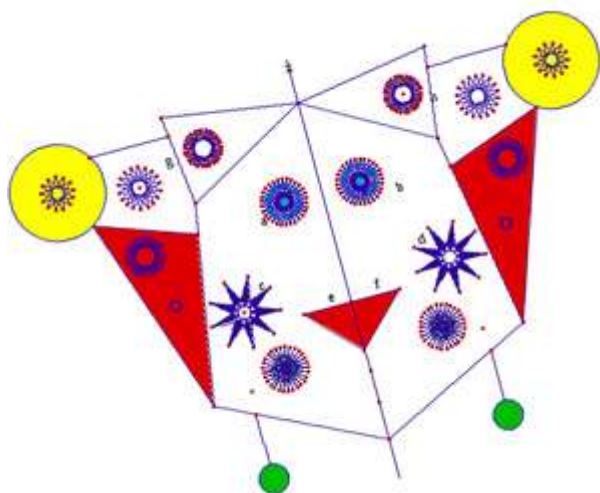


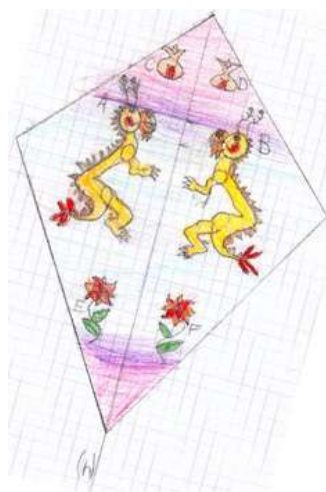
LAVIE-BLONDY Marie-Pierre

Mémoire professionnel PE2

Directeur de mémoire : Jean-François Bonnet



La géométrie dynamique peut-elle
se décliner autour de différents outils ?



IUFM de Nice

Site de La Seyne-sur-Mer

Session 2002 - 2003

Sommaire

I.Introduction.....1

A.L'émergence d'un questionnement..... 1

B.La formulation de la problématique..... 1

II.L'élaboration de séances de géométrie dynamique, un enjeu dans l'enseignement de la géométrie à l'école élémentaire.....2

A.De la démarche intuitive à la démarche expérimentale..... 2

1.De la prise en main d'objets à leur manipulation réfléchie..... 2

2.Du dessin à la figure géométrique..... 3

3.Du langage d'évocation au vocabulaire spécifique..... 3

B.Les supports pédagogiques présents dans les écoles..... 4

1.Les programmes 2002..... 4

2.Le document d'application..... 4

3.Les manuels scolaires..... 5

C.La géométrie dynamique :..... 5

1.Présentation..... 5

2.À l'école primaire..... 6

III.Quelques pistes pour décliner la géométrie dynamique autour de différents outils.....8

A.Le contexte de l'expérimentation..... 8

1.Le travail coopératif..... 8

2.L'école..... 8

3.La classe..... 9

4.Le projet..... 9

B.Le dispositif mis en place..... 10

1.Les ateliers tournants..... 10

2.Les dossiers individuels..... 12

C.Les analyses de séances :..... 13

1.Séance 1..... 13

2.Séance 2..... 17

3.Séance 3..... 21

4.Séance 4..... 25

5.Séance 5..... 27

IV.Conclusion.....29

V.Bibliographie.....32

1.Textes officiels..... 32

2.Articles de recherche, supports de cours..... 32

3.Sites web..... 32

VI. Annexes..... I

A. Les dossiers individuels remis aux élèves..... I

1. Séance 1.....	I
2. Séance 2.....	I
3. Séance 3.....	I
4. Séance 4.....	I
5. Séance 5.....	I

B. Les écrans des activités de Cabri-géomètre..... I

1. Séance 1.....	I
2. Séance 2.....	I
3. Séance 3.....	I
4. Séance 4.....	I

C. Les cerfs-volants des élèves..... I

I. Introduction

A. L'émergence d'un questionnement

« Et maintenant, géométrie ! » dit la maîtresse. Les élèves sortent alors promptement de leur casier un cahier, une règle, une équerre, un compas et un manuel scolaire. À plusieurs reprises j'ai assisté à cette scène dans des classes, et cela ne m'a pas laissée sans question. En effet, y-aurait-il une seule panoplie du géomètre ? Je me suis alors plongée dans les programmes et j'ai pu constater, avec soulagement, que les instructions officielles conseillaient un cadre d'action varié et novateur. Il y est même inscrit que le recours à des supports informatiques « de géométrie dynamique » permettait de diversifier les points de vue sur une notion. Quelle aubaine ! Le mémoire était donc l'occasion rêvée pour explorer les pistes pédagogiques et didactiques de l'intégration d'une nouvelle approche de la géométrie en cycle 3.

B. La formulation de la problématique

L'année dernière, à l'occasion de séances de géométrie dynamique avec le logiciel Cabri-géomètre en cycle 3, les apports bénéfiques d'une telle pratique m'ont semblé indéniables. Inéluctablement, la « géométrie dynamique » reste toujours associée à des activités sur ordinateur avec des logiciels spécialisés, or il me semble intéressant de savoir si on peut faire de la géométrie dynamique sans le support informatique. La formulation de ma problématique a donc découlé de ce questionnement : la géométrie dynamique peut-elle se décliner autour de différents outils ?

II. L'élaboration de séances de géométrie dynamique, un enjeu dans l'enseignement de la géométrie à l'école élémentaire.

A. De la démarche intuitive à la démarche expérimentale

De la maternelle au lycée, l'appréhension des problèmes de géométrie évoluent dans leur approche d'une démarche intuitive, en contact avec les objets physiques, vers une démarche déductive, avec des raisonnements sur des objets mathématiques. L'articulation entre ses deux stades, et qui concerne de très près l'enseignement de la géométrie au cycle 3, se fait par la démarche expérimentale (*Anfré, 2002*). À partir d'actions proches de la réalité physique, l'élève va construire son savoir en mettant en relation des objets géométriques, et en découvrant leurs propriétés et leurs relations. La pratique régulière d'activités de manipulations, de représentations et de langage est à la clé de cet enjeu.

1. De la prise en main d'objets à leur manipulation réfléchie

Comme nous le rappelle *Jean-François Grelier*, «manipuler n'est pas l'objectif, manipuler est un moyen pour construire du savoir ». Le passage de l'espace perçu à l'espace conçu sera donc un passage de l'objet au concept. Les deux domaines sont en interaction permanente dès lors que l'on a admis que comprendre permet de mieux voir et réciproquement. Ce passage correspond aussi à la distinction entre les problèmes spatiaux, dont la finalité concerne l'espace sensible, et les problèmes de géométrie, dont la finalité concerne l'espace conceptualisé des objets géométriques et de leurs relations (*Berthelot R. et Salin M-H, 2002*). Longtemps mis en opposition dans le choix des programmes scolaires, ils sont pourtant, comme le démontre l'histoire de la géométrie euclidienne, en forte imbrication. L'importance est donc capitale de donner accès à ces deux espaces aux élèves en construction d'apprentissages géométriques.

2. Du dessin à la figure géométrique

La figure est définie comme étant la classe de dessins ayant les mêmes invariants géométriques. Deux élèves peuvent avoir produit deux dessins différents, mais pour autant avoir la même figure géométrique. L'élève va devoir se détacher de l'idée de la solution unique pour comprendre qu'il peut exister une infinité de solutions en réponse à un énoncé. Pour cela, « la validation d'une figure obligera à un retour vers l'énoncé, à un inventaire des propriétés exigées, et à la vérification de leur permanence » (*Bonnet J-F, 2002*). Dessiner en géométrie c'est construire des relations spatiales qui mises en réseau permettent l'émergence de propriétés et de relations entre les objets géométriques. L'enseignement de la géométrie doit donc offrir très tôt la possibilité aux élèves de multiplier leurs expériences de représentations de figures géométriques en les confrontant non pas à une solution érigée en modèle, mais à des configurations valides. De cela dépend entre autre la capacité des élèves à formuler des conjectures en géométrie.

3. Du langage d'évocation au vocabulaire spécifique

L'un des objectifs de l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire est la mise en place d'un vocabulaire précis et expert. L'enseignant doit veiller à ce que la polysémie et la mise en contexte spécifique des mots ne nuisent pas à l'acquisition des concepts par les élèves. C'est pourquoi les élèves doivent être mis en situation de lectures d'écrits de supports d'activités géométriques (prises d'informations ciblées), mais ils doivent aussi produire des écrits au cours des séances de géométrie (écrits de recherche, programmes de constructions, écrits de référence, écrits de communication, proposition d'énoncés, explicitation de démarches...). Le langage mathématique se caractérise aussi par des conventions d'écriture qu'il est important de connaître et de savoir utiliser.

B. Les supports pédagogiques présents dans les écoles

1. Les programmes 2002

(...) L'objectif principal est de permettre aux élèves d'améliorer leur « vision de l'espace » (repérage, orientation), de se familiariser avec quelques figures planes et quelques solides et de passer progressivement d'une géométrie où les objets et leurs propriétés sont contrôlés par la perception à une géométrie où ils le sont par explication de propriétés et recours à des instruments. (...)

Atteindre cet objectif passe par la mise en place d'un enseignement prismatique de la géométrie :

- une géométrie expérimentale qui se décline autour de cinq types d'activités : comparaison, reproduction, description, représentation, construction.
- une géométrie des outils qui vise un maniement adapté des instruments par les élèves.
- une géométrie par le langage qui dote les élèves du vocabulaire spécifique.

Les élèves doivent ainsi être capables de « résoudre des problèmes dans l'espace ordinaire, dans celui de la feuille de papier ou sur l'écran d'ordinateur ».

2. Le document d'application

Le document d'application vient compléter le cadre général des programmes en conseillant des orientations pédagogiques :

- intégrer des TICE en classe, avec en particulier l'utilisation de logiciels de « géométrie dynamique » qui permettent de « varier les points de vue sur un même concept ».
- proposer aux élèves des structures de travail variées en adéquation avec les objectifs visés : alternance du travail en équipe et du travail personnel.
- mettre à disposition des élèves un matériel riche et varié qui permet différentes entrées dans la construction du savoir : découverte, recherche, entraînement...

3. Les manuels scolaires

À la lumière des travaux actuels de recherche de *Berthelot R. et Salin M-H* à l'Université de Bordeaux, on constate que les manuels scolaires présentent très majoritairement des activités dites « d'ostention assumée » dans les manuels les plus anciens et « d'ostention déguisée » dans les manuels plus récents. La notion « d'ostention » est définie par Il Ratsifnba-Rajohn en 1977 par le fait que l'enseignant donne aux élèves « tous les éléments et relations constitutifs de la notion visée. Dans le cas de « l'ostention assumée », il s'agit d'activités pour lesquelles les connaissances sont directement présentées en s'appuyant sur un exemple choisi et commenté, ensuite l'élève applique dans un autre cas ses nouvelles connaissances (démarche déductive). Du fait de l'apparition dans les programmes de la nécessité de mettre les élèves en situation de résolution de problèmes, les activités ont évolué dans leur forme : phase de recherche, activités de découverte, puis phases d'institutionnalisation et de réinvestissement. La plupart du temps les élèves ne sont pour autant pas en réelle situation de recherche puisque les supports induisent très fortement, voire explicitent dans les consignes, les outils et les démarches de résolution à utiliser. Les manuels n'intègrent pas encore les nouvelles technologies comme outil en géométrie, ni des activités de manipulation avec du matériel varié. Les activités mettent en jeu les outils traditionnels de la géométrie : papier, règle, compas, équerre. Bien sûr un manuel ne donne pas un état des lieux de la pédagogie des maîtres en classe, ni l'utilisation qu'il en fait, mais l'analyse comparée des ouvrages permet tout de même de dresser un état des lieux sur les pratiques.

C. La géométrie dynamique :

1. Présentation

La notion de géométrie dynamique est intimement liée à la conception du logiciel Cabri-géomètre (CAhier de BRouillon Informatique pour la géométrie). En effet, les bases de développement de cet outil mettent en jeu une approche différente de la géométrie qui a été le fruit de nombreux

travaux de recherche dans les années 1980 (Université Joseph Fourier de Grenoble, CNRS dans le laboratoire de Structures Discrètes et de Didactique, dans l'équipe EIAH du laboratoire Leibniz), et d'un partenariat avec Texas Instrument en 1985.

La fonction dynamique de cet outil tient au fait que « toute construction faite à partir de primitives géométriques garde ses propriétés dans le déplacement des objets de base qui a servi à sa construction » (*Massola J-P, 2000*). Les fonctionnalités de ce logiciel permettent donc de dessiner des figures géométriques et d'en étudier les propriétés et les relations par transformation des éléments constitutifs.

Le logiciel Cabri-géomètre, tout comme Word pour le traitement de texte, ne propose pas d'activités préparées, c'est à l'utilisateur d'en créer. S'il souhaite donc faire de la géométrie dynamique, il lui faudra inventer des activités qui soient dans cet esprit. Ces activités devront prendre en compte que des tâches, qui étaient l'objectif final de l'enseignement traditionnel, sont maintenant automatisées et ne sont plus l'enjeu premier dans un contexte de géométrie dynamique. À l'instar de la calculatrice, les procédures d'utilisation de l'outil mettent en jeu des processus cognitifs qui permettent de construire la pensée mathématique. La géométrie dynamique aurait-elle une vie sans Cabri-géomètre ? Nous verrons dans ce mémoire que ce concept peut être étendu à d'autres supports de travail, à condition que les activités proposées servent des objectifs très précis.

2. À l'école primaire

Essentiellement étudiée dans l'enseignement secondaire la géométrie dynamique n'occupe qu'une place très discrète dans la littérature à l'école primaire. Quelques expérimentations sur l'intégration de Cabri-géomètre en milieu scolaire sont menées dans plusieurs académies. Comme par exemple, *Jean-Pierre Massola* avec des classes de cycle 2 et 3 (IUFM de Paris), *Teresa Assude* (Université Paris 7, IUFM de Versailles) et *Jean-Michel Gelis* (INRP, IUFM de Versailles) avec une classe de CM2 dans l'académie de Versailles. Dans les deux cas, il est souligné l'importance de mener en parallèle des activités sur support papier-crayon, travail

absolument nécessaire pour une construction complète des acquis. *Cabriole* (n° 6), une revue en ligne spécialisée sur Cabri-géomètre et ses utilisations en classe, conseille : « Si Cabri doit servir à l'école primaire, ce n'est assurément pas principalement comme outil de construction, mais comme outil de démonstration collective et de manipulation individuelle, à travers des figures déjà construites qu'il suffit de manipuler et qui constituent ainsi des "objets pour apprendre avec", c'est-à-dire des aides à la construction d'images mentales riches et dynamiques. »

Inscrite officiellement dans les programmes, et commençant à émerger comme voie d'apprentissage à l'école primaire, la géométrie dynamique est certainement une piste pédagogique d'avenir.

III. Quelques pistes pour décliner la géométrie dynamique autour de différents outils.

A. Le contexte de l'expérimentation

1. Le travail coopératif

Patricia Nicaise (PE2) et moi-même étions toutes les deux intéressées par des problématiques sur la géométrie dynamique et l'utilisation de Cabri-géomètre avec des élèves de cycle 3, nous avons choisi de travailler ensemble. Pour des raisons logistiques (équipement en informatique des écoles, motivation des maîtres à participer à un projet), et d'enrichissement de nos projets individuels initiaux, nous avons réalisé nos séances de stage filé ensemble en s'appuyant sur des séances basées sur le fonctionnement en ateliers tournants. La conception des ateliers a été faite de concert. C'est à partir d'un travail en coopération que nous proposons deux mémoires professionnels avec des problématiques distinctes :

- Quels sont les enjeux de l'utilisation de la géométrie dynamique sur ordinateur à l'école élémentaire ? (Patricia Nicaise)
- La géométrie dynamique peut-elle se décliner autour de différents outils ? (Ce mémoire)

2. L'école

L'école Léo Lagrange 2 à la Seyne-sur-Mer est équipée d'une salle informatique moderne d'une quinzaine de postes de travail. L'année dernière le directeur, Monsieur Jean-Claude Navetti, a suivi un stage de formation sur le logiciel Cabri-géomètre. Conquis par la géométrie dynamique il en a doté son école de 12 licences. Son enthousiasme pour que prenne place notre expérimentation dans son école, et plus particulièrement dans sa classe (jouxant la salle informatique), a été décisif dans notre choix, et la réussite de notre projet. Je tiens à remercier tout particulièrement Mademoiselle Maryline Landi, qui assure la demie décharge du directeur, et qui a participé activement au projet en

proposant d'encadrer l'un des ateliers tournant par séance. Deux réunions préparatoires au projet nous ont permis de coordonner nos actions mutuelles, et d'affiner nos objectifs.

3. La classe

23 élèves (12 filles et 11 garçons) composent cette classe de CM2. Habités à travailler en petits groupes, les élèves ont accueilli l'idée de projet, et d'activités en ateliers avec enthousiasme. Leur implication tout au long des cinq séances a été sans faille. Certains élèves ont malheureusement manqué les séances du samedi matin, ces absences étant habituelles depuis le début de l'année.

4. Le projet

À cette période de l'année, les élèves avaient travaillé sur le repérage et l'utilisation de quadrillages, de plans, de cartes. La programmation annuelle en géométrie de l'enseignante en était alors au traitement de la symétrie axiale. Les objectifs notionnels fixés par les instructions officielles sont :

- percevoir qu'une figure possède un ou plusieurs axes de symétrie,
- vérifier, en utilisant différentes techniques, qu'une droite est axe de symétrie d'une figure,
- tracer sur papier quadrillé, la figure symétrique d'une figure donnée par rapport à une droite donnée,
- compléter une figure par symétrie axiale,
- utiliser à bon escient le vocabulaire suivant : figure symétrique d'une figure donnée par rapport à une droite, axe de symétrie.

Le projet s'est donc bâti autour des objectifs notionnels de la symétrie axiale avec comme thématique de projet : les cerfs-volants. Suite aux séances du stage filé, il est prévu que les élèves construisent l'un de leurs cerfs-volants en Tyvex (matériel habituellement usité pour les cerfs-volants) et les testent en vol sur la plage des Sablettes. Cette phase sera fort probablement mise en oeuvre au mois de juin. Elle permet un prolongement en géométrie sur les notions d'agrandissement et de réduction.

B. Le dispositif mis en place

1. Les ateliers tournants

Les cinq séances ont duré toute la matinée, et les élèves sont répartis en trois groupes hétérogènes et fixes pour l'ensemble des séances. Ils doivent réaliser les trois ateliers A, B et C qui leur sont proposés, chacun durant environ trente minutes. Chaque groupe est suivi par une même enseignante durant la séance, qui change de groupe la séance suivante. L'ordre de passage des groupes d'élèves dans les ateliers est différent pour chaque groupe, mais identique d'une séance à l'autre (cela permet d'ajouter une variable d'observation à notre expérimentation) :

Groupe 1 : C-B-A

Groupe 2 : B-A-C

Groupe 3 : A-C-B

En début de séance nous prenons dix minutes avec l'ensemble de la classe pour lire et commenter le résumé sur les cerfs-volants que nous avons composé pour eux (cf *Annexe A.*). Cet apport culturel leur procure un plaisir apparent qui les met déjà en situation de découverte. De même, en fin de séance, les élèves sont invités à prendre leur temps pour rédiger les réponses de la partie finale du dossier qui leur avait été remis, puis une mise en commun sur la séance leur a été proposée (environ dix minutes). Même si les problématiques de nos mémoires s'intéressent essentiellement à la géométrie dynamique, il n'est pas question de traiter l'ensemble des objectifs fixés sur la symétrie axiale par les instructions officielles par des activités exclusivement de géométrie dynamique. D'ailleurs, comme nous le verrons au cours de ce mémoire, cette démarche serait illusoire et vouée à l'échec.

Chaque séance est construite autour de trois ateliers dont les types d'activités sont récurrents au cours des séances. Les élèves ont la liberté de communiquer entre eux durant les ateliers, et nous les incitons fortement à coopérer et à échanger durant les phases de recherche ou de découverte.

- Atelier A , dit de « géométrie statique » :

Les activités de cet atelier sont proches de celles proposées dans les manuels. Basées essentiellement sur la déclinaison des objectifs sur support papier-crayon, nous avons toutefois veillé à offrir un large choix dans les outils proposés. Ainsi, les élèves peuvent tester, améliorer, varier des procédures différentes pour une même compétence. Nous avons appelé cet atelier « géométrie statique » en contraste avec les deux autres ateliers que nous avons conçus sous l'angle de la « géométrie dynamique ». Toutefois, dans cet atelier, les élèves ont aussi réinvesti des savoirs-faire acquis dans l'atelier B. Ceci a été possible car nous n'avons pas enfermé les consignes des activités dans des procédures de résolution unique.

- Atelier B , dit de « géométrie dynamique manuelle » :

Dans le cadre de ma problématique, cet atelier est tout particulièrement central. En effet c'est ici que nous avons tenté de décliner, autant que cela fut possible, des activités de « géométrie dynamique » mais sans l'outil informatique. Des activités mettant en jeu la manipulation d'objets, et d'outils en contexte de géométrie dynamique ont permis de faire émerger des relations entre objets géométriques (figures symétriques, axe de symétrie).

- Atelier C, dit de « géométrie dynamique numérique » :

Le logiciel Cabri-géomètre II a permis de créer des activités autour de la symétrie axiale en proposant des situations qui mettent en jeu, autant que possible, des situations de géométrie dynamique. En effet, comme nous l'avons évoqué dans la partie théorique, l'outil numérique n'est pas en soi générateur de situations de géométrie dynamique. Elles dépendent des activités que l'enseignant va créer. Aucune séance d'initiation à l'outil Cabri-géomètre n'a été nécessaire. Dès la première séance, les activités sont en relation directe avec nos objectifs notionnels sur la symétrie axiale. La découverte des fonctionnalités du logiciel s'est accomplie tout au long des séances, soit par rapport aux besoins relatifs des activités, soit par l'exploration individuelle des menus contextuels par les élèves. L'ergonomie du logiciel est suffisamment cohérente et explicite pour que des élèves, déjà familiarisés avec l'utilisation de l'ordinateur, en aient une

manipulation intuitive et aisée. Les élèves ont fait l'expérience par eux-mêmes de l'existence de différents statuts des points (points libres, fixes ou semi-libres) en manipulant les figures à l'écran. Dans le cadre de la première séance, ils ont par exemple très vite fait l'analogie entre les points de la figure construite par symétrie axiale (points fixes) avec le reflet non-préhensible d'un objet dans un miroir. Pour modifier l'emplacement des points de la figure symétrique, il leur fallait modifier l'emplacement de ceux de la figure initiale (points libres).

2. Les dossiers individuels

A chaque séance les élèves reçoivent des dossiers individuels (cf *Annexe A*) qu'ils ont à consulter et à compléter. Les consignes de chaque atelier y figurent ainsi que dans certains cas le support des activités. Ils nous remettent ces dossiers dûment complétés à la fin des séances. Le recueil des traces écrites est de différents types : validation d'exercices, description de procédures mises en jeu lors de résolution de situations, avis critique et motivé sur les activités de la séance. Concernant la partie « sondage » des élèves, nous avons choisi de faire évoluer délibérément notre questionnement au cours des séances. Les élèves ont à répondre à des questions du type « qu'est-ce que j'ai préféré ? », puis « qu'est-ce que j'ai appris ? ». Ces différents supports écrits ont permis d'atteindre plusieurs objectifs :

Pour les élèves :

- varier les types de tâches : travail d'émulation collective à l'oral, puis investissement personnel sur un travail dont on laisse une trace écrite.
- s'exercer à l'utilisation raisonnée du vocabulaire spécifique.

Pour les enseignant(e)s :

- se constituer une base de données exploitables a posteriori pour notre expérimentation.
- avoir une mesure évolutive de l'appréciation des séances par les élèves.

C. Les analyses de séances :

1. Séance 1

✓ Objectifs notionnels :

- Percevoir qu'une figure possède un ou plusieurs axes de symétrie.
- Utiliser à bon escient le vocabulaire suivant : figure symétrique d'une figure donnée par rapport à une droite, axe de symétrie.

L'œil, outil de perception visuelle, va être impliqué dans cette séance par la mise en perspective de deux types de sollicitation : la construction de la conjecture de propriétés d'objets géométriques à partir d'images fixes (atelier A) et à partir d'images modifiables et animées (ateliers B et C).

✓ Les ateliers de « géométrie dynamique »

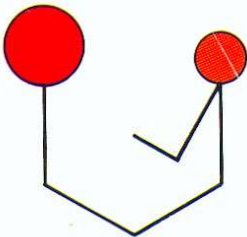
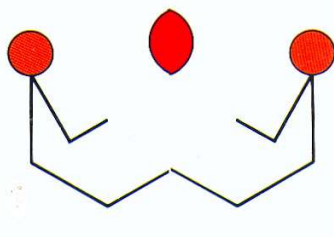
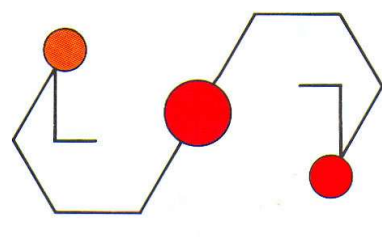
Les deux ateliers de géométrie dynamique s'appuient sur l'approche de l'animation d'images fixes par les élèves. Percevoir une situation géométrique (figures symétriques par rapport à un axe), c'est appréhender les caractéristiques liées aux relations entre les objets géométriques mis en jeu. Déformer, transformer une figure tout en lui conservant ses propriétés, sont a priori les meilleures approches. L'élève passe alors d'une représentation unique à l'ensemble des situations qui répondent aux mêmes critères géométriques. Les activités proposées ont pour objectifs de mettre en évidence :

- la relation de dépendance entre une figure et son symétrique par rapport à un axe. (atelier C)
- la relation des deux figures symétriques par rapport au positionnement d'un axe. (atelier B)

Atelier B : « Géométrie dynamique manuelle » :

Extrait de l'activité :

« L'activité consiste à trouver comment tu dois placer le miroir sur le modèle pour représenter successivement, chaque motif dessiné. Attention cela n'est pas toujours possible ... Quand cela est possible, trace alors sur le modèle correspondant la position du miroir. »

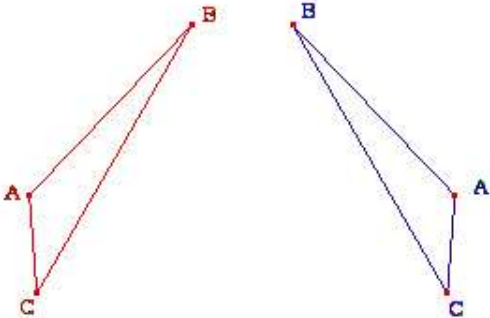
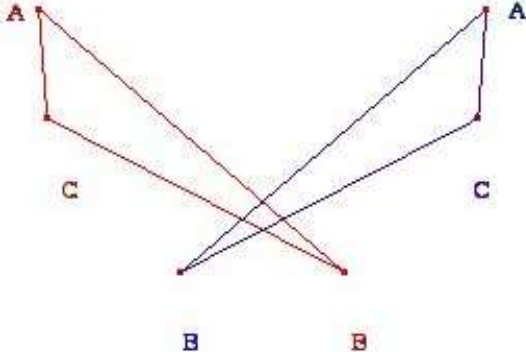
		
Modèle	Motif possible	Motif impossible

Chaque élève a à disposition un miroir et des fiches avec les modèles et les motifs correspondants. Il y a en tout quatre modèles différents et quatre motifs par modèle. Dans chacune des séries il y a un motif impossible à retrouver avec un miroir car ils sont basés sur d'autres transformations géométriques : symétrie centrale et translation. L'ensemble des supports de cette activité ont été extraits de l'ouvrage « Le miroir magique » de Marion Walter (Editions Milan, 1989). Dans cette activité, les élèves agissent directement sur le positionnement de l'axe de symétrie et les effets produits sur la figure symétrique qui se forme comme reflet dans le miroir.

Atelier C : « Géométrie dynamique numérique »

Dans cet atelier, trois exemples se déclinent comme celui présenté ci-dessous. L'axe de symétrie, caché à l'écran, change de positionnement dans chaque cas : vertical, horizontal et oblique. La modification de la figure rouge entraîne la modification simultanée de la figure bleue en liaison avec ses propriétés géométriques : figure symétrique par rapport à un axe. Par construction avec Cabri-géomètre, la figure bleue (le symétrique de la figure rouge) est non modifiable par action directe sur lui. C'est en agissant sur la figure initiale (figure rouge) par déformation, ou par translation que la figure bleue se modifiera elle aussi. Cette situation permet de faire l'analogie avec le reflet d'un objet dans un miroir que l'on ne peut pas toucher. Ainsi la figure symétrique existe car la figure initiale et l'axe de symétrie sont là. Cette manipulation met en jeu la notion de chronologie dans une procédure de construction et les liens

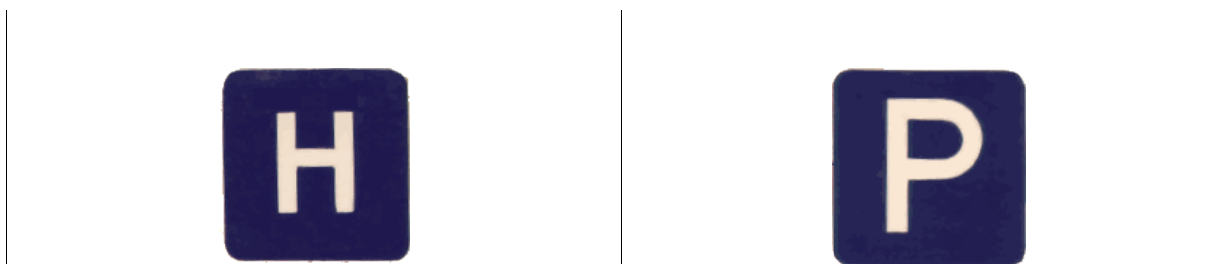
qu'elle implique sur la relation entre les objets. Les deux figures n'ont pas été construites simultanément : l'une précède l'autre, et c'est par une opération géométrique que l'autre existe. L'axe de symétrie, qui a été caché, peut être visualisé à l'écran si les élèves ont formulé l'hypothèse de son existence.

Extrait de l'activité :	
« Décris les transformations que tu observes quand tu déformes ou déplaces la figure rouge »	
	
Figure initiale : par construction avec l'outil « symétrie axiale » de Cabri, le triangle bleu est le symétrique du triangle rouge par rapport à un axe caché (outil « cacher/montrer »).	Cet exemple de déformation et translation du triangle rouge montre la relation de dépendance qui lie le triangle bleu au triangle rouge, et permet de percevoir l'existence d'un axe de symétrie, invisible sur la figure.

✓ L'atelier de « géométrie statique »

Dans la première partie de cet atelier, basée sur la démarche de mise en recherche de *Britt-Mari Barth*, les élèves doivent proposer une explication géométrique à un classement d'objets (panneaux de circulation routière). Le choix attendu est la mise en évidence de la présence d'un axe de symétrie (ou plusieurs). Par exemple, Kim a écrit comme explication « Dans le panneau OUI quand on plie c'est symétrique et dans le panneau NON ce n'est pas symétrique. ».

Extrait de l'activité :	
OUI	NON



Ensuite, ils doivent eux-mêmes classer des figures dans les colonnes OUI et NON, puis dans la dernière étape, dessiner des objets de la classe validant ou non la propriété géométrique. La formulation de cet atelier est innovante pour eux, alors que les compétences sous-jacentes sont du réinvestissement par rapport aux années précédentes.

✓ Le bilan de la séance

Les notions attendues en géométrie et en langage ont émergé à l'issue de cette séance : figures symétriques (dès le premier atelier quel qu'il ait été), axes de symétrie (à l'issue des ateliers de géométrie dynamique). Malgré une matinée complète de géométrie, les élèves n'ont manifesté aucun signe de lassitude, et au contraire avaient hâte de continuer.

	A	B	C	ABC	SR	Absents
Le + aimé	3	8	6	3	1	2
Le - aimé	5	3	7	0	6	2

Les deux ateliers de géométrie dynamique ont été très appréciés par les élèves et ce quel que soit l'ordre de passage aux ateliers, et la présence de l'enseignante présente avec eux. Concernant la réponse sur l'atelier qu'ils ont le moins apprécié, 7 élèves ont répondu l'atelier C. Ce chiffre, qui peut paraître élevé, cache en fait une réticence de certains élèves face à l'outil informatique. Sur les 7 réponses, 6 ont été formulées par des filles qui ne sont pas très à l'aise dans la manipulation autonome de l'ordinateur.

Cette première séance nous a mises en confiance sur notre démarche d'expérimentation qui offre une variété de supports, de mises en activité et d'outils aux élèves.

2. Séance 2

✓ Objectifs notionnels :

- Vérifier, en utilisant différentes techniques (pliage, papier calque, miroir) qu'une droite est axe de symétrie d'une figure.
- Utiliser à bon escient le vocabulaire suivant : figure symétrique d'une figure donnée par rapport à une droite, axe de symétrie.

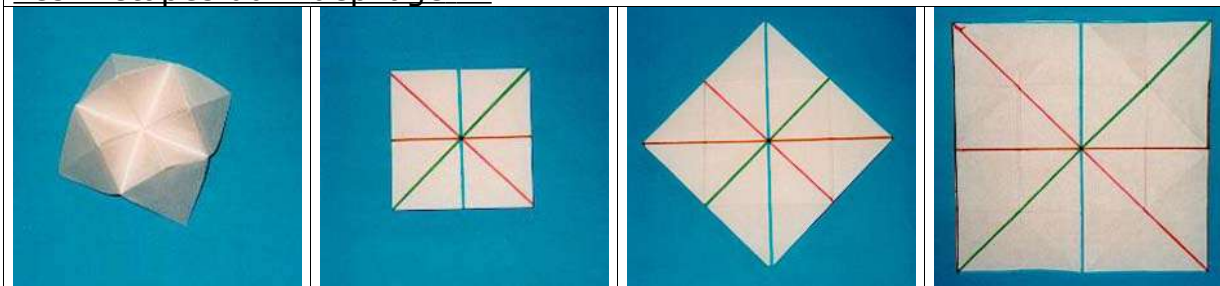
Dans cette séance, les outils et leurs utilisations possibles sont abordés sous l'angle de la preuve géométrique. Percevoir ne suffit pas, il faut apporter la preuve à l'autre que la propriété que l'on a perçue est vraie. L'aspect objectif de la vérification va se substituer à l'aspect subjectif de la perception. Les notions de retournement et de superposition sont sous-jacentes aux outils proposés.

✓ Les ateliers de « géométrie dynamique »

Atelier B : « Géométrie dynamique manuelle »

Les élèves ont tous en main une cocotte-salière qu'ils vont déplier, puis replier. Par pliage-dépliage, les élèves vont manipuler la superposition de figures et conjecturer sur le positionnement des axes de symétrie. Le choix de la cocotte-salière permet de conserver à chaque étape du dépliage la même forme géométrique, le carré, qui quelle que soit son échelle, conserve ses quatre axes de symétrie (invariance de la propriété géométrique). Ainsi après avoir fait émerger la correspondance entre pliage-superposition et axe de symétrie, les élèves tracent au feutre les axes du carré. Nous considérons donc cet atelier comme un atelier de « géométrie dynamique ».

Les 4 étapes du « dépliage »:



Atelier C : « Géométrie dynamique numérique »

Dans cette séance, les élèves vont directement utiliser l'outil « symétrie axiale » pour vérifier qu'une droite est bien un axe de symétrie. Pour cela l'idée de superposition de figures (sans retournement) va amener les élèves à un moyen de vérification, mais aussi à l'idée qu'une figure peut avoir plusieurs figures qui lui sont symétriques par rapport à plusieurs axes de symétrie. En réinvestissement de la séance précédente, les élèves peuvent déformer la figure initiale pour en déduire les relations de dépendances entre les figures symétriques. Quatre propositions de cas sont faites aux élèves. En voici un exemple :

Extrait de l'activité :

« Dans chaque cas proposé, les polygones rouge et vert sont symétriques l'un de l'autre par rapport à la droite bleue. Malheureusement la droite a été déplacée, à toi de la remettre à la bonne place ! »

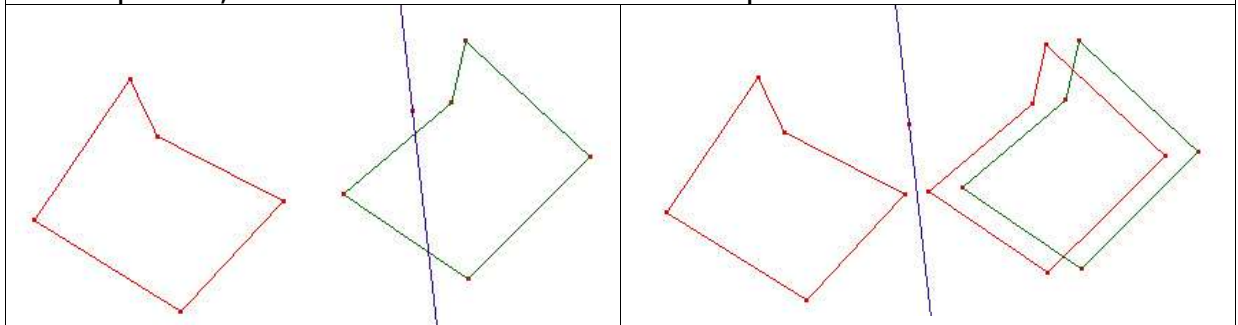


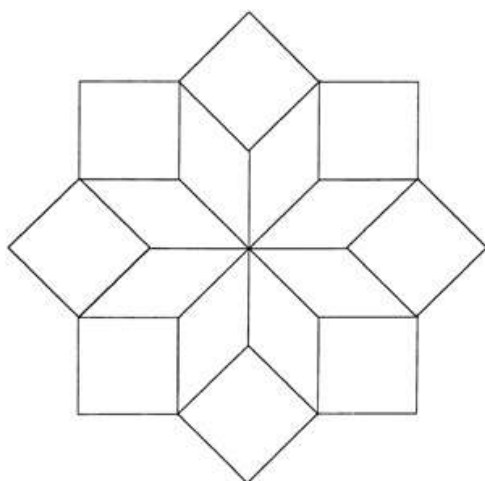
Figure initiale : par construction avec l'outil « symétrie axiale » de Cabri-géomètre, le polygone vert est le symétrique du polygone rouge par rapport à un axe caché (outil « cacher/montrer »). La droite bleue est l'axe de symétrie supposé que l'élève doit remettre à la bonne place.	Après avoir déplacé la droite, l'élève applique l'outil « symétrie axiale » au polygone rouge et à la droite bleue. S'il y a superposition du polygone vert avec le nouveau polygone rouge, alors la droite bleue est bien un axe de symétrie. Dans le cas contraire, comme présenté sur cette figure, il faut recommencer. Si l'élève déplace le polygone rouge initial, il va constater que les deux autres polygones se déplacent aussi, et donc qu'ils sont bien tous les deux des figures symétriques du polygone initial, mais par rapport à deux axes différents.
--	--

✓ L'atelier de « géométrie statique »

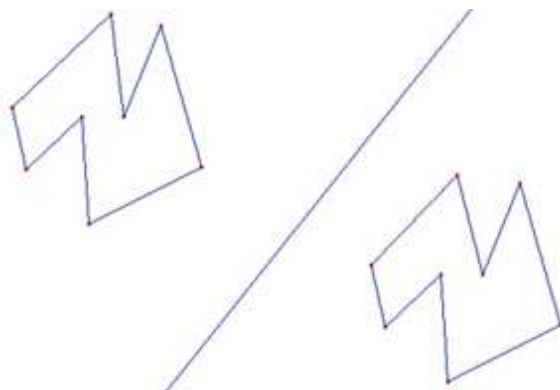
Ayant à disposition divers outils (miroir, papier blanc, papier calque, ficelle, règle, équerre) les élèves doivent dans une première activité retrouver le nombre d'axes de symétrie d'une figure et laisser une trace de leur vérification. Puis dans une seconde activité dire si oui ou non la droite proposée est un axe de symétrie, et ce dans quelques exemples. À travers cet atelier nous souhaitons que l'utilisation du papier calque soit privilégiée à celle du miroir. Pour que le papier calque soit un outil de vérification efficace il faut que la procédure soit valide : le pliage se fait sur l'axe de symétrie (comme pour l'atelier B), les deux figures doivent être parfaitement superposées (vérification par transparence). Le constat est alors qu'il s'agit d'une superposition de figures retournées. La différence entre percevoir et vérifier est devenue évidente pour les élèves avec l'outil miroir, qu'ils ont aimé manipuler mais n'ont pas gardé comme outil de vérification.

Extrait de l'activité :

« Combien d'axes de symétrie comptes-tu sur cette figure ? »



« La droite est-elle un axe de symétrie ? »



✓ Le bilan de la séance

A l'issue de la séance les élèves ont tous assimilés au moins un des outils proposés comme méthode de vérification d'existence d'axes de symétrie. Comme la dernière séance les ateliers de géométrie dynamique ont un large succès. L'atelier B a particulièrement plu aux élèves et suite à leur passage à cet atelier la technique « pliage-superposition » était acquise. Cabri-géomètre n'est pas encore considéré par les élèves comme un outil de travail en géométrie, sans doute que la manipulation virtuelle des objets est plus loin de leurs représentations que la géométrie « concrète ».

Le grand succès de l'atelier B cache celui, plus relatif, de l'atelier C. En effet plusieurs élèves ont donné une double réponse B et C comme atelier préféré avec quand même l'avantage au B. Nous retrouvons comme la fois précédente des élèves qui ont moins apprécié cet atelier, voir pas aimé du tout. Ces élèves ont en général rencontré des difficultés dans le maniement du logiciel.

	A	B	C	ABC	SR	Absents
Le + aimé	1	9	3	3	2	5
Le - aimé	6	1	5	0	6	5

3. Séance 3

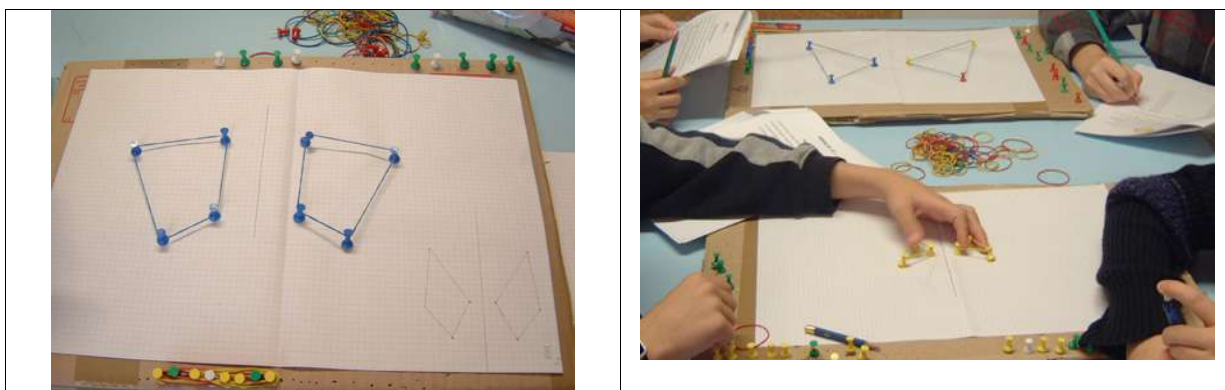
✓ Objectifs notionnels :

- Compléter une figure par symétrie axiale en utilisant des techniques telles que pliage, papier calque, miroir.
- Tracer, sur papier quadrillé, la figure symétrique d'une figure donnée par rapport à une droite donnée.
- Utiliser à bon escient le vocabulaire suivant : figure symétrique d'une figure donnée par rapport à une droite, axe de symétrie.

✓ Les ateliers de « géométrie dynamique »

Atelier B : « Géométrie dynamique manuelle »

Toujours dans l'idée de proposer des activités fonctionnant sur la transformation de figures conservant leurs propriétés géométriques, nous proposons un support physique qui permet de déplacer des objets géométriques sur un espace continu. Il s'agit d'un support en carton sur lequel on fixe une feuille quadrillée par exemple. Des punaises et des élastiques permettent de former des polygones. Pour transformer un polygone on peut lui ajouter ou lui ôter un sommet (punaise), mais aussi étirer ses côtés (élastiques) en déplaçant ses sommets (punaises).



Ce support s'inspire en partie des Géoplan, à la différence fondamentale près, que les déplacements s'opèrent sur un espace continu et non discret. Cette fonctionnalité fait de cet outil un support dont la manipulation se rapproche de celle de l'écran d'ordinateur de Cabri-géomètre. Une fois le support créé, il fallait concevoir une activité de géométrie dynamique. Tracer la figure symétrique d'une figure donnée par rapport à une droite donnée est une fonction programmée dans Cabri-géomètre (« symétrie

axiale »). Dans l'activité que nous proposons c'est un élève qui assure cette fonction en réponse à la demande d'un autre élève (Le jeu des pointes). C'est la seule activité où l'on doit absolument réaliser en binôme. Voici la règle du jeu des pointes :

« Le jeu se joue à deux et chacun son tour. Le joueur qui a le plus de points a gagné ! Le premier joueur utilise trois pointes et un élastique pour construire une figure sur la feuille. Il trace ensuite au crayon un axe de symétrie en se servant des lignes du quadrillage. Le second joueur doit former le symétrique de la figure avec trois pointes et un élastique :

- s'il y arrive en une seule fois, il gagne 2 points, et le jeu continue,
- s'il y a erreur, les deux joueurs essaient de modifier les figures pour les rendre symétriques par rapport à l'axe. Ils gagnent alors chacun 1 point.

Ensuite, on trace les figures au crayon, puis on compte ses points.

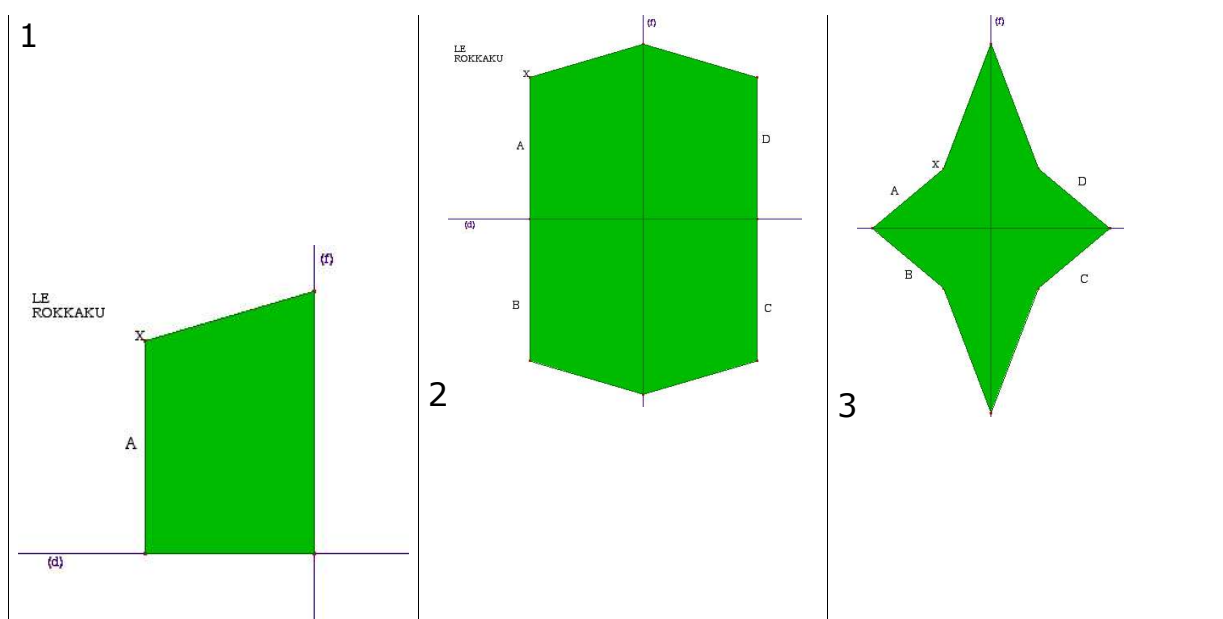
Puis, on continue le jeu en augmentant le nombre de pointes, et en inversant les rôles. »

Les élèves ont accès à tous les outils qu'ils veulent pour vérifier la validité de leurs propositions (papier calque par exemple)

Atelier C : « Géométrie dynamique numérique »

Extrait de l'activité :

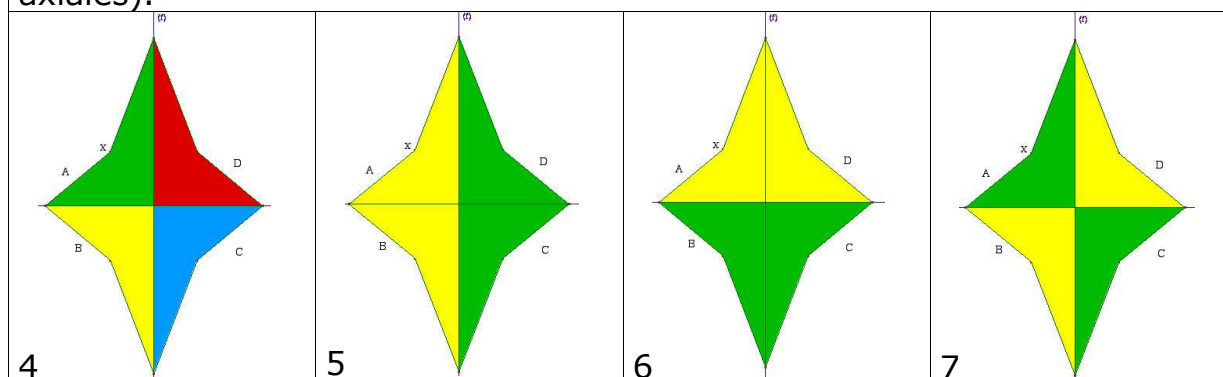
- « Complète la figure pour obtenir un Rokkaku, pour cela :
- Trace le symétrique du polygone A par rapport à (d), nomme-le B.
 - Trace le symétrique du polygone B par rapport à (f), nomme-le C.
 - Trace le symétrique du polygone C par rapport à (d), nomme-le D. »



1. Figure initiale. Les points sur les droites (d) et (f) sont fixes. Le point X est libre.

2. Figure complète d'un cerf-volant Rokkaku. Pour l'obtenir les élèves appliquent l'outil de « symétrie axiale » sur les objets géométriques.

3. La translation du point X entraîne le déplacement des autres points de la figure conformément aux contraintes fixées (points fixes, et symétries axiales).

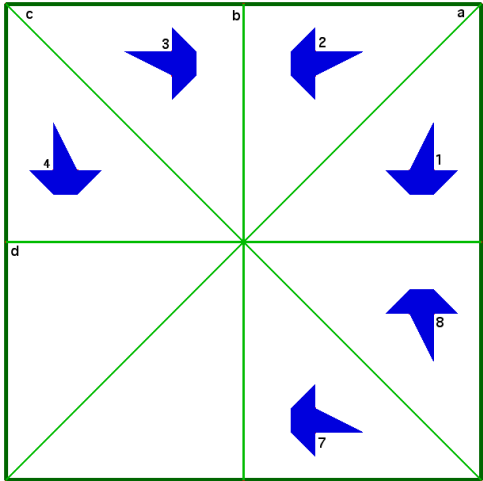
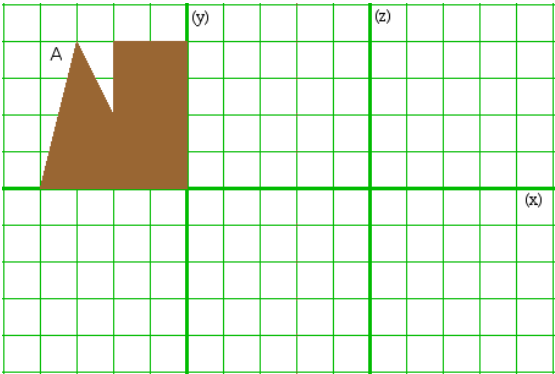


4.5.6.7 Colorier les polygones de la figure de différentes manières permet de mieux visualiser les axes de symétrie, et de former des regroupements de polygones symétriques (par exemple sur la figure 5, les deux polygones jaunes forment un polygone dont le symétrique est constitué de deux polygones verts)

Cette activité a permis aux élèves de consolider leur manipulation du logiciel et d'en explorer plus en avant ses fonctionnalités. La découverte à l'écran des effets de la manipulation d'une figure contrainte par plusieurs propriétés de symétrie permet aux élèves d'appréhender concrètement la notion de relation entre objets géométriques.

✓ L'atelier de « géométrie statique »

Nous avons emprunté les activités de cet atelier à des manuels scolaires. Nous les avons enrichies par des consignes demandant à l'élève de valider ou d'invalides des propositions sur les relations entre les figures géométriques, puis d'en émettre lui-même des vraies et des fausses. Pour ces activités, les élèves avaient à disposition tous les outils qu'ils souhaitaient.

Extrait de l'activité :	
« Complète la figure ci-dessous en construisant les bateaux 5 et 6. Utilise les instruments de ton choix. »	
« Trace la figure symétrique de la figure A par rapport à la droite (x), ce sera la figure B. Trace la figure symétrique de la figure B par rapport à la droite (y), ce sera la figure C. Trace la figure symétrique ainsi obtenue par rapport à la droite (z), ce sera la figure D. »	

✓ Le bilan de la séance

À la fin des ateliers les élèves ont été sondés sur deux questions :

- Question 1 : Dans quel atelier penses-tu avoir le plus appris ?

	A	B	C	histoire des cerfs-volants	SR	Absents
Le + appris	3	10	7	2	1	0

Les réponses sont massivement données pour les ateliers de géométrie dynamique. Bien sûr le côté ludique des activités n'est pas sans rapport avec ce succès. Mais grâce à la deuxième question posée, on s'aperçoit que les élèves ont aussi fait leur choix en fonction des apprentissages.

- Question 2 : Pourquoi as-tu choisi cet atelier ? Qu'y as-tu appris ?

Romain qui a préféré l'atelier A écrit : « J'ai appris qu'une seule figure peut être symétrique plusieurs fois et que ses symétries sont symétriques entre eux. ». Cet atelier lui a donc permis en plus des objectifs fixés de faire tout seul une découverte sur les lois géométriques. Plusieurs arguments ont été donnés pour justifier le choix de l'atelier B : possibilité de transformer facilement les figures, facilité pour construire un symétrique par cette méthode, bénéfice du travail en binôme, réfléchir sur un problème, chercher des solutions ensemble. Pour résumer l'ambiance de cet atelier nous pouvons citer ce que Jauffret a écrit : « c'est marrant et on apprend ». Les principales raisons évoquées par les élèves qui ont choisi l'atelier C sont : la simultanéité de transformation entre une figure et son symétrique, la multitude de figures que l'on peut obtenir, la facilité pour tracer des figures, le fait qu'il s'agisse d'une activité à l'ordinateur.

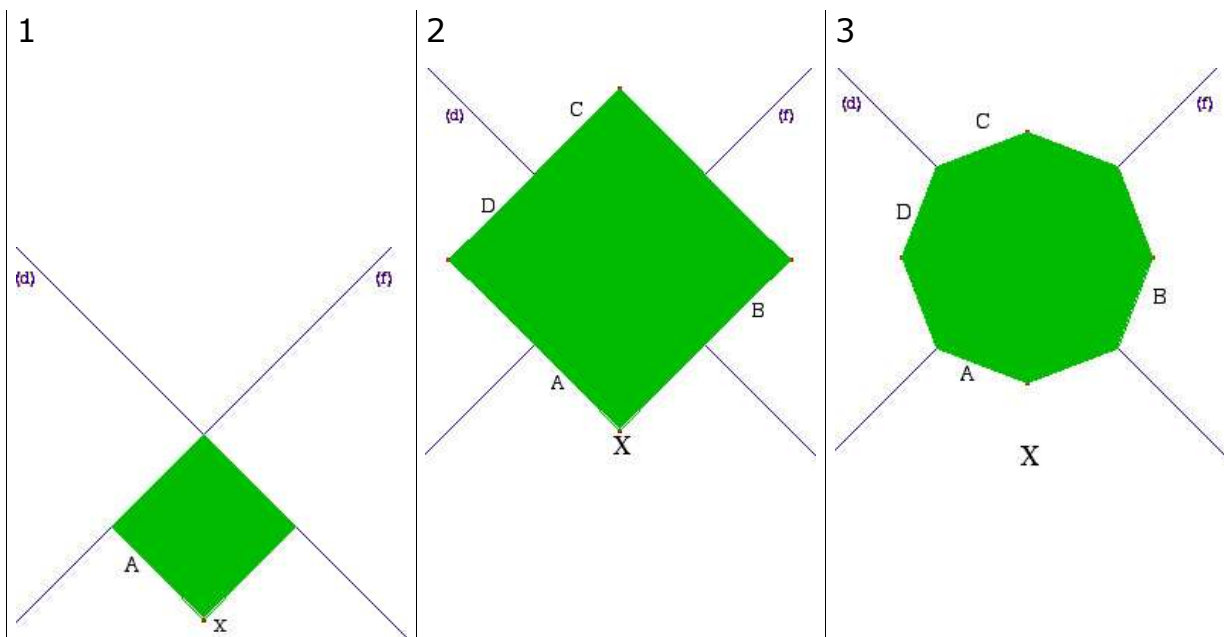
Les élèves ont enrichi leurs savoirs et leurs savoirs-faire durant cette séance ; il nous a semblé important de les renforcer au cours de la prochaine séance afin de les consolider durablement.

4. Séance 4

✓ Les trois ateliers

La séance 4 poursuit les mêmes objectifs que ceux de la séance 3, et les activités proposées dans les trois ateliers sont du même type. Cette séance de renforcement est indispensable à ce niveau du travail si l'on veut que l'ensemble des élèves ait acquis les outils et les notions visés par les instructions officielles. Le jeu des pointes (atelier B) est identique à celui de la séance précédente, et l'atelier C concerne un cerf-volant thaïlandais : le Pakpao.

Extrait de l'activité de l'atelier C :
--

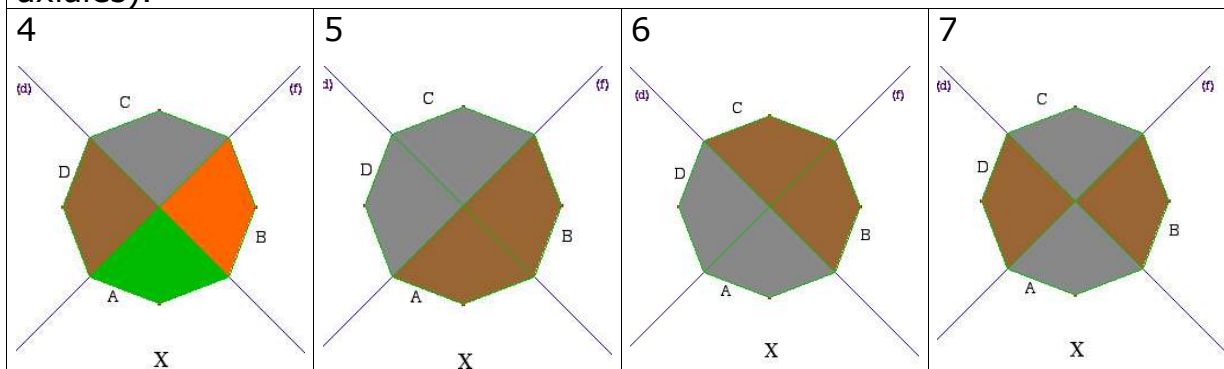


1. Figure initiale. Les points sur les droites (d) et (f) sont fixes. Le point X est libre.

2. Figure d'un cerf-volant Pakpao de Thaïlande.

3. Pour l'obtenir les élèves appliquent l'outil de « symétrie axiale ».

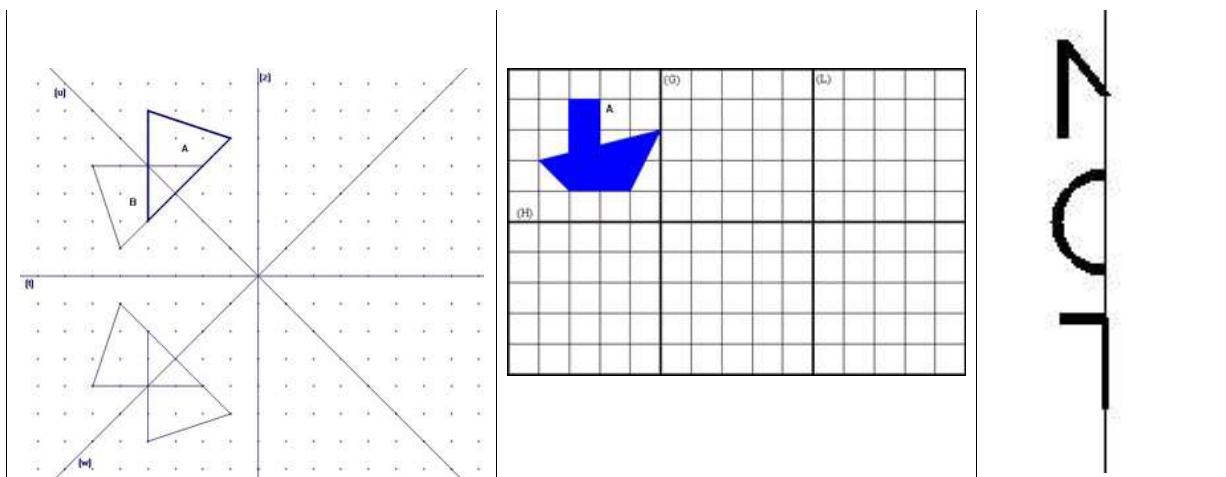
La translation du point X entraîne le déplacement des autres points de la figure conformément aux contraintes fixées (points fixes, et symétries axiales).



Dans l'atelier A, un nouveau support est introduit, le papier pointé, ainsi que la technique du tracé à main levée (compléter des mots).

Extrait de l'activité de l'atelier A :

Compléter les figures.



✓ Le bilan de la séance

Cette séance a effectivement été bénéfique dans la consolidation des acquis des élèves. À la question « quels sont les outils que tu utilises le plus facilement pour compléter une figure ? », les élèves donnent en première réponse :

	calque	règle	miroir	ordinateur	SR	Absents
Le + facile	11	5	2	1	1	3

Grâce à leurs réponses et à leurs productions, on peut préciser ces chiffres par quelques explications. Il n'y a pas de pratique exclusive d'un outil, les élèves qui citent le papier calque y associent le pliage, les élèves qui utilisent la règle pensent aux activités sur papier quadrillé ou pointé, et ont donc aussi utilisé le comptage. Les élèves ayant cité le miroir ont choisi l'outil qui leur permet de savoir où se trouve l'objet géométrique qu'ils doivent tracer. Sur leurs documents, ils ont utilisé des méthodes variées pour tracer leurs figures. Un seul élève a considéré que Cabri-géomètre était un outil.

5. Séance 5

✓ Objectifs notionnels

Cette séance tient lieu d'évaluation finale à notre progression. Pour les élèves, il s'agit de réaliser les modèles de leur futurs cerfs-volants sur deux supports : papier et informatique.

✓ Les ateliers

Trois ateliers sont proposés aux élèves, mais leur fonctionnement est beaucoup plus souple qu'aux autres séances : les élèves choisissent leur ordre de passage aux trois ateliers, sachant que nous n'avons simultanément que onze ordinateurs équipés de Cabri-géomètre.

L'atelier A est une découverte de la littérature documentaire sur les cerfs-volants. Nous avons sélectionné sept livres qui abordent les cerfs-volants sous différents aspects : historique, culturel, technologique. Les élèves doivent repérer, et noter ce qui les a intéressés dans les ouvrages : de manière générale, et aussi plus précisément sur les éléments de symétrie axiale. On leur demande donc d'avoir un regard de « spécialiste géomètre » dans un contexte qui a priori ne s'y prête pas directement.

L'atelier B et l'atelier C répondent à la même commande mais sur des supports différents :

« Aujourd'hui tu vas créer les plans de ton cerf-volant. Pour t'aider, nous t'avons concocté un début de recette qu'il te faudra finaliser grâce à ton imagination. Voici la recette de base :

1. La forme du cerf-volant doit être un **polygone à 3, 4 ou 6 côtés** et il doit posséder **au moins 1 axe de symétrie**.
2. Pour décorer ton cerf-volant dessine dedans ; il faut qu'il y ait **au moins deux figures géométriques différentes qui aient leurs symétriques dans le cerf-volant**.
3. A toi **d'inventer les autres décorations** de ton cerf-volant.

Bon vent ! »

Pour les deux ateliers, les élèves doivent aussi remplir un texte à trous qui décrit leurs constructions géométriques. Pour cette séance, il n'y a donc pas d'atelier de géométrie dynamique à proprement parlé. En effet, les élèves à l'atelier B ont choisi leurs outils et leurs méthodes. À l'atelier C, les élèves ont eu la liberté d'utiliser Cabri-géomètre comme un outil de géométrie dynamique ou de dessin.

✓ Le bilan de la séance

Atelier B : sur les 23 élèves, 17 ont choisi comme support du papier quadrillé, 5 du papier calque et 1 du papier blanc. Le papier calque a amené les élèves à procéder par pliage-superposition. Certains ont dessiné à main levée sur le papier calque, d'autres ont tracé à la règle les segments. Les utilisateurs de papier quadrillé ont souvent suivi une méthode mixte : comptage des carreaux du quadrillage, pliage-superposition, mais aussi test de vérification avec du papier calque ou un miroir.

Atelier C : sur les 23 élèves, 10 élèves ont utilisé systématiquement l'outil de symétrie axiale, 11 pour quasiment l'ensemble des éléments de leur figure, et 2 uniquement pour la forme polygonale du cerf-volant. Il a été possible de vérifier a posteriori ces données grâce à l'outil « Revoir la construction ». Parmi les figures proposées, 13 ont un seul axe de symétrie, qui est systématiquement vertical et 7 ont un deuxième axe de symétrie, perpendiculaire au premier. Il s'agit de configurations géométriques proto-typiques.

Dans les deux ateliers, l'ensemble des productions (cf. *Annexe C*) est d'un niveau très satisfaisant. Seule une élève (Hortensia) n'a pas intégré le recours systématique à une méthode pour construire des figures symétriques que ce soit sur papier ou sur Cabri-géomètre. Jonathan et Kevin P., eux, ont réussi leurs cerfs-volants sur Cabri, mais ont eu plus de difficultés pour réaliser un modèle sur papier. Tous les autres élèves ont réalisé deux modèles de cerfs-volants remplissant les exigences attendues sur la symétrie axiale. Les traces écrites, bien que non complétées par l'ensemble des élèves, sont fidèles aux modèles de leur cerf-volant.

IV. Conclusion

Finalement, la géométrie dynamique peut-elle se décliner autour de plusieurs outils ?

Lors de la dernière séance de notre projet, nous avons questionné à l'écrit les élèves sur quelle définition ils donneraient à l'expression « géométrie dynamique », qu'ils n'avaient jamais entendue. Voici un florilège de leurs réponses : « La géométrie dynamique c'est quand on fait bouger des

choses, comme quand on s'est servi des miroirs », et « qu'il y a beaucoup de formes ». C'est une « géométrie plus compliquée, plus dure, avec plus de pièges ». « C'est une géométrie plus rapide ». C'est « la géométrie folle en fait, et c'est très bien ». Quand on pratique la géométrie dynamique, « c'est quand on est dynamique » et « qu'on a travaillé avec le punch et la forme ». Leurs réponses mettent en évidence qu'ils n'ont pas assimilé l'expression de géométrie dynamique en relation unique avec Cabri-géomètre. Les remarques sur la mise en mouvement des objets, sur la multiplicité des figures, sur la complexité apparente des situations présentées, sur l'implication active des élèves sont relatives à la géométrie dynamique, mais non spécifiquement à l'atelier avec Cabri-géomètre. Une élève le précise d'ailleurs en citant comme exemple l'atelier des miroirs. Bien entendu, les représentations des élèves ne peuvent être la seule réponse à notre problématique, mais elles appuient l'hypothèse que la géométrie dynamique a des spécificités qui dépassent l'outil. Le constat qu'il est possible de pratiquer la géométrie dynamique avec divers outils apparaît très positif au vue des activités que nous avons proposées dans l'atelier B au cours des différentes séances. La combinaison d'un outil et d'une mise en activité ont permis de générer des situations de géométrie dynamique. La notion de dynamisme est primordiale pour atteindre l'objectif ; c'est donc en sollicitant le mouvement, et plus précisément le déplacement (miroir) et la transformation (dépliage) que nous proposons une géométrie des figures, une géométrie dynamique.

Pour autant il ne s'agit pas de nier les difficultés que nous avons pu rencontrer lors de la conception de ces ateliers. Elles apparaissent à deux niveaux :

- quel que soit le choix de l'outil, formuler une activité qui mette en jeu les spécificités de la géométrie dynamique n'est pas chose aisée. Certains objectifs s'y prêtent bien, comme percevoir, découvrir, et vérifier, à contrario de compléter et de tracer.
- celle de trouver des objets physiques qui vont devenir, dans certaines situations, sources de situations de géométrie dynamique. Le déplacement sur un espace continu, la conservation des relations géométriques entre

les objets sont autant d'obstacles et de contraintes dans le choix des supports. Dans ce sens, Cabri-géomètre reste effectivement l'outil expert en la discipline.

En dépit des difficultés inhérentes à l'objectif fixé, il reste à mon avis important de proposer autant que possible des situations de géométrie dynamique aux élèves qu'elles soient ou non numériques. La preuve en est que le résultat obtenu lors de l'évaluation finale est excellent, et qu'il est lié en premier lieu au fait que les élèves ont pu construire leurs savoirs et leurs savoirs-faire autour d'une démarche mixte. Enrichie de cette expérience, j'envisage ma future pratique enseignante de la géométrie comme un éventail de possibilités.

V. Bibliographie

1. Textes officiels

- ✓ **Horaires et programmes de l'école primaire** – BO HS n°1 du 14/02/02
- ✓ **Document d'application, cycle 3, mathématiques** –2002.

2. Articles de recherche, supports de cours.

- ✓ **Anfré G**, Cours de mathématiques PE2, 2002-2003.
- ✓ **Assude T. et Gelis J-M**, La dialectique ancien-nouveau dans l'intégration de Cabri-géomètre à l'école primaire, Educational Studies in Mathematics, article accepté en 2003.
- ✓ **Berthelot R et Salin M-H**, L'enseignement de la géométrie à l'école primaire, Université Bordeaux I, 2003, article en cours de review.
- ✓ **Bonnet J-F**, Cours de TICE PE2, 2002-2003.
- ✓ **Britt-Mari Barth**, L'apprentissage de l'abstraction, Retz, 1987.
- ✓ **Grelier J-F**, Apprentissages géométriques aux cycles 2 et 3, CRDP Midi-Pyrénées, 2002.
- ✓ **Massola J-P**, Apprentissages et activités géométriques au cycle 3 avec Cabri-géomètre II, IUFM de Paris, 2000.

3. Sites web

- ✓ <http://www-cabri-imag.fr/cabriole/Rubriques/cabriClasse.htm>
- ✓ <http://www-cabri-imag.fr/>
- ✓ <http://www-didactique.imag.fr>
- ✓ <http://www.cabri.net/abracadabri/>
- ✓ <http://users.skynet.be/cabri/cabri/ateliers.htm>
- ✓ <http://publimath.irem.univ-mrs.fr>
- ✓ <http://maths.paris.iufm.fr>

VI. Annexes

A. Les dossiers individuels remis aux élèves

1. Séance 1

2. Séance 2

3. Séance 3

4. Séance 4

5. Séance 5

B. Les écrans des activités de Cabri-géomètre

1. Séance 1

2. Séance 2

3. Séance 3

4. Séance 4

C. Les cerfs-volants des élèves

Devinette : quel est le point commun entre un miroir, l'origami, et Cabri-géomètre ? (*)

Enthousiasmée par l'intégration de la géométrie dynamique dans la pratique enseignante de la géométrie à l'école élémentaire, j'ai souhaité approfondir mon expertise en la matière. Le mémoire en était l'occasion rêvée. Parmi mes nombreuses questions l'une était récurrente : la géométrie dynamique peut-elle se décliner autour de différents outils ? En effet, alors qu'inéluctablement associée à l'outil informatique, via des logiciels spécialisés de type Cabri-géomètre, la géométrie dynamique peut-elle se pratiquer avec des supports non numériques ? Des pistes de réponses sont proposées dans ce mémoire qui s'appuie sur une expérimentation de la mixité des pratiques des outils en géométrie avec une classe de CM2 dans le cadre d'un projet autour de la symétrie axiale.

(*) Réponse : la géométrie dynamique, bien sûr !