

ACOSTA, Martin
25 Avenue de Gennecey
1237 Avully
Tels: 076 520 64 89 / 022 756 08 57

EXPERIENCE PROFESSIONNELLE

- 2000-2001 **MINISTERE DE L'EDUCATION DE LA COLOMBIE.**
Formateur des enseignants de Mathématiques, Projet Incorporation des Nouvelles Technologies dans l'enseignement des Mathématiques (Utilisation de calculatrices TI-92).
- 1999-2000 **ECOLE COLOMBIENNE D'INGENIEURS**
Professeur de géométrie et trigonométrie, responsable du bureau d'appui pédagogique. -Formation des professeurs pour l'utilisation des nouvelles technologies dans l'enseignement-.
- 1997-1999 **COLEGIO HELVETIA -Ecole Suisse a Bogota-**
Enseignant de mathématiques et informatique. Responsable du service informatique de l'école.
- 1996-1997 **GIMNASIO MODERNO -Bogota-.**
Enseignant de mathématiques et informatique, responsable de la formation des enseignants pour l'utilisation des nouvelles technologies dans l'enseignement.
- 1992-1996 Reprise des études en Suisse B Divers emplois pour financer les études
- 1989-1991 **CENTRE CEDIADE d'enseignement des mathématiques assisté par ordinateur, Bogota**
Enseignant responsable
- ECOLE SAN CARLOS -Bogota-.**
Enseignant de mathématiques (niveau collège).

FORMATION

- 2001-2003 **UNIVERSITE JOSEPH FOURIER- Grenoble- DEA Didactique des Mathématiques.**
- 1994-1996 **UNIVERSITE DE GENEVE- Etudes d'informatique éducative STAF**
- 1992-1994 **UNIVERSITE DE GENEVE B** Ecole de Traduction et d'Interprétation: Français, Anglais, Espagnol.
- 1991-1992 **UNIVERSITE DE FRIBOURG -Cours Intensif d'Allemand**
- 1984-1988 **UNIVERSITE JAVERIANA -Bogota- Licence en Mathématiques**

LANGUES

Espagnol, langue maternelle
Français, très bien parlé et écrit
Anglais, bien parlé et écrit
Allemand, Bonnes connaissances

Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education, Université de Genève

Le rôle du partenariat cognitif avec la machine dans la formation des enseignants à l'usage de Cabri-
géomètre pour enseigner la géométrie dans une double démarche d'exploration et systématisation .

Canevas de Thèse, Novembre 2004

Thèse en Cotutelle avec l'Université Joseph Fourier de Grenoble.

Par
Martin Acosta

Comité proposé :

Dr. Mireille Betrancourt (directrice) TECFA, FAPSE, UniGE
Dr. Colette Laborde (directrice) Erte Magi, Université Joseph Fourier
Dr. Maria Luisa Schubauer, FAPSE, UniGE
Prof. Annick Flückiger, FAPSE, UniGE

| | |
|---|----|
| Le rôle du partenariat cognitif avec la machine dans la formation des enseignants à l'usage de Cabri- géomètre pour enseigner la géométrie dans une double démarche d'exploration et systématisation ... | 1 |
| Contexte, problématique | 1 |
| Cadre théorique..... | 2 |
| Approche anthropologique..... | 3 |
| Les mathématiques comme praxéologie : tâches, techniques, technologies, théories..... | 3 |
| Les objets mathématiques : ostensifs/non ostensifs et « l'instrumentation mathématique »..... | 4 |
| La théorie de l'instrumentation :..... | 6 |
| Le problème de l'activité instrumentée :..... | 6 |
| De l'artefact à l'instrument..... | 6 |
| La double genèse : instrumentation et instrumentalisation..... | 6 |
| Instruments et apprentissage..... | 7 |
| Confrontation de ces deux approches théoriques..... | 8 |
| La même intention méthodologique avec deux problématiques différentes..... | 8 |
| Le problème du sujet..... | 8 |
| Les milieux informatiques et le « partenariat cognitif »..... | 8 |
| Hypothèses..... | 9 |
| Méthodologie..... | 10 |
| Déroulement de l'expérimentation..... | 11 |
| Recueil et analyse de données..... | 13 |
| Calendrier :..... | 16 |
| Bibliographie..... | 18 |

Le rôle du partenariat cognitif avec la machine dans la formation des enseignants à l'usage de Cabri-géomètre pour enseigner la géométrie dans une double démarche d'exploration et systématisation

Contexte, problématique

Dans les années 1998-2000, le Ministère de l'Education de la Colombie a développé le projet Intégration des Nouvelles Technologies dans l'Enseignement des Mathématiques. Le but de ce projet était de générer des expériences et des recherches autour de l'utilisation des technologies informatiques pour l'enseignement des mathématiques. Dans le cadre de ce projet, a été constitué un réseau d'enseignants de mathématiques d'écoles secondaires et d'universités, pour collaborer à des expériences de formation et de recherche, en utilisant des calculatrices TI-92, qui incorporent le logiciel Cabri-géomètre de géométrie dynamique¹. Ayant participé à ce projet dès son élaboration jusqu'à son évaluation, j'ai pris conscience du rôle fondamental de la formation des enseignants dans un projet de ce genre, et de leurs difficultés d'assimilation des nouvelles pratiques mathématiques adaptées aux nouveaux outils disponibles. En effet, on a pu constater que malgré les cours de formation intensifs à l'utilisation de la calculatrice, et la proposition d'un projet didactique autour de la résolution de problèmes, les enseignants faisaient une utilisation ostensive² de la technologie, avec des activités très dirigées (Acosta et al, 2004). Ruthven (2004) montre aussi que lorsqu'il y a un effort d'utilisation de Cabri-géomètre en classe, dans une grande majorité des cas, les enseignants adoptent une stratégie ostensive. Or, les recherches en didactique des mathématiques signalent cette stratégie ostensive comme source de difficultés pour l'apprentissage, étant donné que la construction du sens du savoir mathématique se produit dans l'interaction avec des problèmes auxquels ce savoir donne solution (Vernaud 1991). C'est seulement dans le long terme qu'une évolution des pratiques commence à se développer, liée à une double expertise de la part des enseignants : expertise dans l'usage de la technologie, mais aussi dans la « lecture mathématique » qu'ils peuvent faire des actions des élèves avec la technologie (Lagrange, 2002). Dans le but d'améliorer les connaissances sur ces phénomènes, j'ai entrepris une première étude dans mon mémoire de DEA « Environnements Informatiques d'Apprentissage Humain et Didactique » de l'Université Joseph Fourier de Grenoble.

Cette thèse est une continuation et un approfondissement de ce travail, et s'inscrit dans une double problématique didactique. D'abord, il s'agit de l'enseignement de la géométrie euclidienne au niveau du secondaire (12-17 ans), pour lequel une approche de résolution de problèmes, bien que reconnue comme la plus appropriée du point de vue didactique, se révèle très difficile dans la pratique. D'autre part, l'utilisation du logiciel Cabri géomètre, spécialement conçu dans le but de cet enseignement, n'a pas les résultats attendus. Pourtant, selon des travaux de didactique, les logiciels comme Cabri géomètre, en traduisant les règles théoriques de la géométrie en phénomènes perceptifs à l'écran, constituent un environnement d'interaction dans lequel les problèmes de construction et de raisonnement peuvent être dévolus aux élèves, et rendent possibles des activités de résolution de problèmes autour desquels les connaissances développent leur sens (Laborde 1995, Laborde & Capponi, 1994). Mais pour tirer profit de ces logiciels, il est nécessaire de développer une forte interaction entre les aspects perceptifs et les aspects théoriques de la géométrie, interaction qui est complètement absente de l'enseignement actuel de la géométrie, où l'on vit plutôt un changement dramatique du contrat didactique quant à l'utilisation de la perception, et son opposition à des procédés théoriques (Berthelot et Salin, 2000 ; Arzac 1997).

¹ Les logiciels de géométrie dynamique se caractérisent par l'intention de modéliser les objets de la géométrie euclidienne, permettant la manipulation directe à l'écran. Ils permettent non seulement d'effectuer des constructions géométriques, mais aussi de déplacer les éléments de base de ces constructions, et d'observer les modifications de la figure (qui conserve les propriétés géométriques qui ont été construites de manière explicite)

² Le mot ostensif est utilisé en didactique pour désigner des pratiques enseignantes qui cherchent à « montrer » des faits ou des procédures aux élèves, dans l'attente qu'ils comprendront et assimileront de manière directe ce qu'on leur a montré.

La problématique de la formation des enseignants aux Technologies de l'information et de la communication est une préoccupation originelle de TECFA. En effet, devant l'échec avéré de formation « centrée sur l'outil », de nouveaux types de formation ont été développées dans les années 1990 selon deux principes : intégration de l'outil dès les premières utilisations dans des activités pédagogiques signifiantes et utilisation de l'outil avec l'enseignant en position d'apprenant (Peraya, 2002 ; Peraya, Rickenmann, & Lombard, 2002).

Dans mon mémoire de DEA (Acosta, 2003), j'ai utilisé cette dernière stratégie, en mettant des enseignants en situation de recherche pour observer l'interaction du perceptif et du théorique dans la résolution de problèmes dans l'environnement Cabri-géomètre. Les résultats de ce travail de recherche ont montré :

- La viabilité d'une transposition didactique de la géométrie à partir de la résolution de problèmes de construction dans Cabri-géomètre, c'est à dire la possibilité de mettre en scène une genèse praxéologique en proposant des tâches-problèmes de construction pour lesquelles les enseignants, en utilisant Cabri-géomètre, peuvent développer des techniques appropriées pour les résoudre et leurs technologies associées.
- Le fait que les enseignants, contrairement à nos attentes, n'articulent pas spontanément les points de vue perceptif et théorique quand ils sont confrontés à des phénomènes perceptifs. On a observé plutôt l'alternance des stratégies théoriques et perceptives, sans tentatives de contrôle des unes par les autres.
- Le fait que la genèse instrumentale de Cabri-géomètre comme environnement de résolution de problèmes ne peut pas se réduire à quelques heures de travail
- La difficulté à transposer les activités de recherche proposées aux enseignants, pour le niveau de leurs élèves. Donc, le besoin d'inclure dans la formation des activités d'analyse didactique qui permettent une transposition didactique adéquate pour le niveau d'enseignement visé.

Le présent travail tente d'approfondir l'analyse didactique déjà commencée afin de développer une ingénierie didactique pour la formation des enseignants, et réaliser une expérience pour mettre à l'épreuve les hypothèses théoriques fondant cette ingénierie.

Cadre théorique

Nous utiliserons trois approches théoriques différentes qui nous permettront d'étudier les différents aspects de la problématique de manière de plus en plus ciblée. :

- En premier, l'approche anthropologique du didactique (TAD) nous fournit un cadre épistémologique général des mathématiques (Bosch et Gascon, 2002), qui nous permet de décrire la genèse des savoirs sous un point de vue constructiviste, mettant en scène la résolution de problèmes. Elle nous permet aussi de décrire la problématique didactique, c'est à dire le problème de la « transmission du savoir » comme le problème de déconstruction et reconstruction de ce savoir. Finalement, grâce à la dialectique objets ostensifs/objets non ostensifs, elle nous permet de décrire le rôle de Cabri-géomètre comme environnement de travail mathématique.
- En deuxième, la théorie de l'instrumentation, utilisée dans tous les travaux de recherche sur l'utilisation des nouvelles technologies en mathématiques, nous permet d'avoir un regard plus attentif à l'utilisation de l'outil informatique, en tenant compte à la fois de l'appropriation technique de l'outil et de son impact dans la construction de connaissances³.
- Finalement, les théories de la cognition distribuée nous permettront de prendre en compte la spécificité de l'outil informatique embarquant des connaissances par rapport à d'autres outils mathématiques. Nous tenterons de préciser donc la notion de « partenariat cognitif » avec le système.

A continuation nous faisons un court exposé de chaque théorie, en explicitant les implications sur l'étude de la problématique, et les questions qui guideront l'analyse didactique qui servira de base à l'ingénierie de formation.

³ A la suite de l'exposée de ces deux théories, nous discuterons leur compatibilité et la pertinence de les rapprocher dans l'étude de la problématique.

Approche anthropologique

L'approche anthropologique de Chevallard s'inscrit dans une théorie de didactique des mathématiques comme « science de l'étude et de l'aide à l'étude des questions de mathématiques » (Chevallard, 1999).

La TAD est une continuation et un élargissement de la théorie de la Transposition Didactique qui se caractérise par une volonté de sortir l'analyse didactique des cadres traditionnels qui circonscrivent ce qu'est le savoir mathématique et ce que sont le lieu et les composantes d'un enseignement des mathématiques. En assumant une position d'étude anthropologique, Chevallard refuse toute forme de pré-détermination de son objet d'étude, et se propose d'en organiser un regard dépourvu de préjugés : ainsi, dans cette approche, ce que l'on peut observer ce sont des pratiques au sein d'« institutions »- ces institutions étant uniquement constituées par des individus qui s'adonnent à une activité commune. Le savoir est caractérisé comme rapport entre les individus comme sujets des institutions, et certains objets reconnus dans l'institution. Ce rapport peut-être personnel ou institutionnel.

Les mathématiques comme praxéologie : tâches, techniques, technologies, théories.

Les mathématiques ne peuvent donc se décrire et se comprendre que comme une pratique humaine, une « praxéologie ». Les composantes d'une praxéologie sont les types de tâches, les techniques, les technologies et les théories.

Dans une institution donnée, les sujets ont des tâches à accomplir, travail qu'ils effectuent avec certains procédés appelés « techniques ». L'ensemble type de tâches-techniques constitue un bloc de savoir-faire. Il faut signaler que toute institution a tendance à n'utiliser qu'une certaine technique pour accomplir ses tâches, technique qui deviendra routinisée et naturalisée au point de ne pas se différencier de la tâche.

Pour qu'une technique puisse s'intégrer et survivre dans une institution donnée, elle doit être expliquée et justifiée. Le discours qui accompagne la technique pour répondre à ces besoins, est appelé « technologie » de la technique.

Mais les technologies à son tour doivent être expliquées et justifiées, par le moyen des « théories », qui constituent des « technologies des technologies ». L'ensemble technologies-théories constitue le bloc du savoir théorique. Même si dans les institutions éducatives on a tendance à privilégier le savoir théorique et le présenter comme origine du savoir-faire, l'approche anthropologique situe le bloc tâches-techniques comme le lieu de genèse du savoir.

On peut concevoir ainsi la (re)construction du savoir comme un processus qui part de l'acceptation d'une ou de plusieurs tâches problématiques, c'est-à-dire des tâches pour lesquelles on ne dispose pas de technique appropriée. Les sujets doivent donc produire des techniques pour résoudre ces tâches, et les perfectionner. C'est le développement du savoir-faire. Mais dans la mise au point de ces techniques, les sujets développent un discours explicatif et justificatif, discours qui constitue la technologie de ces techniques. Finalement, la théorie est le résultat du travail de systématisation de différentes technologies, en les articulant et en expliquant leurs relations.

L'enseignant est conçu comme directeur de l'étude, et comme tel il organise différents dispositifs didactiques – activités, matériaux, organisations, tâches- (Chevallard, Bosch et Gascon, 1997) afin de mettre en scène les différents moments de l'étude. Pour notre travail, nous adoptons un type d'organisation didactique constructiviste (Bosch et Gascon, 2002), qui privilégie l'intégration des moments technologico-théorique et exploratoire. En conséquence, nous distinguerons, parmi ces dispositifs didactiques, les trois types de situation suivantes :

- Des situations d'action dans lesquelles des tâches problématiques sont dévolues aux élèves, en fournissant un milieu (Brousseau, 1985) avec lequel ils interagissent et dont ils reçoivent des rétroactions qui leur permettent de contrôler leurs échecs et réussites. Ce type de situation met en scène le moment exploratoire, dans lequel les élèves cherchent à construire une technique qui permette d'effectuer la tâche donnée.
- Des situations de communication, dans lesquelles les élèves développent un discours technologique, et l'accompagnement de ce discours pour le relier au savoir théorique.

- Des situations de validation dans lesquelles les élèves mettent à l'épreuve leurs raisonnements et leurs discours, en les intégrant dans un cadre théorique donné.

Les objets mathématiques : ostensifs/non ostensifs et « l'instrumentation mathématique »

Afin de caractériser l'activité au sein des institutions, il faut définir les objets mathématiques qui se trouvent au centre de cette activité. On définit deux types d'objets :

1. Les *objets ostensifs* sont des objets qui ont une matérialité qui peut être captée par les sens – des écritures, des sons, des gestes, etc.- et qui peuvent, de ce fait, être manipulés.
2. Les *objets non ostensifs* n'ont pas de matérialité, mais ils se constituent comme des règles de contrôle qui régissent la manipulation des objets ostensifs.

Ces deux types d'objets sont à la fois indépendants et solidaires. Solidaires car on ne peut accéder aux objets non ostensifs que par la manipulation des objets ostensifs, et on ne peut manipuler les objets ostensifs que par l'activation de non ostensifs. Indépendants, puis qu'il n'y a pas de règle intrinsèque pour déterminer la relation entre certains ostensifs et certains non ostensifs. Cette association est arbitraire, et se produit au cours de l'action dans l'institution.

Une technique ne peut être décrite que comme manipulation d'objets ostensifs, réglée par des non ostensifs. De ce fait, les objets ostensifs et non ostensifs deviennent indissociables des technologies et des théories. A tel point que toute modification, si petite soit-elle, des objets ostensifs, implique une reconstitution de la praxéologie toute entière.

Les objets ostensifs ne sont pas de données naturelles, mais une construction institutionnelle. C'est pourquoi il n'est pas suffisant de les montrer pour qu'un sujet puisse les appréhender.

. « Ils –les objets ostensifs- sont des instruments de l'activité mathématique, des outils matériels sans lesquels l'action ne peut pas se réaliser. La fonction sémiotique des ostensifs, leur capacité à produire du sens, ne peut en effet être séparée de leur fonction instrumentale, de leur capacité à s'intégrer dans des manipulations techniques, technologiques, théoriques » (Chevallard, 1999).

En identifiant ainsi le rôle fondamental des objets ostensifs dans la genèse praxéologique, on peut comprendre l'intégration d'un outil informatique comme Cabri géomètre comme l'introduction de nouveaux objets ostensifs. On peut comprendre alors les difficultés à les prendre en compte dans une praxéologie déjà existante, car ils supposent des nouvelles techniques et des nouvelles technologies. Tant qu'il n'y a pas un travail de reconstruction praxéologique -cette à dire une véritable reconstruction du savoir- en utilisant les nouveaux ostensifs, on ne pourra pas les inclure dans l'activité mathématique avec un rôle qui ne soit pas marginal.

L'inclusion de l'outil informatique suppose ainsi deux démarches de transposition didactique : tout d'abord, la transposition qui permet aux enseignants de développer des techniques et des technologies basées sur les nouveaux ostensifs et de les mettre en rapport avec des praxéologies déjà existantes. Cette transposition exige la mise en échec des techniques déjà naturalisées par les enseignants, afin de permettre la naissance des nouvelles techniques. Ensuite, la transposition qui fait vivre aux élèves les nouveaux ostensifs.

Du point de vue de la formation d'enseignants, on voit la nécessité de

- présenter la formation non comme l'appropriation d'un outil accessoire du travail didactique, mais comme un véritable travail mathématique
- Séparer deux moments de formation : le moment d'appropriation de Cabri-géomètre comme *outil pour faire des mathématiques*, dans lequel ils sont mis en situation de recherche mathématique et développent des techniques et des technologies en utilisant les nouveaux ostensifs. Et le moment d'appropriation de Cabri-géomètre comme *outil pour enseigner les mathématiques*, dans lequel ils organisent à leur tour la genèse praxéologique pour leurs élèves, c'est à dire pour que leurs élèves à leur tour *fassent des mathématiques* en utilisant Cabri géomètre.

Plusieurs travaux de recherche (Guin et Trouche, 2002, Artaud,2003) ont identifié qu'une des difficultés à l'intégration des outils informatiques, réside dans l'absence des discours technologiques sur les nouvelles techniques basées sur des ostensifs informatisés.

On prendra de cette approche théorique les questions suivantes comme questions de recherche pour l'analyse didactique à priori⁴:

Quelles sont les techniques et technologies mathématiques qui peuvent être développées avec les nouveaux ostensifs de Cabri géomètre ?

Quelles sont les techniques et technologies didactiques qui peuvent être développées pour mettre en scène les techniques et technologies de la question précédente ?

En considérant deux institutions différentes : d'abord, l'institution de formation professionnelle des enseignants, ensuite l'institution des degrés 7-9 de l'enseignement secondaire en Colombie.

⁴ On posera également des questions de recherche issues de deux autres approches théoriques à la suite de leurs exposés.

La théorie de l'instrumentation :

L'idée centrale de cette approche théorique est la caractérisation d'un instrument comme une composition d'un artefact et des schèmes d'utilisation⁵.

Le problème de l'activité instrumentée :

Le travail de Rabardel (Rabardel, 1995) se centre sur l'étude de l'activité instrumentée, c'est à dire l'utilisation d'instruments dans les activités humaines, concrètement dans des environnements de travail et d'apprentissage.

Il s'oppose à une approche technocentrique, où « l'homme a habituellement une position « résiduelle » et son activité réelle n'a guère de statut propre. Pensée dans les termes mêmes de la technique, elle y perd son identité : l'homme est pensé en référence aux choses et dans les termes propres des choses » (Rabardel, 1995, p.10). Les approches anthropocentriques, qui « opèrent un renversement par rapport à la perspective précédente ... (et) c'est l'homme qui est en position centrale depuis laquelle peuvent être pensés ses rapports aux objets et systèmes anthropotechniques et l'activité qu'il y déploie ». (Ibid), mais « La sphère de l'usage reste peu explorée et mal comprise... les processus de production de connaissance par les sujets dans l'utilisation sont, par exemple, méconnus et leur existence est, dans certains cas, niée » (Ibid).

Dans les deux cas, c'est l'objet technique qui prend le devant, imposant une normativité par rapport aux tâches à accomplir par son intermédiaire, même si dans sa conception et la définition de ses fonctionnalités, il est tenu compte de l'homme et de ses besoins.

De l'artefact à l'instrument

Caractéristique de cette analyse où l'objet technique est au centre, le concept de catachrèse (utilisation détournée d'un outil) suppose en elle-même une norme qui permet d'identifier l'écart entre l'utilisation prévue et l'utilisation faite.

Rabardel (1995) propose donc une alternative d'analyse dans laquelle l'activité instrumentée est au centre, et renonce à privilégier certains usages par rapport à d'autres. C'est ainsi qu'il propose de définir l'instrument comme composé à la fois de l'objet technique -qu'il nomme « artefact-», et « des schèmes d'utilisation résultant d'une construction propre ou de l'appropriation de schèmes sociaux préexistants » (Ibid, p11).

L'instrument ainsi défini n'est pas donné, mais il se construit dans l'action, dans l'interaction avec l'environnement dans le cadre des tâches à accomplir. Dans ce processus d'interaction, le sujet d'une part assimile l'artefact -en identifiant ces caractéristiques pertinentes par rapport à la tâche et en lui assignant des fonctions-, et d'autre part, il s'adapte à lui -en modifiant ses schèmes de pensée, pour tenir compte des contraintes et des potentialités de l'artefact.

Comme tout instrument est une construction personnelle, un même artefact peut s'associer à des instruments différents, produits de l'activité instrumentée.

La double genèse : instrumentation et instrumentalisation

C'est donc le processus de construction des instruments, appelé « genèse instrumentale » qui devient centrale dans l'analyse, processus qui suppose une dialectique entre deux pôles : l'artefact et le sujet. Ainsi, la genèse instrumentale requiert une analyse dialectique qui permette de la regarder à la fois du point de vue de l'artefact et le point de vue du sujet.

« - les processus d'instrumentalisation sont dirigés vers l'artefact : sélection, regroupement, production et institution de fonctions, détournements, attribution de propriétés, transformation de l'artefact, de sa structure, de son fonctionnement, etc. jusqu'à la production intégrale de l'artefact par le sujet.

⁵ Rabardel utilise la notion de schème dans le sens d'une organisation invariante ... Vergnaud ????

- Les processus d'instrumentation sont relatifs au sujet : à l'émergence et à l'évolution des schèmes d'utilisation et d'action instrumentée : leur constitution, leur évolution par accommodation, coordination, et assimilation réciproque, l'assimilation d'artefacts nouveaux à des schèmes déjà constitués, etc.

Ces deux types de processus sont le fait du sujet. Ils se distinguent par l'orientation de l'activité : dans le processus d'instrumentation elle est tournée vers le sujet lui-même, dans le processus d'instrumentalisation, elle est orientée vers la composante artefactuelle de l'instrument » (Ibid, p 12)

L'unité d'analyse est constituée par les schèmes d'utilisation, définis comme invariants observables dans l'activité instrumentée. Ces schèmes peuvent être construits par le sujet de manière individuelle ou bien par la collectivité, et dans ce cas ils sont appelés schèmes sociaux d'utilisation.

« Les schèmes font l'objet de transmissions, de transfert, plus ou moins formalisés : depuis les renseignements transmis d'un utilisateur à l'autre, jusqu'aux formations structurées autour des systèmes techniques complexes, en passant par les divers types d'aides à l'utilisateur. C'est pourquoi nous avons qualifié les schèmes comme schèmes sociaux d'utilisation. » (Ibid, p115)

Les schèmes d'utilisation peuvent être regardés comme le produit d'une part de l'expérience et les connaissances du sujet, d'autre part des contraintes et potentialités des artefacts sur l'action instrumentée.

Instruments et apprentissage

Du point de vue de l'apprentissage, l'approche instrumentale met en évidence des phénomènes courants dans les situations d'enseignement :

- Un instrument n'est pas neutre : du fait des contraintes d'action qu'il impose et des potentialités qu'il offre, il structure l'action, et de ce fait la conceptualisation. Différents instruments produisent des conceptualisations différentes.
- L'artefact n'étant qu'une partie de l'instrument, il ne suffit pas de l'inclure dans l'activité pour assurer un apprentissage déterminé. C'est l'organisation de l'action instrumentée, donc les types de tâches à accomplir, et les interactions sociales à l'intérieur de la classe qui contribueront à la genèse d'un instrument donné.
- Les schèmes d'utilisation peuvent se transmettre, d'où l'intérêt d'en identifier ceux qui sont pertinents par rapport à l'apprentissage visé, et leur socialisation.

(Rabardel, 1999)

Plusieurs recherches sur l'utilisation des technologies informatiques dans l'enseignement des mathématiques (Artigue, Lagrange, Trouche, 2002) utilisent cette approche instrumentale pour analyser les activités avec instrument. Nous reprendrons surtout le double regard d'instrumentalisation (processus d'appropriation technique de l'outil) et d'instrumentation (modification des schèmes de pensée qui dirigent l'action). On cherchera à mettre en évidence, pendant la formation, ces deux aspects et leurs relations, comme base d'articulation des aspects perceptif et théorique de l'activité instrumentée avec Cabri-géomètre. Ce qui demande une analyse attentive de la transposition informatique (Balacheff, 1995), pour déceler les incompatibilités entre la théorie de la géométrie euclidienne et sa mise en œuvre en Cabri-géomètre.

De cette approche théorique, nous posons les questions suivantes comme questions de recherche pour l'analyse didactique :

Quels sont les instruments mathématiques qui peuvent se développer à travers l'utilisation de Cabri-géomètre, et comment contrôler leur écart par rapport à la géométrie euclidienne théorique ?

Quels sont les instruments didactiques qui peuvent se développer à travers l'utilisation de Cabri-géomètre ?

Confrontation de ces deux approches théoriques

Trois questions se posent : Pourquoi est-il intéressant d'utiliser ces deux cadres théoriques en interaction pour notre projet ? Pourrait-on n'en prendre qu'un seul ? En quoi les deux cadres sont-ils compatibles et peuvent-ils servir notre projet ?

D'autres recherches sur l'utilisation des technologies informatisées ont déjà eu recours à ces deux cadres théoriques, nous faisons référence aux travaux de l'université de Montpellier sur l'utilisation des Systèmes d'Algèbre par Ordinateur (Computer Algebra Systems) (Guin et Trouche, 2002)

La même intention méthodologique avec deux problématiques différentes

Tant la TAD comme la théorie de l'instrumentation sont nées de l'intention de sortir l'étude scientifique de leurs problématiques d'un cadre trop étroit, défini par des contraintes culturelles et épistémologiques sur l'objet d'étude. Ainsi, la TAD met en cause notre regard sur le savoir mathématique et les mécanismes de sa transmission, en s'opposant, entre autres, à une vision des mathématiques comme purement théoriques et purement mentales. Pour sa part, la théorie de l'instrumentation met en cause notre regard sur l'utilisation des instruments, en s'opposant à une vision de l'instrument comme uniquement matériel et extérieur à l'utilisateur. En affirmant les aspects matériel et pratique des mathématiques, la TAD permet un regard sur l'activité mathématique comme activité instrumentée. En affirmant les aspects non matériels de l'instrument, la théorie de l'instrumentation permet de tenir compte des objets non ostensifs dans l'activité mathématique. En effet, il y a une forte analogie entre l'approche instrumentale avec sa dialectique artefact/schémas et la TAD avec la dialectique ostensifs/non ostensifs. Nous essaierons d'articuler ces deux théories, en considérant le processus par lequel se construisent les relations entre objets ostensifs et objets non ostensifs comme la construction d'un instrument. La genèse praxéologique devient ainsi une genèse instrumentale, au cours de laquelle s'articulent objets ostensifs et objets non ostensifs, artefacts et schémas d'utilisation, techniques et technologies. Cette notion d'instrumentation mathématique nous permet, par l'observation des genèses individuelles et institutionnelles des instruments, d'identifier les variables didactiques qui entrent en jeu dans la constitution d'une praxéologie donnée.

L'instrumentation mathématique n'est pas quelque chose de nouveau, ni de spécifique à l'utilisation d'artefacts informatisés ; ce qui est spécifique à ces artefacts ce sont les objets ostensifs auxquels ils donnent accès. Toute technique est une technique instrumentée, mais il y a des techniques qui utilisent des ostensifs sur papier et des techniques qui utilisent des ostensifs informatisés. Etant donné que les manipulations possibles de ces ostensifs sont différentes, ces techniques seront aussi différentes.

Le problème du sujet

On peut objecter à cette tentative d'articulation que la théorie de l'instrumentation, en tant que théorie cognitive, met au centre de l'analyse le sujet en tant qu'individu, tandis que l'approche anthropologique place au centre l'institution, relativisant le rôle de l'individu et le regardant uniquement comme « sujet de l'institution ». Nous pensons que ces deux points de vue peuvent être complémentaires et tenterons de les intégrer dans l'analyse comme deux pôles : le pôle de l'individu, et le pôle de l'institution. L'approche instrumentale nous permettra un regard micro sur l'activité au sein d'une institution, de nous concentrer sur l'utilisation d'artefacts dans des institutions données, et pour des tâches données, sans pour autant renoncer à analyser les tâches et les institutions, et leurs implications dans la genèse de la praxéologie, analyse qui correspond à un niveau plus général. Le regard sur l'individu nous permettra de décrire le développement de Cabri géomètre comme instrument pour faire des mathématiques et comme instrument pour enseigner des mathématiques, le regard sur l'institution nous permettra de décrire les contraintes institutionnelles qui déterminent cette genèse instrumentale comme partie d'une genèse praxéologique mise en place par l'institution. Dans ce sens, cette thèse contribuera aussi à l'étude de l'articulation de ces deux théories, ses avantages et ses limites tant épistémologiques que méthodologiques.

Les milieux informatiques et le « partenariat cognitif »

Quelle est la spécificité de l'outil informatique dans la construction d'une praxéologie ? Pour répondre cette question, nous adoptons le point de vue de la théorie des situations, selon laquelle les connaissances sont le produit de l'interaction du sujet avec un milieu antagoniste, qui grâce à ses rétroactions peut créer des déséquilibres (Brousseau, 1985) qui demandent une réorganisation des schémas. Toutefois, nous reconnaissons à certains outils informatiques, dont Cabri-géomètre fait

partie, une caractéristique nouvelle par rapport aux milieux didactiques non informatisés : le fait d'embarquer des connaissances (Laborde, 2003, Moreno, 2002). Cette caractéristique permet notamment à Cabri-géomètre de réifier des aspects théoriques des objets géométriques, qui se traduisent par des rétroactions à l'écran. Mais aussi, elle permet d'installer un autre type d'interaction avec le milieu, non seulement au niveau de la pratique en tant que milieu antagoniste dépourvu d'intelligence, mais aussi comme véritable partenaire cognitif avec lequel on peut communiquer et obtenir des informations. Le système informatique se constitue ainsi non seulement en « miroir » des actions du sujet, mais il renvoie en plus à l'utilisateur des actions qui ne sont pas les siennes : elles sont le produit du contrôle théorique exercé par le système.

Afin de rendre compte de cette spécificité des milieux informatiques, nous utiliserons l'approche de la cognition distribuée, telle qu'elle a été exposée par Salomon et Pea (Salomon, 1990 ; Pea, 1987), et utilisée par Noss (Noss, 1996). D'après ces auteurs, l'interaction avec le système, si elle engage l'attention consciente du sujet, augmente la capacité de traitement du couple sujet-système. Le système peut être considéré comme un pair plus performant. L'effet de cette interaction est l'assimilation, de la part du sujet, des structures d'action du système, et de ce fait, des connaissances implicites dans ces actions. (Salomon, 1990 ; Noss, 1996).

A partir de ces approches, nous tenterons de formaliser les notions de « partenariat cognitif mathématique » et de « partenariat cognitif didactique », comme outils théoriques pour caractériser l'interaction sujet-système qui soutient un processus de transfert du contrôle du système vers le sujet.

Une étude du partenariat cognitif qui pouvait s'établir entre l'apprenant et le logiciel Cabri-Géomètre a été menée par Blanc-Brude (Blanc-Brude, 2004 ; Blanc-Brude, Laborde, & Bétrancourt, 2003) dans le cadre de l'implantation d'une modalité d'interaction vocale au lieu d'une interaction souris-clavier classique. Les résultats montrent, au-delà des questions d'utilisabilité, que l'utilisation de la modalité vocale a des conséquences sur la planification des actions entreprises par l'apprenant. En effet, alors que certaines constructions peuvent être obtenues par tâtonnement dans les menus, l'utilisation de la modalité vocale oblige à être extrêmement précis. Lorsque le système comporte également des mécanismes de vérification et de demande de reformulation de l'énoncé, on note une diminution des erreurs géométriques dans les interactions vocales. Le système fonctionne alors comme un partenaire « facilitateur », qui plutôt que de donner la solution, amènent les apprenants à corriger eux-mêmes leurs erreurs.

Les questions de recherche issues de cette approche théorique sont :

Comment développer le partenariat cognitif avec Cabri-géomètre en tant qu'instrument mathématique ?

Comment développer le partenariat cognitif avec Cabri-géomètre en tant qu'instrument didactique ?

Hypothèses

L'analyse sommaire déjà présentée à l'aide du cadre théorique nous permet de formuler un certain nombre d'hypothèses qui se traduisent par des choix didactiques relatifs à l'ingénierie.

- Il ne peut y avoir une inclusion des nouveaux ostensifs de Cabri-géomètre dans une praxéologie existante sans effectuer une re-construction de la praxéologie entière, c'est à dire sans re-construction des types de tâches, techniques et technologies.

Cette hypothèse détermine le choix d'organiser la formation autour de la re-construction d'une praxéologie géométrique sur la base des nouveaux ostensifs offerts par Cabri-géomètre. Afin de faire vivre ces nouvelles tâches, techniques et technologies, nous devons chercher à mettre en échec les techniques naturalisées des enseignants, qui risqueraient de court-circuiter le processus d'instrumentation. Nous devons placer les enseignants en situation de recherche, avec des tâches

problématiques suffisamment familières pour qu'ils mobilisent leurs techniques, mais suffisamment non familières pour que ces techniques échouent et qu'ils doivent développer de nouvelles techniques.

- Les techniques didactiques des enseignants sont fonction de leurs propres praxéologies mathématiques. C'est à dire, ce qu'ils peuvent identifier dans la genèse praxéologique de leurs élèves ce sont des (bribes de) techniques qui leur sont familières, et leurs interventions didactiques sont organisées en fonction de ces techniques et de leurs technologies associées.

Cette hypothèse détermine le choix de séparer deux cours : un premier cours qui cherche à mettre en place une praxéologie géométrique sur la base des nouveaux ostensifs de Cabri-géomètre, c'est à dire un ensemble de tâches, techniques et technologies qui s'expriment avec les nouveaux ostensifs. Seulement une fois que les enseignants se sont familiarisés avec ces nouvelles tâches, techniques et technologies, ils pourront les utiliser dans leurs praxéologies didactiques, objet du deuxième cours.

- La genèse instrumentale de Cabri -géomètre comme outil de résolution de problèmes se développe nécessairement dans le long terme.

Cette hypothèse détermine les deux choix suivants : d'abord, celui de travailler dans le long terme (une formation d'une année) et celui de combiner des cours intensifs et des périodes de pratique avec accompagnement.

- La caractéristique des nouveaux ostensifs de Cabri-géomètre est d'être des objets visuels manipulables à l'écran, répondant à un contrôle théorique assuré par le système. La construction de Cabri géomètre en tant qu'instrument pour résoudre des problèmes mathématiques requiert une forte interaction entre perception et théorie. C'est cette interaction qui permet la naissance dialectique des couples d'objets ostensifs/non ostensifs.

Cette hypothèse détermine le choix d'établir cette interaction entre perception et théorie comme fil rouge de la formation. Ainsi, deux genres de tâches incontournables dans toute situation seront « décrire ce que l'on voit » et « expliquer ce que l'on voit ». Les enseignants devront tenir un cahier où ils noteront par rapport à chaque outil de Cabri-géomètre nouvellement introduit, sur une colonne les aspects syntaxico-perceptifs, sur la colonne d'en face les aspects sémiotico- théoriques.

L'hypothèse de l'impact du « partenariat cognitif » sur l'usage de Cabri géomètre comme outil pour faire des mathématiques et comme outil pour enseigner des mathématiques conduit à déterminer des critères d'intervention didactique, qui doivent être guidés par l'objectif de

- Faire prendre conscience aux sujets du contrôle théorique exercé par le système (par exemple, prendre conscience que le déplacement peut invalider une construction),
- Développer des stratégies pour utiliser ce contrôle théorique du système (c'est à dire, réaliser des expériences de vérification en utilisant notamment le déplacement et les mesures comme moyen de contrôle)
- Développer des stratégies pour s'appropriier ce contrôle théorique de manière à anticiper les rétroactions du système (par exemple, les sujets pourront prévoir le comportement des figures pendant le déplacement).

L'analyse didactique (en cours) cherche encore répondre aux questions de recherche posées, c'est-à-dire décrire les techniques et technologies mathématiques et didactiques qui peuvent être développées avec les nouveaux ostensifs de Cabri-géomètre, identifier les instruments mathématiques et didactiques qui peuvent se développer, et repérer comment développer le « partenariat cognitif ». Les réponses à ces questions détermineront encore des choix didactiques à mettre en œuvre dans l'ingénierie de la formation d'enseignants.

Methodologie

L'expérimentation cherche à mettre à l'épreuve les hypothèses théoriques déjà énoncées et celles qui résultent encore de l'analyse didactique en cours, par la mise en œuvre de l'ingénierie de formation d'enseignants. Dans cette section nous exposons donc les grandes lignes de cette

ingénierie, et les méthodes de recueil et analyse de données. Les questions générales aux quelles cette expérimentation cherche répondre sont les suivantes :

Dans quelle mesure les choix didactiques issus des hypothèses théoriques sur les genèses praxéologique et instrumentale, mathématique et didactique, des formés ont-ils eu l'effet attendu ? Quel est le rôle du partenariat cognitif dans ces genèses ?

S'il y a un décalage entre ce qui a été prévu et ce qui est observé, quelles en sont les raisons ?

Déroulement de l'expérimentation

Caractéristiques de l'ingénierie de formation d'enseignants :

Comme il a été dit dans le paragraphe précédant, la formation se déroulera dans le long terme, avec deux parties : une partie mathématique et une partie didactique, chacune comprenant un cours présentiel et une période de pratique avec accompagnement à distance.

Partie mathématique : l'objectif de cette première partie est de mettre en place une praxéologie géométrique sur la base des nouveaux ostensifs de Cabri-géomètre, en prêtant une attention spéciale au processus de genèse instrumentale de Cabri géomètre comme outil de résolution de problèmes de géométrie. Elle comprend un cours présentiel de une semaine, et une période de pratique avec accompagnement à distance de six mois.

L'objectif du cours présentiel est d'installer une certaine pratique, plus précisément de mettre en place une institution d'étude de problèmes géométriques à l'aide de Cabri géomètre, avec des tâches et des obligations précises. Le cours doit fonctionner comme démarrage de cette institution qui devra continuer à exister après sous des dispositifs d'étude différents (interaction à distance), c'est pourquoi il doit prendre en charge la genèse instrumentale de deux outils auxiliaires : la rédaction de comptes rendus d'exploration, et la communication (synchrone et asynchrone) par Internet.

Une première contrainte issue des hypothèses énoncées, est la nécessité de mettre en interaction la perception et la théorie. On cherchera à mettre en œuvre cette contrainte à l'aide de trois dispositifs différents : en premier lieu, dès le début du cours, on placera les formés devant des illusions optiques, afin de mettre en évidence le fonctionnement physiologique de la vision humaine et ses conséquences sur l'interprétation d'images. On instituera ensuite deux « lois de la géométrie dynamique » : « douter de ce que l'on voit » et « voir plus de ce que l'on voit », lois qui deviendront des tâches pour lesquelles on dispose de deux techniques : déplacer les objets de base de la figure, et enrichir la figure avec des constructions auxiliaires.

En deuxième lieu, comme partie du processus d'instrumentalisation de Cabri géomètre, les formés devront tenir un « cahier de bord », dans lequel ils noteront, pour chaque outil nouvel introduit, sur la colonne de gauche les aspects syntaxico-perceptifs (c'est à dire les effets visuels de l'outil sur la construction, et la syntaxe nécessaire à son utilisation) et sur la colonne de droite les aspects sémiotico-théoriques (c'est à dire les explications informelles et théoriques des comportements obtenus et de la syntaxe nécessaire à l'utilisation).

Finalement, on instituera également deux types de tâches : « décrire ce que l'on voit » et « expliquer ce que l'on voit », en cherchant une évolution dans le long terme de réponses informelles et peu précises à des réponses avec un vocabulaire géométrique précis et des explications théoriques.

Les tâches problématiques seront de deux genres : tâches de construction et tâches de démonstration. Dans le genre de tâches de construction on distinguera deux types de tâches : construire une figure à partir d'une image (statique ou dynamique) à reproduire, et construire une figure à partir d'un texte qui la décrit. Les tâches de démonstration sont de deux types aussi : donner des arguments qui expliquent et justifient un procédé de construction donné, et démontrer un théorème qui représente un procédé de construction donné .

Toutes les constructions et les démonstrations demandées appartiendront à la géométrie euclidienne plane, domaine familier aux enseignants, mais il y aura une progression dans le niveau de difficulté accompagnant la genèse instrumentale : pour l'introduction de nouveaux outils et objets ostensifs, les

problèmes seront très élémentaires, étant donné que les techniques habituelles, basées sur des ostensifs non dynamiques seront inhibées et on attend un retour à des stratégies purement perceptives. Au fur et à mesure que l'interaction entre perception et théorie se met en place, le niveau de difficulté des problèmes augmentera, et on utilisera des problèmes de la géométrie euclidienne avancée, spécifiquement la géométrie du triangle.

On vise ainsi une re-construction praxéologique à partir des tâches de construction, dans laquelle les formés construisent des techniques qui constituent d'une part des stratégies heuristiques appuyées sur les caractéristiques du dynamisme et du contrôle théorique exercé par le système, et d'autre part des procédés de construction géométriques. Les tâches de démonstration s'articulent dans ce travail comme motivant la production des technologies qui justifient et expliquent les techniques produites.

Le déroulement des activités répondra aux trois types de situation explicités dans le cadre théorique : des situations d'action, dans lesquels les problèmes sont dévolus aux formés, qui doivent interagir avec Cabri géomètre pour les résoudre (individuellement ou par binômes), des situations de communication (ou mises en commun), dans lesquels les formés tentent de décrire leurs processus de résolution, et de ce fait doivent produire un discours théorique qui sert à décrire, mais aussi à expliquer (c'est à dire une technologie), et des situations de validation. Ainsi, pour chaque problème il y aura un temps de travail individuel, à la fin duquel chaque formé devra rédiger un compte rendu, suivi d'un moment de travail par binômes pendant lequel ils doivent échanger et produire un rapport commun, et finalement une mise en commun dans laquelle chaque binôme présente son travail à toute la classe et reçoit des retours de la part de la classe et du formateur. Ce même schéma de travail sera utilisé pendant la période pratique, avec la différence que les échanges avec le formateur et la classe entière se feront à distance ; par contre, le travail en binômes continuera présentiel. Pendant cette période, chaque formé devra consacrer trois heures hebdomadaires aux activités suivantes : travail individuel de résolution des problèmes (posés par le formateur ou par la classe), travail en binômes autour des mêmes problèmes, préparation d'activités de classe avec ses élèves en utilisant Cabri géomètre, rédaction de comptes rendus, et communication avec le formateur et la classe (par courrier électronique et par « chat »).

Le formateur a un rôle fondamental dans la re-construction praxéologique et dans la genèse instrumentale. En effet, c'est lui qui définit les contrats didactiques qui détermineront les contraintes institutionnelles sur les actions et les interactions formé-système, formé-formé, formé-classe, formateur-formé, formateur-système et formateur-classe. Outre les variables didactiques qu'il peut contrôler par l'intermédiaire des tâches, il devra remplir deux types de « coaching » (Lagrange, 2000) : un « coaching » technique, dirigé au processus d'instrumentalisation (les formes de manipulation des ostensifs), et un « coaching » mathématique, dirigé au processus d'instrumentation et spécifiquement à l'association ostensifs/non ostensifs. C'est par l'intermédiaire de ces deux types de « coaching » qu'il cherchera à développer le partenariat cognitif des formés avec Cabri, les conduisant à prendre conscience du contrôle théorique exercé par le système, à utiliser ce contrôle théorique, et à se l'approprier en l'anticipant.

Partie didactique : l'objectif de cette deuxième partie est de mettre en place une praxéologie didactique sur la base des nouveaux ostensifs de Cabri-géomètre, en prêtant une attention spéciale au processus de genèse instrumentale de Cabri géomètre comme outil pour enseigner la géométrie. Elle comprend un cours présentiel de une semaine et une période de pratique accompagnée à distance de six mois.

Le cours présentiel est organisé autour de tâches d'analyse didactique des activités de résolution de problèmes et des activités de classe avec cabri réalisés pendant la première partie de la formation, afin de permettre l'identification et la caractérisation des techniques didactiques qui utilisent les nouveaux ostensifs de Cabri géomètre. Notamment, l'identification du partenariat cognitif avec cabri pour la résolution de problèmes géométriques comme un objectif de la praxéologie didactique. Ensuite, on travaillera sur des tâches de production de scénarios d'utilisation de Cabri géomètre, afin de développer ces techniques et leurs technologies associées. Pour ce travail on cherchera à mettre en œuvre des stratégies développées au cours des expériences de formation d'enseignants à l'utilisation de TICs (Laborde, 2001 ; Guin, Joab et Trouche, 2003).

La période pratique se propose installer un cycle de production-expérimentation-perfectionnement des scénarios, en mettant en utilisant deux dispositifs didactiques : des observations de classe entre

collègues, et des comptes rendus d'expérimentation. Ainsi, chaque binôme devra planifier un scénario de classe en utilisant Cabri géomètre, et le mettre en pratique avec au moins deux groupes différents, expérimentation pendant laquelle un formé est enseignant et l'autre est observateur. Postérieurement, ils doivent analyser les observations faites et les contraster avec le déroulement prévu, afin de proposer des améliorations. Ils devront rendre au formateur le scénario planifié, et le compte rendu de l'expérimentation.

Recueil et analyse de données

L'expérimentation se déroulera à Bogota, avec un groupe de 10 enseignants de mathématiques des degrés 7-8-9 du niveau secondaire, deux au moins appartenant à la même école afin d'assurer les échanges entre formés pendant les périodes de pratique.

1. Un entretien initial cherchera à recueillir des informations sur le rapport au savoir mathématique et au savoir didactique de chaque participant, ainsi que sur leurs usages de l'informatique en générale et de la géométrie dynamique en particulier. On adaptera deux grilles d'observation développées dans des recherches sur l'utilisation des nouvelles technologies pour l'enseignement des mathématiques, une effectuée en Grande Bretagne (Hoyle et al, 1991) et l'autre en Colombie (Camargo et al, en presse). Les données serviront à interpréter les possibles écarts entre les effets prévus dans les hypothèses, et les résultats observés.
2. Pendant le cours présentiel de la partie mathématique, on prendra des données sur une activité complète de résolution de problèmes de chaque binôme. C'est à dire, le moment de travail individuel, le moment de travail en binôme et la mise en commun. Ces données seront constituées par les comptes rendus des explorations individuelle et en binôme, ainsi que l'enregistrement vidéo de l'écran de travail et de la mise en commun.

Pendant la période pratique, on disposera de traces écrites du travail individuel et en binômes, ainsi que des échanges synchrones et asynchrones avec le formateur. On en choisira un cycle complet pour chaque binôme.

Ces données serviront à décrire et la genèse instrumentale de Cabri géomètre en tant qu'instrument mathématique (pôle de l'individu), et la genèse praxéologique de la géométrie plane avancé sur la base des nouveaux ostensifs informatiques (pôle institutionnel). Egalement, on cherchera des évidences de l'établissement du « partenariat cognitif mathématique » des sujets avec Cabri géomètre.

Pour l'analyse, on utilisera la classification de niveaux d'utilisation déjà faite en (Acosta, 2003), les descriptions des techniques et technologies mathématiques produit de l'analyse didactique à priori, ainsi que la formalisation du partenariat cognitif mathématique, également produit de cette analyse, afin de chercher des évidences qui permettent de confirmer ou infirmer l'effet de l'organisation didactique institutionnelle mise en place sur l'évolution des pratiques.

3. Pendant le cours présentiel de la partie didactique, on effectuera une sonde comme lors du premier cours, sonde qui reste à définir avec la mise au point du cours (qui se fera pendant le premier semestre 2005).

Pendant la période pratique on disposera de traces écrites des scénarios de classe planifiés et des comptes rendus d'expérimentation (et peut-être des enregistrements de leçons). On en choisira un cycle complet pour chaque binôme.

Egalement, à la fin de la formation on fera une observation de classe de chaque formé.

Ces données serviront à décrire et la genèse instrumentale de Cabri géomètre en tant qu'instrument didactique (pôle de l'individu), et la genèse praxéologique de la didactique de la géométrie plane sur la base des nouveaux ostensifs informatiques (pôle institutionnel). Egalement, on cherchera des évidences de l'établissement du « partenariat cognitif didactique » des sujets avec Cabri géomètre.

Pour l'analyse, on utilisera la classification de niveaux d'utilisation déjà faite en (Acosta, 2003), les descriptions des techniques et technologies didactiques produit de l'analyse didactique à priori, ainsi que la formalisation du partenariat cognitif didactique, également produit de cette analyse, afin de chercher des évidences qui permettent de confirmer ou infirmer l'effet de l'organisation didactique institutionnelle mise en place sur l'évolution des pratiques.

Tableau récapitulatif du recueil de données :

| | |
|--------------------------------|---|
| Avant la formation | Entretien individuel |
| Pendant le cours mathématique | Cinq cycles complets de résolution de problèmes qui incluent : rapport individuel et rapport du binôme, enregistrement vidéo du travail individuel, en binôme et de la mise en commun |
| Pendant la période de pratique | Cinq cycles complets de résolution de problèmes, avec : rapport individuel, rapport du binôme, feedback du formateur, « chats » |
| Pendant le cours didactique | Données à définir |
| Pendant la période pratique | Cinq scénarios de classe et comptes rendus d'expérimentation |
| A la fin de la formation | Observation d'une leçon par formé |

Calendrier :

| 2003-2004 | Janvier 2005 | Fevrier-juin 2005 | Juin 2005 | Juillet-novembre | Novembre 2005 | 2006 |
|--|--|--|----------------------------------|--|--------------------|--|
| Analyse didactique, mise au point du premier cours | Entretien initial Premier cours Première sonde | Accompagnement de la période de pratique Mise au point du deuxième cours Analyse de l'entretien initial et la première sonde | Deuxième cours Deuxième sonde | Accompagnement de la deuxième période de pratique. Analyse de la deuxième sonde | Observation finale | Analyse des données et rédaction de la thèse |

Bibliographie

- Acosta et al, (2004). *Pensamiento Geométrico y Tecnologías Computacionales*. Serie Documentos, Ministerio de Educación Nacional, República de Colombia.
- Acosta M. (2003) *La Formation d'Enseignants pour l'Utilisation de Cabri en Classe de Géométrie*. Mémoire du DEA EIAHD Environnements Informatiques d'Apprentissage Humain et Didactique, Université Joseph Fourier.
- Arsac G. (1997). *Les Limites d'un Enseignement Deductif de la Géométrie*. Dans « Petit x » n° 47, pp. 5 à 31.
- Artaud M. (2003). Analyser des praxéologies mathématiques et didactiques "à calculatrice" et leur écologie. Actes du colloque européen ITEM, Reims, 20, 21, 22 juin 2003
- Artigue, Lagrange, Trouche, 2002
- Balacheff N. (1994) *La transposition informatique, un nouveau problème pour la didactique*. In: Artigue M. et al. (eds) *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*. (pp.364-370). Grenoble: La Pensée Sauvage éditions.
- Berthelot R et Salin M. (2000). *L'Enseignement de la Géométrie au Debut du Collège. Comment concevoir le passage de la géométrie du constat à la géométrie déductive ?*. In : « Petit x » n° 56, pp. 5 à 34.
- Blanc-Brude, T. (2004). *Intégration de commandes vocales dans un environnement d'apprentissage par l'action : enjeux ergonomiques*. Thèse de Sciences Cognitives de l'Université Joseph Fourier - Grenoble I, sous la co-direction de Colette Laborde et Mireille Bétrancourt, Novembre 2004.
- Blanc-Brude, T., Laborde, C. & Bétrancourt, M. (2003). *Utilisabilité d'une interaction vocale et multimodale dans un micro-monde d'apprentissage*. Conférence Interaction homme-Machine IHM 2003, Caen (France).
- Bosch M. et Gascon J. (2002). *Organiser l'Etude, 2. Théories et Empiries*. Actes de la 11 Ecole d'été de didactique des Mathématiques. La pensée Sauvage.
- Brousseau G. (1998). *Théorie des Situations Didactiques*. La Pensée Sauvage, Grenoble
- Camargo et al, (2004). *El impacto de la tecnología en la formación didáctica de los profesores de matemáticas*. En presse.
- Chevallard Y. Bosch M. (1999). *La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs. Objet d'étude et problématique*. Dans Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol. 19, n° 1, pp.77-124.
- Chevallard Y. Bosch M. et Gascon J. (1997). *Estudiar Matemáticas. El eslabon perdido entre enseñanza y aprendizaje*. Cuadernos de Educación No 22. Horsori Editorial.
- Guin D. et Trouche L. (2002) *Calculatrices Symboliques. Transformer un outil en un instrument du travail mathématique : un problème didactique*. La pensée Sauvage éditions.
- Hoyles et al, (1991). *The Microworlds Project : 1986-1989 Final Report to the Economic and Social Research Council*. Institute of Education, University of London.
- Laborde C. et 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), p.165-210.
- Laborde C. (1995) *Designing tasks for Learning Geometry in a computer based environment*, in: Technology in Mathematics Teaching - a bridge between teaching and learning, Burton L. & Jaworski B. (eds.) (pp.35-68), Londres: Chartwell-Bratt.
- Laborde C, Clarou P et Capponi B. (2001) *Géométrie avec Cabri. Scénarios pour le lycée*. Centre Régional de Documentation Pédagogique de l'Académie de Grenoble.
- Laborde C. (2003). *Technology used as a tool for mediating knowledge on the teaching of mathematics: the case of Cabri-Geometry*. Plenary Lecture at Asian Technology Conference in Mathematics.
- Lagrange JB. (2002). *Benoît, André, Robyn... et les autres. Etudes récentes sur les professeurs et la technologie*, dans Guin D. et Trouche L. (2002) *Calculatrices Symboliques*.
- Moreno L. (2002). *Evolucion y Tecnología*. In Seminario Nacional de Formación de Docentes: uso de nuevas tecnologías en el aula de matemáticas. Ministerio de Educación Nacional, República de Colombia.
- Noss R et Hoyles C. (1996) *Windows on Mathematical Meanings*. Learning cultures and computers. Kluwer Academic Publishers, London.
- Pea, R. (1987). *Cognitive technologies for mathematics education*. In: A. Schoenfeld (Ed), Cognitive science and mathematics education (pp.89-123). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Peraya, D. (2002). *Former aux technologies : fondements, scénarios, pratiques. Regards sur quatre*

- expériences genevoises*. In F. Larose & T. Karsenti (Ed.), La place des TICE en formation initiale et continue (pp. 129-152). Sherbrooke : Editions du CRP, Université de Sherbrooke.
- Peraya, D., Rickenmann, R. & Lombard, F. (2002). *Changement dans les rapports aux univers technique, relationnel et sémiotique*. In R. Guir (Ed.), *Pratiquer les TICE. Former les enseignants et les formateurs à de nouveaux usages* (pp. 77-91). Bruxelles : De Boeck.
- Rabardel P. (1995). *Les Hommes et les Technologies*. Armand Colin Editeur, Paris.
- Rabardel P. (1999). *Les Instruments en Mathématiques, Travail, Enseignement, Apprentissage*. Dans Xème Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques.
- Ruthven, K. Henessy S. et Deaney R. (2004). *Incorporating Dynamic Geometry Systems into Secondary Mathematics Education: Didactical Perspectives and Practices of Teachers*. Paper presented at the annual conference of the British Educational Research Association, Manchester, September 2004.**
- Salomon, G. (1990). *Cognitive Effects With and Of Computer Technology*. In: *Communication Research*, 17(1), 26-44.
- Vergnaud G. (1991). *La Théorie des Champs Conceptuels*. *Recherche en Didactique des Mathématiques*, Vol. 10 n°23, pp.133-170.