



**Effets d'une formation sur les pratiques concernant
l'intégration d'un logiciel de géométrie dynamique :
quelles perspectives pour la formation continue ?**

Brigitte Grugeon-Allys, Équipe DIDIREM, Université Paris 7, IUFM d'Amiens, France

Résumé

Le travail que nous présentons a été réalisé dans le cadre du projet MAGI (Mieux Apprendre la Géométrie par l'Informatique). Ce projet a pour but l'étude des conditions et des contraintes de l'intégration de Cabri Géomètre et autres logiciels de géométrie dynamique, en particulier GeoplanW, dans l'enseignement à l'école primaire. Deux axes ont organisé la recherche, d'une part, la conception, la mise en œuvre et l'analyse de scénarios pour la classe et d'autre part, la conception d'ingénierie de formation et l'étude de leur impact sur les pratiques d'intégration des enseignants¹. Dans cet article, nous étudions un dispositif de formation continue et d'accompagnement puis des effets repérés de cette formation sur les pratiques concernant l'intégration d'un logiciel de géométrie dynamique dans l'enseignement, dans des classes ordinaires de cycle 3. Dans le paragraphe 1, nous présentons des résultats de recherche qui permettent de définir les contenus de la formation. Dans le paragraphe 2 et 3, nous présentons les principales phases qui ont structuré la formation continue puis la méthodologie d'analyse puis deux études de cas. Nous terminons par des perspectives de recherche.

Les programmes de mathématiques prennent en compte l'intégration des nouvelles technologies dans l'enseignement des mathématiques, et plus particulièrement des logiciels de géométrie dynamique dès le cycle 3 de l'école élémentaire. Au-delà de cette injonction institutionnelle pour l'usage des TICE dans l'enseignement, on sait bien maintenant qu'une telle demande n'est pas une condition suffisante pour une réelle intégration des logiciels d'enseignement dans une pratique d'enseignement de tous les jours. Même après un stage de formation continue concernant l'intégration des TICE, peu d'enseignants s'investissent au retour pour intégrer les TICE dans leur enseignement.

Dans le cadre du projet MAGI, nous avons conçu une ingénierie de formation, contenus et dispositif de formation continue et d'accompagnement, puis étudié des effets repérés de cette formation sur les pratiques concernant l'intégration d'un logiciel de géométrie dynamique dans l'enseignement, dans des classes ordinaires de cycle 3. Cet article vise donc deux objectifs : d'une part, expliciter les contraintes et les conditions d'intégration d'un logiciel de géométrie dynamique dans les pratiques enseignantes à prendre en compte pour concevoir une formation ; d'autre part, proposer des indicateurs permettant d'évaluer le degré de cette intégration dans les pratiques enseignantes, après la formation.

¹ Ce projet regroupe plusieurs chercheurs et formateurs des IUFM d'Aix-Marseille, Grenoble, Lyon, Amiens et Versailles.

1. Cadre théorique et problématique

1.1 Conditions nécessaires à l'intégration de logiciels

Nous nous situons dans la lignée des travaux sur l'intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques (Artigue, 2001) et plus particulièrement des logiciels de géométrie dynamique, Cabri ou GeoplanW, dans l'enseignement à l'école et au collège (Assude et Gélis, 2002). Nous fondons le choix des contenus de la formation sur une approche multidimensionnelle qui permet de prendre en compte la complexité de l'intégration des TICE et de travailler différents aspects des conditions et contraintes d'intégration. Nous les abordons à partir de la dimension instrumentale et conceptuelle, à partir des outils de l'ergonomie cognitive (Rabardel, 1999) et de la dimension institutionnelle en utilisant les outils de l'approche anthropologique. Nous retiendrons deux hypothèses pour concevoir nos propositions de formation (Laborde 1999). Premièrement, il est nécessaire d'organiser une étape de genèse instrumentale d'un logiciel de géométrie dynamique pour qu'il devienne un instrument du travail de l'élève en géométrie : l'usage d'un artefact n'est pas transparent et contrairement à une idée reçue chez de nombreux enseignants, il n'est pas facile d'intégrer un logiciel dans des classes « ordinaires » pour organiser les apprentissages. En particulier, la mise en œuvre d'un artefact nécessite l'installation de nouvelles règles de contrat didactique, liées en particulier, à l'institutionnalisation de connaissances instrumentales. Deuxièmement, un facteur déterminant pour l'intégration est de concevoir un enseignement, ici de la géométrie, articulant les tâches mettant en jeu le nouvel instrument avec celles de l'environnement papier crayon mettant en jeu les instruments habituels (règle non graduée, équerre, compas). Il s'agit de trouver une « juste distance » entre l'ancien et le nouveau (au plan des tâches, des techniques, mais aussi des principes d'enseignement) qui est l'une des conditions de l'intégration (Assude et Gélis 2002).

1.2 Repères théoriques caractérisant les apports spécifiques des logiciels de géométrie dynamique

Concernant les apports d'un logiciel de géométrie dynamique à l'apprentissage de la géométrie, nous retenons comme résultats (Laborde, 1999), une approche expérimentale qui favorise la distinction dessin et figure, fondement du travail géométrique, le rôle du déplacement pour travailler la distinction entre connaissances spatiales et connaissances géométriques. De plus, l'usage d'un logiciel de géométrie dynamique peut favoriser le passage d'une géométrie perceptive à une géométrie théorique s'appuyant sur l'évolution du statut de la figure et sur la validation des constructions. Un usage adapté peut aussi faciliter une évolution des techniques de construction, d'une technique perceptive (TP) à une technique perceptivo théorique (TPT) par le recours des techniques intermédiaires, à une technique analytique (TA) et à une technique « programme de construction » (TPC) (Assude et Gélis 2002).

1.3 Conditions concernant la conception des formations

Au-delà des contenus de la formation, nous faisons l'hypothèse que le scénario et les modalités de formation ont une influence sur la formation des enseignants. Nous distinguons plusieurs stratégies de formation qui ont des enjeux spécifiques, stratégie d'homologie, stratégie de monstration, stratégie de développement, stratégie d'accompagnement par un formateur ou par la recherche.

- La stratégie d'homologie permet aux enseignants de réaliser des activités proches de celles données aux élèves (Houdement et Kuzniak, 1996). Les enseignants les résolvent individuellement ou en groupe (en fonction des modalités prévues pour les élèves). La stratégie de monstration permet au formateur de présenter collectivement des situations proposées à des élèves mais sans en analyser les enjeux, les conditions et les contraintes liées à l'intégration.
- La stratégie de développement permet aux enseignants d'élaborer un projet, prenant en compte un contexte d'enseignement donné pour le tester en classe au retour du stage. Il s'agit d'exploiter les outils d'analyse proposés pour concevoir et analyser une séquence ;
- La stratégie d'analyse didactique de pratiques permet une analyse des écarts entre les prévisions a priori d'une séance et l'analyse a posteriori de ce qui est fait lors de sa réalisation effective (vidéos).
- La stratégie d'accompagnement :
 - L'accompagnement par des formateurs ressources vise à échanger des expériences, à expliciter les difficultés rencontrées, à proposer des « idées » de thèmes pour les tâches ou pour l'organisation des séquences.
 - L'accompagnement par la recherche conduit le chercheur et l'enseignant à co-analyser ce qui se passe au fur et à mesure, d'une façon systématique, via le travail réflexif engagé. Il y a co-construction des savoirs impliquant les enseignants et les chercheurs.

1.4 *Évaluation des formations*

Pour étudier les effets de formation et de la stratégie d'accompagnement, nous nous situons dans la lignée des travaux de A. Robert et E. Roditi (Robert et Rogalski 2002 ; Roditi 2005). Pour ceci, nous étudions les pratiques des enseignants en tenant compte à la fois du quotidien du professeur en situation d'enseignement et de l'apprentissage des élèves. C'est pourquoi, nous inscrivons cette étude dans une double approche (Robert et Rogalski 2002). Les activités du professeur sont analysées en fonction des apprentissages possibles des élèves et le professeur est considéré comme un individu en situation de travail dans un environnement dynamique en lien avec le cadre théorique de la psychologie ergonomique. D'abord, en ce qui concerne l'intégration de l'usage d'un logiciel de géométrie dynamique, nous l'étudions d'abord en liaison avec les pratiques habituelles des enseignants. Comme nous l'avons déjà indiqué, T. Assude insiste sur la recherche par les enseignants d'une « juste distance » entre l'ancien et le nouveau « pour asseoir les changements dans des socles stables du fonctionnement de la classe » (Assude et Gélis, 2002). Cette « juste distance » va dépendre du profil de chaque enseignant et en particulier du principe qui sous-tend sa stratégie d'enseignement. Ici, nous retenons deux principes principaux qui peuvent sous-tendre la stratégie d'enseignement d'un enseignant : soit « une connaissance doit apparaître comme outil pour résoudre une difficulté ou une question », soit « une connaissance doit être introduite puis réinvestie pour résoudre une question ».

Nous étudions ensuite l'intégration de l'usage d'un logiciel, en caractérisant le degré d'intégration et plus particulièrement le « degré d'intégration instrumentale », à la fois dans les pratiques enseignantes travaillées en formation, dans les pratiques enseignantes des formés puis en les mettant en

perspective. Que signifie « degré d'intégration instrumentale » (Assude, 2005) Il mesure en quoi les aspects conceptuels et instrumentaux d'un savoir sont imbriqués dans l'organisation de la genèse instrumentale par le professeur. Pour déterminer ces différents degrés, nous utilisons plusieurs indicateurs :

- Le focus des tâches données aux élèves : s'agit-il de travailler l'outil ou les mathématiques, ici la géométrie ?
- Les techniques pour résoudre les tâches : mettent-elles en jeu principalement des connaissances mathématiques, des connaissances instrumentales ou les deux ?
- Le niveau d'entrelacement entre les connaissances mathématiques et les connaissances instrumentales mises en jeu dans la résolution de la tâche ?

Nous situons les choix de chaque enseignant par rapport à des modes d'intégration instrumentale possibles définis par T. Assude (Assude, 2005). En effet, Assude définit des modes d'intégration instrumentale en fonction de l'expérience de l'enseignant sur l'usage des logiciels. Pour des novices, elle distingue deux modes :

- Dans l'initiation instrumentale, les élèves sont initiés par des types de tâche « logiciel » et l'enseignant vise que l'élève rencontre essentiellement des connaissances instrumentales.
- Dans l'exploration instrumentale, les élèves vont explorer le logiciel à travers des types de tâches mathématiques et les connaissances visées sont à la fois instrumentales et mathématiques.

Pour des élèves ayant déjà une pratique du logiciel, elle définit aussi deux modes :

- Dans le renforcement instrumental, si les élèves rencontrent des difficultés instrumentales à propos d'un type de tâche mathématique : l'enseignant va apporter des connaissances instrumentales au service des connaissances mathématiques.
- Dans la symbiose instrumentale, les élèves rencontrent des types de tâches mathématiques qui leur permettent d'avancer à la fois vers des connaissances mathématiques et instrumentales car elles sont imbriquées. De plus, l'imbrication entre le travail papier crayon et logiciel est bien présente.

Nous pouvons reformuler notre problématique comme suit : Quels sont les effets de la formation et de la stratégie d'accompagnement, en particulier sur les modes d'intégration instrumentale ? Comment évoluent le mode d'intégration instrumentale et le degré d'intégration en fonction du profil de chaque enseignant et de la stratégie d'accompagnement ?

2. Cadre de la recherche

2.1 Description du dispositif de formation

Voici les principales étapes de la formation.

Étape 1 – À l'entrée du stage, nous avons présenté les objectifs du stage, mis en place les bases du contrat de formation reposant sur une stratégie de l'accompagnement à long terme.

Les enseignants ont analysé les programmes de cycle 3 et sixième, les évaluations pour dégager les objectifs de l'enseignement de la géométrie et les principaux obstacles.

Étape 2 (homologie) – Les enseignants se sont initiés aux logiciels de géométrie dynamique GeoplanW et Cabri. Ils ont testé puis analysé deux séances d'initiation. Ils ont ensuite explicité les choix retenus² pour provoquer la mise en place d'un nouveau contrat didactique au sein de la classe et favoriser la genèse instrumentale en CM2. L'activité visée correspond à une « exploration instrumentale » qui privilégie à la fois la mobilisation de connaissances instrumentales et de connaissances mathématiques pour résoudre les tâches de construction. Un temps important a été consacré par le formateur à argumenter la nécessité pour le professeur d'institutionnaliser les connaissances instrumentales liées au logiciel.

Étape 3 (homologie) – Les enseignants ont analysé les tâches d'une séquence sur les quadrilatères avec GeoplanW testée lors d'une recherche précédente et dont l'objectif final est de construire un carré (Assude et Grugeon 2003). Trois grandes phases structurent la séquence étudiée.

Phase 1 – Construire (t4) dans l'environnement papier crayon des quadrilatères et les classer puis construire un rectangle sans (t4) puis avec contrainte (t5) avec le logiciel.

Phase 2 – Analyser (t2) des figures logicielles pour conjecturer le lien entre les propriétés d'une figure (t7) et le programme de construction validé par l'historique (t6) puis établir les liens entre les différents quadrilatères (t7').

Phase 3 – Après avoir analysé la figure logicielle (t2), la construire (t4) avec le logiciel puis sur papier et écrire son programme de construction (t6).

Étape 4 (monstration, analyse) – Les stagiaires ont observé une séance d'initiation à GeoplanW dans une classe de CM2 et analysé les pratiques en jeu en liaison avec la question de la genèse instrumentale.

Étape 5 (développement) – Les stagiaires ont conçu une séquence en liaison avec le contexte de classe dans lequel ils travaillent habituellement et analysé les situations construites avant de les expérimenter.

Dans l'étape 4, le principe à la base du choix des tâches est qu'une connaissance doit apparaître comme outil pour résoudre une question. L'utilisation du logiciel GeoplanW vise à favoriser une approche expérimentale de la géométrie s'appuyant sur l'articulation entre connaissances instrumentales. La séquence s'appuie sur une imbrication des tâches papier crayon et logiciel et une dialectique ancien/nouveau.

2 Les élèves (en individuel ou en binôme) vont rencontrer plusieurs fonctionnalités (création de points de statuts différents, de segments, de droites définies par deux points, de droites perpendiculaires ou parallèles), sans rencontrer de nouveaux objets mathématiques ; ils doivent expérimenter, observer et analyser les rétroactions logicielles, confronter leurs points de vue et écrire des remarques pendant le travail sur logiciel.

Tableau 1
Progression proposée en formation en 2001-2002

	GeoplanW	Papier-crayon (PC)
S1		t4 TP
S2		t7 TA et TPT
S3	t4, t6 TPT, TA	
S4	t5, t6 TPT, TA	
S5	t7, t7' TA et TPT	t6 TPC
S6	t2, t4 TA et TPT	t4, t6 TPT, TA
S7		t2, t4 TPT, TA
S8	t5 TA et TPT	

Au retour du stage, des enseignants ont mis en place de façon autonome une progression en géométrie avec le logiciel GeoplanW. L'année suivante en 2002-2003, des enseignants volontaires ont poursuivi la conception et la mise en œuvre d'un enseignement de la géométrie intégrant le logiciel GeoplanW. Cinq d'entre eux ont poursuivi l'intégration du logiciel, dans le cadre d'un accompagnement par un formateur ressource. Le formateur engagé a donc répondu aux questions concernant la construction de séquences axées sur des thèmes choisis par les enseignants, sur l'articulation des tâches papier crayon et logicielles. Le formateur n'a pas modifié les choix stratégiques des professeurs. Il a observé certaines séances sans engager d'analyse réflexive sur le déroulement des séances et l'organisation des interactions entre enseignant et élèves.

2.2 Méthodologie

Nous présentons la méthodologie d'analyse.

Étude de cas – Nous présentons deux études de cas, celles de Claire et Pauline, enseignantes de classes « ordinaires », aux profils différents, qui ont adhéré au projet d'intégration de GeoplanW.

La méthodologie d'analyse et le choix des observables – Nous avons restreint l'analyse des thèmes géométriques à ceux des quadrilatères ou des triangles. Nous avons organisé l'observation comme suit : entretiens avec les professeurs avant et après les séances, enregistrement des séances avec prise de notes. Nous avons travaillé sur plusieurs sources expérimentales : les préparations *a priori* à plusieurs échelles (progression, séance, tâche), les transcriptions de deux à trois séances (transcription par écrit des paroles échangées, replacées dans leur cadre) retravaillées pour obtenir des tableaux reconstituant l'organisation des contenus mathématiques, l'imbrication des tâches papier crayon et logicielles avec les types de technique visés. Les transcriptions des séances et des écrits des élèves ont permis d'obtenir des traces des « activités effectives » des élèves et des adaptations des enseignants. Nous avons aussi analysé les données concernant les propositions de l'accompagnateur de Claire ou celles relatives aux co-analyses de Pauline et du chercheur. Nous retenons comme moyens d'évaluation de la formation et de la stratégie d'accompagnement les critères suivants : l'évolution des modes d'intégration et en particulier le rapport connaissances instrumentales/connaissances mathématiques, l'imbrication des tâches papier crayon/logiciel, l'entrelacement ancien/nouveau et la quantité de séances (Assude et Gélis, 2002). Nous analysons les données recueillies en distinguant l'analyse des scénarios d'intégration en fonction des apprentissages de celle des déroulements et de la gestion didactique des séances.

3. Deux études de cas

Les pratiques concernant l'usage du logiciel de géométrie dynamique ont évolué différemment. Ces différences peuvent être mises en rapport à des interprétations diverses des tâches proposées en formation liées à des conceptions de l'apprentissage et de l'enseignement ou à des stratégies d'enseignement différentes. Elles peuvent aussi être mises en rapport avec la stratégie d'accompagnement mise en place.

3.1 *L'intégration du logiciel par Claire*

Claire a travaillé dans une école équipée d'une salle de 15 ordinateurs. Une aide éducatrice l'assistait lors des séances informatiques en 2001-2002 puis est partie en février 2003.

Genèse instrumentale

Claire a repris les mêmes choix explicites que ceux proposés lors du stage pour le découpage, les contenus des séances d'initiation et la mise en œuvre du contrat didactique attribuant une place importante à l'expérimentation et à l'écrit. Elle a organisé un mode d'intégration instrumentale de type «exploration instrumentale», en proposant des tâches qui sont à la fois au service des connaissances mathématiques et instrumentales. Claire a institutionnalisé les connaissances instrumentales concernant les fonctionnalités de construction, le statut des points, les fonctionnalités «cacher, supprimer et rappel des objets construits».

L'année suivante, compte tenu des difficultés instrumentales rencontrées par les élèves, Claire a modifié le mode d'intégration instrumentale et organisé une «initiation instrumentale» en la découpant en deux séances et en reformulant les consignes pour travailler d'abord les connaissances instrumentales. Claire a abandonné l'institutionnalisation des connaissances instrumentales.

La séquence d'enseignement (voir tableau 2)

En 2001-2002, Claire a conçu seule la séquence d'enseignement. Claire a d'abord organisé sa séquence à partir de deux séances très guidées autour de 2 tâches anciennes de construction (t4) et de reconnaissance (t2) via le logiciel. Avant, elle a proposé des tâches auxiliaires de construction (t1) avec GeoplanW, guidées par les étapes du programme de construction qui privilégient la mobilisation de connaissances instrumentales.

Ex. 1 – Tu vas réaliser une nouvelle figure.

1. Trace un segment [AB].
2. Trace la droite (d) passant par A et perpendiculaire au segment [AB].
3. Trace un cercle c de centre A et de rayon AB.
4. Place le point D à l'intersection.
5. Comment placer le point C pour former le carré? Explique ta démarche.

Dans les sept séances suivantes moins guidées s3 à s5 puis s9, les élèves devaient construire les mêmes figures avec contraintes (t5) ou sans (t4) ou reproduire une figure (t3) déjà étudiée donnée sur papier puis écrire un programme de construction.

La conception des séances reposait sur le principe : réinvestir un programme de construction étudié préalablement dans des activités de construction.

Tableau 2
Séquences d'enseignement de Claire en 2001-2002 et 2002-2003

	2001-2002		2002-2003	
	Logiciel	Pap crayon	Logiciel	Papier-crayon
s1	t1 TI	t1 TA		t1, t3 TP, TM
s2	t1 tr. rect. isoc., t2, t3 TI, TA		t1, t2, t3 cercle TI, TA	
s3	t1, t5 carré TI, TPT			t1, t3 TP, TM
s4	t5 tr. rect. isoc., t1, t2 carré TPT, TI, TA		t3, t1, t2 cercle TI, TA	
s5	t4 tri. rect., t1, t2 TPT, TI, TA			t1, t3 TP, TM
s6	t3 carré / losange, t2 TPT, TA	t6 TA	t1, t4, t2, t3 cercle TI, TA, TPT	
s7	t1 étoile, t2 TI, TA		t1, t2, t3 triangles part. TI, TA	
s8	t1 carré, t2 TI, TA		t1 t2 t3 t4 sym. axiale TI, TA, TPT	
s9	t4 deux carrés TPT	t7 TA	t1 t2 t3 t4 quad. part. TI, TA, TPT	

Pendant les phases de travail individuel, Claire et l'aide éducatrice ont donné beaucoup d'explications aux élèves et ont guidé fortement le travail des élèves en diminuant, voire en éliminant, les difficultés d'ordre instrumental.

Claire n'a pas vraiment permis aux élèves de développer une approche expérimentale de la géométrie articulant connaissances mathématiques et instrumentales. Il y a eu peu d'articulation entre les tâches papier crayon et logicielles. Claire a proposé essentiellement des tâches de construction dans le but de travailler les programmes de construction. De ce point de vue, même si Claire a réalisé onze séances, nous considérons que le degré d'intégration est faible que ce soit en terme de degré d'intégration instrumentale, qu'en termes d'imbrication des tâches papier crayon/logiciel ou d'entrelacement ancien/nouveau.

En 2002-2003

À la demande de Claire, l'accompagnateur a proposé des idées d'activité pour construire des figures à partir d'un cercle. Claire s'est appuyée sur ces propositions et « cette année, la démarche a été plus réfléchie, plus élaborée, plus structurée grâce au formateur accompagnateur [...] ». Pour chaque notion, elle a conservé la même stratégie d'enseignement « construire, observer, décrire une figure puis réinvestir », mais en imbriquant les séances dans les environnements papier crayon et logiciel. Le travail logiciel a permis de remplacer l'observation et le mesurage par l'étude de l'invariance des propriétés par déplacement. Mais Claire a diminué les tâches de construction où les élèves pouvaient réinvestir les connaissances géométriques et instrumentales.

En conclusion, on peut faire l'hypothèse que cette évolution lente est à mettre en perspective, d'une part des échanges avec le formateur lors de l'accompagnement et d'autre part du profil de

l'enseignant pour permettre un ajustement progressif de la juste distance entre l'ancien et le nouveau. Même si les mêmes modes sont observés au cours des deux années, Claire a commencé à changer l'organisation de la genèse instrumentale en augmentant la relation entre les connaissances instrumentales et le savoir mathématique.

3.2. *L'intégration du logiciel par Pauline*

Pauline enseigne depuis une quinzaine d'années et est maître formateur depuis 3 ans. Elle a été suivie dans le cadre d'un accompagnement par la recherche.

Genèse instrumentale

Pauline a organisé deux séances. La première visait à initier les élèves aux fonctionnalités du logiciel, la deuxième séance à faire réinvestir les connaissances instrumentales dans une activité de reproduction de figure complexe donnée sur papier. Chaque séance a été suivie d'une phase d'institutionnalisation des connaissances instrumentales. Pauline n'a pas séparé l'initiation instrumentale du travail géométrique en favorisant une alternance de phases de travail individuel puis d'échange collectif pour chercher à rendre opératoire les connaissances instrumentales et géométriques. Son mode d'intégration instrumentale correspond à une «exploration instrumentale». La deuxième année Pauline a évalué les connaissances instrumentales à partir de la construction d'une figure complexe sans phase d'institutionnalisation des connaissances instrumentales.

Séquence d'enseignement

La première année, pour intégrer le logiciel GeoplanW, Pauline a construit des situations, hors d'une progression en géométrie, reposant sur des problèmes de reproduction de figure (t3) complexe représentée par trois dessins de la figure construite avec GeoplanW.

Pauline a organisé ses cinq séances sur cercles, triangles et quadrilatères particuliers (voir tableau 3) en imbriquant des tâches papier-crayon et logicielle. Cette organisation permet d'entrelacer l'ancien et le nouveau à travers les tâches (analyser une figure donnée (t2) à partir de plusieurs représentations dans des positions différentes, analyser une figure logicielle) et les techniques imbriquant connaissances instrumentales et mathématiques. Pauline s'appuie sur les apports cruciaux du logiciel relatifs à la distinction dessin/figure pour concevoir une tâche nouvelle de reproduction (t3), cœur de son projet d'enseignement. Les élèves ont donc été confrontés à des tâches mathématiques pour leur permettre d'approfondir à la fois leurs connaissances mathématiques et instrumentales, les deux étant étroitement imbriquées. On peut déjà parler d'un mode «symbiose instrumentale».

Tableau 3
Séquences d'enseignement de Pauline en 2001-2002 et 2002-2003

2001-2002		2002-2003	
Logiciel	Papier-crayon (PC)	Logiciel	Papier-crayon (PC)
	t2, t3 TA, TP		t2, t7 TA, TPT
t7 (conjecture) TPT		t7 (validation) TPT	
	t3, t6 TPT		t3, t6 TPT
t4 TPT		t4 TPT	

Stratégie d'enseignement

La conception des séances repose avant tout sur deux principes :

- Faire émerger une connaissance en tant qu'outil pour résoudre une question.
- Faire évoluer les techniques perceptives après disqualification des connaissances spatiales mobilisées en s'appuyant sur une articulation entre connaissances mathématiques et connaissances instrumentales.

Pauline a mis en place une dynamique entre phases de recherche individuelle/phase de formulation et validation collective. Une partie des élèves a fait évoluer les techniques de construction en mobilisant davantage les connaissances mathématiques et instrumentales.

La deuxième année, Pauline a organisé l'intégration de GeoplanW sur l'ensemble du programme de géométrie, en conservant la même stratégie d'enseignement mais en travaillant sur des figures complexes représentées par trois dessins d'une figure logicielle.

Trois écrans différents en seront donnés sur papier.

Déroulement prévu :

1) Description rapide des 3 figures papier/crayon.

Quelles sont les figures cachées ? Hypothèses, validation par manipulation de la figure logicielle et autres hypothèses.

2) Construction de la figure papier/crayon. → Écrire le programme de construction à partir de l'historique.

3) Construction sur GeoplanW.

Pauline a mis en place un contrat didactique permettant un partage de responsabilités entre professeur et élèves dans la construction du savoir géométrique, à partir de l'organisation de phases de formulation/validation où elle a pu davantage prendre en compte des variables spatiales (dessin à main levée des figures, orientation (figures penchées et codage) dans la gestion des mises en commun. Pour économiser du temps en liaison avec les contraintes du programme, elle a abandonné les tâches auxiliaires nouvelles d'analyse de figure logicielle.

En conclusion, dès le début de l'expérimentation, le travail de co-analyse a amené Pauline et son accompagnateur à analyser l'imbrication des tâches papier crayon et logiciel, l'activité mathématique en lien avec les apports du nouvel instrument dans le but de faire évoluer les techniques perceptives. Les connaissances instrumentales devaient être au service des connaissances mathématiques. La deuxième année, l'évolution a porté sur l'intégration du logiciel sur la progression en géométrie, point central abordé dans la co-analyse en fin de première année. Les pratiques de Pauline concernant l'intégration de GeoplanW relèvent d'un assez bon degré d'intégration avec un enjeu, faire évoluer les techniques perceptives de construction des élèves.

4. Quelles perspectives pour les ingénieries de formation ?

Il s'agit pour nous de prendre en compte ces résultats pour faire évoluer le dispositif de formation à travers les contenus et les modalités.

1. Comment faire partager aux enseignants les conditions et contraintes d'intégration ? Nous avons privilégié un mode d'intégration instrumentale, une stratégie d'enseignement basée sur la résolution de problèmes visant à faire évoluer les techniques. Ce point de vue est limité et ne prend pas en compte les stratégies d'enseignement possibles. C'est par la comparaison des modes d'intégration qu'il est possible de faire dégager les conditions et les contraintes de l'intégration et leur influence sur les apprentissages. Pour ceci, il s'agit de faire analyser des séquences, qui relèvent de différents modes d'intégration instrumentale, de degrés divers d'intégration, dans le but de comparer les activités des élèves, en particulier les techniques de construction mises en jeu lors des déroulements.
2. Les professeurs s'appuient sur leur conception de l'apprentissage et de l'enseignement, sur leur représentation du métier, pour concevoir leurs séquences d'enseignement. Certes, le travail d'analyse des pratiques était présent autour d'une séance d'initiation au logiciel. Il s'agit de développer la stratégie d'analyse réflexive pour amener les professeurs à mettre en perspective l'activité réelle des élèves avec le choix *a priori* des tâches, le mode d'intégration retenu et la médiation lors du déroulement. C'est l'occasion d'explicitier les contraintes professionnelles, les marges de manœuvres possibles et les alternatives envisageables en fonction des profils de chaque professeur. Ce travail de praticien réflexif doit se poursuivre pendant l'accompagnement pour permettre l'évolution de pratiques stables et complexes et peut être favorisé dans le cadre d'un accompagnement par la recherche.

Ces contenus et modalités de formation constituent une condition nécessaire pour que chaque enseignant puisse transposer les séquences ayant pour enjeu l'intégration de logiciel en liaison avec la stratégie d'enseignement qu'il privilégie.

Références

- 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*.
- 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., Chaachoua H., Grugeon-Allys B. (2003). Enjeux et développements d'ingénieries de formation des enseignants pour l'intégration des TICE. *In Actes du colloque ITEM*, Reims 2003.
- Assude, T. (2005). Time management in the work economy of a class. *Educational Studies in Mathematics*, 59(1), 183-203.
- 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. (1999). L'activité instrumentée par des logiciels de géométrie dynamique. *In Actes de l'école d'été de didactique des mathématiques*, Houlgate, p. 203-213.
- Rabardel P. (1999). Éléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques. *In Actes de l'école d'été de didactique des mathématiques*, Houlgate, p. 203-213.
- Robert A., Rogalski J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques: une double approche. *La revue canadienne des sciences, des mathématiques et des technologies*, 2(4), (p 505-528).
- Roditi E. (2005). *Les pratiques enseignantes en mathématiques. Entre contraintes et liberté pédagogique*. Éditions L'Harmattan.

Pour joindre l'auteurice

Brigitte Grugeon-Allys
Équipe DIDIREM, Université Paris 7, IUFM d'Amiens
grugeon@club-internet