



HAL
open science

Développement d'ingénieries de formation des enseignants pour l'intégration de logiciels de géométrie dynamique

Teresa Assude, Brigitte Grugeon

► **To cite this version:**

Teresa Assude, Brigitte Grugeon. Développement d'ingénieries de formation des enseignants pour l'intégration de logiciels de géométrie dynamique. *Revista Quadrante*, 2004, XIII (2), pp.31-50. hal-01805028

HAL Id: hal-01805028

<https://amu.hal.science/hal-01805028>

Submitted on 1 Jun 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Développement d'ingénieries de formation des enseignants pour l'intégration de logiciels de géométrie dynamique¹

Teresa Assude² & Brigitte Grugeon³

Resumo

Em primeiro lugar queremos mostrar como um certo número de resultados de investigação sobre a integração de softwares de geometria dinâmica em classes do ensino primário em França foram utilizados na concepção de engenharias de formação de professores. Em seguida apresentamos algumas estratégias de formação e analisamos um exemplo de formação contínua. Concluimos o artigo apresentando algumas questões sugeridas pela formação, nomeadamente questões sobre a gestão do tempo que vão alimentar futuros trabalhos de investigação.

Abstract

The first part of this paper shows how some results of investigations about integration of dynamic geometry softwares in French primary school have been used to conceive teacher training engineerings. In the second part we will present some training strategies and analyse an exemple of in-service training session. At last, we will present some questions suggested by training sessions – especially questions linked to time management – which will foster future investigations.

Résumé

Dans cet article nous montrerons tout d'abord comment un certain nombre de résultats de travaux de recherche sur l'intégration de logiciels de géométrie dynamique dans des classes de l'enseignement primaire en France ont été utilisés pour concevoir des ingénieries de formation des enseignants. Ensuite nous présenterons quelques stratégies de formation et nous analyserons un exemple particulier de stage de formation continue. Pour finir, nous présenterons quelques questions issues de la formation - notamment des questions liées à la gestion du temps - qui permettront de nourrir de futurs travaux de recherche.

La relation entre la recherche en éducation et la formation des enseignants est un problème social et scientifique. Il existe une pression sociale pour que les recherches en éducation répondent à des demandes sociales et montrent l'utilité de leurs résultats. Plusieurs domaines sont susceptibles de pouvoir profiter directement des résultats des recherches en éducation: l'un de ces lieux propices est la formation des enseignants. Une dialectique existe entre recherche en éducation et formation des enseignants: celle-ci est à la fois l'un des lieux de diffusion et d'utilisation des recherches et l'un des lieux d'émergence de nouvelles questions et problèmes que les recherches doivent s'emparer.

Nous allons nous intéresser au problème de la conception d'ingénieries de formation à partir de travaux et de résultats de recherche. L'enjeu est de mener des travaux de recherche qui nous permettent d'intégrer des «Technologies d'information et de communication éducatives» (TICE) dans des classes «ordinaires» de l'enseignement primaire en France, et ensuite d'utiliser les résultats de ces travaux pour concevoir des ingénieries de formation. Ainsi, nous commencerons par présenter les résultats d'un travail de recherche sur l'intégration de logiciels de géométrie dynamique dans des classes de l'enseignement primaire

¹ Cet article correspond à une partie d'une conférence proférée dans le cadre du colloque ITEM « Integrating Technologies into Mathematics Education » à Reims (juin 2003).

² IUFM d'Aix-Marseille & UMR ADEF.

³ IUFM d'Amiens et équipe DIDIREM.

et du début du collège⁴, ensuite nous montrerons différentes stratégies de formation utilisant ces résultats, et finalement nous présenterons quelques questions pour la recherche autour de la gestion du temps posées par la suite du travail.

1 – Quelques résultats de recherche⁵

Le travail d'intégration du logiciel Cabri a été fait pendant deux années (2000/2002) dans deux classes de CM2⁶ de l'école des Meillotes, et celui du logiciel GeoplanW dans une classe de CM1⁷ de l'école Launay (2000/2001), classe suivie en CM2 (2001/2002). Nous ne détaillerons pas ici les conditions et la méthodologie de cette expérimentation (voir Assude & Gélis 2002) mais nous utiliserons seulement certains des résultats obtenus. Le problème de l'intégration des TICE dans ces classes «ordinaires» a été posé à partir de deux axes de travail: le premier était celui de la *genèse instrumentale et du contrat didactique*, et le deuxième était celui de la *dialectique ancien/nouveau et du travail praxéologique*.

a) *Genèse instrumentale et contrat didactique*

Comment initier les élèves le plus rapidement possible au logiciel de manière qu'ils puissent le maîtriser suffisamment et pour qu'il devienne économique dans le travail de l'élève? Plusieurs choix ont été faits dans les séances d'initiation, séances qui ont initié les processus de genèse instrumentale et mis en place des nouvelles règles du contrat didactique.

Les processus de genèse instrumentale, selon Rabardel (1995, 1999), sont les processus qui permettent de transformer un artefact (par exemple une calculatrice) en un instrument de travail. Ainsi, l'instrument c'est l'artefact et les schèmes constitués par l'individu au cours de son activité. Le contrat didactique est l'ensemble des attentes, la plupart implicites, des enseignants et des élèves à propos des savoirs mathématiques (Brousseau 1998).

En ce qui concerne notre recherche sur l'intégration de Cabri et de GéoplanW, les choix explicites ont été les suivants:

- mise en contact des élèves avec le maximum de fonctionnalités (pas de mesure) mais d'une façon organisée;
- pas d'objets mathématiques nouveaux;
- les élèves (en individuel ou en binôme) doivent expérimenter, observer et analyser les rétroactions logicielles, confronter leurs points de vue et écrire des remarques pendant le travail sur logiciel;
- institutionnalisation par l'enseignant de connaissances instrumentales liées aux logiciels: la nécessité d'explicitier et de sélectionner les arguments nécessaires à la construction des objets géométriques, et aussi la nécessité d'indiquer le statut des points (point libre, point sur objet, point «fixe»), et d'indiquer la permanence des propriétés par déformation pour valider une construction.

Suite à l'observation et à l'analyse des expérimentations dans les deux classes, nous avons pu dégager plusieurs invariants relatifs aux conditions de la genèse instrumentale et aux règles du contrat didactique.

⁴ Elèves de 9, 10, 11 ans.

⁵ Voir pour plus de détails : Assude & Gélis 2002, Assude & Grugeon 2002, Gélis & Assude 2002.

⁶ Elèves de 10 ans.

⁷ Elèves de 9 ans.

Face au logiciel Cabri Géomètre ou GeoplanW, les élèves privilégient au début l'action avec la souris sur l'écrit avec le crayon. Ils éprouvent des difficultés à se détacher de l'ordinateur pour répondre aux questions posées. Un conflit entre la souris et le crayon marque cette rupture entre ce que l'enseignant commence à demander aux élèves et le rapport «ludique» habituel de ceux-ci à l'ordinateur: travail dans l'action, dans l'immédiateté avec la souris sur l'écran, sans prise de distance. Le travail en binôme favorise progressivement une prise de distance par rapport à l'action en amenant les élèves à confronter leurs points de vue sur les questions posées.

En outre, le travail dans l'environnement informatique déstabilise le contrat didactique mis en place dans l'enseignement habituel de la géométrie dans l'environnement papier – crayon. En effet, les élèves doivent:

- expliciter les relations entre les objets géométriques pour les construire;
- désigner les objets;
- écrire des remarques sur les questions posées suite aux expérimentations demandées.

Contrairement aux pratiques mises en oeuvre dans les jeux sur ordinateur, ils doivent lire et suivre les consignes pour réaliser le travail demandé. L'organisation du travail mise en place provoque aussi un conflit entre une direction qui est celle proposée par l'organisation mathématique et l'errance à laquelle les élèves sont habitués dans les jeux. Les enseignants doivent être conscients que ces différents conflits vont apparaître et qu'ils doivent insister durablement pour que les élèves changent leur rapport à la géométrie qui devient alors plus expérimental. En outre, l'enseignant doit prendre conscience que la maîtrise du logiciel et les processus de genèse instrumentale ont besoin d'une durée conséquente.

A la fin des séances d'initiation, pour les deux logiciels, les connaissances instrumentales ne sont pas tout de suite opératoires. C'est le cas pour les connaissances suivantes:

- l'usage des fonctionnalités internes (en particulier les commandes «style», «supprimer» avec GeoplanW ou «montrer/cacher» avec Cabri-Géomètre);
- l'interprétation des rétroactions logicielles (en liaison avec chaque logiciel);
- la mobilisation du déplacement pour vérifier la validité d'une construction;
- la mobilisation des trois types de points pour élaborer des constructions.

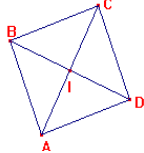
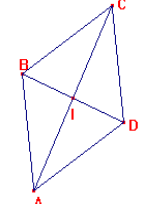
Il s'avère essentiel de prendre en charge le rapport entre les connaissances instrumentales et les connaissances mathématiques pour permettre aux élèves de rentrer dans le travail géométrique. En particulier, la poursuite du travail sur l'interprétation des rétroactions logicielles (nature du pointeur auprès d'un point...) à travers la résolution de problèmes de construction va s'avérer déterminante dans la compréhension de la nature des objets en jeu, et en conséquence, des relations entre les objets d'une figure géométrique.

b) Dialectique ancien/nouveau et travail praxéologique

Chevallard (1997, 1999) parle de praxéologie comme le quadruplet formé par les types de tâches, les techniques, les technologies et les théories. La tâche c'est ce qu'on a à faire, la technique la manière d'accomplir la tâche ou le type de tâches, la technologie le discours permettant de justifier, de rendre intelligible ou de produire la technique et la théorie est la technologie de la technologie. Nous allons utiliser cette notion de praxéologie, essentiellement la partie «praxis» (types de tâches, techniques), pour analyser la séquence sur les quadrilatères que nous avons observée dans les classes. Nous ne montrerons pas ici le détail de cette séquence dans les deux écoles mais nous présenterons seulement ce qui ressort de l'analyse de

ces séquences en ce qui concerne les variables: ancien/nouveau; tâches/techniques; papier-crayon/logiciel.

La séquence des quadrilatères dans l'école des Meillotots était divisée en trois étapes: la première était une étape de construction de quadrilatères particuliers en papier-crayon et avec Cabri, la tâche avec Cabri était très générale (construire le maximum de quadrilatères avec Cabri) et la tâche en papier-crayon était «contrainte» (construire des quadrilatères particuliers à partir des diagonales); la deuxième était une étape d'analyse de figures déjà construites comme dans l'exemple suivant:

| une figure CABRI déjà construite à déformer | des questions à traiter |
|---|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> • La figure ABCD est-elle un carré ? • Déplace les points. La figure est-elle encore un carré ? • La figure ABCD est un car..... |
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Un carré est-il toujours un losange ? • Un losange est-il toujours un carré ? • Quelle est la condition pour qu'un losange soit un carré ? |

La troisième était une étape de construction de figures avec l'aide d'un programme de construction (ensemble ordonné de consignes qui permet de construire une figure) et de l'historique de Cabri.

Dans l'ensemble de la séquence, nous avons identifié 9 types de tâches pendant les séances consacrées aux quadrilatères:

- t1 : construire des quadrilatères*
- t2 : construire des quadrilatères dont les diagonales ont une longueur imposée*
- t3 : reconnaître des quadrilatères dans une figure complexe*
- t4 : décrire les différents éléments d'une figure et notamment d'un quadrilatère*
- t5 : identifier les propriétés de certains quadrilatères*
- t6 : établir des liens entre différents quadrilatères*
- t7 : élaborer un programme de construction*
- t8 : construire un carré à partir de ses diagonales*
- t9 : construire un carré à partir du côté.*

Certaines des tâches vivent uniquement dans Cabri, d'autres uniquement en papier-crayon et d'autres encore dans les deux environnements. Certaines de ces tâches sont nouvelles : t2, t6 et t8, d'autres sont des tâches anciennes : t1, t3, t4, t5, t7, t9. Le fait d'être nouveau ou ancien est ici relatif à ce que les enseignantes ont l'habitude de proposer dans les classes de ce niveau.

Selon les conditions et contraintes mises en place (environnement papier ou logiciel, tâche ancienne ou nouvelle, instruments disponibles), les élèves vont construire les figures à partir de techniques différentes (pour plus de détails voir Assude & Gélis 2002):

- technique perceptive (TP) en utilisant les propriétés spatio-graphiques du dessin d'une figure;
- technique perceptivo-théorique en utilisant les propriétés géométriques d'une figure (TPT);
- technique programme de construction (TPC);

- technique analytique (TA) en dégagant les propriétés d'une figure.

Le tableau suivant nous permet de voir l'évolution des types de tâches dans l'ensemble des séances ainsi que des techniques observées:

| Séances | Cabri (C) | | Papier-crayon (PC) | |
|---------|-----------|------------|--------------------|---------------|
| | Tâches | Techniques | Tâches | Techniques |
| S1 | t1 | TP | t2 | TP |
| S2 | t8 | TP | t2 et t5 | TA et TPT |
| S3 | | | t3, t4 et t5 | TP, TA et TPT |
| S4 | t5 et t6 | TA et TPT | | |
| S5 | | | t5 et t6 | TA et TPT |
| S6 | t7 et t8 | TPC | t7 et t8 | TPC |
| S7 | t8 | TPC et TPT | | |
| S8 | t9 | TPC et TPT | t9 | TPC et TPT |

Tableau 1 – Evolution des tâches et des techniques

L'étude de l'évolution des types de tâches et des techniques montre que le choix a été fait de manière à articuler les tâches anciennes et les tâches nouvelles, à articuler les tâches papier-crayon et les tâches-Cabri. Par exemple, la tâche «construire des quadrilatères particuliers» était une tâche ancienne mais devait être accomplie par des instruments nouveaux (Cabri), et la tâche «construire des quadrilatères particuliers à partir des diagonales» était une tâche nouvelle qui devait être accomplie avec les instruments anciens. Ces types de tâches ont organisé l'ensemble de la séquence même si ces types ont été spécifiés: par exemple construire un carré à partir des diagonales. Nous avons aussi observé une évolution dans les techniques: au début, les techniques mobilisées étaient essentiellement des techniques perceptives et à la fin plutôt des techniques perceptivo-théoriques.

La conception des séances repose sur un principe à la base du choix des types de tâches: une connaissance doit apparaître en tant qu'outil pour résoudre une difficulté ou une question. Les tâches sélectionnées permettent la mobilisation de connaissances qui doivent apparaître comme des outils pour dépasser des obstacles ou pour résoudre des problèmes, ici de construction. Ce principe de base est l'un des éléments pour trouver la «juste distance» entre l'ancien et le nouveau (au niveau des tâches, des techniques mais aussi des principes) qui est l'une des conditions de l'intégration.

De plus, ce principe de base vise à travailler les distinctions spatial/géométrique, dessin/figure et le passage d'une géométrie perceptive à une géométrie théorique. En effet, les géométries perceptive et théorique se distinguent par les objets en jeu, concrets (dessins, usage d'instruments) ou théoriques (figure et propriétés géométriques) et par les modes de validation d'ordre perceptif ou théorique. Le travail avec un logiciel, Cabri ou GeoplanW permet d'une part de distinguer une figure de ses dessins en donnant une importance à la notion de propriétés d'une figure, non seulement pour la caractériser mais aussi en tant qu'outil pour la construire.

2 – Développement d'ingénieries de formation

Comment ces résultats de recherche nous ont-ils permis de développer des ingénieries de formation? Dans quelles formations sommes-nous intervenues? Pour quel public? Quelles ont été les stratégies de formation utilisées? Voilà quelques-unes des questions que nous allons aborder dans ce paragraphe.

a) Variables didactiques et contenus des ingénieries de formation

Pour concevoir une ingénierie de formation, il a été nécessaire de préciser le public visé mais aussi les variables didactiques qui nous ont permis de concevoir et de faire une analyse a priori des situations proposées.

Le public visé par les formations réalisées a été essentiellement des enseignants du premier degré⁸, mais aussi des formateurs d'enseignants du premier degré dans le cadre de la COPIRELEM⁹.

Les variables retenues pour bâtir les formations sont issues des résultats des recherches sur l'enseignement de la géométrie à l'école primaire d'une part et des résultats des recherches sur l'intégration des logiciels de géométrie dynamique d'autre part. Ces variables sont les suivantes: rapport à la géométrie, dessin/figure, description de l'activité des élèves visée par le type de tâches et les types de techniques, la dialectique ancien/nouveau, l'articulation papier-crayon/logiciel, analyse des activités des élèves à partir d'éléments de la genèse instrumentale et du contrat didactique, et le temps.

Ces variables sont à la fois des outils pour la conception des ingénieries de formation car elles permettent de définir les contenus de ces formations et des outils d'analyse sur les effets de ces formations dans les pratiques des enseignants. Voyons comment elles se déclinent dans les contenus de formation.

La géométrie est un domaine qui pose «problème» aux enseignants de l'école primaire. En effet, les connaissances en jeu dans l'enseignement de la géométrie sont doubles: la géométrie est un ensemble d'objets géométriques et de relations de nature théorique qui peuvent être représentés soit par des énoncés dans un registre de type discursif, soit par des dessins dans un registre de type figural. L'interprétation des dessins s'appuie sur des relations spatiales tandis que l'appréhension d'énoncés renvoie à des objets géométriques. Les contrôles mis en jeu par l'appréhension de dessin sont d'abord de type perceptif tandis que les contrôles sur les énoncés s'appuient sur des propriétés géométriques.

Les enseignants sont demandeurs d'une mise au point des concepts à étudier et de situations d'enseignement nouvelles pour «renouveler» leur enseignement qui s'appuie souvent sur un contrat graphique (Berthelot & Salin 1992) dans lequel l'élève travaille sur les propriétés spatiales du dessin et les mesures.

Les contenus de formation ont été organisés autour de plusieurs dimensions :

- *dimension institutionnelle* - il s'agissait de prendre en compte les continuités et les ruptures en jeu dans l'enseignement de la géométrie dans la transition entre l'école primaire et le collège¹⁰;
- *dimension cognitive* - il s'agissait de faire un travail préalable de classification des types d'erreurs des élèves en géométrie à partir de travaux relatifs à l'évaluation nationale de sixième¹¹, et d'analyser ces types d'erreurs en fonction des ruptures d'ordre épistémologique pour distinguer les objets physiques des objets théoriques;
- *dimension épistémologique* - il s'agissait de distinguer trois types de rapports à la géométrie – la géométrie «perceptive ou concrète» avec des techniques liées à des validations perceptives sur des objets physiques, la géométrie «spatio-graphique ou instrumentée» avec des techniques de validation liées à l'usage des instruments, et la

⁸ Les enseignants du premier degré sont des enseignants qui interviennent à l'école maternelle (élèves de 3 à 5 ans) ou à l'école élémentaire (élèves de 6 à 10 ans).

⁹ COPIRELEM : Commission permanente des IREM pour l'enseignement élémentaire ; IREM : Institut de Recherche sur l'enseignement des mathématiques.

¹⁰ Elèves de 11 à 15 ans.

¹¹ Cette évaluation nationale des élèves de sixième, première année du collège (élèves de 11 ans) permet d'évaluer les compétences acquises par les élèves à l'école primaire.

géométrie «proto-axiomatique» avec des techniques portant sur des objets théoriques représentés par des dessins; il s'agissait aussi de faire la distinction entre dessin et figure et de travailler un rapport expérimental à la géométrie;

- *dimension instrumentale* - l'enjeu était d'aborder la question de la genèse instrumentale d'un nouvel outil, de l'institutionnalisation des connaissances instrumentales;
- *dimension didactique* - il s'agissait de définir les praxéologies mathématiques et aussi de travailler les questions de l'articulation des tâches dans les environnements papier-crayon et logiciel, la dialectique ancien/nouveau, de nouvelles règles du contrat didactique;
- *dimension temporelle* - il s'agissait de pointer la nécessité d'un temps long d'intégration d'un logiciel de géométrie dynamique pour l'enseignement de la géométrie pour que les élèves puissent dépasser un certain nombre de conflits (par exemple le conflit entre la souris et le crayon).

Ces formations ont été mises en œuvre dans des contextes différents en fonction du public et de la durée des stages. Le développement de ces différentes dimensions n'a pas toujours été le même selon que la formation durait 3 heures ou 5 jours. Quelles stratégies a-t-on mis en œuvre pour s'adapter aux contraintes institutionnelles de la formation?

b) Stratégies de formation

Plusieurs stratégies de formation ont été mises en œuvre: une stratégie d'homologie; une stratégie d'accompagnement par la recherche; une stratégie d'ostension et une stratégie de développement. Leur choix dépend du public concerné et des objectifs de formation visés. Précisons chacune de ces stratégies.

- *Stratégie d'homologie*

Lors de certains stages de formation continue ou dans le cadre du colloque de la COPIRELEM, les formations ont été organisées selon une stratégie *d'homologie* (Houdement & Kuzniak 1996). Cette stratégie consiste à présenter aux stagiaires ce qu'on voudrait qu'ils fassent par la suite (avec leurs classes ou avec leurs groupes de formation).

Ainsi, ces stages ont été organisés en deux étapes: - la première étape correspondait à celle de l'initiation au logiciel où il s'agissait de la même initiation au logiciel que celle proposée aux élèves ou d'une initiation proche; - la deuxième étape visait à analyser des activités des élèves, ici celles concernant des quadrilatères en CM2, avec la même présentation collective, les mêmes activités que pour les élèves. Pour chaque étape, la phase d'institutionnalisation a été alors remplacée par une phase de discussion visant à dégager les enjeux. Cette phase a été introduite par les deux questions – quels choix avaient guidé la conception des activités? Que devait-on institutionnaliser?

Pour la première étape, après une phase collective de débat autour des réponses possibles à ces questions, le formateur a présenté les objectifs visés par l'initiation et a fait une synthèse des éléments théoriques relatifs à la genèse instrumentale et au contrat didactique.

Dans la deuxième étape après avoir fait les activités des élèves, les stagiaires ont analysé ces activités et les ont présentées: quelles étaient les tâches des élèves? Quelles techniques les élèves pouvaient-ils mettre en œuvre? Quelle articulation existait entre les tâches papier/crayon et les tâches avec le logiciel? Que devait-on institutionnaliser? Quelles évaluations? Après la confrontation de ces analyses avec celles du formateur, le formateur a présenté les stratégies des élèves et leurs productions, les difficultés rencontrées. En particulier, il a présenté que le fait que les connaissances instrumentales ne sont pas tout de

suite opératoires, et aussi les différents types de conflits. Ce fut l'occasion d'analyser les choix réalisés autour de la dialectique ancien/nouveau et de pointer des conditions d'intégration.

Trois stages s'appuyant sur cette stratégie ont été réalisés. Les stagiaires, dont les écoles étaient équipées, ont réinvesti les progressions proposées ou ont construit de nouvelles tâches.

- *Stratégie de développement*

Certains stages de formation plus longs ont permis, au-delà de cette stratégie d'homologie, d'utiliser une autre stratégie: celle de *développement*. Dans ce cas, les stagiaires devaient élaborer un projet personnel de développement en intégrant Cabri dans leurs classes (sans avoir forcément un lien avec le projet qui a été présenté en formation). Trois moments étaient ainsi prévus: le moment de conception; le moment d'action et le moment d'évaluation. Nous sommes restés la plupart des cas au moment de la conception, car à défaut d'une organisation matérielle nous n'avons pas pu faire le suivi de l'action et encore moins de l'évaluation. En ce qui concerne l'action, nous avons eu très peu de retours de la part des stagiaires: nous avons su seulement que certains ont pu mettre en oeuvre les projets qui ont été élaborés pendant le stage.

- *Stratégie de l'ostension ou monstrative*

Une autre stratégie mise en oeuvre lors de stages très courts (3 heures) est celle de *l'ostension ou stratégie monstrative* (Houdement & Kuzniak 1996). Dans ce cas, le formateur a montré aux stagiaires le fonctionnement du logiciel ainsi qu'un choix d'activités qu'on pouvait faire avec les élèves mais sans présenter forcément les conditions et les contraintes de cette intégration. Les stagiaires ne manipulent pas le logiciel et ne font pas les analyses puisque tout est montré par le formateur. Une autre modalité a consisté à faire observer une séance en classe réalisée par un enseignant ou un formateur, étudiée préalablement *a priori*, puis à réaliser une analyse *a posteriori* des choix. Ce fut le cas pour une séance d'initiation de GeoplanW.

- *Stratégie d'accompagnement par des formateurs-ressources*

Au delà du stage de formation, un accompagnement de la formation peut être mis en place selon plusieurs modalités - des échanges à distance *via* un site Internet spécialement créé pour les stagiaires et des réunions entre formateurs et stagiaires pour échanger les expériences, expliciter les difficultés rencontrées, proposer des activités, et chercher des propositions de réponse, ... Ici, les formateurs «accompagnent», observent aussi des séances en classe et peuvent questionner certains moments des séances à la demande des stagiaires.

Cette deuxième modalité a été mise en place l'année 2003/2004. Quatre stagiaires dont trois d'une même école ont été suivis pendant trois mois¹².

- *Stratégie d'accompagnement par la recherche*

La dernière stratégie qui a duré le plus longtemps est celle de *l'accompagnement par la recherche*. C'est en intégrant le logiciel, et en analysant ce qui se passait au fur et à mesure, d'une façon systématique, que les enseignants se sont formés. Les chercheurs étaient des accompagnateurs, des aides à la formation à travers une «boîte à tâches» mais aussi en tant qu'observateurs des séances et en tant que co-analyseurs de ces mêmes séances.

¹² Les stagiaires ont interrompu l'expérimentation suite au départ des aides éducateurs. Les aides éducateurs étaient des personnes qui avaient un contrat de travail temporaire dans les établissements scolaires pour aider, notamment dans les salles informatiques.

Ces stratégies sont des moyens de mise en œuvre des ingénieries de formation conçues à partir de variables et des contenus identifiés par des résultats de recherche. Ces stratégies permettent aux formateurs de s'adapter aux contraintes institutionnelles notamment à la durée des stages de formation. Peut-on identifier certains effets de ces formations sur le rapport au savoir géométrique de l'enseignant ou sur les pratiques des enseignants? Nous n'avons pas pu pour le moment faire une étude systématique des effets des formations sur les pratiques des enseignants mais nous avons quelques études de cas. Nous présenterons par la suite une étude de cas.

3 - Une étude de cas: une formation continue dans le premier degré

Nous présentons ici une analyse de l'intégration du logiciel GeoplanW par une enseignante du premier degré qui a suivi un stage de formation continue sur l'intégration de logiciels de géométrie dynamique pendant l'année 2001-2002 organisé à l'IUFM d'Amiens¹³. Comme auparavant cette enseignante n'avait jamais utilisé de logiciels de géométrie dynamique dans ses classes, nous pouvons dire que l'un des effets du stage a été déjà ce premier pas dans l'intégration de GeoplanW. Toutefois nous voulons analyser un peu plus finement le rapport entre cette intégration et les contenus et variables de la formation. Pour cela, nous allons comparer ce que l'enseignante a mis en œuvre dans les classes et les propositions de la formation. Les données pour l'analyse, outre les éléments déjà indiqués, sont les réponses à un questionnaire à la fin de la formation, les préparations de l'enseignante, les observations dans les classes, les cahiers des élèves de deux années scolaires. Les axes d'analyse seront alors le rapport à la géométrie, l'organisation de la genèse instrumentale, les organisations praxéologiques et la dialectique ancien/nouveau.

a) Organisation et suivi de la formation¹⁴

Le stage de formation s'est déroulé pendant trois semaines du 28 janvier au 1^{er} février 2002 puis du 18 février au 1^{er} mars 2002. Ce stage est destiné aux enseignants du premier degré en exercice (formation continue) qui sont remplacés dans leurs classes par des enseignants-stagiaires en formation initiale. Les enseignants viennent en formation continue à leur demande et choisissent un stage dans un ensemble de stages proposé par l'institution. A l'entrée du stage, un temps a été réservé pour présenter les objectifs du stage et proposer aux enseignants volontaires de les accompagner dans l'intégration des logiciels lorsqu'ils retourneront dans leurs classes. Les contenus de formation sont ceux que nous avons explicités auparavant mais nous présentons les principales étapes qui ont structuré ce stage.

Dans la première étape, les stagiaires ont abordé les contenus relatifs aux dimensions institutionnelle, cognitive et épistémologique à travers l'analyse des programmes de l'école primaire et sixième et des textes relatifs à la continuité des apprentissages dans cette transition, et à travers l'étude des tâches proposées lors de l'évaluation nationale en géométrie

¹³ Institut Universitaire de Formation des Maîtres.

¹⁴ La formation initiale des enseignants du premier degré dure deux années - la première année est essentiellement consacrée à la préparation du concours qui leur permettra de devenir enseignant et la deuxième année est une année consacrée à la formation professionnelle. D'une manière très concise, pendant cette deuxième année les stagiaires doivent écrire un mémoire professionnel, participer à des modules de formation disciplinaire et didactique et des modules de formation générale, participer à des analyses de pratiques professionnelles et participer à des stages où ils prennent la responsabilité d'une classe (neuf semaines de stage partagés par exemple en trois stages de trois semaines). Pendant que les stagiaires prennent une classe, les enseignants titulaires de ces classes partent en stage de formation continue.

et l'étude d'une typologie des principales erreurs, ainsi que de la distinction dessin/figure, des différents rapports à la géométrie et à la validation en géométrie.

Dans la deuxième étape, les stagiaires se sont ensuite initiés aux logiciels de géométrie dynamique GeoplanW et Cabri puis ont abordé les questions relatives à la genèse instrumentale en CM2 (dimension instrumentale).

Dans la troisième étape, les stagiaires ont analysé une progression sur les quadrilatères avec GeoplanW (cf. Assude et Grugeon 2002) pour aborder les questions relatives à la conception d'une progression sur un thème géométrique donné intégrant un logiciel (dimension didactique).

La formation proposée dans ces étapes 2 et 3 a suivi une stratégie d'*homologie* car nous avons proposé une progression et des activités pour les élèves que les enseignants auraient pu utiliser avec leurs élèves.

Dans la quatrième étape, les stagiaires ont observé une séance d'initiation à GeoplanW dans une classe de CM2 puis ont échangé leurs remarques en liaison avec les éléments théoriques dégagés pendant l'étape 2.

Dans la cinquième et dernière étape, les stagiaires ont conçu une séquence en liaison avec le contexte de classe dans lequel ils travaillaient et ils ont analysé les situations construites avant de les expérimenter dans leurs classes.

Après le stage (pendant encore l'année 2001/2002), les stagiaires dont les écoles étaient équipées d'ordinateurs ont pu mettre en place de façon autonome une progression en géométrie avec le logiciel GeoplanW. Des échanges à distance organisés à partir d'un site créé à cet effet et une réunion en présentiel ont permis une mutualisation des expériences. La moitié des stagiaires concernés ont participé à ces échanges.

Pendant l'année 2002-2003, des stagiaires volontaires ont poursuivi la conception et la mise en œuvre d'un enseignement de la géométrie intégrant le logiciel GeoplanW. Un formateur a accompagné plus particulièrement trois stagiaires¹⁵ en répondant à leurs questions sur la construction d'une progression axée sur la notion de «cercle» et le «report de longueur», en analysant les «documents élèves» rédigés par les enseignants. Il a observé certaines séances provoquant ainsi des échanges et des analyses.

b) Une évolution du rapport des enseignants à la géométrie

La formation aux logiciels de géométrie dynamique peut être une occasion pour les enseignants de changer leur rapport à la géométrie. Dans un travail précédent (Assude, Bertomeu & Bonnet 1996), nous avons interviewé des enseignants de mathématiques qui ont affirmé que l'utilisation de Cabri, outre l'intérêt pour les élèves, leur a permis de changer leur rapport à la géométrie car ils revisitaient des nouveaux champs du savoir et ils vivaient le caractère expérimental de la géométrie. Ce changement du rapport des enseignants à la géométrie, est aussi perceptible avec ces enseignants dès la fin du stage à partir du questionnaire d'évaluation. Au cours du stage, l'usage de logiciels de géométrie dynamique a permis à la majorité des stagiaires:

- une prise de conscience de ruptures d'ordre épistémologique pour distinguer les objets physiques des objets théoriques et les différents types de validation;
- la caractérisation d'objets géométriques et de leurs propriétés (cf. quadrilatères particuliers).

De plus, les enseignants ont pris conscience de certaines pratiques anciennes pas toujours adaptées, comme par exemple la prégnance du travail sur les mesures, la reproduction de figures dans des positions privilégiées, la construction sur des quadrillages,

¹⁵ Enseignants de l'école Lassigny, Oise, et plus particulièrement Chantal Courcaud, enseignante en CM1.

les énoncés trop fermés n'amenant pas suffisamment les élèves à mobiliser leurs connaissances géométriques en rapport avec les connaissances spatiales.

c) *Organisation de la genèse instrumentale*

Nous comparons les choix réalisés par l'enseignante pour la conception et la mise en œuvre des séances d'initiation au logiciel GeoplanW dans sa classe de CM1 à ceux proposés lors du stage. Les choix de l'enseignante ont été proches: ils présentent des points communs mais aussi des modifications au cours des deux années d'expérimentation.

- *Les points communs*

Les choix explicites proposés en formation continue pour les séances d'initiation ont été repris aussi bien en ce qui concerne les tâches que les modalités de travail pour la mise en place du contrat didactique nouveau. En effet, l'école possède une salle d'informatique de 12 ordinateurs et les élèves peuvent travailler en deux ateliers tournants. Pendant la première séance d'initiation, les élèves ont travaillé en binôme et ont expérimenté, observé et analysé les rétroactions logicielles. Puis ils ont débattu afin d'écrire leurs remarques pendant le travail sur logiciel. Les notions géométriques abordées étaient les objets de base, point, segment, droite, la relation de perpendicularité à une droite donnée passant par un point et les points d'intersection. Une deuxième séance a permis de revenir sur les difficultés rencontrées et de retravailler les connaissances instrumentales.

A la fin de chaque séance, l'enseignante a réalisé une mise en commun des démarches et des difficultés rencontrées puis une institutionnalisation des connaissances instrumentales liées à GeoplanW. En particulier, elle a insisté sur la nécessité d'explicitier et de sélectionner les arguments nécessaires à la construction des objets géométriques par la boîte de dialogue, les différents statuts des points.

- *Des modifications les années suivantes*

Les difficultés rencontrées par les élèves les deux premières années pour opérationnaliser les connaissances instrumentales l'ont amenée à prévoir des modifications pour l'année 2003-2004 dans le découpage des séances d'initiation, dans l'avancée du temps didactique, ainsi que dans l'écriture des consignes. Elle a prévu de découper la première séance en deux, tout en conservant l'organisation des différentes phases. L'une sera consacrée au tracé des objets de base (point, segment, droite) et à l'usage des commandes *cacher* et *supprimer un objet*, l'autre à la construction d'objets en relation, de points d'intersection de droites, de cercle. Du temps est prévu pour permettre aux élèves de découvrir et de manipuler l'interface, d'interpréter les rétroactions logicielles, de se confronter avec des connaissances instrumentales nouvelles, en particulier le rôle du déplacement pour vérifier la validité d'une construction.

Face aux difficultés instrumentales des élèves, l'enseignante a pris conscience qu'il fallait du temps pour que les élèves s'approprient le logiciel et qu'il fallait aussi expliciter ou reformuler certaines consignes. Les consignes et les explications relatives à l'usage de l'interface ont été plus nombreuses. Elle a pris en compte différents ostensifs nécessaires à l'interprétation des rétroactions logicielles (par exemple, «*tu désires déplacer un point avec ta souris, place le curseur sur le point que tu veux bouger, clique sur le côté gauche de la souris et reste appuyé, une main «qui écrit» apparaît et le point peut être déplacé en tirant*»). Elle a utilisé un vocabulaire géométrique et non spatio-graphique dans les énoncés mathématiques.

De plus, dès l'année 2002-2003, l'enseignante a pris en compte dans l'écriture des programmes de construction la nécessité de créer un segment sous GeoplanW à partir de deux points déjà créés. L'objectif visé par ces modifications était de prendre davantage en charge le

rapport entre les connaissances instrumentales et les connaissances géométriques pour permettre aux élèves de rentrer plus rapidement dans le travail géométrique. Ce fut un des moyens retenus par l'enseignante pour économiser du temps tout en facilitant la manipulation.

Nous pouvons faire l'hypothèse que l'enseignante a pris conscience de la difficulté des élèves à dépasser les différents conflits présentés en formation (par exemple la difficulté pour que les connaissances instrumentales deviennent opératoires) et de l'importance de les prendre en charge dans le travail de la classe de manière à ce que les élèves rentrent dans un rapport plus expérimental à la géométrie.

d) Organisation praxéologique

Un des objectifs visé par l'enseignante pour l'intégration du logiciel a été de «reprenre les leçons non acquises sur les parallèles, la symétrie». Les neuf séances réalisées avec GeoplanW l'ont été consécutivement en référence au travail géométrique déjà réalisé dans l'environnement papier-crayon avant le stage. Les tâches proposées par l'enseignante sont données dans le tableau ci-dessous.

| |
|---|
| t0 : coder une figure sur papier |
| t1 : construire une figure avec un programme de construction |
| t2 : reconnaître une figure (triangle isocèle rectangle, triangle rectangle, carré, losange) |
| t3 : décrire les propriétés d'une figure |
| t4 : construire une figure (triangle isocèle rectangle, triangle rectangle, carré, figure complexe) |
| t5 : construire une figure avec contrainte (carré, rectangle) |
| t6 : écrire un programme de construction d'une figure |
| t7 : décrire une figure à partir d'un message à trou |

Tableau 2 : tâches de la progression 2001-2002 et 2002-2003

La progression a été organisée en deux étapes autour de deux principaux groupes de tâches – le premier concerne la construction d'une figure avec GeoplanW à partir d'un programme de construction donné, la construction de la même figure avec ou sans contrainte avec GeoplanW (séances 1 à 5) et le deuxième groupe concerne la description d'une figure donnée sur papier par un programme de construction ou un message puis construction de cette figure avec GeoplanW (séance 6 à 9). La progression est donné dans le tableau suivant:

| Séances | GeoplanW | | Papier-crayon (PC) | |
|---------|------------|------------|--------------------|------------|
| | tâches | techniques | tâches | techniques |
| S1 | t1 | TPC | t0 | TP |
| S2 | t1, t2, t3 | TPC, TA | | |
| S3 | t1, t5 | TPC, TPT | | |
| S4 | t5, t1, t2 | TPT, TPC | | |
| S5 | t4, t1, t2 | TPT, TPC | | |
| S6 | t1, t2 | TPC | t6 | TA, TPC |
| S7 | t1, t2 | TPC | | |
| S8 | t1, t2 | TPC | | |
| S9 | t4 | TPT | t7 | TA |

Tableau 3: Evolution des types de tâches et de techniques dans la progression 2001-2002

Dans les six premières séances, un entrelacement est prévu entre une tâche ancienne «construire une figure à partir de son programme de construction» avec un nouvel instrument GeoplanW, et une tâche nouvelle «construire une figure avec ou sans contrainte» avec

GeoplanW. La donnée du programme de construction conduit les élèves à travailler dans un premier temps les connaissances instrumentales. Les choix réalisés par l’enseignante ont entraîné une articulation tardive entre les tâches papier-crayon et les tâches GeoplanW, seulement à partir de la séance 6. A la séance 7, il s’agissait d’amener l’élève à décrire une figure papier-crayon avec un programme de construction, tâche nouvelle, puis de la faire construire avec GeoplanW, tâche ancienne.

L’enjeu pour cette enseignante a été de faire évoluer les techniques de construction, de techniques perceptives à des techniques perceptivo-théoriques, via les techniques programme de construction et techniques analytiques. Cet enjeu a été présenté pendant la formation, ainsi nous aurions pu penser que l’enseignante suit les mêmes choix que dans la formation. Or le principe de base du choix des types de tâches a été différent de celui présenté lors de la formation continue - les connaissances n’apparaissent pas en tant qu’outil pour résoudre des problèmes mais comme des objets, via les programmes de construction, à réinvestir dans d’autres problèmes, ce qui fait apparaître certaines difficultés. Malgré la construction préalable d’une figure avec GeoplanW avec le programme de construction, ce qui semblait à l’enseignante une juste distance entre l’ancien et le nouveau, les élèves ont éprouvé des difficultés importantes à mobiliser les connaissances conceptuelles pour construire la même figure avec GeoplanW.

L’année suivante, les choix de l’enseignante ont évolué. Ils visaient à «intégrer davantage» le logiciel dans son enseignement de la géométrie. Elle a envisagé dès le début de l’année une articulation de séances dans les environnements papier-crayon et logiciel.

Les séances ont été le plus souvent organisées comme suit (Cf. Tableau 4). Une première étape de construction, d’analyse et de description d’une figure en papier/crayon (instruments habituels), une deuxième étape d’analyse et de description des propriétés de la même figure donnée sur logiciel à partir de la recherche d’invariants, de construction d’autres objets avec programme de construction pour approfondir l’étude des propriétés, et finalement une troisième étape de construction avec le logiciel GeoplanW pour réinvestir les connaissances conceptuelles et instrumentales.

| Séances | GeoplanW | | Papier-crayon (PC) | |
|---------|----------------|------------|--------------------|------------|
| | tâches | techniques | tâches | techniques |
| S1 | t1, t2, t3 | TPC | t4, t3 | TP, TM |
| S2 | t3, t1, t2 | TP,TPC | t4, t3 | TP, TM |
| S3 | t1, t4, t2, t3 | TPC,TPT | t4, t3 | TP, TM |
| S4 | t1, t2, t3 | TPC, TPT | t4, t3 | TP, TM |
| S5 | t1, t2, t3, t4 | TPC, TPT | t4, t3 | TP, TM |

Tableau 4: Organisation des types de tâches et de techniques dans la progression 2002-2003

Ces séances ont articulé des tâches anciennes et nouvelles (description de propriétés par recherche des invariants) pour travailler les connaissances conceptuelles en s’appuyant sur des connaissances instrumentales. En effet, la conception des séances avec GeoplanW a reposé sur l’usage du logiciel pour découvrir les propriétés d’une figure voire les justifier à partir de la mobilisation de connaissances instrumentales et d’une interprétation de propriétés spatiales pertinentes lors du déplacement de point libre. En papier-crayon, les techniques de construction ont été des techniques perceptives ou basées sur la mesure. Cette technique utilisant les mesures (TM) n’a pas du tout été utilisée en formation mais c’est une technique ancienne que les enseignants font vivre d’une manière prégnante dans les classes. L’enjeu avec GeoplanW était là aussi de faire évoluer les techniques de construction, de techniques perceptives à des techniques perceptivo-théoriques via les techniques programme de

construction et techniques analytiques. Cependant il existe une séparation très nette entre les techniques mobilisées dans l'environnement logiciel et celles mobilisées dans l'environnement papier-crayon. L'entrelacement s'est fait en ce qui concerne les types de tâches mais non en ce qui concerne les techniques.

La comparaison des deux progressions montre deux organisations praxéologiques distinctes de celle proposée en formation continue. L'enseignante a réalisé des choix différents et évolutifs liés en partie à une conception de l'enseignement qui ne prend pas en compte la résolution de problèmes mais aussi à un souci essentiel: trouver une organisation «économique», trouver une juste distance entre «l'ancien et le nouveau» pour faire travailler les notions de figure et de propriété mais aussi gérer le temps pour que cette organisation soit viable dans la globalité du travail de la classe.

4 – Questions pour la recherche: gestion du temps

A la fin de la première année de notre recherche sur l'intégration des logiciels de géométrie dynamique, les enseignantes ont fait plusieurs fois des commentaires qui avaient trait à la gestion du temps. Par exemple, elles ont dit: «on a passé trop de temps avec les quadrilatères et les élèves n'ont pas eu assez de temps», «le temps a manqué», «nous avons perdu trop de temps». Ces phrases nous sont apparues d'abord comme des paradoxes temporels. Dans le cadre des formations, les enseignants disent aussi qu'ils n'ont pas toujours le temps de tout faire et que le travail avec les TICE prend beaucoup de temps. Finalement le temps, on en parle tout le temps mais de quoi parle-t-on exactement? Ces commentaires sont devenus le point de départ de notre problématisation temporelle. Ainsi, l'analyse des formations a permis de pointer des problèmes de gestion du temps qui sont devenus par la suite des nouveaux problèmes de recherche. Nous ne développons pas ce point ici (voir Assude 2005) mais voyons simplement quelques questions pour la recherche.

Le problème du temps dans l'intégration des TICE est un problème important qui a été très peu pris en compte dans les travaux de recherche (Lagrange et alii 2001). Plusieurs raisons peuvent être invoquées de l'intérêt d'étudier ce problème. L'une de ces raisons concerne le savoir à enseigner: comment découper le savoir dans une durée lorsqu'on utilise les TICE? La programmation du savoir avec les TICE n'est pas explicite dans les programmes ce qui peut constituer une difficulté pour les enseignants lorsqu'ils commencent à les utiliser car ils ne savent pas forcément quoi faire et comment faire. Une autre raison est relative au problème du temps d'initiation et de manipulation du logiciel: on doit passer du temps (parfois trop) pour initier les élèves aux logiciels avant qu'on gagne du temps dans les apprentissages. Comment gagner du temps d'initiation mais faire en sorte que les élèves aient une maîtrise suffisante du logiciel (que celui-ci ne pose plus de problèmes) pour que celui-ci devienne «économique»? Le temps apparaît comme une contrainte du fonctionnement d'un dispositif intégrant les TICE en termes de viabilité mais aussi en termes de conditions de mise en œuvre.

5 - Conclusion

Dans notre travail, les résultats de recherche ont nourri la formation car les ingénieries proposées sont bâties à partir de variables concernant les pratiques des enseignants (dialectique ancien/nouveau), les activités de l'élève (praxéologies, genèse instrumentale) et

les interactions dans le système didactique (contrat didactique). Certains travaux de recherche sur la formation nous ont aussi permis d'identifier un certain nombre de stratégies de formation, stratégies qui sont en relation avec le temps disponible pour ces formations. Par exemple, le temps long favorise des stratégies de développement ou d'accompagnement par la recherche tandis que le temps court favorise des stratégies d'homologie ou monstratives. Si les recherches nourrissent les formations, celles-ci sont aussi des sources de questionnement pour la recherche. Le questionnement sur le temps qui surgit presque toujours (d'une forme ou une autre) dans les formations rencontre ainsi des problèmes de recherche qui jusqu'à présent n'ont pas été beaucoup étudiés.

L'entrelacement entre la formation et la recherche est bien présent dans notre travail.

Bibliographie

- Artigue M. (1998). Rapports entre la dimension technique et conceptuelle dans l'activité mathématique avec des systèmes de mathématiques symboliques. *Actes de l'Université d'été 1996 " Des outils informatiques dans la classe... "*, IREM de Rennes, pp.19-40.
- Artigue M. (2001). Learning mathematics in a CAS environment : the genesis of a reflection about instrumentation and the dialectics between technical and conceptual work. *Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7.3, pp.245-274.
- Artigue M. & Lagrange J-B. (1999). Instrumentation et écologie didactique de calculatrices complexes : éléments d'analyse à partir d'une expérimentation en classe de Première S. *Em Guin D. (ed) Actes du congrès " Calculatrices symboliques et géométriques dans l'enseignement des mathématiques "*, IREM de Montpellier, pp.15-38.
- Assude T, Bertomeu P. & Bonnet J-F. (1996). Rapport au savoir et types de problèmes mathématiques. Des "lieux mous" au Collège. *Actes de l'Université d'Eté sur Cabri-géomètre*, Grenoble, pp.47-62.
- Assude T, Gélis J.M. (2002). Dialectique ancien-nouveau dans l'intégration de Cabri-Géomètre à l'école primaire. *Educational Studies in Mathematics*, 50, pp.259-287.
- Assude T, Grugeon B. (2002). Intégration de logiciels de géométrie dynamique à l'école primaire. *Actes du XXIXème Colloque de la COPIRELEM*, IREM des Pays de la Loire, pp.227-253.
- Assude T. (2005). Time management in the work economy of a class. *Educational Studies in Mathematics* (sous presse).
- Berthelot R & Salin M-H. (1992). *L'enseignement de l'espace et de la géométrie dans la scolarité obligatoire*. Thèse Université de Bordeaux 1.
- Brousseau G. (1998). *Théorie des situations didactiques*, Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Chevallard Y. (1997). Familiale et problématique, la figure du professeur. *Recherches en didactique des mathématiques*, 17.3, pp.17-54.
- Chevallard Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 19.2, pp.221-266.
- Gélis J-M & Assude T. (2002). Indicateurs et modes d'intégration du logiciel Cabri en CM2. *Sciences et Techniques Educatives*, 9-3.4, pp.457-490.
- Houdement C, Kuzniak A. (1996). Autour des stratégies utilisées pour former les maîtres du premier degré en mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 16.3, pp.289-322.
- Laborde C, Capponi B. (1994). Cabri-géomètre constituant d'un milieu pour l'apprentissage de la notion de figure géométrique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 14-1.2, pp.165-210.

- Laborde C. (1998). Visual phenomena in the teaching/learning of geometry in a computer-based environment. Em Mammana C. & Villani V. (eds), *Perspectives on the teaching of geometry for the 21st century*, pp.113-121. Dordrecht: Kluwer academic publishers.
- Lagrange J-B. (2001). L'intégration d'instruments informatiques dans l'enseignement : une approche par les techniques. *Educational Studies in Mathematics*, 43, pp.1-30.
- Lagrange J-B, Artigue M, Laborde C & Trouche L. (2001). A Meta Study on IC Technologies in Education. *Actes PME 25*, 1, pp.111-125.
- Lagrange J-B, Artigue M, Laborde C & Trouche L. (2003). Technology and Mathematics Education: A Multidimensional Study of the Evolution of Research and Innovation. In: Bishop A.J, Clements M.A., Keitel C., Kilpatrick J. and Leung F.S. (eds) *Second International Handbook of Research in Mathematics Education*, (pp.239-271), Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Rabardel P. (1995). *Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains*. Paris: Armand Colin.
- Rabardel P. (1999). Eléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques. *Actes de la Xème Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*, Houlgate, vol I, pp.203-213.

Teresa Assude
 IUFM d'Aix-Marseille
 2 av Jules Isaac
 13626 Aix-en-Provence
 France
 t.assude@aix-mrs.iufm.fr

Brigitte Grugeon
 Equipe DIDIREM - Université Paris 7
 Case 7018
 2 place Jussieu
 75251 Paris cedex 5
 France
 brigitte.grugeon@amiens.iufm.fr