

Modes d'intégration instrumentale :

une étude de cas

Teresa ASSUDE

UMR ADEF, IUFM d'Aix-Marseille

Notre exposé au séminaire national a eu comme objectif de présenter un projet de recherche sur l'intégration des TICE à l'école primaire et plus particulièrement l'intégration de Cabri-géomètre. Nous avons publié par ailleurs (voir bibliographie) ce que nous avons exposé, et c'est pour cette raison que nous avons décidé de faire un résumé rapide de cette première recherche et de vous présenter ici l'état actuel d'un deuxième projet de recherche qui est la suite du premier.

Un premier travail nous a permis d'identifier un certain nombre de conditions et de contraintes qui facilitent ou empêchent cette intégration. Par exemple, l'une des conditions d'intégration concerne la gestion temporelle : la première année d'intégration, les enseignants doivent accepter la non maîtrise du temps didactique et le fait qu'ils n'ont pas forcément tous les moyens d'observation et d'anticipation des difficultés des élèves (Assude 2004). Lorsque cette maîtrise commence à s'installer notamment pendant la deuxième année d'intégration, les enseignants ont pu mettre en oeuvre un certain nombre de stratégies d'économie temporelle.

Les stratégies observées dans notre travail ont été les suivantes :

- celle associant de manière fine le rapport individuel/collectif ;
- celle utilisant des moyens matériels ou symboliques (par exemple le tableau) qui permettent de condenser l'information du travail des élèves en figeant le dynamisme de Cabri ;
- celle de savoir aller à l'essentiel ce qui n'est pas sans rapport avec la maîtrise du temps didactique ;
- celle de changer l'ordre dans lequel les objets sont enseignés soit pour faire des rappels là où des difficultés persistent (exemple : diagonales) soit pour changer le rapport à un objet (exemple : usage du compas pour reporter des longueurs) ;
- ou encore celle de faire des bilans intermédiaires ou de faire de « petits » apports magistraux.

Ces stratégies ont permis de trouver une économie temporelle du travail avec Cabri en économisant du capital-temps, ce qui fait que l'intégration de ce logiciel a pu se faire dans le quotidien de la classe.

Une autre condition d'intégration concerne la dialectique ancien/nouveau (Assude & Gélis 2002). La légitimité du travail avec Cabri est institutionnelle dans le sens qu'il y a une volonté politique d'intégrer les nouvelles technologies dans l'enseignement mais pour qu'elle puisse avoir une réalité le travail avec Cabri doit être mis à l'épreuve de la classe, et notamment dans une classe ordinaire. Cette mise à l'épreuve ne signifie pas pour nous tout changer mais asseoir les changements dans des socles stables du fonctionnement de la classe. Par exemple, dans nos classes, un principe est à la base du choix des types de tâches : une connaissance doit apparaître en tant qu'outil pour résoudre une difficulté ou une question. Ce principe de base est l'un des éléments pour trouver la " juste distance " entre l'ancien et le nouveau qui a été l'une des conditions d'intégration de cabri dans nos classes. Cette " juste distance " peut être aussi obtenue par l'entrelacement des tâches anciennes et les tâches nouvelles, par

l'entrelacement des techniques anciennes et les techniques nouvelles, ainsi que par l'entrelacement des tâches papier-crayon et des tâches cabri.

Cette dialectique ancien-nouveau est aussi présente lorsqu'on pense aux conditions de la genèse instrumentale et aux conditions d'émergence de nouvelles règles du contrat didactique, notamment le fait de donner explicitement un statut institutionnel aux connaissances instrumentales ainsi que le fait de dépasser le stade de jeu lorsqu'on manipule avec l'ordinateur. Nous avons rencontré aussi le résultat d'autres travaux (Artigue 1998, 2001, Lagrange 2001, Guin & Trouche (sous la dir) 2002) qui montrent comment le travail conceptuel peut être articulé au travail instrumental et qu'on ne peut pas penser à l'intégration de cabri sans penser le lien entre les deux.

A la suite de ce premier projet, nous avons voulu reprendre nos hypothèses et essayer de les vérifier pour d'autres classes, avec d'autres enseignants. Ce travail se fait dans le cadre d'un projet intitulé MAGI (Mieux Apprendre la Géométrie avec l'Informatique) qui regroupe plusieurs personnes des IUFM d'Aix-Marseille, Nice, Grenoble, Lyon, Amiens et Versailles. Ce projet a comme but l'intégration de Cabri-géomètre dans l'enseignement à l'école primaire et au début du collège à travers la conception, la mise en œuvre et l'analyse de scénarios pour la classe et aussi à travers l'étude de l'impact de dispositifs de formation dans les modes et pratiques d'intégration des enseignants.

Plusieurs questions sont à la base de notre projet mais nous indiquons ici seulement quelques-unes :

- comment le logiciel est-il intégré dans des classes ordinaires ?
- quels sont les modes d'intégration ?
- quel est le degré d'intégration du logiciel ?
- comment la dimension instrumentale est-elle prise en compte ?
- comment le travail mathématique de l'élève est-il organisé ? Quel est le rapport entre le travail papier-crayon et le travail avec Cabri ? Quel est le rapport entre l'ancien et le nouveau ?

Nous allons nous pencher sur les modes d'intégration instrumentale, mais avant nous présentons le contexte du travail.

Contexte du travail

Nous avons travaillé avec trois enseignants (CB, FM et TA) qui sont dans une même école primaire. Chacun a une classe de CM2 pendant l'année 2003/2004, et ils ne connaissent pas au départ de notre expérimentation le logiciel Cabri-géomètre. Ils ont été déchargés de leur classe pendant une demi-journée pour pouvoir suivre une formation au logiciel dans le cadre de la formation initiale des PE2 à l'IUFM de Nice. Nous avons convenu ensemble que les trois enseignants intègrent le logiciel dans leur classe en fonction du travail d'ensemble de la classe, qu'ils choisissent les activités et que les deux chercheurs observent sans intervenir dans le choix et la conception des séances. Les analyses seront ensuite faites à partir des notes des observateurs, des vidéos des séances, des cahiers des élèves et des entretiens avec les enseignants.

Le nombre de séances a été variable selon les enseignants. FM a proposé 5 séances aux élèves : deux séances d'initiation au logiciel, ces séances étant guidées, et trois séances sur la symétrie axiale. CB a proposé 4 séances : deux séances d'initiation (les mêmes que celles de FM) et deux séances (l'une sur le carré et l'autre sur les triangles). TA a proposé une séance de travail aux élèves par semaine à partir de décembre. Si on enlève les vacances, un stage de formation continue, cela fait environ une quinzaine de séances. Ces séances ont porté sur les

triangles, le carré, le cercle. Il n'a pas eu de séances d'initiation mais l'apprentissage du logiciel s'est fait au fur et à mesure des séances.

Modes d'intégration instrumentale

Nous allons nous intéresser à l'intégration à partir de la dimension instrumentale. Nous dirons que le mode d'intégration instrumentale est la manière dont l'intégration prend en charge la dimension instrumentale. Nous avons identifié pour le moment quatre modes d'intégration instrumentale : le mode « initiation instrumentale », le mode « exploration instrumentale », le mode « renforcement instrumental » et le mode « symbiose instrumentale ». Pour préciser ces différents modes, nous allons utiliser plusieurs indicateurs : les types de tâches (TICE ou mathématique), les connaissances instrumentales (KI), les connaissances mathématiques (KM), le rapport entre les connaissances instrumentales et les connaissances mathématiques (Rap (KI/KM)).

Mode d'intégration « initiation instrumentale »

Les élèves ne connaissent pas le logiciel et sont initiés par des types de tâche « cabri » qui visent essentiellement des connaissances instrumentales (des connaissances propres au fonctionnement du logiciel). Le rapport entre les connaissances mathématiques et les connaissances instrumentales est minimal.

Dans deux des classes observées, les enseignants CB et FM ont proposé aux élèves deux séances d'initiation à partir de fiches téléchargeables sur le site de l'académie de Grenoble. Les types de tâches « cabri » sont les suivants : créer et déplacer un point, créer et déplacer une droite, créer et déplacer un cercle, créer un segment à partir de deux points, nommer des points. Voilà un exemple :

« Déplacer un point : approchez le curseur (en forme de croix cette fois) le plus près possible du point à déplacer, le curseur apparaît sous forme d'une main avec un doigt pointant et le message « ce point » apparaît juste à côté du point. Cliquez alors sur le bouton gauche de la souris et maintenez-le enfoncé. Déplacez la souris : le point suit de déplacement du curseur (en forme de main autour du point). »

Les élèves doivent lire une fiche et faire toutes les actions qui sont indiquées : ces actions sont des sortes « algorithmes » à suivre. Il n'a pas eu d'institutionnalisation collective de connaissances instrumentales. Les différents statuts des points ne sont pas mis en évidence et le déplacement est présent mais le fait qu'on peut utiliser le déplacement pour contrôler les constructions n'est pas souligné.

Dans ces séances d'initiation proposées aux élèves, le type de tâche est un type de tâche Cabri qui vise apprendre à construire et à déplacer certains objets mathématiques. Le rapport entre les KI et les KM est minimale. Nous sommes ici en présence d'une *initiation instrumentale*. En outre, cette initiation ne souligne pas assez les changements de contrat didactique : nous pensons essentiellement au rôle du déplacement et à l'apport de Cabri pour une approche expérimentale de la géométrie. Cette initiation met l'accent sur comment construire les objets mathématiques plutôt que sur le type de travail que le logiciel permet de faire avec ces objets là.

Mode d'intégration « exploration instrumentale »

Les élèves ne connaissent pas le logiciel et vont l'explorer à partir de types de tâches mathématiques : ces types de tâches peuvent viser autant de connaissances instrumentales que des connaissances mathématiques. Le rapport entre ces deux types de connaissances peut être variable : minimale jusqu'à maximale selon le type de tâche mathématique.

L'une de nos classes observées a commencé le travail à partir de ce mode d'intégration car l'enseignant TA n'a pas proposé des séances d'initiation. Les élèves ont découvert le logiciel à partir de types de tâches mathématiques, et en essayant d'explorer les fonctionnalités du logiciel pour accomplir ce type de tâches. Ici les connaissances instrumentales sont au service des types de tâches mathématiques mais le Rap(KI/KM) est minimale car le lien entre ces connaissances n'est pas mis en évidence. Un exemple est le suivant : les élèves doivent lire et suivre les consignes données par écrit et répondre aux questions.

LA MEDIATRICE

Trace le segment AB

Trace une médiatrice D du segment AB

Place le point M milieu du segment AB

1. Saisis le point A et fais le bouger :
 - a. Est-ce que le point M reste au milieu du segment AB ? Prouve ta réponse avec les fonctions du logiciel Cabri.
 - b. Est-ce que le segment AB et la médiatrice D restent perpendiculaires ? Prouve ta réponse avec les fonctions du logiciel Cabri.
2. Saisis le point B et fais-le bouger :
 - a. Est-ce que le point M reste au milieu du segment AB ? Prouve ta réponse avec les fonctions du logiciel Cabri.
 - b. Est-ce que le segment AB et la médiatrice D restent perpendiculaires ? Prouve ta réponse avec les fonctions du logiciel Cabri.
3. Saisis le point M et fais-le bouger :
 - a. Que constates-tu ?
4. Anime ta figure. Que constates-tu ?

Les élèves n'ont pas rencontré auparavant la notion de médiatrice : d'ailleurs cette notion ne fait pas partie du programme de l'école élémentaire. Le professeur présente cette activité qui est nouvelle pour les élèves qui ne connaissent pas ce qu'est la médiatrice d'un segment. L'objectif du professeur est la résolution de problèmes : ici, les élèves doivent faire des hypothèses sur ce qu'est la médiatrice d'un segment à partir des manipulations avec Cabri. Les élèves découvrent aussi par là comment créer un segment, la médiatrice de ce segment, le milieu de ce segment en explorant les commandes du logiciel. En demandant aussi de prouver les réponses qu'ils donneront, les élèves vont rencontrer d'autres connaissances instrumentales, par exemple mesurer un segment ou vérifier si une droite et un segment sont perpendiculaires. Cette « *exploration instrumentale* » peut avoir ses limites si le professeur à un moment ou un autre n'institutionnalise pas certaines connaissances instrumentales car celles-ci restent à la charge privée des élèves.

Mode d'intégration « renforcement instrumental »

Dans ce mode, le type de tâches est mathématique et les connaissances visées sont mathématiques. Le rapport entre KM et KI est maximale car des connaissances instrumentales sont indispensables à l'accomplissement de la tâche. Un exemple est le suivant : l'objectif du maître est que les élèves utilisent Cabri pour vérifier les propriétés d'un carré. Il ne veut pas donner une figure déjà construite : il veut que ce soit les élèves qui la construisent. Or il doit s'assurer que les élèves vont construire une figure « carré » et non un dessin « carré ». Pour cela il décide de demander aux élèves la tâche suivante : construire un carré en utilisant la primitive « polygone régulier ». Cette tâche est assez bien réussie par les élèves mais par contre la deuxième tâche « vérifier des propriétés du carré » se heurte à des difficultés instrumentales, notamment le fait que les élèves n'arrivent pas à mesurer les côtés du carré car la mesure qui est affichée est celle du périmètre. Tant que l'enseignant ne s'est pas décidé à faire un apport sur le fait qu'il fallait créer les segments pour pouvoir les mesurer (connaissance instrumentale) les élèves n'ont pas pu avancer. Cette description nous renvoie à l'importance de la dimension instrumentale : quelles interventions du maître pour que celles-ci ne deviennent pas des obstacles pour les apprentissages des élèves ? L'utilisation du « polygone régulier » nous est apparue intéressante car elle permet de construire un carré mais ce choix n'évite pas d'autres difficultés instrumentales : il semble difficile de contourner la dimension instrumentale même d'une manière astucieuse car on les retrouvera ailleurs et autrement. Il faut donc prendre en compte cette dimension instrumentale sans détours.

En analysant cette activité à partir des indicateurs définis précédemment, on peut remarquer que ce qui est premier d'abord est le type de tâche mathématique, le rap(KI/KM) est maximale. Nous sommes ici dans le renforcement instrumental car le professeur apporte les informations nécessaires en ce qui concerne la connaissance instrumentale manquante pour que la poursuite de la tâche mathématique puisse s'accomplir : on passe donc d'une exploration instrumentale à un renforcement instrumentale car il y a un apport d'information de la part de l'enseignant.

Mode d'intégration « symbiose instrumentale »

Nous n'avons pas observé dans les trois classes ce mode d'intégration mais nous l'avons identifié dans le cadre de l'ancien projet (Gélis & Assude 2002). Dans ce mode, les types de tâches mathématiques et instrumentales sont imbriquées très étroitement : on vise à la fois des connaissances instrumentales et des connaissances mathématiques dont leur rapport est maximale. Ici, la symbiose entre la KI et la KM existe : l'une fait avancer l'autre et l'imbrication entre le travail papier-crayon et Cabri est bien présente.

Conjecture sur le mode d'intégration instrumentale

Une première conjecture en ce qui concerne cette première année d'intégration est la suivante : la première année qu'un enseignant essaie d'intégrer le logiciel Cabri, la dimension instrumentale ne fait pas l'objet (même s'il y a des séances d'initiation) d'une attention suffisante de la part des enseignants mais elle n'est pas complètement absente. Quelques indices peuvent être indiquées pour cette faible prise en compte de la dimension instrumentale :

- l'exploration instrumentale ou l'initiation instrumentale ne sont pas suivies de mises en commun collectives pour que chaque élève puisse présenter aux autres ce qu'il a découvert du fonctionnement du logiciel ;
- le renforcement instrumentale est fait à chaque cas et individuellement ;
- il n'y a pas d'institutionnalisation des connaissances instrumentales ;
- le rôle de certaines des connaissances instrumentales n'est pas vraiment utilisé ou parfois même bien identifié par les enseignants (par exemple les statuts des points).

A partir de ce travail, nous pouvons essayer de définir un certain nombre de critères pour déterminer le degré d'intégration d'un logiciel dans les classes : l'un de ces critères est la prise en compte de la dimension instrumentale à un niveau important dans le travail de la classe. Or, dans nos classes, malgré la forte adhésion des enseignants, ils restent à un degré faible d'intégration. Nous verrons l'évolution pendant la deuxième année d'intégration.

Références

- Artigue M (1998), Rapports entre la dimension technique et conceptuelle dans l'activité mathématique avec des systèmes de mathématiques symboliques. *Actes de l'Université d'été 1996 " Des outils informatiques dans la classe... "*, IREM de Rennes, 19-40.
- Artigue M. (2001), Learning mathematics in a cas environment : the genesis of a reflection about instrumentation and the dialectics between technical and conceptual work. *Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7(3), 245-274.
- Artigue M & Lagrange J-B (1999), Instrumentation et écologie didactique de calculatrices complexes : éléments d'analyse à partir d'une expérimentation en classe de Première S. In Guin D (ed) *Actes du congrès " Calculatrices symboliques et géométriques dans l'enseignement des mathématiques "*, IREM de Montpellier, 15-38.
- Assude T., Capponi B., Bertomeu P. & Bonnet J.F. (1996), De l'économie et de l'écologie du travail avec le logiciel cabri-géomètre. *Petit x*, 44, 53-79.
- 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 (2004), Time management in the work economy of a class, *Educational Studies in Mathematics*, sous presse
- Gélis J.-M. & Assude T. (2002), 'Indicateurs et modes d'intégration du logiciel Cabri en CM2', *Sciences et Techniques Educatives*, 9-3.4, 457-490.
- Guin D & Trouche L (2002) (sous la dir), *Calculatrices symboliques, transformer un outil en un instrument du travail informatique : un problème didactique*, La Pensée Sauvage, Grenoble.
- Laborde C., Capponi B.: 1994, 'Cabri-géomètre constituant d'un milieu pour l'apprentissage de la notion de figure géométrique', *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 14-1.2, 165-210.

Lagrange J.B. (2001), L'intégration d'instruments informatiques dans l'enseignement : une approche par les techniques. *Educational Studies in Mathematics*, 43, 1-30.

Rabardel P (1999), Eléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques. *Actes de la Xème Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*, Houlgate, vol I, 203-213.