

4. Utilisation du Logiciel Cabri-géomètre en classe.

Exemple de l'insertion d'un logiciel dans un curriculum de collège.

Bernard CAPPONI
Collège de Moirans
LSD2-IMAG

Je voudrais montrer ici l'intérêt que présente pour un professeur de collège l'utilisation d'un logiciel comme Cabri-géomètre dans son enseignement puis fournir quelques réflexions sur les conditions d'utilisation dans une classe.

I. QUEL INTÉRÊT PRÉSENTE UN LOGICIEL POUR L'ENSEIGNEMENT DE LA GÉOMÉTRIE. ?

Dans cette partie je distinguerai plusieurs types d'utilisations intéressantes du logiciel avec des exemples pour illustrer le propos.

A. Des constructions

Les constructions constituent évidemment un domaine où cabri-géomètre apparaît comme particulièrement adapté. Il faudra cependant noter que les constructions que l'on réalise dans ce logiciel prennent tout leur sens quand les propriétés qui définissent une figure sont conservées par déplacement des objets de base. C'est d'ailleurs ainsi que je fais travailler les élèves : pour être validée une construction doit d'abord conserver les propriétés qui la caractérisent. Cet aspect particulier à cabri-géomètre change la nature du travail proposé aux élèves. Ce n'est plus un simple dessin qui doit être réalisé mais ils doivent fournir une description de la construction pour que la figure puisse être réalisée et conserve ses propriétés. Ainsi des travaux classiques réalisés en collège prennent un sens différent quand on les aborde dans un logiciel comme Cabri-géomètre. Voici trois exemples pour illustrer ceci.

Un triangle à côtés donnés

On donne, ou on fait construire par l'élève, trois segments quelconques, la tâche de l'élève est de construire un triangle qui a des côtés dont la longueur soit celle des trois segments donnés. Pour faire réaliser ce travail il est bon d'ajouter au menu **construction** une macro-construction **compas** qui permet de construire un cercle de centre donné et qui a pour rayon la longueur d'un segment donné.

La figure 1 illustre cet exemple avec les segments donnés [AB], [CD] et [EF] et le triangle construit RST.

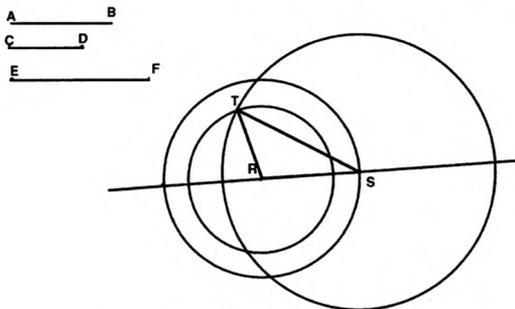


Figure 1

La construction est la même que celle qui utilise un compas pour la construction sur papier, mais on gagne ici la possibilité de changer les longueurs des segments initiaux et on peut sur la même figure étudier les conditions d'existence du triangle et traiter ainsi de

l'inégalité triangulaire. Le logiciel nous fait ici gagner un temps toujours précieux et permet de mieux comprendre la signification que revêt l'existence ou non du triangle relativement aux longueurs des côtés.

Centre du cercle circonscrit

Ce deuxième exemple permet aussi une construction classique avec des médiatrices (figure 2-a) et l'exploitation du déplacement pour les cas où les points sont alignés (figure 2-b).

La construction nécessite de donner au moins deux médiatrices pour obtenir le centre. L'élève doit expliciter les objets permettant la construction du cercle. Mais, l'intérêt ici est, outre la construction, la possibilité par un déplacement continu de "voir" le rayon du cercle augmenter jusqu'à la disparition, le rayon étant infini et les médiatrices parallèles. Une seule figure permet de visualiser tous les cas sans nouvelles constructions ni données supplémentaires à fournir puisqu'il suffit de saisir un point avec la souris pour le déplacer.

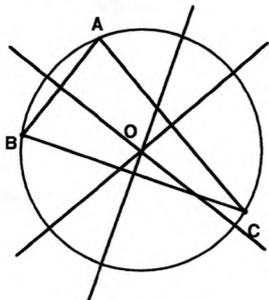


Figure 2-a

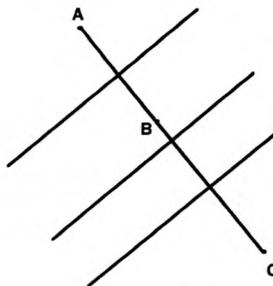


Figure 2-b

Tangente à un cercle

Le dernier exemple que je donnerai de construction est celui de la tangente à un cercle menée par un point donné. L'intérêt de ce type de construction est difficile à saisir pour les élèves parce que l'on obtient une très bonne approximation en construisant au jugé sur la papier. Ils ne voient donc pas l'intérêt de rechercher une "bonne" construction". Dans Cabri une construction "au jugé" ne peut pas convenir puisqu'elle n'est pas conservée par déplacement. Cabri-géomètre redonne un sens à cette construction. Mais cette construction permet aussi de se poser la question de la validité d'une construction fournie par un élève et permet ainsi de donner du sens à la recherche d'une preuve qui valide la construction fournie. Voici par exemple une construction fournie par un élève de troisième qui a donné lieu à un débat autour de la validation.

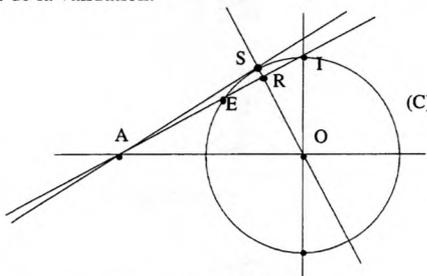


Figure 3

La tangente doit être menée du point A au cercle (C) (figure 3). Cet élève construit la droite (AO) puis la perpendiculaire (OI). La construction de (AI) ne donne pas perceptivement une tangente. Il construit alors la médiatrice de (EI) qui coupe le cercle en S. La droite (AS) est considérée par cet élève comme la tangente cherchée. Cette construction a été donnée à l'ensemble de la classe et a donné lieu à un débat très riche

pour reconnaître si cette construction fournit bien la tangente. Cabri géomètre peut fournir une première réponse en plaçant A très près du cercle. Mais une validation est aussi fournie par un raisonnement sur l'unicité de la perpendiculaire menée de A à la droite (OS). Dans ce contexte le raisonnement fournit une réponse qui a du sens pour les élèves dans la mesure où elle correspond à une question qu'eux-mêmes se sont posés à propos de cette construction.

Ces trois exemples illustrent la place que peut prendre Cabri-géomètre dans le domaine des constructions dans l'enseignement au collège.

Pour conclure ce paragraphe on peut dire que l'intérêt des constructions dans Cabri-géomètre c'est qu'elles nécessitent l'explicitation des propriétés et que par rapport au papier crayon on gagne la possibilité de parcourir la classe des figures.

B. Choix dans les menus

Un autre type d'utilisation consiste à demander aussi des constructions mais en jouant sur les outils mis à la disposition des élèves dans les menus. Je fournis ici deux exemples

Un parallélogramme sans donner droite parallèle.

Le premier exemple est simple et classique mais illustre bien l'intérêt de l'élimination de certains articles de menus.

Dans une étude sur le parallélogramme en classe de cinquième (élèves de 12 ans), si on supprime du menu **construction** l'article **droite parallèle**, on force à l'utilisation d'autres propriétés caractéristiques du parallélogramme pour la construction. Par exemple on peut construire le parallélogramme avec **milieu** et **symétrique** (par rapport à un point). Ainsi c'est la symétrie centrale qui caractérise le parallélogramme qui sera utilisée.

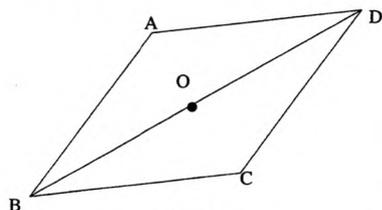


Figure 4

Construction	Divers
Point sur objet	Intersection de 2 objets
Milieu	Droite perpendiculaire
Symétrique d'un point	Bissectrice

Parallèle à menus réduits

Un autre exemple est fourni par une étude que j'ai pu mener sur la construction d'une parallèle à une droite donnée passant par un point donné sans disposer des articles **parallèle** ni non plus **cercle def par 2 points**. (Capponi 93). Cette tâche réalisée par des élèves de quatrième a montré que deux grands types de stratégies sont effectivement développées par les élèves :

- la première utilise les propriétés de la symétrie orthogonale (la droite qui joint un point et son symétrique est perpendiculaire à l'axe) et les propriétés des parallèles et des perpendiculaires (deux droites perpendiculaires à la même droite sont parallèles). Les élèves explicitent bien pour la plupart les propriétés qui entrent en jeu dans leur construction.

- la deuxième utilise la propriété des milieux ainsi que l'illustre la construction suivante.

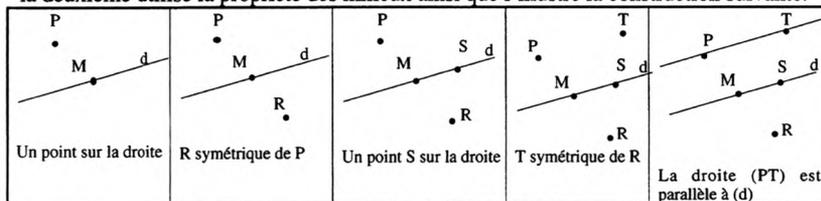


Figure 5

Les exemples de ce type sont nombreux et on peut dire que dans ce type d'utilisation les propriétés géométriques deviennent des outils de construction : ce ne sont plus des objets mais aussi des outils dans un domaine moins complexe que la démonstration.

C. Etudes de transformations.

Polygone et rotation

L'idée de "boîte noire" développée autour de Cabri-géomètre consiste à donner à l'élève une macro-construction produisant une certaine construction à partir d'objets initiaux donnés, sa tâche étant alors d'analyser le comportement de la figure produite pour réaliser une construction identique. Un travail de ce type a été étudié en détail dans le cadre de l'équipe DidaTech. (Boury V. 1993). On peut reprendre l'idée pour faire étudier des transformations géométriques comme la translation ou la rotation en collège.

On peut ensuite, de manière un peu analogue à ce qui est proposé avec les menus réduits, proposer des constructions aux élèves en ne leur laissant comme outil de construction que la rotation par exemple.

Soit par exemple la tâche suivante : En ne disposant que des menus de la Figure 6 construire un segment [AB] puis un carré de côté [AB].

		Construction Divers	1
		Point sur objet	
		Intersection de 2 objets	
Création	Construction Divers	Droite parallèle	
	Point de base	rotation	
	Segment		
	Droite passant par 2 points		

Figure 6

Cette construction rend opératoire la rotation dans une construction. Ce type de réalisation ne peut se concevoir sans un logiciel comme Cabri-géomètre.

Translation et vecteur

On peut faire un travail du même genre avec des translations et des vecteurs. Il est bon de disposer alors de macros constructions de translations avec aussi des représentations figurées de vecteurs comme sur la figure 7.

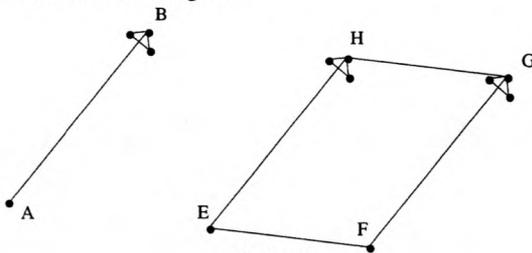


Figure 7

A partir du vecteur \vec{AB} et du segment [EF] on demande la construction d'un parallélogramme.

En conclusion pour ce qui est des transformations elles peuvent être étudiées d'abord à partir de leurs effets. Elles deviennent ensuite des outils de construction.

D. Des simulations

Un autre exemple d'utilisation particulièrement riche est celui des simulations. Il s'agit en fait de modéliser à l'aide Cabri-géomètre une situation qui ne relève a priori pas

directement de la géométrie. Je donne ici à ce sujet un exemple de situation physique et un exemple de traitement numérique.

Exemple du miroir

Le problème du miroir est classique et se trouve dans de nombreux ouvrages pour la classe de quatrième au chapitre de la propriété des milieux dans un triangle. Pour l'avoir utilisé dans ces classes j'ai pu observer la difficulté qu'ont les élèves à se représenter le phénomène physique. Ici Cabri-géomètre va permettre de construire une simulation du phénomène qui va donner du sens au traitement mathématique qui en est fait.

En classe on peut commencer à organiser un débat autour du miroir en commençant par des questions du type :

“J'ai un petit miroir de 10 cm de haut . est ce que je peux me voir en entier dedans ?” La conception la plus fréquente du phénomène fait intervenir la distance au miroir : plus on est loin et plus on verra une partie importante de l'image. Les limitations explicitées provenant du risque de se voir “trop petit” si on est loin. Ces conceptions sont étudiées par les élèves dans un travail “à la maison” où les élèves doivent essayer de déterminer s'il est possible de se voir en entier dans un petit Miroir. Le problème peut alors être traité à l'aide d'une simulation représentée par la figure 8 :

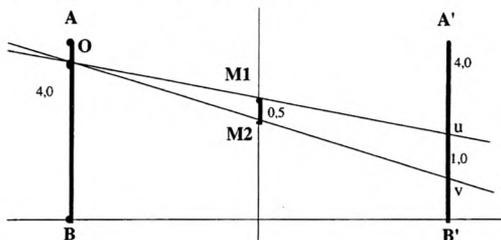


Figure 8

Sur cette figure AB représente un personnage qui se regarde dans le miroir M_1M_2 et $A'B'$ est son image dans une symétrie d'axe (M_1M_2) . O est l'œil du personnage (nous l'avons ajouté parce que des élèves l'ont introduit comme une variable de la situation). Dans cette simulation on peut avancer ou reculer le personnage par rapport au miroir et observer que ce qui est vu dans le miroir, c'est à dire uv ne varie pas (la longueur reste égale à 1). En agissant sur M_1 on ajuste la position du miroir (sans faire varier sa taille) et en agissant sur M_2 on augmente ou diminue la taille du miroir. Cette simulation permet de visualiser les différentes variables de cette situation et d'observer avant de démontrer que la condition pour que le personnage se voie en entier dans le miroir est que celui-ci ait au moins une taille égale à la moitié de AB.

Dans cette situation la simulation est indispensable pour modéliser le phénomène physique et pour pouvoir l'étudier dans de bonnes conditions, par exemple avec une tablette rétroprojectable, avec une classe.

Traitements Numériques

Un autre exemple de modélisation est celle que l'on peut réaliser sur un axe en représentant une variable numérique et son carré, son inverse ou son opposé. On peut construire aussi le produit, la somme ou le quotient de deux nombres quelconques. Ce type de représentation peut conduire, par exemple, à la comparaison de la somme et du produit de deux nombres ou à celle de l'évolution du produit de deux nombres quand la somme est constante.

Par ailleurs ce type d'outils rend possible l'étude des variations d'aires de triangles ou de quadrilatères ou les représentations graphiques de fonctions numériques en utilisant des lieux de points.

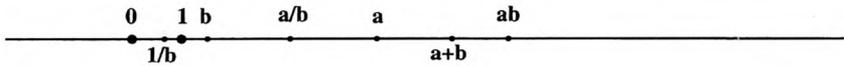


Figure 9

D'une manière générale les simulations permettent de traiter de manière dynamique des situations complexes.

E. Traitement dynamique de la figure

Il s'agit ici de situations où le déplacement d'un point sur un segment, un cercle ou une droite conduit à étudier des problèmes d'extremum ou des invariants de la figure, ou même parfois de lieux géométriques. Ce genre de problème est pratiquement impossible à étudier avec des élèves de collège si on ne dispose pas d'une représentation dynamique de la figure où le point variable est effectivement déplacé. La figure construite dans Cabri géomètre est utilisée pour explorer le phénomène qui doit être observé et conduit en général à une démonstration. J'en donne ici deux exemples.

La planche

Dans cette situation la construction de la figure est déjà un problème intéressant pour des élèves de troisième, par exemple. Il s'agit de représenter une planche dont les extrémités s'appuient sur un mur vertical et sur le sol. En déplaçant le point A on fait glisser la planche et on s'intéresse à la trajectoire du milieu.

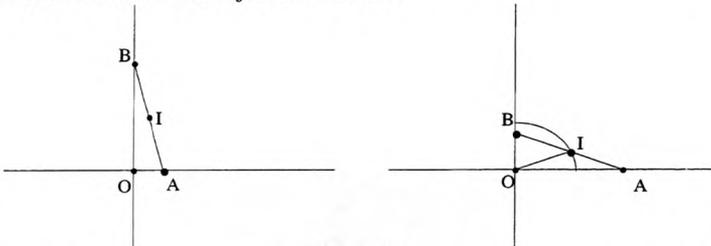


Figure 10

Cette situation paraît souvent insolite aux élèves mais peut se traiter avec des connaissances qui relèvent de la classe de quatrième.

Minimum

Dans cet exemple issu du travail sur le problème ouvert de l'IREM de Lyon (Arsac 88). Les élèves construisent un triangle ABC rectangle en A. P est un point de l'hypoténuse qui se projette orthogonalement en I et J sur les côtés de l'angle droit (Les cathètes disent nos amis suisses). Le problème consiste à étudier pour quelle position de P la longueur IJ est minimale.

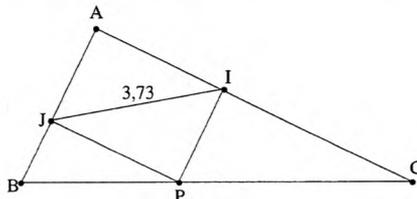


Figure 11

C'est la conservation du rectangle PIAJ dans le problème du minimum qui conduit à la solution et dans le problème de la planche c'est l'invariance de la longueur OI.

D'une manière générale le traitement dynamique de la figure met en évidence les invariants et permet une exploration qui conduit à l'explication du phénomène observé et à une démonstration.

Ces exemples illustrent quelques utilisations de Cabri-géomètre en classe et me semblent illustrer l'intérêt que l'on peut trouver à utiliser ce type de logiciel avec des élèves. L'utilisation peut être de plusieurs types que l'élève manipule lui même le logiciel en atelier ou que celui-ci soit utilisé comme un "imagiciel interactif" par le professeur - ou un élève- en classe entière. Le paragraphe précédent donne quelques informations sur les conditions d'utilisation en classe.

II. UNE SÉANCE AVEC CABRI-GÉOMÈTRE

Dans ce paragraphe je voudrais fournir quelques observations ou remarques concernant l'utilisation de Cabri-Géomètre dans une classe. La plupart de mes observations seront fondées sur l'expérience que j'ai pu acquérir avec mes collègues du Collège de Moirans en utilisant effectivement cabri-géomètre dans des classes du collège. Les premières expériences avec des groupes d'élèves datent de 1987 et l'utilisation avec des classes entières de 1990.

Dans un premier temps, il me semble nécessaire d'insister sur deux points particulièrement importants pour définir les conditions d'utilisation et qui conditionnent le succès ou l'échec des situations mises en place.

Tout d'abord il est nécessaire, comme pour toute séquence avec des élèves de déterminer avec soin l'objectif visé en termes de savoirs. Ensuite il faut préparer soigneusement la gestion matérielle d'une séance où l'on utilise Cabri-géomètre dans une classe, que cette utilisation soit collective ou au contraire si chaque élève travaille sur un ordinateur.

A. La connaissance du logiciel

Il ne faut pas négliger l'apprentissage à l'utilisation de Cabri-géomètre. Cette prise en main se fait rapidement parce que l'interface est très conviviale. Il n'en reste pas moins que des aspects liés à la communication avec l'ordinateur doivent faire l'objet d'un enseignement. Il en est ainsi de l'ouverture d'un fichier, de l'enregistrement d'une figure, du chargement d'un menu ou d'une macro-construction. Par ailleurs certaines caractéristiques du logiciel doivent faire l'objet d'un apprentissage comme le déplacement des objets de base ou les différents types de points (de base, sur objet ou d'intersection).

B. Le choix des menus

Construire une séance avec Cabri-géomètre, en particulier si les élèves construisent eux-mêmes des figures nécessite un choix judicieux des menus mis à la disposition des élèves. Ce choix relève de plusieurs types de nécessités :

1. simplifier l'interface

Dans les premières utilisations avec des élèves je choisis d'enlever les articles **Droite** et **Cercle** qui sont d'un emploi plus délicat que **Droite def 2 points** et **Cercle def par centre et point**. Cette suppression facilite les premiers contacts avec le logiciel. Par ailleurs suivant le niveau des élèves on peut supprimer certains articles comme **Symétrie centrale** en sixième ou **Lieu de points** dans les classes du collège. Ce dernier point peut être éventuellement discuté ainsi que le montre l'utilisation qu'en fait J.F. Bonnet (Cf son article dans ces actes) en développant la notion de "lieu mou".

2. choix de variables d'une situation : menus et macro-constructions.

Suivant les situations on peut être amené à limiter les menus ou à rajouter des macro-constructions. Des exemples ont été donnés dans la première partie de cet article. Ce choix doit être fait avec soin et permet d'enrichir beaucoup les possibilités jusque là à notre portée pour la création de situations didactiques.

C. L'observation des élèves

Suivant les besoins on peut simplement enregistrer les figures des élèves à la fin du travail et les analyser ensuite pour observer les étapes de leur travail grâce à l'article **Historique** du menu **Divers**. On peut aussi de manière plus fine enregistrer toutes les étapes de leur construction, y compris les suppressions en cours de construction, les hésitations, les effacements etc.. en utilisant le journal de session (Menu **Divers** sur Macintosh ou touches **F5-F6** sur PC). L'étude détaillée des procédures des élèves est souvent utile pour organiser les phases de bilan avec la classe entière après un atelier.

D. Les types d'utilisation dans l'enseignement

Suivant l'équipement dont on dispose ou suivant le type de séquence que l'on veut organiser avec les élèves on peut utiliser différemment le logiciel.

1. l'atelier

Si l'on dispose de suffisamment de machines, on peut mettre deux élèves par poste et leur donner un travail à réaliser seuls pendant une durée déterminée. Ce type d'utilisation nécessite une organisation relativement rigoureuse.

a. des élèves autonomes

Pendant la phase d'atelier la classe est constituée de groupes dont chacun travaille à son rythme. L'enseignant peut difficilement récupérer l'attention de la classe entière pour une remarque ou une modification de la consigne. Il est souhaitable que pendant cette phase d'atelier les élèves soient autonomes avec une tâche concrète à réaliser et à rendre (une figure, des remarques écrites sur une fiche par exemple). L'enseignant démarre la séance, fournit un document de travail et les limites horaires du travail. Il intervient ensuite dans les groupes pour aider les élèves et surveiller l'avancement du travail. Une séance d'atelier peut durer 20 minutes ou une heure et demie ... tout dépend du type de tâche et de l'organisation des salles. Pour ma part je préfère une disposition où les ordinateurs sont dans une salle de classe suffisamment grande pour qu'une classe ordinaire puisse s'y dérouler. Nous avons pu observer qu'une telle disposition avait aussi été adoptée au Collège de Solliès-Pont¹.

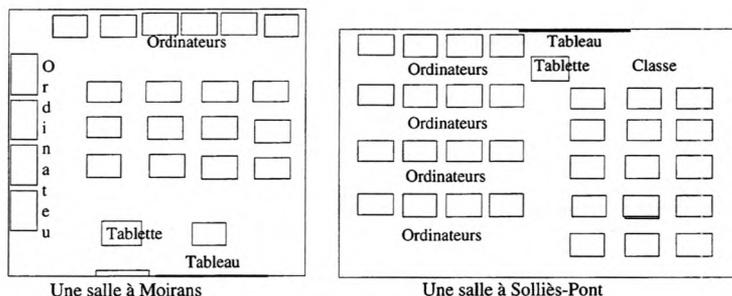


Figure 12 : exemples d'aménagements de salles.

Je pense que à mesure que l'équipement des établissements se poursuit, il faut peser pour que ce type d'organisation soit retenu. Dans la gestion des salles de l'établissement, cette salle est une salle normalement attribuée à un professeur qui utilise souvent les ordinateurs (par exemple) et chaque collègue qui veut travailler avec les machines permute avec lui. L'organisation au jour le jour se négocie alors en équipe.

¹ Au cours de l'exposé on a pu observer quelques aménagements avec des élèves au travail sur des bandes vidéo.

b. l'exploitation de l'atelier

L'atelier doit le plus souvent donner lieu à un bilan collectif pour exploiter le travail des élèves. Dans certains cas l'atelier peut durer 30 à 40 minutes et le bilan se faire en fin d'heure. Le plus souvent le bilan peut se faire à une séance suivante. Ce bilan peut être fait par l'enseignant seul à l'aide d'une tablette retrojetable ou bien en faisant intervenir des élèves à propos de leur constructions. J'ai souvent utilisé ces bilans comme point de départ pour des activités de raisonnement ou de démonstration. Il me semble important de souligner que la phase d'exploitation est indispensable pour recadrer le travail des élèves.

2. Une tablette dans une classe

A défaut de pouvoir réaliser des ateliers, on peut utiliser une tablette rétroprojetable pour projeter des figures de Cabri-géomètre. On peut ensuite organiser un débat autour de cet imagiciel interactif. Les élèves peuvent venir manipuler la figure (comme dans l'exemple du miroir) ou réaliser ou modifier une construction. De nombreux professeurs utilisent Cabri-géomètre de cette façon. L'exemple des travaux de Danielle Bergue présentés dans cette université d'été illustrent bien un type de fonctionnement avec débat.

3. L'ordinateur : un outil disponible dans un travail de groupes

A la suite d'un atelier, ou pendant une séance de travail de groupes dans une classe, il m'est souvent arrivé de laisser des élèves qui le souhaitent utiliser un ordinateur pour analyser certaines figures de géométrie et explorer des propriétés. En général cette utilisation est librement décidée par le groupe pour faire avancer une réflexion. La tâche principale dans ce cas là n'est pas une figure à produire sur Cabri-géomètre mais un document ou une affiche où le logiciel n'est pas indispensable. Les élèves apprécient cependant la qualité des figures produites et l'exploration qui peut être faite à l'aide du logiciel. Notons que suivant le type d'activités ils utiliseront d'autres types de logiciels comme des tableurs par exemple.

En conclusion de cet exposé je noterai que l'utilisation de Cabri-géomètre en classe me semble être un outil remarquable pour faire accéder les élèves à la notion de propriété géométrique dès le début de la classe de sixième. Le logiciel aide à explorer des figures et dégager des invariants et sert de point d'appui pour le raisonnement déductif. C'est la validation d'une construction qui donne petit à petit du sens à la démonstration. Je noterai pour finir que l'ergonomie du logiciel et la qualité de la modélisation géométrique sont pour beaucoup dans la réussite des situations qui sont mises en place avec les élèves. Je souhaite simplement que rapidement tous les professeurs puissent disposer des moyens matériels qui permettent d'exploiter pleinement les qualités de Cabri-géomètre.

Références

- ARSAC. G. GERMAIN G, MANTE M. (1988) Problème ouvert et situation problème IREM de Lyon.
- BELLEMAIN F., CAPPONI B., (1992), Spécificité de l'organisation d'une séquence d'enseignement lors de l'utilisation de l'ordinateur. *In Educational Studies 23 (1992), n° 1, pp. 59-97.*
- BERGUE D., (1992), Une utilisation du logiciel "Le géomètre" en 5ème, *Petit x n° 29 pp. 5-13.*
- BOURY . V. 1993 La distinction entre figure et dessin en géométrie. Etude d'une "Boîte Noire" sous Cabri-géomètre. mémoire de DEA, Grenoble : Université Joseph Fourier.
- CAPPONI B., LABORDE C., (1991). Cabri-Géomètre, un environnement pour l'apprentissage de la géométrie élémentaire. *Actes de la VIème école d'été de didactique des mathématiques 1991, Plestin les Grèves, pp. 220-22.*
- CAPPONI B., STRÁBER R., (1992). Cabri-Géomètre in a college Classroom. Teaching and Learning the cosine function with Cabri-Géomètre. *Zentralblatt für Didactik des Mathematik, 90/5, pp. 171-90.*
- Capponi 93
- CAPPONI. B., (1993) Modifications des menus dans Cabri-géomètre, des symétries comme outils de construction. *Petit x n° 33 pp. 37 à 68, 1992-1993.*

GUILLERAULT M. (1991): *La gestion des menus dans Cabri-géomètre, étude d'une variable didactique*, mémoire de DEA, Grenoble : Université Joseph Fourier.
LABORDE C., (1992), Solving Problems in computer based geometry environments : the influence of the features of the software ; *Zentralblatt für Didaktik des Mathematik.* 92/4, pp. 128-35.

