

Enjeux et développements d'ingénieries de formation des enseignants pour l'intégration des TICE

Teresa Assude¹ & Brigitte Grugeon²

Conférence au congrès ITEM, Reims 20, 21, 22 juin 2003

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 TICE dans des classes « ordinaires » de l'enseignement primaire, 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 et du début du collège, ensuite nous montrerons différentes stratégies de formation utilisant ces résultats, et finalement nous présenterons quelques questions de recherche autour de la gestion du temps posées par la suite du travail.

1 – Quelques résultats de recherche³

Le travail d'intégration du logiciel Cabri a été fait pendant deux années (2000/2002) dans deux classes de CM2 de l'école des Meillotés, et celui du logiciel GeoplanW dans une classe de CM1 de l'école Launay suivie en CM2. 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 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 de connaissances instrumentales liées aux logiciels :
 - la nécessité d'explicitier et de sélectionner les arguments nécessaires à la construction des objets géométriques,

¹ IUFM d'Aix-Marseille

² IUFM d'Amiens et équipe DIDIREM

³ Voir pour plus de détails : Assude & Gélis 2002, Assude & Grugeon 2002, Gélis & Assude 2002.

- la nécessité d'indiquer le statut des points (point libre, point sur objet, point «fixe»), la permanence des propriétés par déformation pour valider une construction.

Une prise de distance difficile avec les images logicielles

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

Il apparaît pour les élèves un conflit entre la souris et le crayon. Face au logiciel Cabri géomètre ou GeoplanW, ils 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. Il apparaît un phénomène de rupture par rapport au contrat habituel de travail « ludique » sur 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.

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 jeu dans les jeux sur ordinateur, ils doivent lire et suivre les consignes pour réaliser le travail demandé. L'organisation du travail mise en place dans cette expérimentation provoque aussi un conflit entre une direction et l'errance.

Connaissances instrumentales et opérationnalité

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

- 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

Nous ne présenterons pas ici le détail de la séquence des quadrilatères 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 Meillotes 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 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 (par exemple le fichier ouvrait sur un carré qui avait été construit comme un losange); la troisième était une étape de construction de figures avec l'aide d'un programme de construction et de l'historique de Cabri. Dans l'ensemble de la séquence, nous avons identifié 9 types de tâches et 4 techniques (perceptive, perceptivo-théorique, technique analytique; technique avec programme de construction).

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, 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 distancier une figure de ses dessins: nous avons voulu ainsi donner 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?

a) Variables retenues pour construire des ingénieries de formation

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

- *Public visé*

Le public visé par les formations réalisées a été essentiellement des enseignants du premier degré en formation initiale et continue, mais aussi des formateurs d'enseignants du premier degré dans le cadre de la COPIRELEM.

- *Variables didactiques*

Les variables retenues pour bâtir les formations ont été les suivantes: 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, le temps.

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).

Ainsi, ces stages ont été organisés en deux étapes :

- la première étape correspondait à celle de l'initiation au logiciel : 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.

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 *a priori* 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 *a priori* avec celle du formateur, le formateur a analysé les stratégies des élèves et leurs productions, les difficultés rencontrées. En particulier, il a dégagé que les connaissances instrumentales ne sont pas tout de suite opératoires. 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 continue des professeurs d'école 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 de développement en intégrant Cabri dans leurs classes. 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 retour de la part des stagiaires : nous avons su seulement que certains ont pu mettre en œuvre les projets qui ont été élaborés pendant le stage.

Stratégie de l'ostension ou monstrative

Une autre stratégie proposée est celle de *l'ostension ou stratégie monstrative* (Houdement & Kuzniak 1996). Dans certains stages très courts, 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. 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 de l'accompagnement

1. par la mutualisation et l'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
- des réunions entre formateurs et stagiaires pour échanger les expériences, expliciter les difficultés rencontrées, proposer des « idées » d'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 cette année. Quatre stagiaires dont trois d'une même école ont été suivis pendant trois mois⁴.

2. 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 » d'activités mais aussi en tant qu'observateurs des séances et en tant que co-analyseurs de ces mêmes séances.

Maintenant, nous nous demandons quels effets ces stratégies ont-elles sur le rapport des enseignants à la géométrie ? sur les modes d'intégration des TICE à l'enseignement de la géométrie ?

c) Une étude de cas : une formation continue dans le premier degré

Nous présentons des éléments concernant la mise en œuvre par une stagiaire d'une formation continue dans le premier degré qui a eu lieu en 2001-2002 à l'IUFM d'Amiens⁵. Pour ceci, nous indiquons les contenus de la formation, l'organisation de la formation puis nous étudions l'évolution de ses modes d'intégration du logiciel GeoplanW dans son enseignement de la géométrie.

Contenus de formation organisés autour de plusieurs dimensions

La géométrie est un domaine qui pose « problème » aux enseignants de l'école élémentaire. 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

⁴ Les stagiaires ont interrompu l'expérimentation suite au départ des aides éducateurs.

⁵ Le stage 125C coordonné par B. Grugeon-Allys et R. Duvert, IUFM d'Amiens, centre de Beauvais s'est déroulé pendant trois semaines du 28 janvier au 1^{er} février 2002 puis du 18 février au 1^{er} mars 2002.

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 (Salin Berthelot 1994) 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 le cycle 3 et le collège.
- *Dimension cognitive et épistémologique* : au-delà d'un travail préalable de classification des types d'erreurs en géométrie à partir de travaux relatifs à l'évaluation nationale de sixième, les formateurs voulaient permettre aux stagiaires de prendre conscience de ruptures d'ordre épistémologique pour distinguer les objets physiques des objets théoriques, les validations perceptives des validations instrumentées puis théoriques⁶, le rôle d'un registre de type discursif pour raisonner sur les propriétés géométriques des figures.
- *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* : un moment important du stage visait à travailler les questions de l'articulation des tâches dans les environnements papier-crayon et logiciel, de la dialectique ancien/nouveau, de la conception et de la gestion de situations d'apprentissage.
- *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.

Organisation de la formation

- 2001-2002 :

Nous présentons les principales phases qui ont structuré ce stage de formation continue. A l'entrée du stage, un temps a été réservé pour présenter les objectifs du stage et mettre en place les bases du contrat de formation reposant sur une stratégie de l'accompagnement à long terme.

Etape 1 : Les stagiaires ont abordé les contenus relatifs aux dimensions institutionnelle, cognitive et épistémologique à travers l'analyse des programmes de cycle 3 et sixième et des textes relatifs à la continuité des apprentissages dans cette transition, l'étude des tâches proposées lors de l'évaluation nationale en géométrie et une typologie des principales erreurs, la distinction dessin / figure, les différents types de validation.

Etape 2 : 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).

Etape 3 : 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).

⁶ distinguer trois étapes dans l'appréhension des objets géométriques

- *géométrie « concrète »* : techniques liées à des validations perceptives sur des objets physiques
- *géométrie « spatio-graphique »* : techniques liées à l'usage des instruments et validations instrumentées
- *géométrie « proto-axiomatique »* : techniques portent sur des objets théoriques représentés par des dessins, validations par des raisonnements de type déductif

La formation proposée dans ces étapes 2 et 3 a suivi une stratégie d'*homologie*.

Etape 4 : 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.

Etape 5 : Les stagiaires ont conçu une séquence en liaison avec le contexte de classe dans lequel ils travaillent dans la réalité et analysé les situations construites avant de les expérimenter.

2001-2002 : Après le stage, 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 et de répondre aux nombreuses questions des stagiaires. La moitié des stagiaires concernés ont participé à ces échanges.

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 stagiaires⁷ 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, des analyses, de nombreuses questions et réflexions.

d) Etude de l'évolution des modes d'intégration des TICE à l'enseignement de la géométrie dans des classes ordinaires.

Au delà de l'évolution du rapport des enseignants à la géométrie, perceptible dès la fin du stage à partir du questionnaire d'évaluation⁸, il s'agit d'étudier sur le moyen terme l'évolution des modes d'intégration des TICE dans leur enseignement de la géométrie des stagiaires.

Axes d'analyse

Pour étudier cette question, nous avons retenu les axes suivants :

- l'organisation de la genèse instrumentale et l'installation du contrat didactique,
- les organisations praxéologiques et la dialectique ancien/nouveau,
- l'économie temporelle.

Nous étudions maintenant l'évolution des modes d'intégration de GeoplanW utilisé par l'une des enseignants pendant deux ans. Nous présentons des premiers résultats d'une recherche en cours. Nous avons réalisé cette étude à partir des axes présentés ci-dessus.

Organisation de la genèse instrumentale et installation du contrat didactique

⁷ Enseignants de l'école Lassigny, Oise, et plus particulièrement Chantal Courcaud, enseignante en CM1.

⁸ 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 d'une pratique ancienne pas toujours adaptée : observation et mesure prégnantes, reproduction de figure dans des positions privilégiées, construction sur des quadrillages, énoncés trop fermés n'amenant pas suffisamment les élèves à mobiliser leurs connaissances géométriques en rapport avec les connaissances spatiales, ..

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 significatives au cours des deux années d'expérimentation.

Les points communs

- *Mêmes choix explicites pour le découpage et les contenus des séances d'initiation et la mise en place du contrat didactique*

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.

- *Institutionnalisation des 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 l'année suivante

- *Découpage différent des séances d'initiation*

Les difficultés importantes 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 *caler* 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.

- *Reformulation des consignes*

Les consignes et les explications relatives à l'usage de l'interface ont été plus nombreuses. Elles ont 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.

Organisation praxéologique

En 2001-2002 : des objectifs et des choix distincts de ceux formulés en formation continue

Un des objectifs visé par l'enseignante pour l'intégration du logiciel a été de « reprendre les leçons « non acquises » sur les parallèles, la symétrie ». Les huit 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

Figure 1 : tâches de la progression 2001-2002 et 2002-2003

La progression a été organisée en deux étapes autour de deux principaux groupes de tâches :

- construction d'une figure avec GeoplanW à partir d'un programme de construction donné, construction de la même figure avec ou sans contrainte avec GeoplanW (séances 1 à 5)
- 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).

Les six premières séances prévoit un entrelacement 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 (Cf. figure 2).

	GeoplanW		Papier-crayon (PC)	
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

Figure 2 : Evolution des types de tâches et de techniques dans la progression 2001-2002

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. Mais 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.

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. figure 3)

- 1ère étape : construction, analyse et description d'une figure en papier/crayon (instruments habituels)
- 2ième étape : analyse et description des propriétés de la même figure donnée sur logiciel à partir de la recherche d'invariants, construction d'autres objets avec programme de construction pour approfondir l'étude des propriétés,
- 3ième étape : construction avec le logiciel GeoplanW pour réinvestir les connaissances conceptuelles et instrumentales.

	GeoplanW		Papier-crayon (PC)	
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

Figure 3 : 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. 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.

La comparaison des deux progressions montre deux organisations praxéologiques distinctes de celle proposée en formation continue, des organisations différentes du temps didactique. L'enseignante a réalisé des choix différents et évolutifs liés en partie à une conception de l'enseignement 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.

3 – Questions pour la recherche : gestion du temps⁹

A la fin de la première année de notre recherche sur l'intégration de Cabri, 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. 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.

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.

Pour aborder le problème du temps, nous avons considéré quatre cadres temporels : le temps didactique, le capital-temps, le temps-situation et le temps des acteurs. Le travail dans la classe est structuré par la présence plus ou moins prégnante de ces différents cadres temporels. Nous allons montrer comment ces cadres nous permettent de repenser le problème de la gestion du temps.

Maîtrise du temps didactique

Le temps didactique qui est une temporalité spécifique des systèmes didactiques est défini comme le découpage d'un savoir dans une durée (Chevallard et Mercier 1987). La gestion et la production de ce temps didactique apparaît comme l'une des difficultés dans le travail de l'enseignant autant pour les débutants que pour les experts qui sont amenés à enseigner des thèmes nouveaux ou à travailler avec des nouvelles technologies lorsqu'eux-mêmes ne savent pas encore quoi faire, ou ce qui est essentiel à faire et comment faire.

Pour analyser le temps didactique, nous avons comparé trois progressions de la classe de CM2 concernant la géométrie : la première est celle de l'année 1999 sans logiciel, la deuxième est celle de 2000 de la première année d'intégration et la troisième est celle de l'année 2001 de la deuxième année d'intégration. En comparant les deux premières progressions, nous pouvons observer qu'il n'y a pas eu de ruptures globales en ce qui concerne le genre de tâches proposés mais il y a eu des changements locaux au niveau des types de tâches et des techniques utilisées. Or le discours des enseignantes à la fin de la

⁹ Le contenu de ce chapitre fait l'objet de l'article Assude 2003.

première année était très tranchant : « nous avons changé complètement notre manière d'enseigner les quadrilatères », « nous avons pris beaucoup de risques », « nous avons travaillé dans l'urgence et parfois dans le « noir » ». Pourquoi cette impression d'inconfort ?

Les enseignantes ont reconstruit un temps didactique au fur et à mesure que le temps avançait dans l'année en utilisant la progression de l'année d'avant et en l'adaptant en vue de tenir compte du travail avec Cabri. Mais cette adaptation ne fournit pas forcément, la première année d'intégration de Cabri, les moyens aux enseignantes d'avoir une vision globale du temps didactique et il a fallu qu'elles acceptent cette instabilité temporelle pour se lancer dans cette « aventure » où elles ont pris beaucoup de risques (comme elles l'affirment). Le passage d'une gestion « au jour le jour » à une maîtrise du temps didactique nous apparaît comme une condition essentielle d'intégration. La maîtrise du temps didactique passe par la définition d'un découpage temporel du savoir (un ordre) qui est linéaire et a une logique dans l'ensemble du travail de la classe. Cette maîtrise permet aux enseignantes d'avoir une vision globale du déroulement du savoir dans le temps (même si on peut changer des choses ensuite) et permet d'anticiper sur les difficultés des élèves dans cette progression. Le temps didactique apparaît ici comme un moyen et un cadre de régulation de l'action de l'enseignant, ce qui fait défaut la première année.

En comparant ensuite la première et la deuxième années de notre recherche, cette condition nous apparaît plus nettement : pendant l'année 2001/2002, les enseignantes ont repris la même progression en changeant certains points qui ont posé problème et en gagnant du temps (nous reprenons plus loin ce dernier point). Par exemple, un travail systématique a été fait sur le cercle et sur les diagonales d'un polygone avant les séances Cabri car ces deux points ont fait perdre trop de temps lors de ces séances pendant l'année 2000/2001. En outre, cette deuxième année a été vécue comme une année plus facile puisque les enseignantes ont besoin d'anticiper sur ce que vont faire les élèves pour gérer le temps de manière économique : « on sait où on va », « nous n'avons pas besoin d'être dans l'urgence », « on peut prévoir les choses à l'avance ». Quand ils n'ont pas les repères nécessaires, ils ne savent pas quand ils peuvent accélérer ou ralentir. Ce qui fait la différence entre la première et la deuxième année est la plus grande maîtrise du logiciel et la maîtrise du temps didactique qui produit une possibilité d'anticipation de ce qui vient après : un ordre temporel s'est établi (même s'il peut changer par la suite) et les irrégularités ou les « trous dans le temps » ont été absorbés dans cet ordre.

Economie temporelle et rythme des situations

Le deuxième cadre temporel est celui du capital-temps. C'est le temps de l'horloge mais c'est aussi un capital car la valeur du temps est prise en compte : le temps se gagne, le temps se perd. Le troisième cadre est celui du temps-situation : « Sorokin et Merton (1937) et, avec eux, la plupart des anthropologues qui se sont penchés sur cette question, ont souligné que le temps social est aussi structuré en fonction des activités significatives qui le composent. Il y a une relation de signification entre les périodes temporelles symboliquement constituées et le contenu des activités. » (Pronovost 1996) Spécifiquement, dans une classe, le temps institutionnel est structuré par les activités qui le composent. Plusieurs « situations-phare » ou « activités-pivot » produisent des temps qui nous allons essayer de préciser en ce qui concerne l'intégration de Cabri dans une classe en liaison avec le capital-temps.

La séquence sur les quadrilatères est structurée en trois étapes : la première est celle des activités de construction, la deuxième est celle de l'analyse de figures déjà construites et la troisième est celle de la construction de figures en utilisant un programme de construction ou l'historique de Cabri.

Ces trois étapes de la séquence sur les quadrilatères sont déterminées par des situations qui ont des rythmes différents. Le rythme d'une situation de construction est beaucoup plus lent que le rythme d'une situation d'analyse de figures déjà construites, et le rythme d'une situation de construction très ouverte comme celle de la première étape est beaucoup plus lent que le rythme d'une situation de construction qui est outillée notamment par l'utilisation d'un programme de construction. Dire que le rythme est plus lent cela veut dire que le rapport entre le temps de travail de l'élève et le temps didactique n'est pas économique en capital-temps car le temps didactique n'avance pas beaucoup : les élèves doivent avoir une maîtrise suffisante du logiciel pour construire, ce qui n'est pas forcément le cas pour l'analyse, et comme la situation peut être très ouverte, le temps collectif est aussi plus important.

L'ensemble des situations est ainsi marquée par des rythmes différents qui ont permis aux enseignantes de prendre des décisions et de faire des choix de types de situations. Le rythme est ainsi un facteur de choix entre autres comme celui des connaissances visées. Ainsi, pendant la première année de notre recherche, les enseignantes se sont trouvées à la fin de la première séance de la première étape (les élèves travaillaient individuellement, et par demi-groupe, ils devaient construire des quadrilatères en utilisant Cabri, et ensuite ils devaient construire des quadrilatères à partir de diagonales données) devant un certain nombre de décisions à prendre : l'ouverture de la situation a été telle que la plupart des élèves étaient en échec. Prendre une décision sur la suite s'imposait : la fermeture de la situation a été faite par le biais d'une situation en papier-crayon d'identification des propriétés sur les diagonales à partir d'analyse de figures, et, dans la deuxième étape, le choix a été fait d'une situation ayant un rythme plus rapide qui est celle de l'analyse de figures déjà construites en Cabri.

Economie temporelle et rapport individuel/collectif

Lors du bilan de la première année, l'une des enseignantes a dit à propos de la séquence sur les quadrilatères : «on a passé trop de temps et les élèves n'ont pas eu assez de temps». Cela veut dire qu'on a dépensé trop de capital-temps sans que le temps didactique avance et sans que le temps de manipulation (temps de l'outil) soit suffisant car elle estimait que les élèves n'avaient pas eu assez de temps de manipulation globalement. Or comment faire avancer plus rapidement le temps didactique tout en augmentant le temps de manipulation ? Plusieurs stratégies ont été mises en œuvre pendant la deuxième année d'expérimentation, par exemple une stratégie permettant d'aller à l'essentiel et de ne pas se perdre dans des détails contingents. Nous allons donner un exemple concernant une stratégie utilisant le rapport individuel/collectif.

L'une des séances sur les quadrilatères utilisant Cabri reposait sur une série de situations constituées de figures Cabri préalablement construites et de questions qui s'y rapportaient. La figure 1 propose un exemple représentatif de cette famille de situations. Dans cet exemple, le fichier Cabri s'ouvrait sur un carré qu'il s'agissait de déformer. Les dessins obtenus à partir de cette figure Cabri étaient tous des losanges, du fait des propriétés géométriques qui avaient présidé à leur construction.

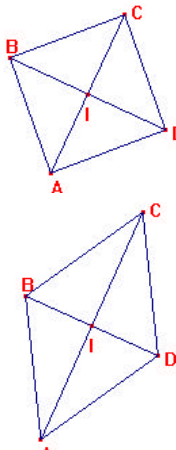
<div style="border: 1px solid black; background-color: #cccccc; padding: 2px; display: inline-block;">une figure CABRI déjà construite à déformer</div>	<div style="border: 1px solid black; background-color: #cccccc; padding: 2px; display: inline-block;">des questions à traiter</div>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <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..... </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <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 ? </div>

figure 1 : exemple du type de tâche proposé

Il y avait cinq exercices du même type sauf que les couples de quadrilatères changeaient. Pendant l'année 2000/2001, tous les élèves avaient à faire les cinq exercices et les enseignantes n'ont pas eu le temps de faire un bilan à la fin de la séance. Elles ont été obligées d'ajouter une séance où les élèves ont fini les exercices et où un bilan a été fait ainsi qu'une institutionnalisation des connaissances mathématiques et des connaissances instrumentales en jeu dans ces situations. Dans ce cas, beaucoup de capital-temps a été dépensé sans que le temps de manipulation soit vraiment important et sans que le temps didactique avance.

Dans la deuxième année de la recherche, un autre choix a été fait par rapport aux mêmes situations. Chaque élève, qui travaillait en binôme, rencontrait seulement trois des situations mais la classe entière rencontrait toutes les situations. Ainsi, les enseignantes ajoutaient du temps de manipulation et, par le biais du bilan, tous les élèves rencontraient toutes les situations soit en première personne soit par le compte-rendu qui était fait par les autres élèves. Les enseignantes ont gagné du capital-temps et le temps d'attention des élèves n'a pas fléchi, comme la première année, parce que les élèves devaient faire un compte-rendu et ils se rendaient compte qu'ils avaient le même dessin et pas la même figure (par exemple deux binômes avaient un carré au départ mais ils n'avaient pas été construits de la même manière : l'un était construit comme rectangle et l'autre comme losange). Il y a eu là aussi un gain du capital-temps (au lieu de deux séances, une séance et demi a suffi), du temps de manipulation et du temps de travail de l'élève : les élèves étaient plus attentifs aux enjeux mathématiques des activités, en partie à cause de l'étonnement d'avoir le même dessin et pas la même figure.

Economie temporelle et ostensifs

Comme je l'ai déjà dit, les élèves ont rencontré personnellement trois situations mais collectivement ils ont rencontré les cinq. Les élèves ont travaillé en binôme, et ensuite un bilan collectif a été organisé de la manière suivante : chaque binôme venait présenter son travail en utilisant le logiciel et l'enseignante, après la présentation et la discussion, affichait les informations de chaque binôme à partir d'un ostensif (Bosch & Chevallard 1999). Cet ostensif est le suivant :

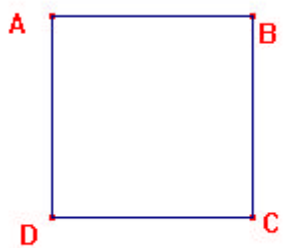
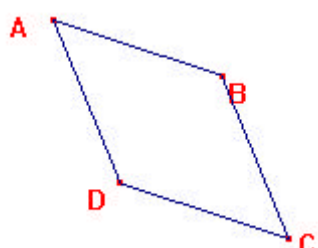
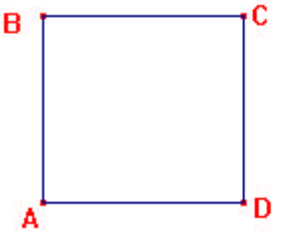
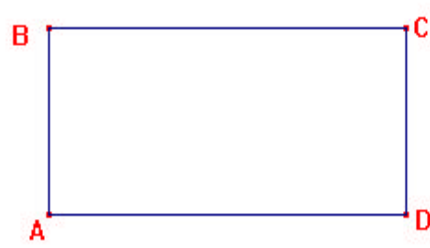
Figure	Avant le déplacement	Après le déplacement
A1		
A2		

Figure 2 : ostensif de traitement de l'information

Cet ostensif, en figeant le dynamisme, condense les informations essentielles de la situation. Ainsi, chaque binôme venait présenter les cas qu'il avait travaillé ou les situer dans des cas déjà représentés. L'utilisation de cet ostensif a permis de laisser une trace du travail de chaque binôme et les enseignantes l'ont utilisé pour institutionnaliser les connaissances mathématiques visées : notamment les relations entre les différents quadrilatères et leurs propriétés, ainsi que la différence entre dessin et figure. En outre, cet ostensif a permis aux élèves de comprendre l'enjeu des situations comme certains l'ont affirmé dans la séance d'après lorsque l'enseignante a fait un rappel sur cette séance. Par exemple, un élève a dit : « le carré a toutes les propriétés du losange mais il y en a d'autres », ou un autre élève a dit : « si on avait construit un carré il resterait carré, il aurait les angles droits ».

Cet ostensif est un moyen de traitement de l'information qui permet de gagner du temps car les élèves représentent et ensuite visualisent les différentes situations au lieu de parler de toutes les situations sans les représenter. Cette manière de représenter est aussi une manière de figer le dynamisme de Cabri. Cette dialectique entre la représentation statique et le dynamisme des figures-cabri permet à l'élève de mieux percevoir les cas qu'il n'a pas étudiés par rapport aux cas qu'il a lui-même étudiés et de comprendre l'enjeu de la situation. Cette trace qui fige le mouvement est aussi un moyen de gestion de l'enseignant car il a la possibilité de traiter les informations du travail des élèves par rapport à ce qu'il vise. L'une des difficultés de gestion exprimées par les enseignantes était celle de la prise d'informations du travail des élèves, informations qu'elles voudraient utiliser par la suite dans le bilan : « tout va très vite », « on n'a pas le temps de voir ce qu'ils font et tout de suite ils passent à autre chose ». Or en figeant le dynamisme de Cabri, en laissant trace avec un ostensif les enseignantes résolvent en partie le problème de l'éclatement des observations et des informations sur le travail individuel des élèves car elles canalisent le type d'informations que les élèves vont présenter pendant le bilan. Les informations qui intéressent les enseignantes

sont en premier celles qui concernent les connaissances (mathématiques et instrumentales) visées.

L'ostensif montre ce qui est visé dans la situation, ce que les élèves doivent savoir par la suite et que les enseignantes ont institutionnalisé.

4 - 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. Dans notre troisième partie, nous avons posé plusieurs cadres temporels qui nous permettent de préciser de quels temps parle-t-on, et comment ils sont gérés par les enseignants de manière à développer des stratégies d'économie temporelle qui permettent la viabilité et la faisabilité de l'intégration des TICE dans des classes « ordinaires ».

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, 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*,
- 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', *In Guin D (ed) Actes du congrès " Calculatrices symboliques et géométriques dans l'enseignement des mathématiques "*, IREM de Montpellier, 15-38.
- Assude T, Gélis J.M : 2002, 'Dialectique ancien-nouveau dans l'intégration de Cabri-géomètre à l'école primaire', *Educational Studies in Mathematics*, 50, 259-287.
- Assude T, Grugeon : 2002, 'Intégration de logiciels de géométrie dynamique à l'école primaire', *Actes du XXIXème Colloque de la COPIRELEM*, IREM des Pays de la Loire, 227-253.
- Bosch M & Chevallard Y : 1999, 'La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs. Objet d'étude et problématique', *Recherches en didactique des mathématiques*, 19.1,77-124.
- Brousseau G : 1998, *Théorie des situations didactiques*, La Pensée Sauvage : Grenoble.
- Chevallard Y : 1985, *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*, La Pensée Sauvage : Grenoble.
- Chevallard Y : 1997, 'Familière et problématique, la figure du professeur', *Recherches en didactique des mathématiques*, 17.3, 17-54.

- Chevallard Y : 1999, 'L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique', *Recherches en didactique des mathématiques*, 19.2, 221-266.
- Chevallard Y & Mercier A : 1987, *Sur la formation historique du temps didactique*, Publication de l'IREM d'Aix-Marseille, n°8 : Marseille.
- Gélis J-M & Assude T : 2002, 'Indicateurs et modes d'intégration du logiciel Cabri en CM2', *Sciences et Techniques Educatives*, 9-3.4, 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, 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, 165-210.
- Laborde C : 1998, Visual phenomena in the teaching/learning of geometry in a computer-based environment. In Mammana C. & Villani V. (eds), *Perspectives on the teaching of geometry for the 21st century*, p.113-121. Kluwer academic publishers : Dordrecht.
- Lagrange J-B : 2001, 'L'intégration d'instruments informatiques dans l'enseignement : une approche par les techniques', *Educational Studies in Mathematics*, 43, 1-30.
- Lagrange J-B, Artigue M, Laborde C & Trouche L : 2001, 'A Meta Study on IC Technologies in Education', *PME* 25, 1, 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.
- Mercier A : 1995, 'La biographie didactique d'un élève et les contraintes de l'enseignement', *Recherches en didactique des mathématiques*, 15.1, 97-142.
- 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, 203-213.
- Sensevy G : 1996, 'Le temps didactique et la durée de l'élève. Etude d'un cas au cours moyen : le journal des fractions', *Recherches en didactique des mathématiques*, 16.1, 7-46.