

Ex. C5 : 1^o forziere = 4 + 1 = 5 5 x 4 = 20 30 – 20 = 10 20 + 10 = 30
2^o forziere = ….

IV – 2.4 Autres réponses (13/37)

On relève encore 6 autres procédures très brèves et sans explications, du genre :

P = 5, M = 10, G = 15 ; P = 18, M = 36, G = 54 ; P = 4, M = 11,5, G = 15
… sans autres explications

ainsi que 7 copies blanches.

Que faire de ces résultats en formation des maîtres ?
Le plus évident est de faire résoudre les problèmes par les personnes en formation et de leur demander de décrire leur stratégie de résolution.

Il paraît ensuite naturel d'examiner ces procédures d'adultes aux copies des élèves, à la lumière de l'analyse a priori de la tâche. Pratiquement, on peut proposer le problème à des classes de sa région et travailler sur leurs justifications.
On peut aussi se demander pourquoi les moyennes obtenues à ce problème des *Trois coffres*, situées entre 2 points et 3 points, sont si différentes de celles obtenues au problème isomorphe des *Pots de confiture* où elles n'atteignaient pas 1 point en catégorie 6. (Dans le premier cas, le système d'équation est $4p + m = 2p + 2m = m + g = 30$ et conduit au rapport unique $2p = m$ et $2g = m$, dans le second : $4p + 4m + g = 7p + 2g = 7p + 6m = 5$, qui conduit aussi à un rapport unique $3p = m$ et $3m = g$).
Cette dernière suggestion nous conduit directement aux **variables didactiques du problème**.
Par exemple, en modifiant seulement les contenus de deux coffres : 7 petits lingots et 2 moyens dans le premier, 3 petits et 3 moyens dans le deuxième, les procédures consistant à diviser 30 par le nombre total de petits lingots, 11, sont déjà inadéquates.

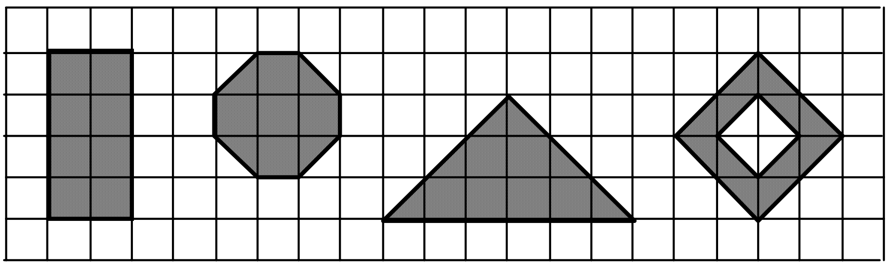
Ce travail sur les variables didactiques fait l'objet de l'exemple suivant :

IV – 3 Exemple 5

Un problème qui conduit à une recherche sur les variables didactiques dans une situation de proportionnalité.

Décoration (Cat. 5, 6, 7)

Un peintre a peint ces quatre figures différentes sur un mur, chacune avec une couche de peinture de la même épaisseur.



Il a utilisé des pots de peinture de même grandeur :

- 18 pots de rouge pour une des figures
- 21 pots de bleu pour une autre figure,
- 27 pots de jaune pour une autre figure
- des pots de noir pour la figure qui reste.

À la fin de son travail, tous les pots étaient vides.

Indiquez la couleur de chaque figure.

Combien de pots de peinture noire a-t-il utilisés ?

Expliquez comment vous avez trouvé.

Ce problème a été très bien réussi et s'est même révélé « trop facile » en catégorie 7, mais l'examen des copies a laissé des doutes sur la mobilisation de la connaissance mathématique en jeu : la proportionnalité ou la fonction linéaire permettant de passer de la mesure de l'aire des figures au nombre de pots de peinture.
Pour pouvoir s'engager dans une solution, l'élève doit trouver les deux grandeurs en jeu, le nombre des pots de peinture et l'aire des figures proposées et imaginer qu'elles sont liées. Il lui faudra alors passer aux mesures des aires pour obtenir une relation

numérique. Une fois l'unité choisie, il faut déterminer la mesure d'aire de chaque figure, pour pouvoir les classer. En carreaux - unité choisie dans la grande majorité des cas -, le « double carré » a une aire de 6, l'octogone de 7, le rectangle de 8 et le triangle de 9 Ensuite il faut établir la correspondance entre les mesures d'aires des figures et le nombre de pots de peinture. Il y a quatre mesures d'aires et trois nombres connus de pots. Il y a donc plusieurs choix sur la « position » du nombre inconnu de pots, qu'on peut illustrer par le tableau suivant où les mesures d'aires sont à chaque fois classées de la plus petite à la plus grande :

Choix A	6 7 8 9 ? 18 21 27
Choix B	6 7 8 9 18 ? 21 27
Choix C	6 7 8 9 18 21 ? 27
Choix D	6 7 8 9 18 21 27 ?

Comment choisir entre ces quatre choix ? C'est là le nœud du problème et c'est ici qu'intervient la notion de proportionnalité ou de linéarité.
Les élèves peuvent utiliser le « lien fonctionnel », qui est une multiplication par 3, entre les mesures d'aires et les nombres de pots. Les explications proposées par les élèves font souvent penser que ce lien est inconscient.
Ils peuvent aussi se contenter de reproduire les régularités de la première suite sur la deuxième, ce qui apparaît clairement à la lecture de nombreuses copies.

Lien avec la formation
Ces résultats ont été largement analysés et exploités, en marge du RMT, par plusieurs recherches et expérimentations où le problème a été posé à des élèves de degrés 4 et 5 (CM1 et CM2) (Vernex, 2001). Ils font aussi l'objet, actuellement, d'une « initiation à la recherche » pour futurs instituteurs d'un institut de formation des maîtres de Suisse romande[1] dans laquelle trois hypothèses de recherche sont envisagées :

I. Si l'on pose une question faisant appel plus explicitement au lien fonctionnel « multiplier par le nombre de pots par unité d'aire », les élèves qui ont résolu correctement le problème ne seront pas tous capables d'appliquer la procédure fonctionnelle. Ce qui signifierait que la relation découverte sur les quatre couples donnés n'est pas généralisable à d'autres couples correspondants des deux suites. (La vérification se fait par l'introduction d'une question complémentaire, demandant le nombre de pots nécessaire pour une cinquième figure dont l'aire mesure 20 carreaux).

II. En présentant une suite moins « régulière » que 6, 7, 8, 9, la réussite sera plus faible. Ce qui signifie que les élèves ayant donné une réponse correcte dans le cas « simple » l'auront fait sur des indices de régularité qui ne sont pas suffisants pour s'assurer de la proportionnalité. (Les mesures des aires des nouvelle figures sont 4, 6, 7, 10) »)

[1] H.E.P.BeJuNe (Haute École Pédagogique) des cantons de Berne, Jura et Neuchâtel.

III. Si l’on choisit un facteur plus grand (12 à la place de 3), les élèves devront mettre en œuvre d’autres méthodes de reconnaissance des termes correspondants des suites, ce qui rendra le problème beaucoup plus difficile. Ce qui signifie que des élèves auraient pu reconnaître les « multiples de 3 », sans être conscient qu’il y a une opération : la « multiplication par 3 » qui permet de passer d’un nombre au nombre correspondant. (Les nombres donnés de pots deviennent 72, 84 et 108).

Par le jeu sur les variables didactiques, trois versions nouvelles du problème ont donc été élaborées, sur proposition des étudiants, avec un dispositif de recherche permettant de vérifier les hypothèses.

V – CONCLUSION

Les exemples présentés montrent que le RMT offre aux maîtres qui s’y engagent, une formation complémentaire et permanente sur le choix - ou le rejet - de problèmes et l’adaptation de leurs énoncés par un regard plus affiné sur les contenus mathématiques, les contextes et la tâche de l’élève lors de l’analyse a priori. De nombreux formateurs également impliqués dans le RMT ou bien informés sur ses travaux en profitent également dans le cadre de leur enseignement en institut de formation.
Les maîtres qui participent au RMT peuvent reprendre les problèmes avec leurs élèves sous différentes modalités, individuellement ou collectivement, les exploiter ou les intégrer dans la progression de leur classe. L’étude des analyses a priori, la participation à l’évaluation des copies d’élèves lors de l’attribution des points, les données obtenues sur les procédures adoptées par les élèves, sont autant de contributions à une formation professionnelle. Les résultats obtenus, les données recueillies, les réflexions développées lors des analyses a posteriori sont disponibles pour les formateurs. Elles leur offrent encore de nombreuses pistes à explorer dans le cadre de leur enseignement ou de leurs recherches.

Les thèmes des rencontres internationales du RMT, les communications qui y sont présentées et les travaux de groupe qui s’y déroulent montrent à l’évidence qu’il y a des liens étroits entre les problèmes du concours et la formation en didactique des mathématiques :

- Le Rallye mathématique transalpin, quels profits pour la didactique ? (1997 et 1998) ;
- RMT : évolution des connaissances et évaluation des savoirs mathématiques. (1999 et 2000) ;
- RMT : potentialités pour la classe et la formation (2001 et 2002) ;
- RMT et évaluation (2003) ;
- Qu’est-ce qu’un bon problème pour le RMT ? (2004) ;
- Les problèmes du RMT dans la pratique de la classe. (2005).

Cette préoccupation d’aller au-delà de la confrontation entre élèves ou classes, vers un apport pour la didactique des mathématiques est une tendance actuelle de plusieurs concours. Si elle est aussi manifeste au sein du RMT, c’est vraisemblablement dû à la composition de ses équipes d’animateurs, où se retrouvent des « praticiens » de l’enseignement, de la formation et de la recherche. Sans les regards croisés de ces différents partenaires et sans les récits des élèves sur leurs procédures de résolution, les problèmes ne pourraient acquérir la substance et la consistance nécessaire pour espérer quelques progrès dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CROCIANI C., DORETTI L., SALOMONE L. (1999) *Un problème et son analyse didactique : Les pots de confiture* in Le Rallye mathématique transalpin, quels profits pour la didactique, in Actes des rencontres de Brigue 1997/1998. Ed. responsables L. Grugnetti et F. Jaquet. Università di Parma, IRDP Neuchâtel,115-128.

GRUGNETTI L., JAQUET F, CROCIANI C., DORETTI L., SALOMONE (Eds.) (2001) *RMT : Évolution des connaissances et évaluation des savoirs mathématiques,* Atti delle giornate di studio sul Rally matematico transalpino, Siena 1999 - Neuchâtel 2000, Università di Siena, IRDP di Neuchâtel.

GRUGNETTI L., JAQUET F., MEDICI D., POLO M., RINALDI M.G. (Eds.) (2003) *RMT : Potentialités pour la classe et la formation.* Actes des journées d'études sur le Rallye mathématique transalpin, Università di Parma, Dipartimenti di Matematica di Parma e Cagliari & ARMT.

VERNEX M. (2001) *Analyse et utilisation en classe du problème « Décoration »* du 9e RMT. Math-École, **198**, 4-18.

L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES À L'ÉCOLE PRIMAIRE EN ALLEMAGNE ET EN FRANCE, AVEC UN REGARD PARTICULIER SUR LA RÉSOLUTION DE PROBLÈMES ET L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES EN LANGUE ÉTRANGÈRE

Yves SCHUBNEL
Professeur de mathématiques, IUFM de Franche-Comté
Responsable du Centre local de Belfort
yves.schubnel@fcomte.iufm.fr

Résumé
La première partie de la communication éclaire quelques différences entre les écoles française et allemande. La deuxième partie est consacrée à une comparaison de l'enseignement des mathématiques à l'école primaire en Allemagne et en France, tant du point de vue des contenus que des méthodes. La troisième partie s'intéresse plus particulièrement au thème de la résolution de problèmes de part et d'autre du Rhin, en soulignant quelques spécificités culturelles. Dans la quatrième partie, après une présentation succincte et une analyse critique de l'enseignement bilingue en général et de celui des mathématiques en particulier, des éléments seront proposés pour la mise en œuvre d'un enseignement bilingue des mathématiques. L'exposé se terminera par quelques pistes de travail pour la formation des maîtres souhaitant s'investir dans l'enseignement bilingue des mathématiques.

Mots-clés : École allemande - comparaison des enseignements français et allemand - enseignement bilingue des mathématiques.

I – INTRODUCTION : QUELQUES DIFFÉRENCES ENTRE L'ÉCOLE FRANÇAISE ET L'ÉCOLE ALLEMANDE

Appelée *Grundschule*, l'école primaire allemande – qui scolarise dans le Land du Bade-Wurtemberg les enfants de 6 à 10 ans - constitue un miroir intéressant de la société allemande et de sa culture. Observer comment elle fonctionne, elle s'organise et vit, peut être une manière de mieux comprendre la sensibilité allemande.

D'après un principe pédagogique dominant, les notions abordées à l'école allemande sont ancrées dans l'environnement proche de l'enfant. Par exemple, la géographie est intégrée à une matière qui s'appelle *Heimat- und Sachunterricht*[1] dans le Bade-Wurtemberg et dont les contenus sont proches des anciennes activités d'éveil en France.

[1] Le tiret situé après *Heimat*- évite la répétition de *–unterricht*.

Qu’est-ce que la *Heimat* ? C’est le lieu, le pays où l’on est né. Mais ce terme exprime bien davantage : il fournit la réponse aux questions : qui suis-je ?, d’où viens-je ?, comment suis-je devenu ce que je suis ? La connaissance de l’environnement qu’on y a acquise au cours de son enfance et de sa jeunesse et les relations humaines qu’on y a tissées constituent autant de repères sur le chemin vers l’âge adulte.

Dans le cours de *Heimat- und Sachunterricht* on fait la distinction (presque inconnue en France) entre *Alltagswissen* (le savoir de tous les jours) et *Schulwissen* (le savoir scolaire). Le *Alltagswissen* fait référence à ce que l’enfant connaît, aux savoirs et savoir-faire qu’il utilise et qui lui permettent de vivre en société. « Ces savoirs […] ont toute leur place dans l’école allemande qui a le projet explicite de socialiser les enfants en vertu de valeurs affichées » (Jaillet, 1997, p. 16).

L’absence de documents d’application et de documents d’accompagnement des programmes dans le Bade-Wurtemberg souligne la plus grande liberté pédagogique qui y est laissée aux enseignants de la *Grundschule.* Alors qu’en France les programmes d’enseignement sont les mêmes sur tout le territoire national et qu’un même manuel peut être utilisé partout, en Allemagne, chaque Land publie son propre *Bildungsplan für die Grundschule* (programme d’enseignement pour l’école primaire) et est habilité à donner l’autorisation d’utiliser tel ou tel manuel scolaire. Ainsi, par exemple, on pourra voir développés dans les manuels des Länder du nord de l’Allemagne des thèmes relatifs à la pêche hauturière, alors qu’il n’en sera pas question dans ceux des Länder du sud.

II – ENJEUX COMPARÉS DE L’ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES À L’ÉCOLE PRIMAIRE ET COMPÉTENCES À DÉVELOPPER

II – 1 Les instructions officielles

II – 1.1 Références

En France

- Bulletin officiel de l’Éducation nationale – Hors-série n° 1 du 14 février 2002 : horaires et programmes d’enseignement de l’école primaire, édité par le ministère de l’Éducation nationale, de l’Enseignement supérieur et de la Recherche ;
- documents d’application des programmes. Mathématiques cycle 2 (2002). Ministère de l’Éducation nationale, de l’Enseignement supérieur et de la Recherche (responsable de la publication), édité par le Centre national de documentation pédagogique ;
- documents d’application des programmes. Mathématiques cycle 3 (2002). Ministère de l’Éducation nationale, de l’Enseignement supérieur et de la Recherche (responsable de la publication), édité par le Centre national de documentation pédagogique ;
- documents d’accompagnement des programmes. Mathématiques école primaire (2005).

Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (responsable de la publication), édité par le Centre national de documentation pédagogique.

Dans le Bade-Wurtemberg

Bildungsplan 2004 für die Grundschule in Baden-Württemberg mit den Bildungsstandards für Mathematik.

II – 1.2 Enjeux de l'enseignement des mathématiques

On note une différence sensible des enjeux de l'enseignement des mathématiques d'un État à l'autre.

En France

L'enjeu est de préparer les élèves à bénéficier au mieux de l'enseignement donné au collège en mathématiques et dans d'autres disciplines, notamment scientifiques. Pour cela, les élèves doivent acquérir des compétences, être capables de les mobiliser pour résoudre des problèmes et développer des aptitudes à abstraire, à raisonner, à travailler de façon autonome, à s'organiser, à exprimer un résultat ou une démarche.

Dans le Bade-Wurtemberg

Il s'agit de sensibiliser les élèves aux aspects mathématiques de phénomènes quotidiens et de situations issues de leur environnement, de les inciter à y chercher des questions et des problèmes authentiques qui peuvent être résolus grâce aux mathématiques et de les amener à les résoudre.

À l'aide de leurs savoirs et savoir-faire, seuls ou à plusieurs, ils élaborent, analysent et produisent des procédures de résolution individuelles ou collectives. Les compétences ainsi acquises sont ensuite utilisées comme nouveaux savoirs et savoir-faire dans de nouvelles situations.

De plus, les enfants sont amenés à découvrir et à utiliser, à leur niveau, des structures mathématiques et des relations, également dans des situations à contexte interne aux mathématiques.

A noter que dans les deux pays, on souligne l'importance de jeter des ponts vers les autres disciplines. Il s'agit d'articuler les mathématiques avec d'autres domaines du savoir ; elles offrent les ressources utiles à d'autres disciplines qui, en retour, leur apportent un questionnement et leur permettent de progresser.

II – 1.3 Objectifs et compétences

Les contenus mathématiques développés de part et d'autre du Rhin sont analogues. Il convient toutefois de mentionner la présence d'un paragraphe spécial dans le programme du Bade-Wurtemberg, intitulé « *Muster und Strukturen* » (Schémas réguliers et structures), où il est question de pavages, de frises, de suites de nombres ou de symboles, de cryptographie et de messages codés.

Si certaines compétences sont présentes dans les deux programmes, il est intéressant de constater que d'autres ne sont bien marquées que dans l'un ou dans l'autre.

Voici quelques exemples éclairants.

En France et dans le Bade-Wurtemberg

- Pratiquer différents types de calculs (mental et écrit). Au cours de séances de calcul mental, différentes procédures peuvent être présentées, discutées et vérifiées ;
- contribuer à la formation générale de l'élève : être confronté à de véritables situations de recherche, développer l'autonomie, l'imagination et l'esprit d'initiative pour trouver différents types de démarches, formuler des résultats, les communiquer aux autres enfants, argumenter. Les erreurs font partie du processus d'apprentissage ;
- utiliser et développer la langue maternelle en mathématiques à l'occasion de l'explicitation d'énoncés et de la communication de procédures de résolution.

En France

- Utiliser de manière raisonnée une calculatrice ;
- prendre conscience du statut particulier de la preuve en mathématiques ;
- promouvoir une dimension culturelle : débattre du « vrai » et du « faux » en utilisant des connaissances partagées qui permettent de dépasser l'argument d'autorité.

Dans le Bade-Wurtemberg

- Apprendre des disciplines en langue étrangère, en particulier les mathématiques ;
- reconnaître, décrire, prolonger et inventer des schémas réguliers (*Muster* en allemand, *patterns* en anglais).

II – 2 Exemples de situations

II – 2.1 Der Baum

La planche suivante (figure 1) extraite d'un manuel allemand de 1re classe (enfants de 6 à 7 ans) représente le support d'un jeu de dé pour deux enfants : *Der Baum* (L'arbre).
On utilise un seul pion, qui se trouve au départ sur la case 10 du feuillage. Les enfants lancent le dé à tour de rôle. Chacun déplace le pion en direction de son panier, en fonction du nombre de points indiqué par le dé. Le premier qui parvient à faire entrer le pion dans son panier a gagné (case 0 ou en deçà pour le joueur de gauche, case 20 ou au-delà pour celui de droite).

Il s'agit par ailleurs de compléter la suite des nombres écrits sur le muret du bas.

Figure 1 : *Der Baum*, d'après LEININGER et al. 2003, p. 52.

Ce jeu peut être proposé à des élèves de cours préparatoire en France ou de 1re classe dans le Bade-Wurtemberg, puisque les compétences qu'il permet de développer figurent dans les programmes français et bade-wurtembergeois. Le domaine d'étude est l'espace numérique de 0 à 20. L'enfant appréhende cet espace en y déplaçant le pion dans le sens croissant ou décroissant des nombres. Il peut le déplacer case par case, par bonds successifs ou même anticiper la case d'arrivée en effectuant une addition ou une soustraction. Les différentes procédures possibles et la gradation dans leur degré d'expertise montrent que la mise en œuvre de ce jeu s'inscrit dans une démarche de différenciation pédagogique et permet des apprentissages progressifs.

II – 2.2 Approche et étude des quadrilatères dans les 2 pays

L'étude des quadrilatères fait l'objet, dans les deux pays, d'une approche à l'école primaire et se poursuit au début de l'enseignement secondaire. Les deux figures suivantes (figure 2 et figure 3) donnent un aperçu des aspects de ce thème qui sont importants dans chaque pays et qui sous-tendent son enseignement.

En France

En France, on étudie essentiellement le parallélogramme, le losange, le rectangle et le carré (figure 2). On met en avant les propriétés géométriques concernant les côtés (longueurs égales, parallélisme, perpendicularité), les diagonales et les angles et on s'intéresse à l'existence d'un éventuel centre de symétrie.

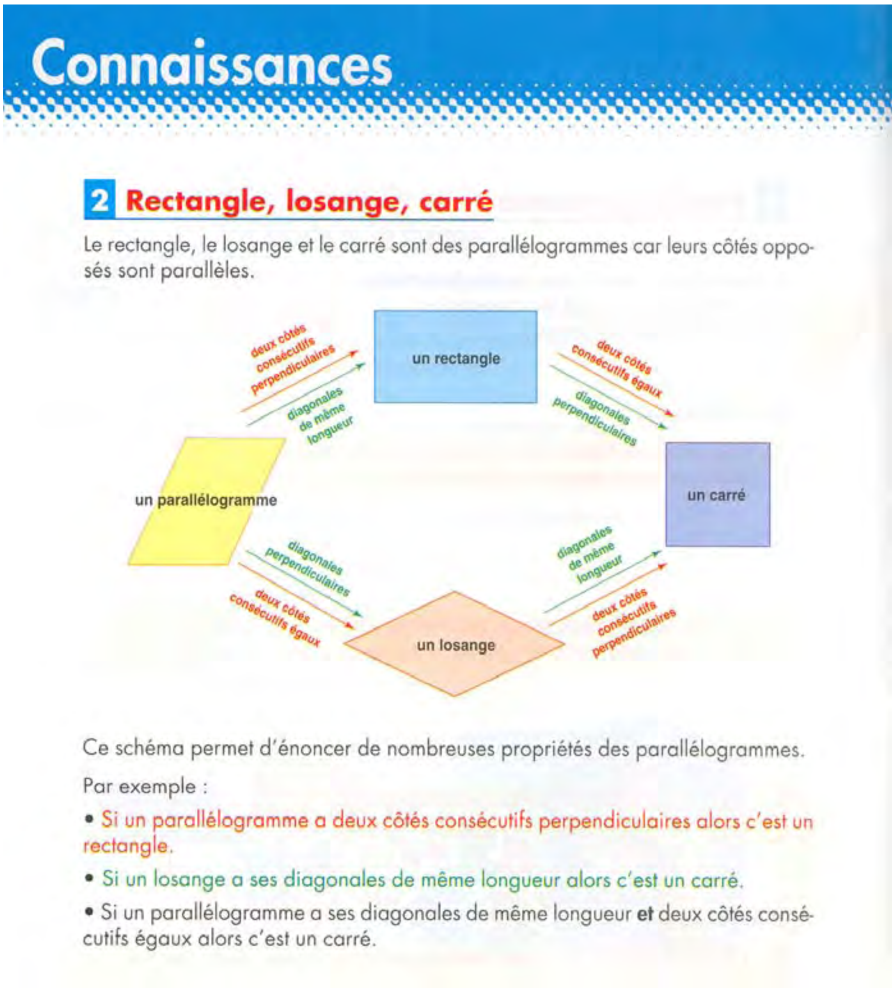


Figure 2 : Les quadrilatères, d'après Chapiron et al. 2001, p. 190.

Comme le suggère la figure ci-dessus, on énonce les relations logiques liant ces différents quadrilatères, ce qui permet :

- au plan mathématique, une initiation des élèves au raisonnement déductif ;
- au plan linguistique, la formulation de phrases en français exprimant des propriétés géométriques des quadrilatères étudiés.

En Allemagne

Outre les quadrilatères étudiés en France, on s'intéresse en Allemagne également au trapèze isocèle et au cerf-volant. L'étude de l'invariance par symétrie centrale ou par symétrie axiale joue un rôle plus important qu'en France et permet une classification intéressante de ces quadrilatères. Les élèves s'investissent de manière active dans la recherche des propriétés d'invariance en procédant par exemple de la façon suivante.

Après avoir construit un gabarit (en carton ou en plastique) du quadrilatère et en avoir tracé le contour sur une feuille, ils peuvent essayer de le poser dans son contour après lui avoir fait faire un demi-tour (tout en restant dans le plan de la feuille) ou après l'avoir retourné. Si le premier cas se réalise, le quadrilatère est un parallélogramme ; il est invariant par la symétrie centrale dont le centre est le point autour duquel le demi-tour a été opéré (point de concours des diagonales du parallélogramme). Si le second cas se réalise, le quadrilatère est invariant par la symétrie axiale dont l'axe est la droite autour de laquelle a été opéré le retournement (il s'agit d'une diagonale – le quadrilatère est alors un losange - ou d'une médiane – le quadrilatère est alors un rectangle).

À la suite des manipulations des élèves, il est possible de définir les différents types de quadrilatères à partir des isométries qui les laissent invariants, comme le propose le tableau (Tableau 1) ci-dessous, adapté d'un dictionnaire de mathématiques allemand pour le 1er cycle de l'enseignement secondaire :

Isométrie(s) laissant invariant le quadrilatère	**nom du quadrilatère**
symétrie axiale par rapport à une diagonale	cerf-volant
symétrie axiale par rapport à une médiane	trapèze isocèle
symétrie centrale	parallélogramme
symétrie centrale et symétrie axiale par rapport à une diagonale	losange
symétrie centrale et symétrie axiale par rapport à une médiane	rectangle
symétrie centrale, symétrie axiale par rapport à une diagonale et symétrie axiale par rapport à une médiane	carré

Tableau 1 : Invariance par isométrie(s) des différents types de quadrilatères, d'après Schülerduden, 1999, p. 464.

Les inclusions entre les différentes familles de quadrilatères deviennent alors facilement compréhensibles et peuvent être représentées dans « La maison des quadrilatères ». Tout segment reliant un quadrilatère à un quadrilatère de l'étage inférieur matérialise la relation logique : « … est un … » (figure 3).

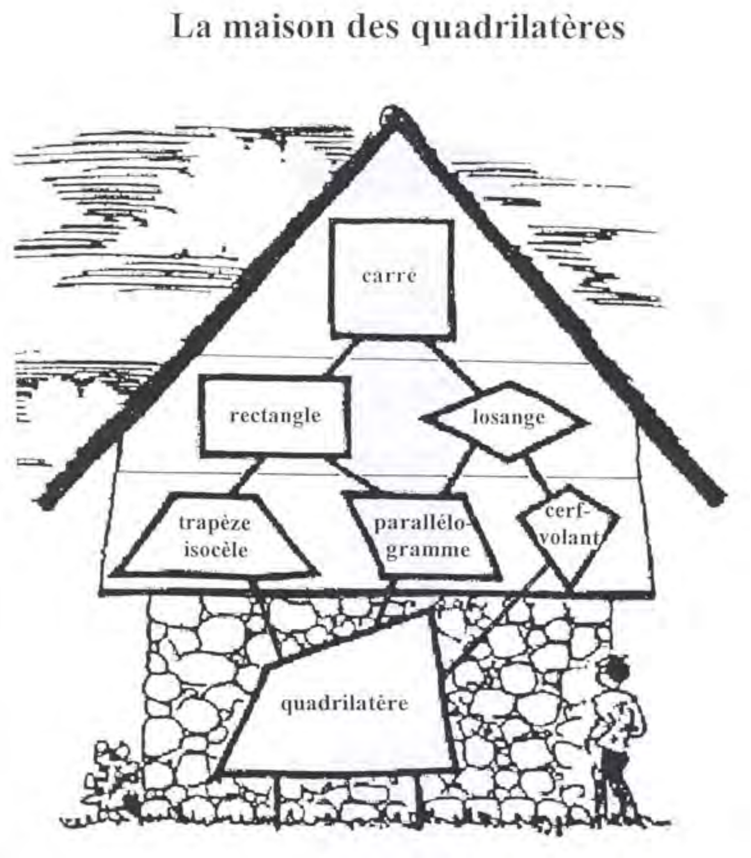


Figure 3 : « La maison des quadrilatères »,
d'après le manuel : Bentzinger & Hofsäss, 1995, p. 40.

Remarque

À partir de ces définitions, on peut ensuite trouver de manière dynamique les propriétés géométriques de chaque type de quadrilatère. Par exemple,

Un parallélogramme est invariant par demi-tour - par lequel ses côtés opposés s'échangent -, donc :

- ses côtés opposés sont parallèles et ont même longueur ;
- ses secteurs angulaires opposés ont même angle ;
- ses diagonales se coupent en leur milieu commun (d'après Bettinelli, 1993, p. 50).

III – ÉTUDE COMPARÉE DE LA RÉSOLUTION DE PROBLÈMES

Les programmes officiels de part et d'autre du Rhin soulignent l'importance de la résolution de problèmes et les compétences que cette activité permet de développer.

En France, on observe une approche plus intellectualisée, avec un intérêt marqué d'une part pour les savoirs visés et d'autre part pour la didactique à mettre en œuvre (gestion de l'activité de résolution de problèmes, avec les différentes étapes de son déroulement).

Dans le Bade-Wurtemberg, la démarche préconisée se veut toujours proche des préoccupations, des connaissances et de l'environnement de l'enfant ; on y met l'accent sur les modes de résolution (mode concret avec du matériel issu de l'environnement ou du matériel didactique choisi en fonction de l'objectif visé, ou mode abstrait, en se plaçant sur le plan de la représentation) et le questionnement qui accompagne l'activité de l'élève et lui donne sens. Les problèmes qui sont proposés sont majoritairement des *Sachaufgaben*, c'est-à-dire des situations qui ont trait à l'environnement de l'enfant. Elles font intervenir des grandeurs diverses et impliquent une modélisation. On voit également apparaître aujourd'hui dans les manuels récents de plus en plus d'activités à contexte interne aux mathématiques, comme c'est le cas en France.

III – 1 L'approche française

> « Les problèmes constituent tout à la fois la source, le lieu et le critère de l'appropriation des connaissances mathématiques. La source, parce que c'est la prise de conscience qu'il y a un problème nouveau à résoudre, qu'on est en présence d'une situation qui "fait problème", qui va déclencher le besoin de nouvelles connaissances. Le lieu, dans la mesure où l'activité déployée pour venir à bout du problème peut être l'occasion de la construction de ces connaissances nouvelles. Et le critère enfin, parce que c'est seulement lorsque l'élève sera capable de mobiliser les connaissances ainsi construites, à bon escient et de façon autonome, pour traiter de nouveaux problèmes, qu'elles pourront être considérées comme réellement acquises » (Charnay, 1999, p. 70).

Quatre types de problèmes sont évoqués dans les programmes et peuvent être associés à des objectifs d'apprentissage différents

1. Problèmes dont la résolution vise la construction d'une nouvelle connaissance (situations-problèmes) ;
2. Problèmes destinés à permettre le réinvestissement de connaissances déjà travaillées, à les exercer ;
3. Problèmes plus complexes que les précédents dont la résolution nécessite la mobilisation de plusieurs catégories de connaissances ;
4. Problèmes centrés sur le développement des capacités à chercher : en général, pour résoudre ces problèmes, les élèves ne connaissent pas encore de solution experte.

III – 2 L'approche allemande

Dans le cadre du *Sachrechnen*, c'est-à-dire de la résolution de problèmes issus de l'environnement et de la vie quotidienne de l'enfant, il s'agit de développer chez les élèves la capacité à traduire une situation donnée dans un modèle mathématique, à traiter ce dernier à l'aide des savoirs et savoir-faire disponibles et à trouver une solution, dont on vérifiera la plausibilité.
La didactique allemande attribue les fonctions suivantes au *Sachrechnen* (d'après Krauthausen et Scherer, 2001, pp. 75 - 77) :

- Le S*achrechnen* qui permet l'apport de connaissances. En particulier celles relatives aux grandeurs et à leur mesure (exemple : évaluer une durée à l'aide d'un pendule de longueur 25 cm ; 1 oscillation dure alors 1 s).
  L'objectif général de ces activités est l'ouverture à l'environnement ;

- Le *Sachrechnen* comme principe d'apprentissage.
  Il est ici au service de la compréhension des mathématiques et de la motivation et a pour cadre des problèmes liés à l'environnement : les situations concrètes correspondantes peuvent permettre le déclenchement de processus d'apprentissage, l'illustration ou l'application de concepts et de procédures mathématiques (exemple : combien y a-t-il d'heures dans une année ?) ;

- Le *Sachrechnen* vu comme objectif d'apprentissage, c'est-à-dire comme contribution à l'ouverture à l'environnement.
  Les situations liées à l'environnement sont clarifiées et analysées de manière critique grâce à la modélisation mathématique ; cela implique qu'il convient de savoir reconnaître les limites du savoir mathématique. Ce type de situation présente souvent des aspects qui ne peuvent pas être traités à l'aide de cette seule discipline. Toutefois son intérêt est de permettre une analyse des situations au plan des quantités, des structures géométriques et des relations. (exemple : traitement des déchets ; nombre de bouteilles en plastique vidées par les enfants d'une classe, d'une école, par une population donnée, …).

Voici une classification des problèmes allemands

- *Sachbilder* : images qui représentent clairement une quantité ou une égalité entre nombres ;

- *Eingekleidete Aufgaben* (problèmes habillés) : textes traduisant une opération ou un concept mathématique, sans rapport avec la réalité (exemple : 420 l d'un liquide sont versés dans 3 récipients…) ou *Denkaufgaben* (énigmes) (exemple : 14 animaux de la ferme – poules et vaches – ont 36 pattes…) ;

- *Textaufgaben* : énoncés de problèmes contextualisés dont la difficulté principale est de traduire un texte écrit en langue naturelle en langage mathématique (exemple : gestion du budget d'un ménage) ;

- *Sachaufgaben* : énoncés de problèmes pour lesquels la compréhension de l'environnement joue un rôle important – certaines données manquantes devant éventuellement faire l'objet de recherches de la part des élèves – et où les mathématiques interviennent en tant qu'outils (exemple : organisation d'une sortie scolaire ; coût, …) ;

- *Rechengeschichten* : histoires à inventer à partir d'un calcul ou d'un arbre de calcul, ou calcul à trouver à partir d'une histoire.

III – 3 Remarque

Comme en France, on s'oriente en Allemagne également vers des problèmes à contexte interne aux mathématiques. Voici un énoncé publié dans un livre allemand de didactique des mathématiques :

Avec 10 cartes sur lesquelles sont écrits les 10 chiffres, on forme 2 nombres à 5 chiffres qu'il s'agit d'additionner ou de soustraire.

- Peut-on avoir une somme maximale ? minimale ?

- Peut-on avoir une différence maximale ? minimale ?

- La somme peut-elle être égale à 50 000 ou alors, dans quelle mesure peut-on s'en approcher le plus ?

(d'après Wittmann & Müller, 1992, p. 120, cité dans Krauthausen et Scherer, 2001, p. 140).

IV – L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES EN LANGUE ÉTRANGÈRE

Introduction

L'enseignement bilingue est un moyen de favoriser l'accès de l'apprenant au bilinguisme.

Définition

Un individu est dit **bilingue** s'il est capable, dans une situation de communication qui l'exige, d'utiliser spontanément et avec succès une deuxième langue. (D'après Graf & Tellmann, 1997, p. 245).

IV – 1 Présentation succincte de l'enseignement bilingue

Quelques limites de l'enseignement traditionnel des langues

- Les élèves manifestent peu d'intérêt pour l'apprentissage de règles abstraites ;
- leurs erreurs sont rejetées ou ignorées ;
- les supports didactiques censés favoriser la communication (sous la forme de dialogue) sont souvent peu intéressants, faisant référence à des situations stéréotypées de la vie quotidienne et ne correspondant pas toujours aux centres d'intérêt des élèves, qui souhaitent aussi pouvoir exprimer des idées plus personnelles ;
- compte tenu des effectifs des classes, les élèves n'ont pas réellement le temps de développer des compétences en expression orale.

L'idée qu'une langue étrangère puisse non seulement être enseignée en tant qu'objet d'étude, mais être aussi moyen d'enseignement pour certaines disciplines non linguistiques a donc fait son chemin et les résultats sont encourageants.

Définition

L'enseignement bilingue est un enseignement où un certain nombre de disciplines sont enseignées en langue étrangère.

Lorsque ce nombre est supérieur à 50 % des disciplines, on parle **d'immersion** (par exemple au Canada).

IV – 2 Analyse critique (avantages et limites)

IV – 2.1 Les avantages

L'enseignement d'une discipline non linguistique (et plus particulièrement des mathématiques) en langue étrangère favorise l'apprentissage de cette langue

Voici quelques arguments

- Jean Petit défend le point de vue suivant à propos de l'apprentissage de l'allemand dans le cadre d'un enseignement par immersion :

« Il n'est pas question d'aborder l'allemand langue cible de manière frontale et grammaticale, mais de l'utiliser comme instrument pour se livrer à toutes sortes d'activités. Le cerveau de l'enfant et même celui de l'adulte sont ainsi faits qu'ils n'acquièrent véritablement une langue qu'en ayant la possibilité et l'obligation de l'utiliser pour ainsi dire comme bonne à tout faire. Il s'agit donc de jouer, danser, dessiner et faire de l'éducation physique en langue allemande. […] Ultérieurement, l'allemand pourra et devra même être utilisé pour l'assimilation de savoirs disciplinaires : les mathématiques et les matières d'éveil (biologie, zoologie, étude du milieu) seront abordées en langue allemande » (Petit, 2001, p. 83) ;

- Les mathématiques constituent une matière dont les contenus sont marqués fortement par une structure logique interne ; cette dernière contribue à la compréhension de la langue étrangère utilisée. Voici quelques exemples :

jedes Quadrat ist ein Viereck
(un carré est un quadrilatère)

zwei plus drei gleich fünf
(deux plus trois égale cinq)

der blaue Turm ist größer als der gelbe
(la tour bleue est plus grande que la jaune)

Souvent les structures des phrases sont simples et certains termes de vocabulaire sont proches (exemple : pentagone = *Pentagon* = *Fünfeck*) ;

- La répétition de consignes analogues en mathématiques permet l'apprentissage de nouveaux mots et expressions.

L'enseignement bilingue favorise l'apprentissage des disciplines, en particulier des mathématiques

Voici quelques arguments

- Pour ce qui est des répercussions sur le développement cognitif, Jean Petit écrit, à propos des expériences d'immersion au Canada, où de nombreuses études séquentielles et longitudinales ont été conduites :

« […] c'est justement entre l'âge de 10 ans et celui de 14 ans […] que se manifeste la supériorité des bilingues précoces sur les monolingues dans les domaines de la conceptualisation, de la symbolisation, de la souplesse idéatoire, de la faculté d'abstraction et de la capacité de résoudre les problèmes (*problem solving ability*) » (ibid., p. 51) ;

- L'accès à certains concepts mathématiques abstraits est facilité, dès lors qu'on en connaît deux ou plusieurs désignations. En effet, l'apprenant prend ainsi conscience qu'un concept donné (signifié) peut être désigné de plusieurs façons (plusieurs signifiants), ce qui lui permet de mieux l'appréhender tout en saisissant son caractère abstrait. Un apport de l'enseignement bilingue des mathématiques réside alors dans le fait qu'un même signifié est désigné en deux langues et admet donc au moins deux signifiants. Pour illustrer ce propos, on citera l'apprentissage des nombres en deux langues ;

- pour suivre, les élèves doivent se montrer plus attentifs et approfondissent donc davantage les contenus enseignés.

IV – 2.2 Les limites

- Il existe des thèmes qui ne sont pas abordés dans l'enseignement des disciplines, ce qui peut conduire à des lacunes dans l'apprentissage de la langue ;
- dans la plupart des pays, il reste à résoudre la question de la formation initiale et continue des enseignants, celle de l'élaboration de programmes d'enseignement et celle de la prépondérance de l'anglais ;
- des tensions entre enseignants de langues et enseignants de disciplines non linguistiques peuvent apparaître ;
- les parents craignent parfois que la langue maternelle soit négligée ou qu'ils ne parviennent plus à suivre leurs enfants dans les matières enseignées en langue étrangère, suite à une connaissance insuffisante de cette langue.

IV – 3 Thèse liée au choix des mathématiques comme discipline enseignée en langue étrangère

Dans le prolongement du point de vue de Jean Petit, selon lequel une langue étrangère peut également s'apprendre à travers la pratique des mathématiques (cf. § IV – 2.1), l'argumentation suivante, présentée sous une forme proche du syllogisme, apporte un éclairage nouveau :

- il est communément admis que pour apprendre à bien parler une langue (étrangère), il est souhaitable que l'apprenant essaie de « penser dans cette langue », c'est-à-dire d'initier sans traduction un processus de pensée à partir d'une sollicitation en langue étrangère et de réagir ou d'apporter une réponse directement dans cette langue étrangère ;
- la résolution de problèmes, qui est toujours associée à un moment de création, constitue une performance essentielle de la pensée ;
- ainsi, à travers la résolution de problèmes, les mathématiques constituent, lorsqu'elles sont enseignées et pratiquées en langue étrangère, une discipline (non linguistique) qui peut favoriser le développement de la « pensée dans cette langue ».

Cette dernière assertion constitue une thèse sur la base de laquelle peuvent être proposées des activités semblables à celles développées à partir des exemples suivants.

Exemples

Voici deux énoncés en allemand que l'on peut proposer à des enfants français ayant acquis les structures et un vocabulaire de base de la langue allemande suffisants.

1) Pour des élèves de 7 à 8 ans

Auf wie viele Weisen können sich 3 Personen auf 3 Stühle setzen?
(De combien de manières 3 personnes peuvent-elles s'asseoir sur 3 chaises ?)

2) Pour des élèves de 11 à 15 ans

Ich suche eine Zahl, deren Dreifaches gleich ihrem Quadrat ist
(Je cherche un nombre. Son triple est égal à son carré).

En ce qui concerne le premier exercice, ayant compris l'énoncé, les enfants peuvent s'engager dans la résolution en vivant la situation, en expérimentant avec des objets ou en imaginant les différentes dispositions, avec l'aide éventuelle d'un arbre de choix et ce, sans avoir besoin de recourir à une traduction. Compte tenu du fait qu'un détour par la langue maternelle est tentant et rassurant, on peut préciser aux élèves dès le départ que l'on souhaite que la solution soit donnée en allemand, ce qui devrait minimiser à leurs yeux l'intérêt d'une traduction à quelque moment que ce soit de la résolution.

Pour le second exercice, on s'assurera que les termes mathématiques intervenant dans l'énoncé sont bien compris. Les plus jeunes enfants pourront procéder par essais et erreurs, alors que les élèves plus âgés seront conduits à résoudre une équation. On les incitera à s'exprimer en allemand tout au long de la résolution et à présenter leurs recherches et leurs solutions dans cette langue, en argumentant le cas échéant.

Remarque

Ces exercices présentent une difficulté importante, liée à la demande d'utilisation de la seule langue étrangère. Mais la pratique régulière et fréquente d'activités de ce type devrait permettre aux élèves de la surmonter et de parvenir petit à petit à « penser en langue étrangère ».

IV – 4 Éléments pour la mise en œuvre d'un enseignement bilingue des mathématiques

IV – 4.1 Quelques remarques préliminaires

La formule d'immersion précoce totale au Canada a fait l'objet de nombreuses études dont les résultats sont largement concordants. L'une des plus importantes d'entre elles par son ampleur et sa rigueur, celle conduite par Wallace E. Lambert, Fred Genesee, Noami Holobow et Louise Chartrand, dont les conclusions ont été publiées en 1993, souligne les résultats très satisfaisants concernant les compétences réceptives (compréhensions orale et écrite) en langue étrangère que ce type d'enseignement permet de développer (Lambert et al., 1993, pp. 3-22).

En ce qui concerne les compétences productives (expressions orale et écrite), cette étude s'est surtout intéressée aux compétences orales, à propos desquelles elle est plus nuancée. Elle montre que ces compétences sont d'autant plus affirmées que les échanges en langue étrangère des apprenants avec des locuteurs natifs de cette langue sont importants. Ces observations peuvent être rapprochées des résultats très positifs constatés dans les écoles européennes en ce qui concerne l'expression orale en langue étrangère des élèves. Il est vrai que le contexte de ces écoles, qui mettent en œuvre un enseignement bilingue et qui scolarisent parfois dans une même classe des enfants dont les langues maternelles recouvrent les principales langues véhiculaires d'Europe, favorise des échanges réguliers et très fréquents avec des locuteurs natifs des différentes langues apprises.

Les études menées sur l'immersion précoce totale au Canada suggèrent qu'il convient de familiariser les enfants le plus tôt possible avec la langue étrangère. Certaines, comme celle de Swain, montrent également que l'apprentissage de la lecture et de l'écriture gagne à être fait en une seule langue (soit la langue maternelle, soit la langue étrangère) et à être bien installé, avant le passage à l'autre langue, afin que les enfants parviennent à bien séparer les deux systèmes d'écriture (Swain, 1986, pp. 37-56).

IV – 4.2 Proposition pour la mise en œuvre d'un enseignement bilingue des mathématiques

- Avant l'école élémentaire : mise en place d'activités diverses – au moins 3 h par semaine – conduites en langue étrangère par un locuteur natif, qui comprend la langue maternelle de l'élève, mais essaie, autant que faire se peut, d'échanger avec lui en langue étrangère. Ces activités préparent les élèves à recevoir l'enseignement de certaines disciplines – dont les mathématiques – en langue étrangère. L'enfant dispose à la fin de l'école préélémentaire de structures et d'un vocabulaire de base pour des échanges oraux élémentaires (cf. situations en Alsace et dans le Bade-Wurtemberg) ;
- Au cours des deux premières années de l'école élémentaire : les mathématiques sont enseignées dans la langue étrangère - si possible par un locuteur natif -, en suivant les programmes officiels en vigueur dans le pays. La possibilité d'alternance codique *(codeswitching)* existe en cas de nécessité. Dès que les enfants sont suffisamment à l'aise dans l'apprentissage de la lecture et de l'écriture, on utilise également le code écrit (par exemple à partir du milieu de la 1ère année) ;
- Au cours des années suivantes : la moitié de l'horaire en mathématiques est assurée en langue étrangère et l'autre moitié en langue maternelle. On veillera à ce que le plus grand nombre possible de domaines mathématiques puisse être abordé alternativement dans les deux langues. Afin que les enfants puissent bénéficier également d'apports liés à la culture du pays dont on étudie la langue, il est souhaitable que l'enseignement en langue étrangère soit assuré par un locuteur natif. L'intervention des deux enseignants dans la même classe suppose une bonne entente mutuelle et un important travail de coordination ;
- Des échanges réguliers et fréquents, avec la conduite de projets communs, sont mis en place le plus tôt possible avec des enfants locuteurs natifs de la langue étudiée.

V – LA FORMATION DES MAÎTRES ASSURANT UN ENSEIGNEMENT BILINGUE DES MATHÉMATIQUES

Les séances de formation pourraient se dérouler selon le schéma suivant, sachant qu'elles ne traiteront qu'une partie des thèmes des programmes :

- proposer aux étudiants une activité liée au thème retenu, traitée en langue étrangère, par exemple un problème à résoudre ;
- expliciter en 2 langues les étapes importantes structurant l'enseignement dudit thème ;
- soumettre aux étudiants et commenter avec eux un lexique bilingue comprenant la traduction des mots, expressions et concepts importants liés au thème ;
- demander aux étudiants de préparer une séquence d'enseignement sur le thème, la mettre en œuvre dans une classe et l'analyser avec eux.

VI – CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La connaissance des langues européennes est appelée à jouer un rôle grandissant dans le cadre de la construction de l'Union européenne et des échanges économiques, politiques et culturels qu'elle implique. Il est vrai que le caractère de plus en plus affirmé de lingua franca de l'anglais pourrait conduire à donner la priorité à cette langue. Mais suivant un souhait partagé par les Européens et conformément à la politique engagée par l'Union, la diversité linguistique du continent doit être maintenue et aucune langue ne doit devenir langue véhiculaire unique. Chaque Européen doit donc se voir proposer la possibilité d'apprendre – outre l'anglais - au moins une deuxième langue étrangère.
Compte tenu des limites évoquées plus haut de l'enseignement traditionnel des langues vivantes, les différents systèmes éducatifs sont appelés à faire preuve d'esprit novateur dans la formation linguistique des élèves, sans alourdir leur volume global d'enseignement.
À ce défi, l'enseignement en langue étrangère de certaines disciplines – dont les mathématiques - apporte une réponse tout à fait satisfaisante, sous réserve que les différents États soient prêts à engager les moyens nécessaires, en particulier en matière de formation des maîtres de l'enseignement bilingue.

BIBLIOGRAPHIE

BENTZINGER W. & HOFSÄSS G. (1995) Kurs Mathematik 8., *Diesterweg, Frankfurt / Main.*

BETTINELLI B. (1993) La Moisson des Formes, *Aléas Éditeur, Lyon.*

CHAPIRON G., MANTE M., MULET-MARQUIS R. & PÉROTIN C. (2001) Mathématiques 5e, Collection Triangle. Édition spéciale pour le professeur, *Hatier, Paris.*

CHARNAY R. (1999) Pourquoi les mathématiques à l'école ?, *ESF éditeur, 2e éd., Paris.*

GRAF P. & TELLMANN H. (1997) Vom frühen Fremdsprachenlernen zum Lernen in zwei Sprachen – Schulen auf dem Weg nach Europa, *Lang, Frankfurt / Main.*

JAILLET A. (1997) *Une Heimat de différence*, Les Cahiers pédagogiques, **359**.

KRAUTHAUSEN G. & SCHERER P. (2001) Einführung in die Mathematikdidaktik, (Mathematik Primar- und Sekundarstufe), *Spektrum-Akad. Verlag, Heidelberg-Berlin.*

LAMBERT W., GENESEE F., HOLOBOW N. & CHARTRAND L (1993) *Bilingual Education for Majority English-Speaking Children*, European Journal of Psychology of Education, vol. VIII, n° 1, Instituto Superior de Psicologia Aplicada, Lisboa.

LEININGER P., ERNST G., KISTELLA A. & WALLRABENSTEIN H. (2003) Unser Rechenbuch für Klasse 1. Nussknacker, *Klett, Leipzig-Stuttgart-Düsseldorf.*

PETIT J. (2001) L'immersion, une révolution, *Jérôme Do. Bentzinger Éditeur, Colmar.*

SCHÜLERDUDEN (hrsg. und bearb. von der Redaktion Schule und Lernen) (1999) Mathematik I, *Dudenverlag, Mannheim.*

SWAIN M. (1986) *A review of immersion education in Canada: Research evaluation studies*, in Cummins J. & Swain M. Bilingualism in education: Aspects of theory, research and practice, *Longman, London & New York*.

LES MATHÉMATIQUES DE LA NATURE ET DE LA VIE : UNE CONCEPTION POUR L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES. PRÉSENTATION D'UN EXEMPLE EXTRAIT DE LA FORMATION DES ENSEIGNANTS

Charalambos LEMONIDIS
Professeur de didactique des mathématiques
Université de la Macédoine de l'Ouest-Florina, Grèce
lemonidi@eled-fl.auth.gr

Résumé
Notre conception de l'enseignement des mathématiques, que nous avons appelée «Mathématiques de la nature et de la vie», accorde une grande importance aux situations et aux problèmes de la réalité qui peuvent être utilisés dans l'enseignement. Nous considérons qu'établir un lien entre les mathématiques, la vie quotidienne des élèves et leurs expériences augmente leur intérêt et crée une attitude positive envers les mathématiques.
Dans ce travail, nous présentons quatre principes d'enseignement relatifs aux activités et aux scénarios mathématiques qui peuvent être utilisés dans l'enseignement ainsi qu'aux compétences dont les enseignants doivent disposer.
En dernier lieu, nous présentons également un cas extrait de la formation des futurs enseignants à l'école élémentaire avec la conception des mathématiques de la nature et de la vie. Il apparaît que pour les futurs enseignants, la liaison des notions mathématiques et des situations quotidiennes ne va pas de soi. Une intervention explicite est nécessaire auprès des futurs enseignants pour qu'ils deviennent capables d'utiliser, pour leur enseignement, des activités de la vie quotidienne plus riches et essentielles.

I – INTRODUCTION

Les mathématiques de la nature et de la vie sont une conception de l'enseignement des mathématiques développée au laboratoire de Didactique des Mathématiques de Florina (Grèce). Cette conception trouve son application dans l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire ainsi que dans l'enseignement dispensé aux adultes dans les « Écoles de Deuxième Chance ». Ces dernières regroupent des apprenants qui n'ont pas réussi à terminer leurs études secondaires de premier cycle (collège). Dans ces écoles, l'enseignement des mathématiques s'effectue au moyen de la logique « adult numeracy ».

Apparemment, au niveau mondial, la tendance principale est d'enseigner les mathématiques d'une façon plus proche de la réalité, surtout à l'école élémentaire. L'exemple le plus typique est celui des Hollandais et des Realistic Mathematics Education (RME), influencés par l'optique de Freudenthal sur les mathématiques.

Freudenthal croit que les mathématiques doivent être liées à la réalité, il compte beaucoup sur l'expérience sociale de l'enfant. Il insiste sur l'idée que les mathématiques doivent être une activité humaine. Le point sur lequel se concentre l'enseignement des mathématiques doit être l'activité de mathématisation et les mathématiques ne doivent pas être un système fermé (Freudenthal, 1968).

Notre proposition pour l'enseignement des mathématiques donne une grande importance aux situations et aux problèmes de la réalité utilisés pour l'introduction et l'application des notions mathématiques. Ces situations constituent le terrain sur lequel s'appliquent les mathématiques. De cette façon, les mathématiques sont liées à la réalité. Les thèmes et les scénarios de ces situations peuvent provoquer ou non l'intérêt des élèves. Les situations sur lesquelles certaines notions mathématiques trouvent une application sont alors essentielles en ce qui concerne les motivations et l'intérêt des élèves.

Les objectifs principaux de cette conception de l'enseignement des mathématiques sont les suivants : premièrement, supprimer l'écart entre les mathématiques scolaires et les mathématiques de la vie quotidienne et deuxièmement, l'enseignement des mathématiques doit ensuite faire réagir les élèves, et leur faire accepter avec plaisir les mathématiques, en développant une attitude positive envers elles.

Dans notre expérience de la formation de futurs professeurs d'école en mathématiques, nous avons observé que la compétence de lier les mathématiques à la réalité n'étaient pas évidente. Les futurs maîtres ne distinguent pas facilement ces applications d'une notion mathématique formelle, et inversement, ne considèrent pas les notions mathématiques à partir de situations réelles.

Dans ce travail, nous allons présenter quelques principes didactiques qui caractérisent notre conception. Ces principes donnent certaines lignes directrices relatives aux thèmes et aux scénarios qui peuvent être choisis dans un enseignement. Nous présentons ensuite un exemple expérimental de travaux pratiques en Didactique des Mathématiques réalisés par les étudiants, futurs enseignants à l'école élémentaire. Avec cet exemple, nous montrons comment les étudiants sont conduits à sélectionner et à intégrer dans ces projets d'enseignement des situations extraites de la vie quotidienne et qui sont riches et adaptées.

II – QUELQUES PRINCIPES ESSENTIELS DE NOTRE CONCEPTION DE L'ENSEIGNEMENT, QUI DÉTERMINENT LE MATÉRIEL PÉDAGOGIQUE

Nous allons décrire quelques principes essentiels que nous avons adoptés pour l'enseignement des mathématiques. Ces principes déterminent le type de situations auxquelles peut avoir recours l'enseignant.

II –1 L'apprentissage dans l'école et en dehors de l'école. Connaissance et compétences préexistantes des élèves

Alors qu'il est évident qu'une plus forte liaison entre les mathématiques scolaires et les mathématiques de la vie quotidienne enrichira l'apprentissage à l'école, nos connaissances relatives aux compétences mathématiques des élèves dans le cadre des activités quotidiennes sont très limitées. Par ailleurs, nous ne savons pas comment adapter ces expériences acquises par les élèves aux programmes scolaires.

Beaucoup d'expériences ont été menées sur les mathématiques utilisées par les enfants des pays du Tiers Monde dans leur vie quotidienne. Ces activités sont très différentes des celles des enfants des pays industrialisés (Abreu, 1995 ; Lave, 1977, Nunes et al. 1993 ; Saxe, 1991). Ces études montrent que le contenu mathématique et le processus de résolution d'un problème utilisés par les enfants sont très différents dans l'école et en dehors de l'école. Il apparaît aussi que la réussite dans les activités mathématiques quotidiennes ne se transmet pas obligatoirement dans les compétences mathématiques à l'école.

Dans une recherche précédente, nous avons étudié les prévisions et les estimations faites par des enseignants grecs concernant les capacités arithmétiques de leurs élèves qui entrent en première classe de l'école élémentaire (CP) (Lemonidis, Diamantis, Triantafillidou, 2002). Les résultats de cette recherche montrent que les prévisions des enseignants relatives aux capacités arithmétiques de ces élèves sont éloignées de la réalité dans quelques cas. Par exemple, les enseignants sous-estiment les capacités des élèves dans l'écriture des nombres, la résolution des problèmes d'addition et soustraction simples, *etc*. Il semble que cette attitude soit renforcée par les instructions du programme grec, qui ne tient pas compte des connaissances acquises par les élèves avant leur entrée à l'école.

Les schémas cognitifs préexistants jouent un rôle important dans les processus d'apprentissage. L'homme construit toute nouvelle connaissance sur celles qu'il possède déjà. Le maître doit connaître et essayer d'apprendre les connaissances mathématiques et les capacités préexistantes de ses élèves. Dans plusieurs cas, l'origine de ces connaissances et capacités se situe en dehors de l'école.

II – 2 Mathématiques contextualisées

Les notions mathématiques et leurs applications découlent de la réalité vécue par les individus. L'apprentissage se réalise toujours dans un contexte précis et il est le résultat de besoins individuels. Il sera souhaitable alors que l'apprentissage des mathématiques ne se réalise pas dans un monde neutre et abstrait où les expériences des élèves ne trouvent pas leur place. Cela signifie que l'activité des élèves, face aux situations et aux problèmes qui leur sont familiers et qui résultent du monde où ils vivent, développe les motivations et rend l'apprentissage plus efficace.

Nous nous fondons sur le principe pédagogique et didactique selon lequel un individu apprend mieux quand des motivations et intérêts pour l'apprentissage lui sont fournis et quand il est confronté à une situation-problème à laquelle il participe de façon active et vivante.

Dans notre proposition, les situations utilisées pour l'application des mathématiques ont à faire avec la nature, la vie et la civilisation. En ce qui concerne la nature, on insiste sur les règles et le comportement en vue de la protection de la nature. La civilisation, dans le cas qui nous occupe, est la peinture, la tradition populaire et en général toute œuvre d'art. C'est aussi l'histoire des mathématiques en Grèce et dans le monde entier.

Le nombre de situations empiriques (de la vie quotidienne) où une notion mathématique trouve son application n'est pas illimité. Ces situations empiriques peuvent, d'une certaine façon, être déterminées et évaluées. Certaines de ces applications sont plus riches pour l'enseignement que d'autres.

L'enseignant doit connaître ces applications des mathématiques pour pouvoir les utiliser dans son enseignement.

L'expérience que nous avons acquise dans la formation des enseignants montre que la seule connaissance des notions mathématiques ne suffit pas pour être en mesure de déceler leurs applications dans les situations quotidiennes. Il faut un enseignement spécial pour que les enseignants et les futurs enseignants puissent lier les mathématiques et ces différentes applications dans la vie quotidienne.

On considère habituellement que le travail essentiel de l'enseignant de mathématiques est la décontextualisation. C'est-à-dire qu'il part de situations empiriques et contextualisées et aboutit aux notions mathématiques par abstractions successives. Mais nous ne prenons pas en compte que l'enseignant doit aussi être capable de réaliser la contextualisation. C'est-à-dire qu'il doit pouvoir repérer et sélectionner les applications convenables à l'enseignement des notions mathématiques.

III – 3 Les connexions des concepts mathématiques et leurs rapports avec les autres disciplines

La volonté de mettre l'accent sur les connexions des mathématiques avec d'autres disciplines et sur la contextualisation des mathématiques n'est pas un phénomène récent. Ainsi, les élèves peuvent concevoir les mathématiques en tant que moyen qui les aidera à donner un sens à leur monde. Depuis 1923 déjà, the National Committee on Mathematical Requirements (1923) a constitué un programme complet (curriculum) qui met l'accent sur la fonctionnalité. En 1940, the Committee on the Secondary School Curriculum of the Progressive Education Association (1940) met l'accent également sur un curriculum qui travaille sur les connexions des mathématiques avec les autres disciplines. Ces dernières années, les programmes éducatifs en Grèce (Δ.Ε.Π.Π.Σ.) donnent une importance particulière à la connexion des notions mathématiques entre elles mais aussi à leur connexion avec les autres disciplines. Il est souligné qu'il ne faut pas présenter les mathématiques comme une série de questions abstraites et éloignées de la réalité, sans liens avec les autres matières cognitives. Il est important de donner à l'enfant la possibilité de manipuler et de découvrir des concepts dans un cadre qui lui permet de réaliser ces connexions. D'ailleurs, les mathématiques sont constituées par des notions interdépendantes et inter-connectées et non par des sujets distincts qui peuvent être enseignés éloignés indépendamment les uns des autres. Le lien avec les autres matières crée une large base conceptuelle, sur laquelle la connaissance prend une dimension plus riche et plus variée.

Selon ce qui précède, il est nécessaire que les enseignants soient capables de manipuler le matériel d'un enseignement des mathématiques qui présentera les caractéristiques de l'approche pluridisciplinaire.

III – 4 Les différents modes de représentation sémiologique du matériel. Les manipulations des enseignants

Des recherches ont montré que la différenciation du mode de présentation d'un concept mathématique peut différencier le comportement des élèves (Duval, 1995 ; Lemonidis, 2003a). Lemonidis (2003a) montre que les différentes représentations des quantités arithmétiques jouent un rôle très important dans l'enseignement et l'apprentissage des premières notions arithmétiques. Ces représentations peuvent apparaître sous des formes différentes, telles que l'iconique, le symbolique, *etc*. Ces différentes expressions impliquent d'une part des situations différentes d'enseignement, et d'autre part, des processus de calcul différents et un autre type de compréhension de la part des élèves. Les résultats d'une expérimentation menée devant deux groupes d'élèves sont les suivants : en ce qui concerne la réussite des opérations simples, le groupe qui a reçu un enseignement expérimental concernant les différentes représentations des quantités arithmétiques a eu des résultats bien supérieurs au deuxième groupe, qui a reçu un enseignement traditionnel.

La façon sémiologique avec laquelle sont présentées aux élèves les différentes activités didactiques joue donc un rôle important dans l'enseignement. Particulièrement chez les très jeunes élèves, la présentation des activités au moyen d'objets naturels, de représentations iconiques ou de représentations symboliques par exemple, différencie chaque fois le comportement de l'enfant et exige une gestion cognitive différente de la part de l'élève. Cela signifie que l'enseignant doit connaître les différentes présentations sémiologiques des situations et doit pouvoir les gérer en fonction des capacités cognitives des enfants. Une étude ayant comme objectif de contrôler les capacités des futurs instituteurs à évaluer et à gérer les diverses représentations de quantités arithmétiques durant les situations d'enseignement a été menée en Grèce (Lemonidis, 2003b). Les résultats de la recherche ont montré que les futurs instituteurs avaient des difficultés importantes à identifier et à gérer ces représentations.

III – EXEMPLE D'EXERCICES DANS LE CADRE DE LA FORMATION DES ÉTUDIANTS À L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES

Nous allons décrire un exercice qui a été réalisé dans le cadre de travaux pratiques mathématiques des futurs instituteurs en 3ème année d'études au département de l'Éducation Primaire de Florina. Ces étudiants ont déjà suivi deux cours semestriels sur des contenus mathématiques et un cours semestriel sur la didactique des mathématiques. À ce cours ont participé 22 étudiants, qui devaient préparer une séance de mathématiques. La première partie du cours suivi par les étudiants est théorique et les prépare à la didactique des mathématiques. Dans la deuxième partie, les étudiants mettent en pratique cette séance de mathématiques et sont évalués. L'exercice que nous allons présenter a été donné durant la première partie du cours, c'est-à-dire pendant la préparation théorique des étudiants en vue de leur enseignement.

Première phase : Une première construction d'activités de la part des étudiants

Les étudiants ont travaillé en groupe. Chaque groupe devait réaliser un enseignement ayant pour sujet « les nombres jusqu'à 10 000 » pour des élèves de 3ème classe de l'école primaire (CE2). Il a été précisé aux étudiants qu'ils devaient s'efforcer de développer des activités introductives qui lient les mathématiques à la réalité et à la vie des élèves.

On leur a également demandé de construire une séance de caractère pluridisciplinaire. Les propositions développées par les étudiants étaient peu imaginatives et stéréotypées en ce qui concerne la protection de l'environnement.

Deuxième phase : Présentation du matériel pédagogique

Il faut signaler qu'à Florina, à l'université de Macédoine de l'Ouest, nous tentons d'exercer les étudiants aux travaux pratiques de Didactique des Mathématiques dans un milieu informatisé. Nous avons construit le «Laboratoire Digital de Didactique des Mathématiques», qui contient de nombreux exemples d'enseignement, des programmes qui familiarisent les étudiants aux notions didactiques, *etc*. L'exemple d'un tel programme appelé « Les objectifs » peut initier les étudiants aux objectifs d'un tel enseignement.

Pendant cette phase, les étudiants ont travaillé, sur ordinateur, les différents exemples d'enseignement concernant les cours portant sur les nombres. Ces enseignements ont été construits sur la base de la logique des mathématiques de la nature et de la vie que nous avons évoquée précédemment.

Nous allons présenter maintenant les situations empiriques utilisées pour l'enseignement des nombres de plus d'un chiffre: l'argent et les correspondances entre les monnaies ; jeux comme celui du caissier ; compléter des chèques où les nombres se présentent sous différentes formes sémiologiques (chiffres, mots-nombre) ; somme d'argent dans des situations diverses (budgets de travaux, *etc.*) ; tableaux de distances (kilométrage) entre villes, population de villages et de villes, altitude de montagnes, longueur de rivières, poids d'animaux (ours, éléphant, *etc.*) ; numéros des chambres dans un hôtel, bougies sur un gâteau d'anniversaire, (grandes bougies qui correspondent à 10 ans et petites qui correspondent à un an) ; compteur de kilométrique de voiture, compteur de réservoir d'essence ; saisir des chiffres sur la calculatrice; représentations graphiques (populations de villages représentées en diagrammes, *etc*.).

Concernant l'histoire des mathématiques, nous avons présenté aux élèves les systèmes arithmétiques romain et grec. Des activités de conversion des nombres dans ces deux systèmes ont été réalisées. Au cours de cette expérience, les abaques ont été présentés ainsi que les différentes civilisations qui les ont utilisés et qui continuent à le faire de nos jours encore. Les abaques verticaux ont été utilisés pour présenter de façon schématique et de façon distincte les différentes unités des nombres.

Un jeu de rôles a été organisé, différentes représentations sémiologiques ont utilisées pour les nombres. Les littéraires écrivent les nombres avec des lettres, les mathématiciens avec des chiffres et les peintres les dessinent sur les abaques.

Concernant la langue et la littérature, certains extraits qui comportaient des nombres ont été présentés.

Troisième phase : Les propositions finales des étudiants

Les étudiants ayant été familiarisés à l'enseignement des nombres grâce au matériel pédagogique, les scénarios des activités, qu'ils avaient initialement proposées, ont été modifiés et leurs enseignements ont été à nouveau développés. Les enseignements et les activités développés par les étudiants au cours de cette phase ont été beaucoup plus riches et plus essentiels en ce qui concerne les situations réelles auxquelles ils travaillaient. Nous citons ci-dessous quelques sujets d'enseignements choisis par les étudiants :

- jeu avec des jetons. Ici les étudiants ont développé un jeu où les jetons ont une valeur différente selon leur couleur et selon le système de calcul ;
- recette et mesures en ml à la cuisine ;
- projet ayant comme thème le réfrigérateur. Son histoire (date d'apparition). Prix des réfrigérateurs. Que met-on dedans ? Économie d'énergie ;
- projet ayant comme thème la voiture. Les chiffres au compteur kilométrique et sur les plaques d'immatriculation des voitures. Règles de la circulation routière et des panneaux ;
- les lacs. La profondeur des grands lacs du monde ;
- Projet ayant comme thème les sports olympiques. Concours de course. Longueurs de courses. Longueurs et superficies de stades.

IV – CONCLUSION

La conception de l'enseignement des mathématiques que nous avons développée ci-dessus et que nous avons adoptée exige une plus étroite liaison des mathématiques scolaires et des situations quotidiennes, des expériences et des connaissances préexistantes des élèves. Selon cette conception, nous avons développé quatre principes qui déterminent le contenu et l'usage du matériel pédagogique susceptible d'être utilisé en classe. Ces principes déterminent aussi certaines compétences que doivent posséder les enseignants. Nous les décrivons ci-dessous :

Les enseignants doivent être capables de :

a) Appréhender les situations mathématiques à l'école et leurs relations avec les situations en dehors de l'école. Faire le constat des connaissances sociales, préexistantes et informelles des élèves et les exploiter.
b) Manipuler des situations empiriques et, par abstractions successives, arriver aux notions mathématiques (décontextualisation). Inversement, parvenir des notions mathématiques abstraites à des applications à la réalité (contextualisation).
c) Lier les mathématiques avec les autres disciplines dans la perspective d'un enseignement pluridisciplinaire.
d) Manipuler le matériel didactique en fonction des différents modes de représentation sémiologique selon les capacités des élèves.

Selon le deuxième principe, les enseignants doivent être capables de lier les mathématiques à des situations de la vie quotidienne agréables et familières aux élèves.

Nous pouvons constater, grâce à l'exemple que nous avons présenté mais aussi par notre expérience en formation des enseignants, que la liaison des mathématiques et des situations et phénomènes quotidiens de la vie ne s'effectue pas chez les enseignants sans une intervention spéciale.

Il faut présenter aux enseignants une grande variété d'applications des notions mathématiques dans la vie quotidienne, au moins de celles qui sont les plus importantes.

En se basant sur ces applications, les enseignants et les futurs enseignants pourront les enrichir, en trouver d'autres ainsi que choisir celles qui sont les plus appropriées à leurs enseignements.

BIBLIOGRAPHIE

ABREU G. de (1995b) Understanding how children experience the relationship between home and school mathematics, *Mind, Culture and Activity: An International Journal,* **2**,119-142.

Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ) και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (Α.Π.Σ.) υποχρεωτικής εκπαίδευσης (2002). Υπουργείο εθνικής παιδείας και θρησκευμάτων. Παιδαγωγικό ινστιτούτο.

COMMISSION on the SECONDARY SCHOOL CURRICULUM of the PROGRESSIVE EDUCATION ASSOCIATION (1940) Committee on the Function of Mathematics in General Education, *Mathematics in General Education*, D. Appleton-Century Co, New York.

DUVAL R. (1995) Sémiosis et pensée humaine : registres sémiotiques et apprentissages intellectuels, *Peter Lang, Berne*.

FREUDENTHAL H. (1968) *Why to Teach Mathematics so as to Be Useful* Educational Studies in Mathematics, **1**, 3-8.

LEMONIDIS Ch., DIAMANTIS A. & TRIANTAFILLIDOU E. (2002) Teachers estimate the arithmetic skills of their students when they enter the First Grade of Primary School, *ICTM 2*, 1-6 July, Rethimnon.

LEMONIDIS Ch. (2003a) L'enseignement des premières notions arithmétiques selon l'analyse des différentes représentations des quantités. *ANNALES DE DIDACTIQUES ET DE SCIENCES COGNITIVES,* **9**, *(partie 2) des actes du colloque Argentoratum 2002,* 103-117, IREM de Strasbourg.

LEMONIDIS Ch. (2003b) Η αναπαράσταση των ποσοτήτων στις αριθμητικές έννοιες και η ικανότητα των υποψηφίων δασκάλων να τις χειριστούν. [La représentation des quantités des notions arithmétiques et la capacité des futurs enseignants à les manipuler]. Επιστημονική επετηρίδα της Ψυχολογικής Εταιρείας Βορείου Ελλάδος, τόμος 1, σελ. 291-308. Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα.

LAVE J. (1977) Cognitive consequences of traditional apprenticeship training in West Africa, *Anthropology and Education Quarterly*, **8**, 177-180.

National Committee on Mathematical Requirements of the MAA (1923) *The Reorganization of Mathematics in Secondary Education*, Mathematical Association of America, Buffalo, N. Y.

NUNES T., SCHLIEMANN A., & CARRAHER D. (1993) *Street mathematics and school mathematics*, Cambridge University Press, Cambridge.

SAXE G.B. (1991) *Culture and cognitive development: Studies in mathematical understanding.* Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates, NJ.