

UNIVERSITE JOSEPH FOURIER

Ecole doctorale des Mathématiques, Sciences et Technologies de l'Information,  
Informatique

**THESE DE DOCTORAT**  
pour l'obtention du Diplôme de  
**DOCTEUR DE L'UNIVERSITE JOSEPH FOURIER**

Spécialité : **Mathématiques et Informatique**  
**Didactique des Mathématiques**

Présentée et soutenue publiquement par

**Menekse Seden TAPAN**

le 20 décembre 2006

**Différents types de savoirs mis en œuvre dans la formation  
initiale d'enseignants de mathématiques à l'intégration de  
technologies de géométrie dynamique**

**Directeurs de thèse**

Colette LABORDE

Hamid CHAACHOUA

Membres du Jury :

Mme. Michèle ARTIGUE Professeur Université Paris 7 (Rapporteur)

M. Luc TROUCHE Professeur INRP (Rapporteur)

Mme. Colette LABORDE Professeur émérite IUFM Grenoble (Directeur)

M. Hamid CHAACHOUA Maître de conférences IUFM Grenoble (Directeur)

M. André ROUCHIER Professeur IUFM d'Aquitaine (Examineur)

Thèse préparée au sein de l'ERTE IAM MAGI



## Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer toute ma reconnaissance à Madame Colette Laborde et à Monsieur Hamid Chaachoua pour leur encadrement, leurs nombreux conseils et leur soutien toujours opportun et constant tout au long de ma thèse, dans les meilleurs et les moins bons jours.

Je remercie infiniment aussi Madame Michèle Artigue et Monsieur Luc Trouche qui en tant que rapporteurs, ont accepté d'évaluer mon travail.

Mes meilleurs remerciements s'adressent également à Monsieur André Rouchier d'avoir accepté de présider ce jury.

Un grand et chaleureux merci encore à Colette Laborde mais aussi à Sophie Soury-Lavergne, à Henri-Claude Argaud et à Claude Fini qui m'ont accueillie dans leurs classes à l'IUFM, me prodiguant tout l'appui et les conseils nécessaires.

Je remercie aussi les stagiaires PLC2 et PE2 pour leur participation aux expérimentations et pour tout le temps consacré.

Cette thèse n'aurait pu s'écrire non plus sans l'aide morale de mon frère ; de mes amis et de mes collègues : un grand merci à vous tous ...

J'exprime ma particulière gratitude à mes amis Tulliach : rien de moins que ma deuxième famille, ici en France, ils ont toujours été à mes côtés, constamment et avec toute leur affection.

La réalisation de cette thèse a été rendue possible grâce à une bourse du Gouvernement Turc : et je remercie spécialement le Ministère de l'Education Nationale Turc, ainsi que le Conseiller de l'Education auprès de l'Ambassade de Turquie à Paris, pour les conditions favorables qu'ils m'ont réservées.

Et enfin, à mes parents qui ont tout fait pour me permettre d'en arriver là, ce que je leur adresse va bien au-delà d'un remerciement ...



# Sommaire

<b>PARTIE A : Problématique et Cadre Théorique</b>	<b>11</b>
<b>Chapitre A1 Problématique et Cadre Théorique</b>	<b>13</b>
I. Intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques	13
I.1. La volonté de la noosphère	13
I.2. Du côté de l'enseignant dans sa classe...	15
I.2.1. Enseignant face aux TICE	16
I.3. Difficultés et conditions d'intégration	22
I.4. Nécessité d'une formation auprès des enseignants	28
II. Choix de l'étude de la formation initiale des enseignants aux TICE	29
III. Différents types de savoirs en jeu dans la formation	30
IV. Dispositif de formation initiale des enseignants	33
IV.1. Les IUFM	33
IV.2. La théorie anthropologique	34
IV.3. Description de la formation PLC2	36
IV.4. Ni pleinement « enseignant » ni pleinement « étudiant »	37
V. La technologie étudiée : Cabri-Géomètre	38
VI. La notion mathématique étudiée : symétrie axiale	39
VII. Questions de recherche	40
VII.1. Hypothèses de travail	40
Organigramme de la thèse	42
<b>Chapitre A2 Méthodologie Générale et Expérimentations</b>	<b>43</b>
I. Analyse de l'environnement informatique : le logiciel Cabri-Géomètre	43
II. Dispositif expérimentale et place des différents types de savoirs dans notre dispositif expérimentale	47
II.1. Formation aux TICE pour les PLC2	49
II.2. Expérimentations	49
<b>PARTIE B : Analyse des Séances de Formation aux TICE</b>	<b>53</b>

<b>Chapitre B1</b>	<b>Analyse des Séances de Formation aux TICE</b>	<b>55</b>
I.	Introduction et méthodologie générale des observations	55
<b>Chapitre B2</b>	<b>Analyse des Séances « Initiation Cabri »</b>	<b>63</b>
I.	Méthodologie	63
II.	Analyse des séances de formation « Initiation Cabri »	63
II.1.	Analyse a priori des activités du document de travail	64
II.2.	Résultats de l'analyse a priori des activités du document de travail	76
II.3.	Analyse du discours du formateur	80
II.4.	Discours du formateur versus document écrit de travail	98
III.	Conclusion	103
<b>Chapitre B3</b>	<b>Analyse des Séances « Géométrie Dynamique »</b>	<b>111</b>
I.	Méthodologie	111
II.	Analyse des séances de formation « Géométrie Dynamique »	111
II.1.	Analyse a priori des activités du document de travail	112
II.2.	Résultats de l'analyse a priori des activités du document de travail	134
II.3.	Analyse des réponses et des figures des stagiaires	148
II.4.	Résultats de l'analyse des réponses et des figures des stagiaires	165
II.5.	Analyse du discours du formateur	174
II.6.	Résultats de l'analyse du discours du formateur	197
III.	Conclusion	207

<b>PARTIE C : Analyse des Expérimentations</b>	<b>209</b>
<b>Chapitre C1 Analyse des Expérimentations</b>	<b>211</b>
I. Introduction et méthodologie générale des expérimentations	211
<b>Chapitre C2 Analyse de l'Expérimentation 1</b>	<b>213</b>
I. Présentation Générale	213
I.1. Rappel de l'objectif de l'expérimentation 1	213
I.2. Recueil des données	214
II. Analyse a priori des activités de l'expérimentation 1	214
II.1. Choix globaux	214
II.2. Analyse a priori de la Partie I de l'expérimentation 1	215
II.3. Analyse a priori de la Partie II de l'expérimentation 1	229
II.4. Analyse a priori de la Partie III de l'expérimentation 1	239
<b>Chapitre C3 Analyse de l'Expérimentation 2</b>	<b>247</b>
I. Présentation Générale	247
I.1. Rappel de l'objectif de l'expérimentation 2	247
I.2. Recueil des données	248
II. Analyse a priori des activités de l'expérimentation 2	248
II.1. Choix globaux	248
II.2. Analyse a priori de la Partie I de l'expérimentation 2	249
II.3. Analyse a priori de la Partie II de l'expérimentation 2	254
II.4. Analyse a priori de la Partie III de l'expérimentation 2	261
<b>Chapitre C4 Analyse de l'Expérimentation 3</b>	<b>273</b>
I. Présentation Générale	273
I.1. Rappel de l'objectif de l'expérimentation 3	273
I.2. Recueil des données	274
II. Analyse a priori des activités de l'expérimentation 3	275
II.1. Choix globaux	275
II.2. Analyse de l'activité de l'expérimentation 3	276

<b>Chapitre C5</b>	<b>Analyse des Résultats de l'Expérimentation 1</b>	<b>283</b>
I.	Analyse de la Partie I de l'expérimentation 1	283
	Conclusion de la Partie I de l'expérimentation 1	287
II.	Analyse de la Partie II de l'expérimentation 1	288
	Conclusion de la Partie II de l'expérimentation 1	304
III.	Analyse de la Partie III de l'expérimentation 1	306
	III.1. Analyse des réponses des stagiaires concernant la tâche en papier-crayon	306
	III.2. Analyse des réponses des stagiaires concernant l'adaptation de la tâche dans Cabri	313
IV.	Conclusion de l'analyse des résultats de l'expérimentation 1	322
<b>Chapitre C6</b>	<b>Analyse des Résultats de l'Expérimentation 2</b>	<b>325</b>
I.	Analyse de la Partie I de l'expérimentation 2	325
	Conclusion de la Partie I de l'expérimentation 2	334
II.	Analyse de la Partie II de l'expérimentation 2	336
	Conclusion de la Partie II de l'expérimentation 2	346
III.	Analyse de la Partie III de l'expérimentation 2	347
	III.1. Analyse des réponses des stagiaires concernant la tâche en papier-crayon	348
	III.2. Analyse des réponses des stagiaires concernant l'adaptation de la tâche dans Cabri	355
IV.	Conclusion de l'analyse des résultats de l'expérimentation 2	361
<b>Chapitre C7</b>	<b>Analyse des Résultats de l'Expérimentation 3</b>	<b>363</b>
I.	Analyse des propositions des binômes	364
	Synthèse de l'analyse des propositions des binômes	378
II.	Conclusion de l'analyse des résultats de l'expérimentation 3	381



<b>PARTIE D : Discussion et Conclusion</b>	<b>385</b>
<b>Chapitre D1 Discussion</b>	<b>387</b>
I. Place laissée à la manipulation dans la formation	389
II. Evolution du Déplacement chez les stagiaires	392
III. « Construction et Dépendance entre les objets » : Evolution des usages	399
IV. Degré d'intégration de la géométrie dynamique dans la conception de tâches	402
V. Interaction des différents types de savoirs et différents modules de formation	411
<b>Chapitre D2 Conclusion</b>	<b>413</b>
I. Retour aux questions de recherche	413
I.1. Questions sur l'impact de la formation sur les rapports des stagiaires aux différents types de savoirs	413
I.2. Contenu d'une formation à l'usage d'une technologie	417
I.2.1. Résultats sur l'analyse des contenus des deux formations aux TICE (Initiation Cabri et Géométrie Dynamique)	417
I.2.2. Résultats sur l'instrumentation des différentes spécificités de Cabri	420
II. Limites du travail de recherche	424
III. Perspectives	425
<b>Références bibliographiques</b>	<b>429</b>



# **PARTIE A**

## **PROBLÉMATIQUE ET CADRE THÉORIQUE**



# PARTIE A

## CHAPITRE A1

### PROBLÉMATIQUE ET CADRE THÉORIQUE

*“...tools, even elementary tools, deeply condition human activity” (Trouche, 2003)*

Ce travail de recherche porte sur l'intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques et la formation des enseignants à cette intégration. L'objectif d'une telle formation est que les enseignants soient capables d'intégrer les nouvelles technologies dans leur enseignement. En effet, tous les chercheurs en didactique s'accordent à affirmer que la formation initiale et continue est très importante et que c'est par là qu'on arrivera à promouvoir une intégration réussie. Or, l'intégration est un phénomène complexe et nous n'avons pas pu trouver de description précise des critères de ce qui constitue une intégration.

A travers ce travail de thèse, nous inspirant des résultats des recherches déjà existantes, nous pensons pouvoir apporter une contribution à mieux savoir en quoi consiste l'intégration, et aussi quelles sont les conditions auxquelles doivent satisfaire les dispositifs de formation pour favoriser au mieux cette intégration.

#### **I. INTEGRATION DES TICE DANS L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES**

##### **I.1. La Volonté de la Noosphère**

*« Avec les TIC, la société dispose d'un outil qu'elle a largement adopté et qu'elle tente progressivement de faire partager au système éducatif. » (Devauchelle, 2002)*

Comme le soulignent plusieurs chercheurs qui conduisent leur recherche sur les nouvelles technologies, les programmes de mathématiques en France montrent une volonté marquée en faveur de l'intégration des nouvelles technologies dans l'enseignement.

Dès le cycle 2, on voit apparaître leur usage dans les classes mentionnées dans les programmes :

*« Ils sont un vecteur fécond de l'information dès lors que l'enseignant guide l'élève dans leur usage. ... les technologies de l'information et de la communication sont des instruments efficaces du travail intellectuel et permettent des représentations de la réalité d'aussi grande quantité que le document imprimé. Elles sont donc comme un complément nécessaire de l'observation directe chaque fois qu'il faut travailler sur des documents ou confronter les résultats obtenus aux savoirs constitués. »* (Programmes Ecole Élémentaire, 2004-2005, Cycle 2)

A la fin du cycle 3, les programmes exigent les compétences du premier niveau du Brevet Informatique et Internet.

Les logiciels de géométrie dynamique sont également présents dans les programmes de l'école élémentaire ; mais c'est au collège qu'ils prennent une place beaucoup plus importante dans les programmes, encourageant l'enseignant à leur utilisation dans la classe.

*« L'apprentissage des mathématiques ne peut se construire sur une acquisition purement formelle de définitions et de résultats, de techniques et d'algorithmes. C'est en donnant sens à ces connaissances, en les construisant à propos de nombreuses situations et problèmes à résoudre que l'élève va les rendre opératoires et par là se les approprier. Or, d'une part les calculatrices et les logiciels offrent toujours davantage de possibilités d'expérimentation tant dans le domaine géométrique que dans le domaine numérique ou dans celui de gestion des données. D'autre part, l'informatique fait et fera de plus en plus partie de l'environnement des élèves. Ainsi l'enseignement des mathématiques peut, dans ce cadre, utiliser avec profit des expérimentations diverses sur les objets qu'elles étudient comme les nombres ou les figures géométriques, et donc contribuer à la formation scientifique des élèves. »* (Accompagnement du programme de 3<sup>e</sup>, 2004)

*« Les logiciels de construction géométrique permettent une approche plus dynamique des figures. En cela, ils contribuent à initier les élèves au type de raisonnement que l'on se propose de mener sur les objets théoriques de la géométrie. »* (Accompagnement des programmes de 6<sup>e</sup>, 1997)

Les exigences des programmes se montrent plus détaillées dans les rapports de l'Inspection générale de l'éducation nationale :

*« Les **programmes de collège** et de lycée recommandent fortement l'utilisation de **logiciels** de géométrie. Dans le courant du collège, un élève doit progressivement passer des constructions basées sur la mesure (règle graduée, rapporteur, équerre) aux constructions à la règle et au compas, c'est-à-dire passer de l'observation et de la mesure à la démonstration. Les **logiciels** de géométrie plane **dynamique** (Cabri-Géomètre, Geoplan) sont un bon support pour cet apprentissage : ils permettent de varier rapidement les situations, d'expérimenter à partir de configurations diversifiées et sont une aide à la conjecture »* (Rapport de l'Inspection générale de l'éducation nationale, 2002)

*« Par ses spécificités, l'outil informatique complète les moyens à la disposition des enseignants et des élèves pour mettre en oeuvre ces différents aspects d'une véritable activité mathématique.*

*En effet, il permet notamment : d'obtenir rapidement une représentation d'un problème, d'un concept, afin de lui donner du sens et de favoriser son appropriation par l'élève ; de relier différents aspects (algébrique, géométrique...) d'un même concept ou d'une même situation ; d'explorer des situations en faisant apparaître de façon dynamique différentes configurations ; d'émettre des conjectures à partir d'une expérimentation interactive lors de l'étude d'un problème comportant des questions ouvertes ou d'une certaine complexité, et de procéder à de premières vérifications ; de se consacrer à la résolution de problèmes issus de situations courantes, alors que les calculs sont longs ou complexes ; de procéder rapidement à la vérification de certains résultats obtenus. » (Rapport de l'Inspection Générale de mathématiques, 2004)*

Cette volonté manifestée dans les programmes d'intégrer les TICE dans l'enseignement des mathématiques, est liée à deux raisons :

*« Ce sont des outils quotidiens du monde actuel et ils sont particulièrement bien adaptés aux mathématiques » (Chaachoua et al, 2000)*

Cette affirmation est également citée clairement dans les programmes :

*« Les ordinateurs sont aussi des outils ordinaires dans le monde d'aujourd'hui. L'usage raisonné de plusieurs types de logiciels est particulièrement adapté en mathématiques ; il en est ainsi des tableurs, des logiciels de construction géométrique et des logiciels de calcul formel. » (Accompagnement des programmes du cycle central 5e/4<sup>e</sup>)*

## **I.2. Du côté de l'enseignant dans sa classe...**

Même si les TICE ont trouvé leur place dans les textes officiels, il est difficile de parler de leur intégration dans des classes.

*« Malgré la volonté forte d'intégration dans les programmes et institutions, les enseignants de mathématiques restent encore réticents par rapport à l'intégration de la technologie dans leur enseignement » (Guin & Trouche, 1999)*

En effet, cette intégration nécessite, d'une part, un changement dans l'enseignement et l'apprentissage avec la transposition informatique, décrite par Balacheff (1994) où il s'agit du processus de transformation du savoir, du fait de son implémentation informatique et de l'impact de cette transformation sur l'apprentissage de l'élève. Des contraintes informatiques internes ayant des conséquences sur les choix des représentations des objets dans un environnement informatique, peut conditionner le sens de la connaissance qui va être construit par l'élève.

L'intégration des TICE nécessite, d'autre part, en lien avec la transposition informatique, de nouvelles compétences chez l'enseignant et en particulier le changement de son mode habituel d'enseignement comme l'indique Laborde (2001).

Comme le dit Laborde (2004), plusieurs recherches en didactique montrent que les élèves n'apprennent pas forcément ce qu'on souhaiterait qu'ils apprennent en interagissant simplement avec la technologie.

*“Several investigations of students using technology that have been carried out over the past ten years show that students do not learn from simply interacting with technology. The design of adequate tasks, the role of the teacher plays a critical role in the success of integrating technology.”* (Laborde, 2004)

L’enseignant, aussi bien dans ses choix pour la préparation de son cours que dans la gestion de sa classe, est central pour une intégration réussie des TICE.

Le choix et la préparation des tâches ainsi que le rôle de l’enseignant sont essentiels pour l’intégration des TICE comme l’indique Lagrange et al. (2001).

Ce dernier nous amène à faire l’hypothèse suivante :

Le rôle de l’enseignant est essentiel pour une intégration réussie des TICE.

### **I.2.1. Enseignant face aux TICE**

Les recherches en didactique montrent que la majorité des enseignants qui utilisent les TICE dans leur classe, les utilisent comme un amplificateur, un simple outil de vérification ou un outil de satisfaction de la perception.

Laborde décrit ainsi l’utilisation du logiciel Cabri-Géomètre par un enseignant dans son cours de géométrie :

*« The software was mainly used as an amplifier for visualising properties, but not really the source of the task given to the students, nor as a tool for solving the task. »*  
(Laborde, 2001)

Hölzl (2001) pointe également que de nombreux enseignants réduisent l’utilisation des environnements de géométrie dynamique à un mode de vérification où les élèves observent et manipulent des configuration géométriques afin de produire des confirmations empiriques à des notions déjà formulées pendant le cours.

Par conséquent, le rôle de l’enseignant pour dépasser le niveau des impressions perceptives et des vérifications empiriques est très important. (Ruthven, Hennessy & Deaney, 2004).

En effet, l’enseignant doit d’abord prendre conscience qu’on utilise un outil informatique différemment de l’environnement papier-crayon.

Nous pensons ainsi qu’un des aspects centraux de l’intégration passe par la prise en compte de la non-transparence des outils. Et, si un enseignant utilise un outil informatique comme s’il utilisait les outils de l’environnement papier-crayon, il n’est pas conscient que le fait d’utiliser un outil à la place d’un autre change la façon de faire des mathématiques.

*« A tool is not transparent and that using a tool for doing mathematics not only changes the way to do mathematics but also requires a specific appropriation of the tool. »*  
(Laborde, 2004)

Ainsi, nous considérons comme hypothèse de travail : Un outil n'est pas transparent et utiliser un outil pour faire des mathématiques change non seulement la façon de faire des mathématiques, mais exige aussi une appropriation spécifique de l'outil.



En partant de ce dernier, nous ajoutons en outre, pour ce qui concerne l'enseignement des mathématiques, que l'utilisation d'un outil pour enseigner les mathématiques change la façon d'enseigner les mathématiques.

En effet, un outil n'est pas transparent, aussi bien pour faire des mathématiques que pour enseigner les mathématiques. Par conséquent, utiliser un outil change non seulement la façon de faire des mathématiques, mais aussi la façon d'enseigner les mathématiques.

Ainsi, nous analyserons cette non-transparence de l'outil pour un enseignant face aux TICE, sur deux plans :

- Composante mathématique : L'enseignant qui fait des mathématiques en utilisant les TICE
- Composante didactique : L'enseignant qui enseigne les mathématiques en utilisant les TICE

Afin d'analyser la problématique de l'enseignant face aux TICE, nous avons utilisé principalement la théorie de l'instrumentation, et plus précisément les travaux de Rabardel et Trouche.

La théorie de l'instrumentation nous permet d'envisager l'utilisation des TICE par les enseignants comme un processus d'instrumentation, où l'enseignant transforme l'artefact en un instrument aussi bien pour faire des mathématiques que pour enseigner les mathématiques.

Dans ce qui suit, nous présentons brièvement les éléments de cette théorie, retenus dans le cadre de notre travail.

Comme nous l'avons dit précédemment, les outils avec lesquels un individu fait des mathématiques conditionnent fortement son activité. (Trouche, 2003)

L'utilisation d'un outil à la place d'un autre donne naissance (consciemment ou inconsciemment) à différents apprentissages, différents schèmes, différents gestes. Cependant, l'utilisation d'un même outil par deux individus différents donne naissance à différents instruments.

*« Deux calculatrices identiques sont des outils identiques pour deux élèves mais elles donnent matière à deux instruments différents » (Trouche, 2003)*

Verillon et Rabardel (1995) différencient « artefact » et « instrument ».

L'artefact est l'objet matériel ou symbolique en lui-même, et que nous avons nommé jusqu'ici « outil ».

*« L'artefact n'est pas en soi instrument ou composante d'un instrument (même lorsqu'il a été initialement conçu pour cela), il est institué comme instrument par le sujet qui lui donne le statut de moyen pour atteindre les buts de son action. Les artefacts s'inscrivent donc à ce titre au sein de l'activité dont ils provoquent des réorganisations plus ou moins importantes » (Rabardel, 1995)*

Les artefacts d'un élève en classe de mathématiques sont des objets matériels ou symboliques pour apprendre les mathématiques ; or pour un enseignant, ce n'est pas vraiment le cas. Pour un enseignant de mathématiques, les artefacts sont d'une part des objets pour faire des mathématiques, et d'autre part des objets pour enseigner les mathématiques.

L'entité « instrument » est une construction de l'individu, produit de son activité dans une situation donnée, et non quelque chose de disponible qu'il suffit de 'fournir' pour que l'individu l'associe à son action, comme le dit Prudhomme (1999),

Par conséquent, l'instrument est une construction psychologique propre de son utilisateur, ou d'une appropriation de schèmes déjà formés extérieurement à lui. Un instrument est défini d'une part par un artefact sur lequel il est basé, et d'autre part par des schèmes construits par l'utilisateur qui vont le transformer en un instrument. Un artefact n'a pas de valeur instrumentale pour un individu qui n'a pas construit de schèmes associés à l'artefact :

*« For a given individual, the artefact at the outset, does not have an instrumental value »*  
(Artigue, 2001)

Dans le cadre de cette recherche nous nous intéressons aux schèmes construits, concernant une formation aux TICE, par l'enseignant. Ainsi, pour un enseignant l'instrument est une construction psychologique définie d'une part par un artefact sur lequel il est basé, et d'autre part par des schèmes construits par l'enseignant, qui vont le transformer en un instrument. Ces schèmes sont des schèmes non seulement pour utiliser l'outil permettant de faire des mathématiques lui-même, mais aussi pour les enseigner. Ainsi dans le cas d'un enseignant de mathématiques, nous considérons ces deux sortes de schèmes en parallèle avec les deux composantes, mathématique et didactique, citées précédemment.

En nous appuyant sur ce qui précède, nous faisons alors l'hypothèse que les enseignants doivent développer non seulement des schèmes pour résoudre des tâches avec la technologie, mais aussi des schèmes spécifiques pour la conception des tâches intégrant les TICE.

La notion de « schème » est introduite par Piaget : *« Le schème d'une action est l'ensemble structuré des caractères généralisables de l'action, c'est à dire qui permettent de répéter la même action ou de l'appliquer à de nouveaux contenus. »* (Piaget cité dans Rabardel, 1995)

Vergnaud (1996) redéfinit un schème en insistant sur son caractère d'invariabilité : *« un schème est une organisation invariante de la conduite pour une classe de situations »*.

Nous pouvons alors percevoir un schème comme un élément du rapport personnel de l'individu aux objets de connaissances qui sont l'enjeu dans une situation.

Concernant les schèmes construits par un enseignant en formation à l'usage des TICE, la classe de situations à laquelle nous nous intéressons est la classe de situations didactiques ; en revanche, ce n'est pas une classe de situations dans la pratique, mais ce sont des situations didactiques évoquées. En effet, ces schèmes construits pendant la formation pour des situations évoquées seront modifiés par les enseignants, quand ces situations évoquées seront mises en pratique en classe.

Quand un sujet utilise un artefact, il construit des schèmes d'utilisation et parallèlement, des représentations sur les propriétés de l'outil. La notion de schème d'utilisation fait référence à

une organisation invariante des actions qui incluent l'utilisation d'un artefact pour résoudre un type de tâche. (Laborde, 2003).

A l'intérieur des schèmes d'utilisation, Rabardel différencie des schèmes d'usage et des schèmes d'action instrumentée.

La distinction entre les schèmes d'usage et les schèmes d'action instrumentée nous intéresse spécialement pour l'analyse des séances de formation des enseignants aux TICE.

Les schèmes d'usage sont relatifs à la gestion des caractéristiques et propriétés particulières de l'artefact. « *Usage schemes are oriented towards the management of the tool: turning on a calculator, adjusting the screen contrast, etc.* » (Trouche, 2003). Les schèmes d'action instrumentée sont relatifs à l'orientation de l'activité pour atteindre le but fixé. « *Instrumented action schemes are oriented to carry out a specific task: computing a function's limit, for example* ». (Trouche, 2003)

Les schèmes d'utilisation ont également une dimension sociale comme le soulignent Rabardel & Samurçay et Trouche (2001) :

« *They are elaborated and shared in communities of practice and may give rise to an appropriation by subjects, or even results from explicit training processes* » (Rabardel & Samurçay, 2001)

« *The schemes constructed always have a social dimension (because of the social aspect of each tool and/or because of the context of the schemes' elaboration into a community of practice)* » (Trouche, 2004)

Ainsi, ce processus de construction psychologique qu'est l'instrument, constitué d'une part d'un artefact et d'autre part des schèmes d'utilisation qui lui sont associés avec une dimension privée et une dimension sociale, est appelé « genèse instrumentale ».

« *This construction, or **instrumental genesis**, is a complex process, linked to the artifact's characteristics (its **potentialities** and its **constraints**) and to the subject's activity, his/her knowledge, and former working habits.* » (Guin & Trouche, 2002)

La genèse instrumentale a deux composantes:

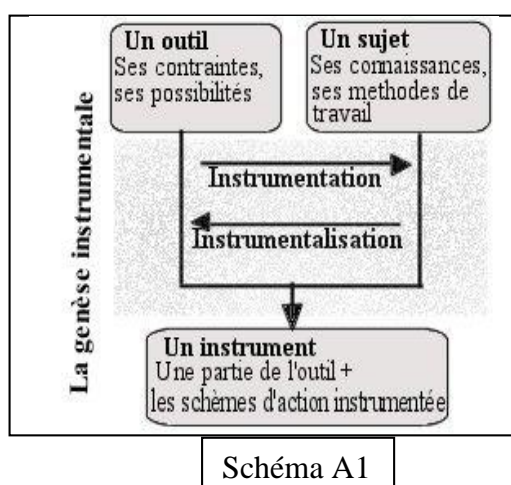
- Instrumentalisation où il s'agit de l'émergence, l'évolution, l'adaptation des composantes liées à l'artefact de l'instrument (propriétés structurelles et fonctionnelles). Dans ce cas, le sujet agit sur l'outil.

« *... Instrumental genesis is directed towards the artefact, loading it progressively with potentialities, and eventually transforming it for specific uses; we call this the instrumentalisation of the artefact* » (Artigue, 2001)

- Instrumentation où il s'agit de l'émergence et de l'évolution des schèmes d'utilisation. Dans ce cas, l'outil agit sur le sujet.

« *... Instrumental genesis is directed towards the subject, and leads to the development or appropriation of schemes of instrumented action (**cognitive structures**) which progressively constitute into techniques (**cultural systems**) which permit an effective response to given tasks. This latter is what is properly called instrumentation* » (Artigue, 2001)

Ainsi le modèle proposé par Trouche (2003) est le suivant :



Nous parlerons donc d'un processus d'instrumentalisation avec des schèmes d'instrumentalisation qui lui sont associés, dans le cas où la genèse instrumentale est dirigée vers l'outil.

Dans le cas du processus d'instrumentation, la genèse instrumentale est dirigée vers le sujet, où l'outil marque ses traces sur le sujet en lui permettant de développer une activité dans les restrictions des contraintes imposées par l'outil.

Dans le cadre de cette recherche nous avons pris en compte l'enseignant face à un outil dans la perspective de la théorie instrumentale.

Ainsi les instruments didactiques de l'enseignant possèdent selon nous, deux composantes :

- la composante de l'artefact : manuels, tableau, fiches de préparation, logiciels, etc.
- la composante des schèmes d'utilisation résultant d'une construction propre du sujet ou d'une appropriation des schèmes sociaux d'utilisation, soit extériorisés pendant une formation, soit rencontrés sur le terrain d'enseignement.

Ainsi, dans le cas d'un enseignant qui apprend à utiliser une technologie et apprend à enseigner avec cette technologie, nous devons prendre en compte au moins deux types de genèse instrumentale :

- genèse instrumentale au niveau des connaissances mathématiques
- genèse instrumentale au niveau des connaissances didactiques et pédagogiques

En effet, dans le cas d'un élève qui apprend les mathématiques en utilisant un instrument, la genèse instrumentale se produit en parallèle et en faisant un pont vers la genèse des connaissances mathématiques. En d'autres termes, l'élève construit un rapport personnel à l'artefact tout en construisant un rapport personnel aux objets mathématiques. On peut alors faire l'hypothèse que, pour l'élève, les situations mathématiques de référence peuvent être aussi des situations ancrées dans l'artefact.

Or, un enseignant a déjà un rapport aux objets de savoir mathématique qu'il enseigne dans sa classe. Il s'agit alors d'une modification de son rapport au savoir mathématique, et non d'une création.

Un enseignant doit également avoir un rapport aux objets didactiques et pédagogiques. Dans le cas d'un enseignant expérimenté, ce rapport est déjà en grande partie construit et les changements ne sont pas considérables. Ainsi, un enseignant expérimenté fait évoluer sa pratique par rapport aux évolutions technologiques ou autres, où il s'agit des adaptations et des changements avec une certaine continuité.

Un enseignant expérimenté a des routines ancrées dans le travail dans l'environnement papier-crayon. Par conséquent, l'utilisation des TIC dans sa classe modifiera plus ou moins ses routines, ses schèmes. C'est-à-dire qu'il s'agit d'une modification de son rapport aux objets didactiques et pédagogiques, à travers et par l'intermédiaire de sa genèse instrumentale au niveau didactique.

Ainsi, pour un enseignant expérimenté la genèse instrumentale au niveau du savoir didactique et plus spécifiquement au niveau du savoir didactique lié à la mise en œuvre de l'artefact dans une situation d'apprentissage, ne se fera pas à partir de zéro, parce qu'il aura des connaissances didactiques et pédagogiques. La genèse instrumentale au niveau du savoir didactique et plus spécifiquement au niveau du savoir didactique lié à la mise en œuvre de l'artefact dans une situation d'apprentissage se construira donc au-dessus de (et en relation avec) ses connaissances déjà existantes au niveau du savoir didactique dans l'environnement papier-crayon, dans le cas d'un enseignant expérimenté.

En revanche, dans le cas d'un enseignant débutant qui n'a pas, ou peu de routines, la genèse instrumentale au niveau didactique se manifestera en parallèle avec la genèse des connaissances didactiques.

On peut alors faire l'hypothèse que, pour un enseignant débutant, il peut y avoir des situations didactiques de référence liées aux TICE. Nous entendons par « situations didactique de référence » des situations didactiques auxquelles l'enseignant peut se référer et qui lui servent un peu de modèles.

Quand il s'agit d'analyser l'utilisation d'un outil dans une institution didactique, la dimension sociale de la genèse instrumentale prend une place importante. Certains schèmes seront en effet explicités dans le contexte de la classe. Par conséquent, le rôle de l'enseignant qui guide la genèse instrumentale devient également très important.

*« The introduction of a new tool must, at the didactic level, be equally managed in its impact on previously built instrument systems. This issue appears particularly crucial to us in the present context of technological abundance. Which tools should we propose to learners and how can we guide them through instrumental genesis and along the evolution and balancing of their instrument systems? For which learning activities and which components of mathematical knowledge? » (Trouche, 2004)*

Guin & Trouche (2002) ont introduit la notion d' « orchestration instrumentale » à propos de ce guidage dirigé par l'enseignant :

*« I introduce the term instrumental orchestrations to point out the necessity (for a given institution: a teacher in her/his class for example) of an external guidance of students' instrumental genesis.»*

D'après Trouche, l'orchestration instrumentale participe à la coordination des instruments de toute la classe et favorise, pour chaque individu, l'articulation des différents instruments dans son travail de mathématiques.

Dans le cadre de notre recherche, l'orchestration instrumentale à laquelle nous nous intéressons est celle dirigée par le formateur dans une formation des enseignants de mathématiques à l'usage des TICE. En effet, dans une telle formation, il existera des outils qui seront orchestrés par le formateur, et d'autres outils dont la genèse instrumentale s'effectuera pour chacun des enseignants sans qu'il y ait une orchestration. Nous pensons en fait que cette orchestration instrumentale pendant les séances de formation, va peut-être déterminer la façon dont les enseignants utilisent un outil et par conséquent, les schèmes construits par les enseignants-formés au niveau didactique et au niveau mathématique.

### **I.3. Difficultés et conditions de l'intégration**

Les contraintes institutionnelles et instrumentales peuvent favoriser l'usage des TICE par les enseignants ; mais ils peuvent également créer des difficultés pour leur intégration.

Ces difficultés et ces aspects à prendre en compte pour une intégration des nouvelles technologies, ont été étudiés par certains chercheurs.

#### **- Un socle de compétences techniques :**

« *Les outils à notre disposition ne sont pas encore véritablement disponibles* », affirme Devauchelle (2002) pour exprimer que le fait d'être équipé pour une institution, ou de posséder un ordinateur pour un enseignant, n'est pas suffisant. Il faut en maîtriser un certain nombre d'aspects, en particulier techniques, afin de pouvoir en faire réellement usage. Il est apparu clairement que le socle minimal de compétences techniques devait être atteint pour permettre une utilisation " raisonnée ". Le Brevet Informatique et Internet (B2i) est le représentant de cette nécessité.

#### **- Le temps :**

La gestion du temps didactique apparaît comme une des difficultés des enseignants qui tentent d'intégrer les TICE dans leur enseignement. Le temps didactique est défini par Chevillard et Mercier (1987) comme le découpage d'un savoir dans une durée. En effet, c'est une prise de risque pour l'enseignant de ne pas avoir une vision globale du temps didactique. Or, avec le changement de mode de travail causé par l'intégration des nouvelles technologies, l'enseignant est dans l'incapacité de faire le découpage du savoir à enseigner dans une durée – la gestion du temps didactique. Cette difficulté est soulignée par Assude & Grugeon (2003) : « *La programmation du savoir avec les TICE n'est pas explicite dans les programmes ce qui peut constituer une difficulté pour les enseignants lorsqu'ils commencent à les utiliser car ils ne savent pas forcément quoi faire et comment faire.* »

Le passage d'une gestion « au jour le jour » à une maîtrise du temps didactique nous apparaît comme une condition essentielle d'intégration. La maîtrise du temps didactique passe par la définition d'un découpage temporel du savoir (un ordre) qui est linéaire et a une logique dans

l'ensemble du travail de la classe. Cette maîtrise permet aux enseignants d'avoir une vision globale du déroulement du savoir dans le temps (même si l'on peut changer des choses ensuite) et permet d'anticiper sur les difficultés des élèves dans cette progression. Le temps didactique apparaît ici comme un moyen et un cadre de régulation de l'action de l'enseignant, ce qui fait défaut la première année. (Assude & Grugeon, 2003)

Assude (2001) distingue plusieurs temporalités, parfois enchevêtrées les unes dans les autres pour un enseignement intégrant les TICE : temps didactique, temps de l'outil, temps de travail de l'élève, temps personnel, temps de l'enseignement.

La gestion de ces différentes temporalités est effectuée par l'enseignant de manière à estimer le coût des différents rapports:

- rapport entre le temps de l'outil (le temps de manipulation) et le temps didactique
- rapport entre le temps de travail et le temps de l'outil

pour économiser le maximum du capital de temps (Assude, 2001)

Par conséquent, deux conditions de l'intégration dans la pratique des enseignants liées au contrainte de temps semblent être importantes :

- la maîtrise du temps didactique et la programmation du savoir
- l'économie temporelle et les différentes stratégies pour gérer le capital-temps de manière à rendre viable et faisable l'intégration au quotidien des TICE dans des classes « ordinaires » (Assude & Grugeon, 2003)

#### - **Légitimité institutionnelle :**

L'enseignant se trouve également face à une légitimité institutionnelle dans ses choix. Assude (2001) souligne cette légitimité institutionnelle comme faisant partie des contraintes externes qui pèsent sur l'enseignant – « *On a des comptes à rendre !* ».

Cette question de légitimité institutionnelle engendre le problème de l'évaluation des connaissances de l'élève. En effet, un enseignant qui intègre les TICE dans son enseignement est contraint par les évaluations traditionnelles dans l'environnement papier-crayon. Plusieurs recherches (Hennessy & al (2005), Assude (2001), Selwyn (1999)...) montrent que les enseignants ne s'autorisent pas à laisser les TICE prendre une place plus importante dans leur enseignement qu'à l'environnement papier-crayon, car ils tiennent à prendre en considération la réussite de leurs élèves dans les évaluations traditionnelles.

« *...there was a perceived tension between using ICT and needing to conform to external requirements of traditional examinations.* » (Hennessy & al, in press)

Sur ce fait, Assude (2001) souligne la nécessité de trouver d'autres moyens d'évaluation.

#### - **Légitimité didactique**

En plus de la légitimité institutionnelle, l'enseignant doit être convaincu de la légitimité didactique des TICE. Les enseignants, face à un travail avec les nouvelles technologies,

rencontrent beaucoup de difficultés liées à la gestion de classe, aux contraintes de temps avec un programme à terminer, etc. Nous pouvons donc dire que, pour qu'un enseignant accepte de surmonter ces difficultés, il doit trouver des justifications didactiques internes (et non externes) de l'apport des TICE dans son enseignement des mathématiques. Ainsi le rapport personnel de l'enseignant aux TICE est un point crucial de l'intégration.

L'intégration des TICE dans son enseignement doit être perçue par l'enseignant comme un besoin, comme l'indiquent Hennessy & Deaney (2004) : « *New approaches must also ... be perceived as meeting a need.* »

Chaachoua et al. soulignent également cette demande de justification interne chez les enseignants et propose :

« *Nous pensons que ce n'est pas par le discours qu'on apportera des réponses à cette demande, mais en donnant aux enseignants les moyens de se rendre compte par eux-mêmes des apports de l'usage d'un environnement informatique au niveau des objectifs de l'enseignement des mathématiques* » (Chaachoua et al, 2000)

#### - Difficultés de gestion

Plusieurs recherches montrent que l'intégration – ou même parfois une simple utilisation – des TICE impose des changements dans la gestion de la classe, dans le mode habituel d'enseignement, dans la culture de la classe.

Kerr (1991) observe des changements radicaux dans l'organisation et la gestion de la classe pour les enseignants qui ont intégré les TICE dans leur enseignement.

Hennessy & Deaney (2004) constatent également des changements dans la gestion de classe, mais d'une façon progressive :

« *... a gradual but perceptible process of 'pedagogical evolution' appears to be taking place, involving both pupils and teachers developing new strategies and ways of thinking in response to new experiences and the lifting of existing constraints.* »

En effet, le travail dans l'environnement informatique déstabilise le contrat didactique mis en place dans l'enseignement habituel dans l'environnement papier-crayon. Assude & Grugeon (2003), dans le cadre de la géométrie dynamique soulignent ce changement de contrat et dégagent quelques règles du nouveau contrat.

Assude (2001) indique qu'avec les TICE, les élèves peuvent explorer, expérimenter d'une façon plus rapide par rapport à l'environnement papier-crayon, et aussi utiliser des stratégies très diverses et en quantité importante. Ainsi, la gestion par l'enseignant de cette diversité de stratégies et de cette rapidité de travail peut devenir très difficile, si l'enseignant ne les prend pas en compte dans la préparation de son cours.

Ce problème de la gestion de classe est également observé par Hennessy & al. (in press)

« *Another implicit impediment to the use of ICT was the perceived lack of control over learning processes, stemming from lack of expertise or of adequate equipment: "at the moment it causes one hell of a lot of frustration and irritation and demoralisation as a result of... a break in something we're used to, which is having control over the*



*direction and the content and the substance of a lesson. For most people that control is lost in a computer room. [TC/En]” »*

Par contre, comme Laborde (2003) le souligne, face aux risques de perte de contrôle – aussi bien au niveau didactique qu’au niveau de la gestion de la classe – l’enseignant risque également de proposer des tâches avec des indications très directives.

L’enseignant doit pouvoir trouver le juste milieu entre laisser suffisamment de liberté individuelle aux élèves, et sortir de la gestion individuelle pour homogénéiser la classe et institutionnaliser certaines techniques.

**- Prise en charge du rapport entre connaissances instrumentales et connaissances mathématiques :**

Un enseignant ne peut pas agir comme si l’outil qu’il utilise pour ses cours n’avait aucun impact sur les apprentissages des élèves. L’enseignant doit prendre en compte les interrelations entre connaissances mathématiques et connaissances de l’outil ; il doit non seulement permettre la construction des schèmes d’action instrumentée, mais aussi percevoir dans ces schèmes la construction de connaissances mathématiques. Artigue (1998) analyse la prise en compte de ces interrelations en termes de « Relationship to ‘instrumentation’ ».

L’intégration d’un outil et en particulier des TICE, nécessite une construction par les élèves des instruments mathématiques attachés aux artefacts. Cette construction n’est pas facile à réaliser, étant donné la légitimité mathématique attachée aux artefacts usuels de l’activité mathématique. Ainsi il apparaît nécessaire de justifier pourquoi il est important pour l’apprentissage des mathématiques d’aborder un tel travail de transformation des ordinateurs en instruments mathématiques.

Assude (2003) montre, dans le cadre d’une recherche portant sur Cabri-Géomètre, comment l’interprétation des rétroactions logicielles (nature du pointeur auprès d’un point...) à travers la résolution de problèmes de construction s’avère déterminante dans la compréhension de la nature des objets en jeu, et en conséquence, dans la compréhension des relations entre les objets d’une figure géométrique.

Trouche (2000) montre clairement, à travers l’approche instrumentale, l’influence des outils sur l’approche mathématique et sur la construction des connaissances des élèves à travers le processus de la genèse instrumentale. Rabardel (2000) insiste sur l’importance du guidage de l’apprenant pendant ce processus de genèse instrumentale :

*« Which tools should we propose to learners and how can we guide them through instrumental genesis and along the evolution and balancing of their instrument systems? For which learning activities and which components of mathematical knowledge? »*  
(Trouche, 2003a)

Au cours de la genèse instrumentale, les interventions de l’enseignant sont essentielles pour la construction des liens entre les connaissances mathématiques et les connaissances construites par les interactions avec l’environnement informatique. En effet, les schèmes construits par l’élève en utilisant l’artefact, peuvent être différents de ceux visés par l’enseignant. Ainsi, les interventions de l’enseignant sont cruciales pour que les schèmes construits par chaque élève

puissent évoluer vers des schèmes culturellement partagés et attachés aux connaissances mathématiques visées.

*« The interplay between the mathematical dimension and the instrumental dimension is one way of solving this dilemma but only partly. The collective discussion and interventions of teacher play a critical role under various aspects such as :*

- *Transforming what has been done by students in the task in something mathematically legitimate by introducing mathematical terminology, helping students to formulate in mathematical terms*
- *Evoking the environment to help the students when they have difficulties when back to paper and pencil.* » (Laborde, 2003)

Par conséquent, les TICE nécessitent une compétence d'analyse nouvelle, indispensable, de la part de l'enseignant pour prendre des décisions sur l'enseignement (Devauchelle, 2002)

- **Les effets de la transposition informatique sur les connaissances mathématiques :**

Balacheff (1994) questionne « la distance entre ce à quoi le domaine phénoménal donne accès, et l'univers de référence » dans le cadre du schéma de la transposition informatique, et il relie l'existence d'une telle distance à un processus de représentation et de modélisation sous les contraintes de mise en œuvre par l'ordinateur. Ainsi les objets de savoirs, et par conséquent les rapports des sujets à ces objets de savoir, sont modifiés par les effets de la transposition informatique. Ce dernier implique le fait qu'un même objet d'enseignement ne va pas être vécu identiquement dans l'environnement papier-crayon et dans un environnement informatique. Artigue (1998) indique que le fait de sous-estimer les effets de la transposition informatique sur les connaissances mathématiques, peut empêcher les enseignants d'anticiper et de comprendre les difficultés éventuelles des élèves, et ainsi contribuer à un manque d'intégration de l'outil dans leur enseignement. Par conséquent, les enseignants doivent tenir compte de la transposition informatique et de ses effets sur les apprentissages.

- **Prendre conscience des apports et des non-apports des TICE ; et des facteurs qui affectent ces apports.**

On attend beaucoup et même trop des nouvelles technologies dans l'enseignement.

*« What is firstly asked of software and computational tools is to be pedagogical instruments. They must allow to better learn mathematics contents and values which are defined without taking these tools into account. They are also asked to help to fight against "inadequate" teaching practices: teaching practices too much orientated towards pure lecturing or to the learning of mathematical skills, if not to overcome the school difficulties induced by more general social problems.* » (Artigue, 2001)

Or, il est important que les enseignants, même les plus enthousiastes à l'égard des TICE, prennent conscience que le fait d'utiliser les nouvelles technologies ne va pas résoudre tous les problèmes pédagogiques et didactiques.

Les TICE ne fournissent des apports sur le plan didactique et sur le plan pédagogique que sous certaines conditions ; les élèves n'apprendront pas mieux les mathématiques par le seul fait de travailler avec les nouvelles technologies.

*« Vingt-cinq ans de recherche et d'innovation dans le domaine des “nouvelles” technologies d'enseignement ont suffisamment montré qu'il ne suffit pas d'offrir à l'enfant la possibilité d'explorer un monde artificiel, aussi riche et pertinent soit-il, pour garantir qu'il construira les connaissances que l'adulte instruit sait lire dans ces mondes. »* (Balacheff & Soury-Lavergne, 1995)

Les difficultés et les conditions que nous venons de citer doivent être prises en compte par l'enseignant pour pouvoir parler d'une intégration réussie.

En effet, plusieurs recherches montrent qu'utiliser les TICE diffère profondément du fait d'intégrer les TICE dans l'enseignement.

Laborde décrit ainsi l'utilisation du logiciel Cabri-Géomètre par un enseignant dans son cours de géométrie :

*« The software was mainly used as an amplifier for visualising properties, but not really the source of the task given to the students, nor as a tool for solving the task. »* (Laborde, 2001)

Cuban (2001) observe que les enseignants utilisent les TICE pour faire ce qu'ils ont toujours fait, bien qu'ils prétendent avoir changé leurs pratiques.

Nous pensons que ce dernier comportement est dû à ce que les enseignants ne prennent pas en compte les conditions nécessaires pour l'intégration, ou même à ce qu'ils les ignorent en réduisant « intégration » à « utilisation ». Ce type d'usage des TICE dans l'enseignement correspond à un degré d'intégration très insuffisant.

Laborde (2001) caractérise les degrés d'évolution dans l'intégration des TICE en termes d'appropriation de quatre types de tâches par les enseignants. Dans les deux premiers types, les tâches sont facilitées plutôt que changées, par la médiation de l'environnement informatique. Dans le premier type, l'environnement de géométrie dynamique facilite les actions matérielles. Par exemple, l'investigation empirique de la somme des angles d'un quadrilatère, où l'environnement informatique sert à produire des exemples de quadrilatères et mesurer leurs angles. Dans le deuxième type, l'environnement informatique facilite l'analyse mathématique ; par exemple, identifier les relations géométriques dans une configuration à travers le déplacement. Dans les deux derniers types, les tâches sont d'une certaine façon modifiées par la médiation de l'environnement de géométrie dynamique. Ainsi, dans le troisième type, les tâches continuent à avoir des équivalents dans l'environnement papier-crayon, mais l'environnement de géométrie dynamique amène à mobiliser de nouvelles stratégies mathématiques. Par exemple, spécifier plusieurs types de construction devient plus explicite dans un environnement de géométrie dynamique et les techniques changent aussi. Dans le quatrième et dernier type, il s'agit des tâches qui n'existent que dans un environnement de géométrie dynamique, et qui n'ont pas d'équivalent dans l'environnement papier-crayon.

Ce processus d'acceptation et d'appropriation ne va pas de soi, comme indiqué par Laborde.

Ruthven, Hennessy & Deaney (2004) indiquent que la place donnée aux environnements de géométrie dynamique par les enseignants dans leurs enseignements, est fortement influencée par la prise de conscience par l'enseignant des apports de ces environnements pour la construction des connaissances mathématiques chez leurs élèves.

La formation des enseignants qui devra aborder l'intégration des nouvelles technologies dans l'enseignement des mathématiques, est d'une importance primordiale pour l'intégration des TICE.

#### **I.4. Nécessité d'une formation auprès des enseignants**

Le rapport annuel Eurydice, met l'accent sur la nécessité de la formation des enseignants relative à l'intégration des TICE dans l'enseignement en Europe :

*« L'importance de la formation des enseignants va de pair avec l'intégration des TIC dans la formation des élèves. En effet, seuls des enseignants formés à leur utilisation sont en mesure d'accompagner efficacement les élèves dans leur assimilation et leur maîtrise progressive de ces outils indispensables. »*

En effet, plusieurs chercheurs constatent que si les nouvelles technologies, que la société a intégrées depuis des décennies dans sa vie quotidienne, n'ont pas le même succès du côté de l'enseignement, c'est parce que les enseignants manquent de formation. Comme Aldon et al (2003) soulignent *« ce ne sont sûrement pas le manque de ressources disponibles sur le web, ni les expérimentations et innovations nombreuses et bien documentées qui constituent un frein à l'utilisation des nouvelles technologies dans le cours de mathématiques. Depuis longtemps, des expérimentations ont été conduites et analysées par des chercheurs (INRP, IREM, IUFM) pour mettre en évidence les apports de l'informatique pour l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques : qu'en est-il alors de la "scolarisation", de l'intégration dans le cours de mathématique ? Les obstacles montrent toute l'importance de la formation des enseignants et de l'intégration des TICE au niveau de la formation initiale. »*

Le chemin de l'intégration passe nécessairement par la formation des enseignants, et sans une formation il ne sera pas possible d'intégrer les nouvelles technologies dans l'enseignement, comme le souligne Artigue (1995) : *« Sans sous-estimer les obstacles matériels, nous estimons que le levier déterminant aujourd'hui est celui de la formation des enseignants, tant initiale que continue. »*

Ce dernier nous conduit à formuler l'hypothèse suivante : l'intégration des TICE ne va pas de soi, il est indispensable d'y former les enseignants.

Face à une telle importance accordée à la formation des enseignants, qui semble la pierre angulaire pour l'intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques, l'étude d'une telle formation nous paraît très importante.

## II. CHOIX DE L'ETUDE DE LA FORMATION INITIALE DES ENSEIGNANTS AUX TICE

Nous avons choisi de travailler avec de futurs enseignants plutôt qu'avec des enseignants déjà en exercice. Les raisons de ce choix sont les suivantes :

La première raison est que nous pensons que les futurs enseignants ont un rapport différent aux nouvelles technologies par rapport à leurs collègues plus anciens. Et nous faisons l'hypothèse que les futurs enseignants sont plus habitués à utiliser les nouvelles technologies que les enseignants confirmés. En effet, l'environnement culturel est la cause de l'utilisation croissante des nouvelles technologies, devenues usuelles pour les plus jeunes enseignants.

Or, comme l'évoque Chaachoua et al (2000), le rapport d'un enseignant aux TICE joue un rôle très important dans l'intégration des TICE par celui-ci.

*« Le rapport de l'enseignant à l'environnement informatique va être déterminant pour la réussite de l'intégration des nouvelles technologies » (Chaachoua et al, 2000).*

Ainsi, le rapport de l'enseignant aux TICE étant déterminant pour l'intégration, le fait de cibler les jeunes enseignants, qui ont un rapport approfondi aux nouvelles technologies, nous permet de nous focaliser davantage sur les différents types de savoir qui sont en interrelation concernant une formation des enseignants aux TICE.

La deuxième raison importante réside dans le fait que l'intégration des TICE nécessite un changement dans le mode et l'organisation d'enseignement. Ce changement est souligné par Laborde : *« En effet, une intégration réussie signifie un changement en profondeur de la conception de l'enseignement, tant dans la présentation des contenus mêmes d'enseignement que dans les formes d'activité. Or ces changements nécessitent une réflexion et un travail qui ne peuvent être réalisés par un individu seul » (Laborde, 1998).*

Hennessy et al (in press) indiquent également que les enseignants expérimentés peuvent se sentir troublés par l'usage des TICE dans leur classe, car ils sont habitués à fonctionner avec d'autres approches et d'autres outils.

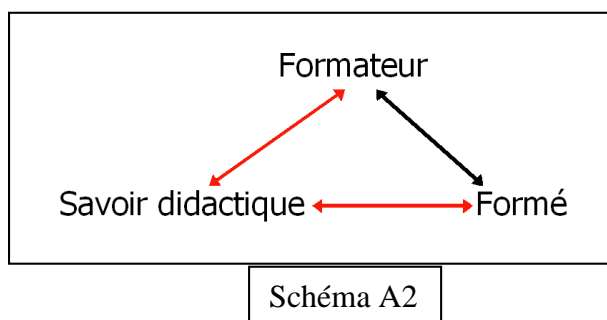
Or, les stagiaires enseignants n'ont pas de passé dans le métier d'enseigner. Nous pensons donc qu'ils seront plus ouverts aux changements susceptibles d'être apportés par l'intégration des TICE dans l'enseignement. Ils ont moins de routines et de régulations ancrées dans l'environnement papier-crayon.

Une troisième et dernière raison est liée à l'homogénéité de la population dans une formation initiale. En effet, il y a plus d'uniformité dans une formation initiale des PLC2 que dans un stage de formation continue. Les stagiaires à l'IUFM ont pratiquement le même âge et ils ont tous fait leurs études de collège, de lycée et d'université en même temps. Or dans une promotion de formation continue, les enseignants sont d'âges très différents et par conséquent, auront des rapport personnels et institutionnels différents aux savoirs en jeu dans la formation. Ainsi le fait de choisir les enseignants en formation initiale comme objet d'étude nous permet de mieux maîtriser les rapports personnels et institutionnels créés en dehors de l'institution IUFM.

### III. LES DIFFERENTS TYPES DE SAVOIRS EN JEU DANS LA FORMATION

*« La didactique est au cœur de la formation des maîtres, qu'elle soit la formation initiale ou qu'elle soit la formation continue. » (Bkouche, 1999).*

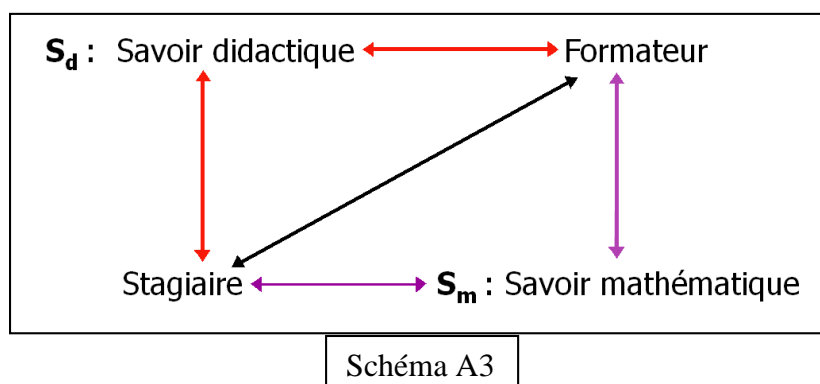
Pour l'étude de la formation des futurs enseignants à l'intégration des TICE, nous sommes partis du triangle didactique de Brousseau (1986) constitué de l'élève, du maître et du savoir et nous nous sommes appuyés sur le triangle didactique donné par Portugais (1992), constitué du formateur, du formé et du savoir didactique qui est une adaptation du triangle didactique de Brousseau à la formation des enseignants. Le triangle didactique proposé par Portugais est le suivant :



Un des savoirs insérés par Rolet et al. (1999) dans ce schéma est le savoir que nous avons nommé le savoir mathématique  $S_m$ . Ce sont « des savoirs relevant des disciplines scolaires traditionnelles (français, mathématiques, etc.) pour lesquels il existe un savoir savant, dont le processus de transposition a été étudié, et qui donnent lieu, en général, à un programme explicite dans le cadre de la formation et dans le cadre de la pratique ».

Nous préférons ajouter le savoir mathématique au schéma ci-dessus, car nous pensons qu'il existe une interrelation entre le savoir mathématique et le savoir didactique.

Par le savoir didactique,  $S_d$ , nous entendons « des savoirs relevant des didactiques des disciplines scolaires traditionnelles. Ils concernent l'enseignement et l'apprentissage de savoirs disciplinaires. Ils ont été établis récemment et il en existe des textes de références, ou bien ils sont issus de recherches en cours... Leur transposition reste un sujet de recherche. » (Rolet et al., 1999)



Nous insérons dans ce schéma la notion d'artefact et d'instrument et le modifions donc comme suit :

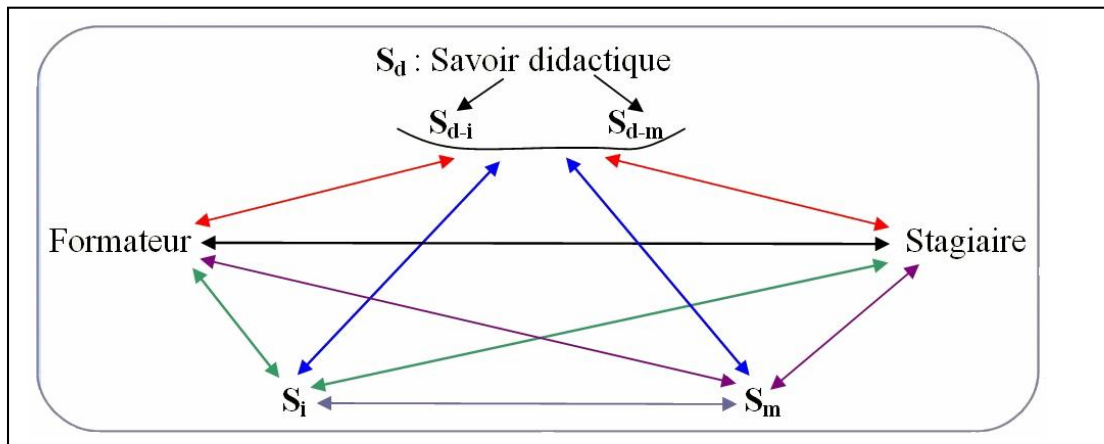


Schéma A4

Notre travail se situera dans le grand cadre modélisé par le schéma ci-dessus. Dans cette tentative de modèle, quatre principaux types de savoirs sont représentés, dont trois font l'objet explicite d'un enseignement dans le cadre de la formation sur l'intégration des nouvelles technologies dans l'enseignement des mathématiques à l'IUFM.

§ **S<sub>m</sub>** : représente le savoir mathématique (*un savoir défini au niveau institutionnel, ainsi que sa transposition*)

§ **S<sub>i</sub>** : représente le savoir sur l'usage de l'artefact (*défini dans l'institution de production mais pas au niveau de sa transposition*)

§ **S<sub>d-m</sub>** : représente le savoir lié à la mise en œuvre des objets de savoirs (c'est-à-dire les notions mathématiques) dans une situation didactique. C'est le savoir relevant des didactiques des disciplines scolaires traditionnelles (ici, mathématiques) et il concerne l'enseignement et l'apprentissage de savoirs disciplinaires, sans parler de l'artefact (*il existe quelques textes de référence mais très peu au niveau de sa transposition*)

§ **S<sub>d-i</sub>** : représente le savoir didactique lié à la mise en œuvre de l'artefact dans une situation d'apprentissage. Le rapport du stagiaire à S<sub>d-i</sub> est un enjeu didactique pour l'IUFM, qui vise à permettre aux formés de savoir mettre en interrelation S<sub>m</sub> et S<sub>i</sub> c'est-à-dire comment intégrer les nouvelles technologies dans l'enseignement des mathématiques. Les stagiaires, dans leur futur tâche d'enseignant, auront à utiliser S<sub>m</sub> et S<sub>i</sub> en interrelation. Par conséquent, la modification du rapport du stagiaire à S<sub>d-i</sub> apporte une modification, de façon indirecte, du rapport du stagiaire à S<sub>m</sub> ; ceci parce que le savoir mathématique lui-même est modifié avec la transposition informatique. (*Il n'est pas décrit dans une institution, pas de texte de référence, ni au niveau de sa transposition*)

Ces quatre types de savoirs ne sont pas de même nature, et ils peuvent exister de façon très différente. Ainsi, ils ne sont pas explicités de la même façon : Ils peuvent être totalement explicites (par exemple S<sub>m</sub>) ou bien ils peuvent rester implicites (par exemple, dans certains cas pour S<sub>d-m</sub> ou pour S<sub>d-i</sub>) ; certains peuvent se transmettre par écrit, mais certains autres se transmettront oralement.

Une étude portant sur l'objet de savoir  $S_{d-i}$  nous paraît importante, car c'est le rapport du stagiaire à  $S_{d-i}$  qui sera essentielle pour l'intégration des TICE. Mais nous ne pouvons pas étudier  $S_{d-i}$  sans prendre en compte  $S_m$ ,  $S_{d-m}$  et  $S_i$ .

En effet, l'objet  $S_{d-i}$  n'existe jamais seul dans une institution. Il est d'abord directement lié à l'objet  $S_d$  (savoir didactique), puisqu'il s'agit d'« enseigner » en utilisant un outil.

Quand on parle du savoir didactique, il s'agit de didactique d'une notion – ici, d'une notion mathématique. Donc, si l'on veut analyser le rapport à l'objet  $S_{d-i}$ , on est obligé de prendre en compte les objets  $S_m$  et  $S_{d-m}$ .

En outre, comme Laborde (2003) l'indique, les connaissances mathématiques sont ancrées dans les outils comme ceux offerts par les technologies de l'information (comme c'est par exemple déjà visible dans Cabri au niveau des dénominations dans les menus - médiatrice, droite parallèle... -) et l'usage de tels outils exige l'intégration des connaissances mathématiques et des connaissances sur l'outil.

Ainsi, le savoir sur l'artefact ( $S_i$ ) est naturellement lié à  $S_{d-i}$ ; il est nécessaire pour un enseignant de connaître les propriétés – au moins celles de base – de l'artefact qu'il utilise dans sa classe. « ...il importe d'abord que les enseignants, au cours de la formation, deviennent familiers avec le travail mathématique dans les EIAO qu'on souhaite leur voir utiliser, qu'ils se les approprient personnellement. » (Artigue, 1995)

Il est donc important de préciser que l'on ne peut pas étudier le rapport d'un sujet à  $S_{d-i}$  en ignorant son rapport à  $S_m$ ,  $S_{d-m}$  et  $S_i$ . En effet, il existe une imbrication très forte entre ces savoirs (Tapan, 2002).

Nous considérons comme hypothèse de travail: L'intégration par l'enseignant d'environnements informatiques embarquant des savoirs mathématiques fait appel de façon imbriquée au savoir mathématique ( $S_m$ ), au savoir instrumental ( $S_i$ ) et au savoir didactique ( $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$ ).

Ainsi, pour un enseignant qui n'a pas beaucoup de pratique dans l'enseignement, la genèse instrumentale se fera aussi bien au niveau du savoir didactique lié à la mise en œuvre de l'artefact dans une situation d'apprentissage  $S_{d-i}$  qu'au niveau du savoir  $S_{d-m}$  avec une interaction entre  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$

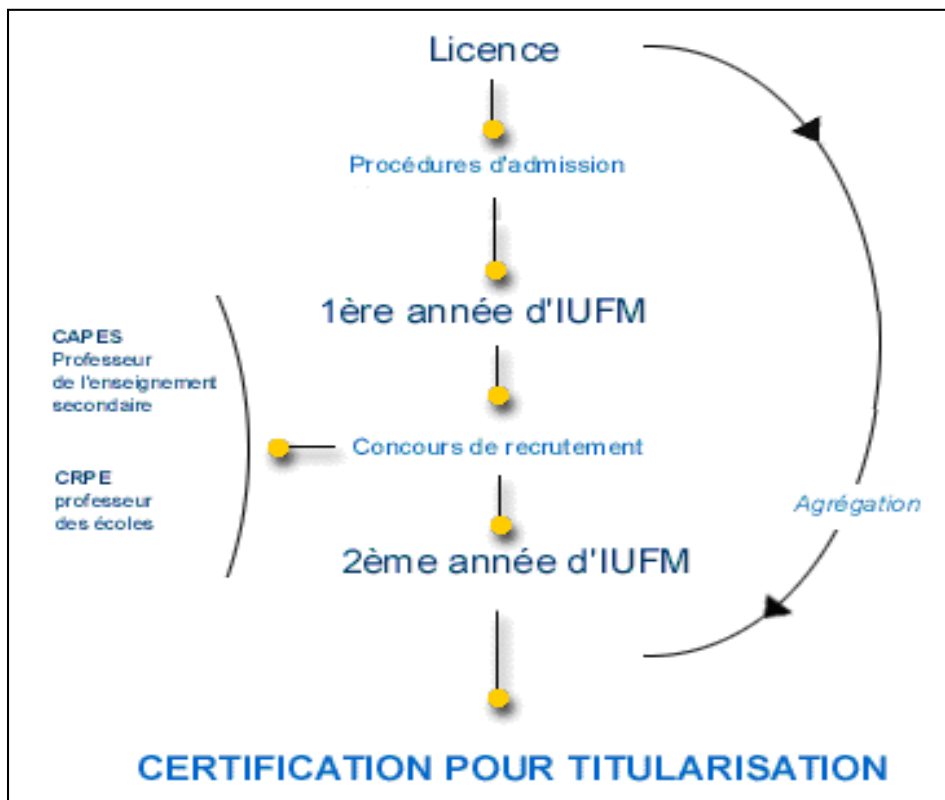


## IV. DISPOSITIFS DE FORMATION INITIALE DES ENSEIGNANTS

*« Les enseignants qui sortent actuellement des IUFM sont appelés, pour la majorité d'entre eux, à exercer leur métier jusqu'à la fin des années 2030 ; pendant cette période, ce sont environ 30 millions d'enfants et d'adolescents qui seront passés par le système scolaire. La formation de ces enseignants dans les IUFM est donc un enjeu essentiel pour l'avenir de notre pays. » (CNE, 2001)*

### IV.1. Les IUFM

Les IUFM ont été créés dans le cadre de la loi d'orientation de 1989 qui assignait de nouveaux objectifs au système éducatif, et qui était accompagnée d'un plan de revalorisation de la fonction enseignante, dans un contexte de pénurie d'enseignants. Former autrement à un métier en évolution et répondre aux besoins de recrutement de l'Éducation nationale, tels étaient les deux objectifs assignés aux IUFM. Les IUFM se virent donc confier la formation initiale de tous les enseignants du primaire et du second degré. Après l'ouverture de trois IUFM expérimentaux en septembre 1990, le système est étendu à l'ensemble des académies dès la rentrée suivante. (Centre National d'Évaluation, 2001)



C.R.P.E. : Certificat de Recrutement au Professorat des Ecoles (concours académique)

C.A.P.E.S. : Certificat d'Aptitude au Professorat de l'Enseignement Secondaire (concours national)

Schéma A5

Pour accéder à la première année de formation à l'IUFM, le diplôme de licence est le minimum requis. La première année de formation a pour objectif prioritaire la réussite des étudiants au concours qu'ils préparent.

C'est en deuxième année de formation – une fois que les étudiants ont réussi leur concours – que commence une formation plus professionnelle où les stagiaires ont une certaine initiative pour se sentir plus enseignant qu'étudiant. Le rapport d'évaluation CNE (2001) préfère utiliser le terme « étudiants » pour les sujets d'IUFM en première année et « professeurs stagiaires » pour ceux qui sont en deuxième année.

*« Étudiants en première année, ils vivent toutes les contraintes de la préparation d'un concours, et une probabilité plus ou moins forte de réussite selon les filières ou les disciplines ; professeurs stagiaires en deuxième année, mais davantage stagiaires que professeurs, ils sont dans l'obligation de continuer à acquérir des connaissances ; ils sont mis en situation de dépendance à l'égard des formateurs ou maîtres de stage, en partie à cause des dispositifs d'évaluation et de certification » (CNE, 2001)*

La validation de la formation pour l'obtention de la certification pour titularisation s'appuie sur l'évaluation de trois volets :

- le mémoire professionnel ;
- le stage en responsabilité ;
- l'ensemble des modules de formation ( (Livret formateurs, 2003-2004)

Nous utilisons le terme « stagiaire » pour désigner la double position – étudiant et enseignant – des sujets de l'IUFM.

En effet, les sujets de l'IUFM en deuxième année de formation qui sont en position d'étudiant dans l'institution IUFM, sont également en position d'enseignant dans l'établissement scolaire où ils font leur stage en responsabilité.

Cette double position des stagiaires à l'IUFM nous amène à prendre en compte la théorie anthropologique.

## **IV.2. La théorie anthropologique**

Un enseignant est façonné par les contraintes des institutions auxquelles il appartient. En effet pour chaque objet qui existe pour une institution, il existe un rapport institutionnel dont la conformité au rapport personnel va faire d'un sujet un bon sujet de cette institution.

Par conséquent, il nous paraît nécessaire de prendre en compte l'aspect institutionnel de la théorie anthropologique pour analyser le rapport des stagiaires en formation à l'IUFM aux différents types de savoirs.

Nous présentons ci-dessous les éléments de la théorie anthropologique que nous avons retenue.

Un objet de connaissance existe s'il est connu d'au moins une personne ou d'une institution. C'est-à-dire qu'un objet O existe pour X (ou pour I) s'il existe un rapport personnel de X à O

noté  $R(X, O)$  (ou rapport institutionnel de I à O noté  $R_I(O)$ ). Alors, pour une personne comme pour une institution, connaître un objet c'est avoir un rapport à cet objet. Un apprentissage pour une personne X relativement à un objet (O) se caractérise donc par la création ou la modification d'un rapport personnel  $R(X, O)$ .

Ainsi, si nous prenons comme objet O « l'usage des TICE » et comme personne les stagiaires à l'IUFM ; l'apprentissage auquel nous nous intéressons concerne donc la création ou la modification du rapport personnel du stagiaires à l'objet « usage des TICE ».

Or, l'objet « usage des TICE » existe avec des sous-catégories dans le cas d'un enseignant. Nous retenons au moins 2 sous-catégories de cet objet :

- usage des TICE pour faire des mathématiques (en relation avec les savoirs  $S_i$  et  $S_m$ ).
- usage des TICE pour enseigner les mathématiques (en relation avec les savoirs  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$ ).

Notre objet d'étude porte essentiellement sur l'usage des TICE pour enseigner les mathématiques.

De plus, la formation aux TICE à l'IUFM a également comme objectif final de modifier le rapport du stagiaire à l'objet « usage des TICE pour enseigner les mathématiques ».

Une personne X devient un sujet d'une institution I quant elle devient assujettie à I. en entrant dans I. Dans ce cas son rapport personnel  $R(X, O)$  à un objet de connaissance va s'établir, se transformer, sous la contrainte du rapport institutionnel  $R_I(O)$  à ce même objet.

Une formation des enseignants aux TICE a par conséquent la volonté de changer le rapport personnel et institutionnel des enseignants en position étudiant aux objets liés à l'usage de la technologie dans une situation didactique.

Selon Chevallard, un savoir S va exister dans différentes institutions, entouré par d'autres savoirs ou connaissances (explicites ou implicites) ou objets institutionnels. De ce fait, dans chacune de ces institutions, les rapports institutionnels à cet objet de savoir sont nécessairement différents.

Une même personne, sujet de deux institutions différentes peut montrer, en tant que sujet de l'une ou l'autre de ces deux institutions occupant une position  $p_1$  et une position  $p_2$ , des rapports différents à ces objets.

Ainsi, les sujets qui viennent occuper la position étudiante dans l'institution de la formation aux TICE à l'IUFM occupent également une autre position dans une autre institution didactique. En effet, les enseignants en formation sont en position d'étudiant dans cette institution, et les mêmes personnes sont en position d'enseignant dans les établissements scolaires auxquels elles sont assujetties.

Dans le cadre de notre recherche, nous nous intéressons aux stagiaires de l'IUFM qui sont en position d'étudiants. Mais nous prendrons également en compte la double position des stagiaires et nous attacherons à repérer les éléments qui viennent de leur position d'enseignant dans la construction du rapport aux TICE. Nous serons également amenés à considérer les

formateurs - en position d'enseignant - dans le cadre du dispositif de formation aux TICE des PLC2.

Nous présentons ci-dessous le dispositif de formation des PLC2

### **IV.3. Description de la formation PLC2**

Les PLC2, objet d'étude dans ce travail, sont des sujets en deuxième année à l'IUFM de Grenoble qui deviendront professeurs de mathématiques à la fin de leur formation. Ils sont titulaires au moins d'une licence de mathématiques et ils présentent un concours national (CAPES) sur le savoir  $S_m$ . On peut donc faire l'hypothèse qu'ils ont un rapport assez approfondi à  $S_m$ .

Comme le dit le rapport d'évaluation CNE (2001), la continuité entre les deux années de formation des PLC à l'IUFM est en partie une fiction. Si l'on ajoute les agrégés, on trouve en deuxième année une proportion non négligeable de stagiaires qui ne sont pas passés par la première année d'IUFM.

L'organisation de la formation PLC2 à Grenoble repose sur trois composantes étroitement articulées :

- le stage en responsabilité et les sessions en pratique accompagnée ;
- les modules de formation communs et obligatoires : « enseigner la discipline au collège et au lycée », « prise de fonction et pratique de classe », « connaître l'école et ses valeurs », le mémoire professionnel ;
- le parcours individualisé de formation permet de déterminer l'ouverture interdisciplinaire, la découverte des réalités scolaires spécifiques et les options liées à la maîtrise des ressources documentaires et technologiques pour l'enseignement.

Par rapport aux différentes matières enseignées au secondaire, la formation des PLC2 ne prend donc en compte que les mathématiques. Par conséquent, pour les PLC2 les enjeux didactiques sont l'ensemble des contenus de formation didactiques liés à  $S_m$ . Ainsi, par la structure de formation au sein de l'IUFM, les PLC2 construisent un rapport aux différents savoirs à travers des modules de formation bien distincts.

Dans le cadre de l'intégration des TICE, les modules de formations pour les PLC2 que nous avons pris en compte concernent le module obligatoire sur la didactique des mathématiques, et les deux modules (l'un obligatoire, l'autre optionnel) sur l'utilisation de la géométrie dynamique dans l'enseignement. Nous présenterons le fonctionnement de ces modules de formation à la Partie B.

#### IV.4. Ni pleinement « enseignant » ni pleinement « étudiant »

L'institution IUFM a donc pour mission essentielle d'assurer une transition entre l'étudiant et le futur enseignant. Les sujets en deuxième année d'IUFM en position d'étudiant sont également assujettis à un établissement scolaire – cette fois en position d'enseignant- où ils exerceront leur métier.

Il est donc évident qu'une même personne n'aura pas le même rapport à un objet de savoir, selon qu'elle se mettra en position d'étudiant ou en position d'enseignant.

*« L'activité mathématique des enseignants est différente de celle des étudiants dans le sens où leurs connaissances mathématiques ne doivent pas seulement être disponibles pour la résolution de problèmes, mais aussi, par exemple, pour la conception d'un texte du savoir et pour l'animation mathématique d'une séance » (Lenfant, 2002)*

Il est à préciser que les IUFM appellent leurs sujets « stagiaires », parce qu'ils ont une double position (étudiant – enseignant). Dans le cadre de notre étude nous dédoublons cette position de « stagiaire » où d'un côté les sujets de l'IUFM sont « étudiants », et où de l'autre ils sont « enseignants ».

Il est également à noter que, en plus des deux positions « étudiant » et « enseignant », il existe aussi une position d'élève provenant de l'histoire du stagiaire, c'est-à-dire le fait d'avoir une formation mathématique ou non. Nous pensons que le rapport à  $S_m$  est un élément important qui influe sur la construction et l'évolution du rapport à  $S_{d-i}$  et à  $S_{d-m}$ .

En effet, nous faisons l'hypothèse que les outils comme ceux offerts par les TIC embarquent des connaissances mathématiques et que l'usage de tels outils exige l'intégration de connaissances mathématiques et de connaissances sur l'outil.

Par conséquent l'usage de tels outils pour l'enseignement exige l'intégration de connaissances mathématiques, de connaissances sur l'outil et de connaissances didactiques.

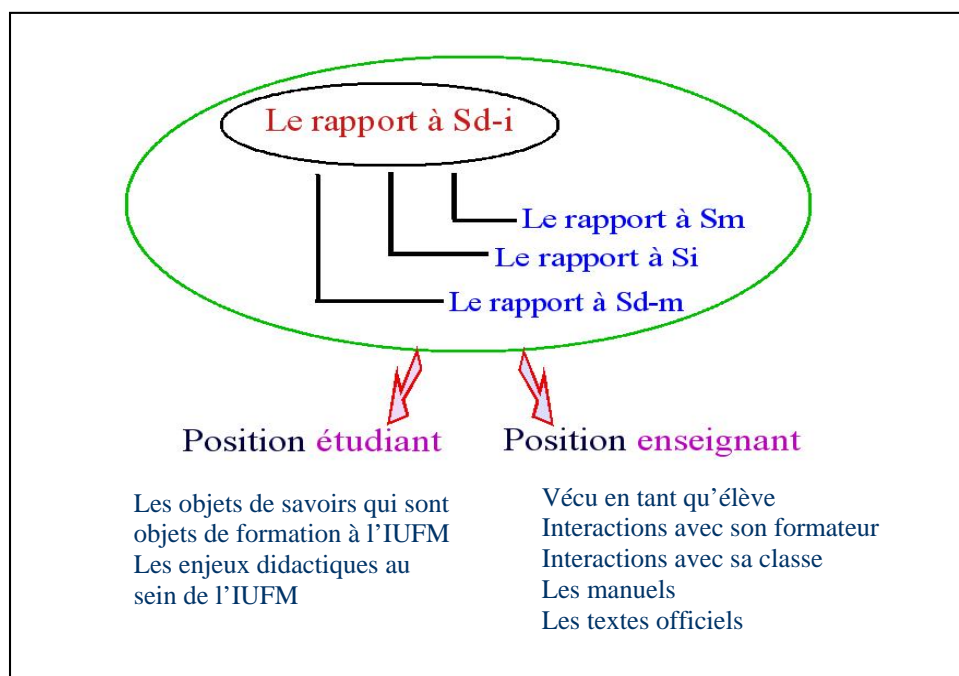


Schéma A6

La finalité de la formation aux TICE des PLC2 est le savoir  $S_{d-i}$ .

Ainsi, dans le cadre de l'intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques, nous nous questionnons sur la construction du rapport à  $S_{d-i}$  pour les sujets en position d'étudiant en deuxième année de l'IUFM. Mais comme nous l'avons cité précédemment, nous ne pouvons exclure les trois objets de savoirs –  $S_m$ ,  $S_{d-m}$  et  $S_i$  – qui sont imbriqués entre eux et également avec le savoir  $S_{d-i}$ .

Ceci nous conduit à faire un choix sur une notion mathématique (liée à  $S_m$  et à  $S_{d-m}$ ) et sur un artefact (lié à  $S_i$ ).

## V. LA TECHNOLOGIE ETUDIEE : CABRI-GEOMETRE

Dans le cadre de la formation à l'IUFM de Grenoble sur les TICE dans l'enseignement des mathématiques, le logiciel de géométrie dynamique Cabri-Géomètre était l'objet essentiel de cette formation pour l'année scolaire 2003-2004 où nous avons effectué nos expérimentations. Par conséquent, notre travail de recherche se restreint à l'intégration, par les futurs enseignants, des logiciels de géométrie dynamique – et plus particulièrement de Cabri-Géomètre – dans l'enseignement des mathématiques.

Le logiciel Cabri-Géomètre est « *un cahier de brouillon informatique et interactif pour l'apprentissage de la géométrie. Il s'agit d'un micro-monde qui permet la construction et l'exploration de dessins géométriques favorisant l'élaboration par l'élève de connaissances relatives aux objets mathématiques matérialisés par ces dessins.* » (Clarou et al, 2001).

Un micro-monde est, comme l'expliquent Hoyles & Healy. (1997), un environnement où - potentiellement - il y a le rapport dialectique entre action et signification mathématique à travers la médiation des outils du logiciel. En d'autres termes, un micro-monde consiste en des outils qui ont du sens pour l'élève et qui, en fournissant un moyen à travers lequel les mathématiques peuvent être exprimées, peuvent être utilisés pour les orienter vers une perspective mathématique.

En effet, comme l'indique Duval (2000), la seule façon d'accéder aux objets mathématiques est d'utiliser des signes, des mots ou des symboles, des expressions ou des dessins ; par conséquent des « *objets ostensifs* » (Chevallard & Bosch, 1999). Or les objets mathématiques sont des objets abstraits, non ostensifs.

Un micro-monde peut alors être perçu comme un environnement où il est possible d'explorer et d'expérimenter sur les représentations des objets abstraits comme s'ils étaient des objets matériels. Les micro-mondes tels que Cabri-Géomètre offrent un champ d'expérience où les utilisateurs peuvent effectuer des expériences réelles qui correspondent aux expériences mentales qu'ils peuvent effectuer sur des objets abstraits qui ne sont souvent pas disponibles pour les élèves. (Laborde, 2003)

Cette idée de champ d'expérience nous a guidés dans le choix de la notion mathématique sur laquelle nous avons mené nos expérimentations

## VI. LA NOTION MATHÉMATIQUE ÉTUDIÉE : SYMÉTRIE AXIALE

La symétrie axiale est présente dans l'environnement quotidien (architecture, décoration...). On rencontre partout des formes symétriques. Elle a d'une part, une signification d'harmonie et d'ordre, et d'autre part une signification de bilatéralité provenant en particulier du corps humain. Comme l'indique Grenier (1988), la symétrie a une dimension culturelle et sociale, en tant que relation intra ou interfigurale, que ne possèdent pas au même degré les autres transformations géométriques. Par conséquent, les élèves ont déjà un rapport à l'objet symétrie.

Un deuxième point, lié au premier et nous ayant conduits à choisir la symétrie axiale comme notion étudiée, est l'influence du contexte socio-culturel sur l'apprentissage de cette notion par les élèves. En effet, Denys (1985) montre, dans une étude transculturelle sur les élèves français et japonais, que cette influence n'est pas négligeable. Grenier (1988) montre en outre, que la perception influencée par le contexte socio-culturel joue un grand rôle, d'abord dans la formation des représentations de l'enfant sur la notion de symétrie bilatérale, puis dans celle des conceptions de l'élève sur le concept de symétrie orthogonale. Hoyles & Healy soulignent également cette influence :

*« Students construct meanings in a new situation from the basis of the cognitive resources that they bring to the task. Thus, the rich set of meanings around reflective symmetry developed outside school shapes student responses in the mathematics classroom »* (Hoyles & Healy, 1997)

Par conséquent, les élèves peuvent se baser sur leurs « idées primitives » (Edwards & Zazkis, 1993) afin d'utiliser le champ d'expérience fourni par un environnement de géométrie dynamique pour l'apprentissage de la notion de symétrie orthogonale.

Un autre point à signaler c'est la place privilégiée du concept mathématique de symétrie dans l'ensemble des transformations du plan : « la symétrie orthogonale est une isométrie indirecte, à laquelle on peut réduire toutes les isométries du plan. » (Grenier, 1988).

En outre, la symétrie orthogonale est la première transformation rencontrée par les élèves au cours de leur scolarité. En effet, on voit apparaître la notion de symétrie dès le cycle 2 dans les programmes avec la reconnaissance de l'axe de symétrie. C'est donc à travers la symétrie orthogonale que les élèves entrent dans le monde des transformations et construisent leur premier rapport institutionnel sur la notion des transformations.

Une dernière raison de notre intérêt pour la notion de symétrie axiale est l'existence d'un grand nombre de recherches au niveau de l'élève (Gallou-Dumiel 1985 ; Tavignot 1991 ; Grenier 1998 ; Tahri 1993 ; Bray and al 2000 ; Healy 2002 ; Webber 2003 ; etc.). Ceci nous permet de tirer parti des résultats de ces recherches pour les élèves et de mener ainsi notre étude sur les futurs enseignants en nous appuyant sur ces résultats. Ce qui nous donne d'une part, des éléments sur le savoir  $S_{d-m}$  et d'autre part, des éléments d'analyse sur le savoir mathématique des stagiaires.

## VII. QUESTIONS DE RECHERCHE

### VII.1. Hypothèses de travail

Nous récapitulons ci-après nos hypothèses de travail argumentées précédemment :

Dans ce travail, l'intégration des TICE est envisagée comme une utilisation ayant un impact sur l'activité mathématique des élèves.

Le rôle de l'enseignant est essentiel pour une intégration réussie des TICE.

L'intégration des TICE ne va pas de soi, il est indispensable d'y former les enseignants.

Un outil n'est pas transparent, et utiliser un outil pour faire des mathématiques change non seulement la façon de faire des mathématiques, mais exige aussi une appropriation spécifique de l'outil.

Les enseignants doivent développer non seulement des schèmes d'instrumentation pour résoudre des tâches avec la technologie mais de plus des schèmes d'instrumentation spécifique pour la conception des tâches intégrant les TICE.

Les outils comme ceux offerts par les TICE embarquent des connaissances mathématiques, et l'usage de tels outils exige l'intégration de connaissances mathématiques et de connaissances sur l'outil.

L'intégration par l'enseignant d'environnements informatiques embarquant des savoirs mathématiques fait appel de façon imbriquée au savoir mathématique ( $S_m$ ), au savoir instrumental ( $S_i$ ) et au savoir didactique ( $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$ ).



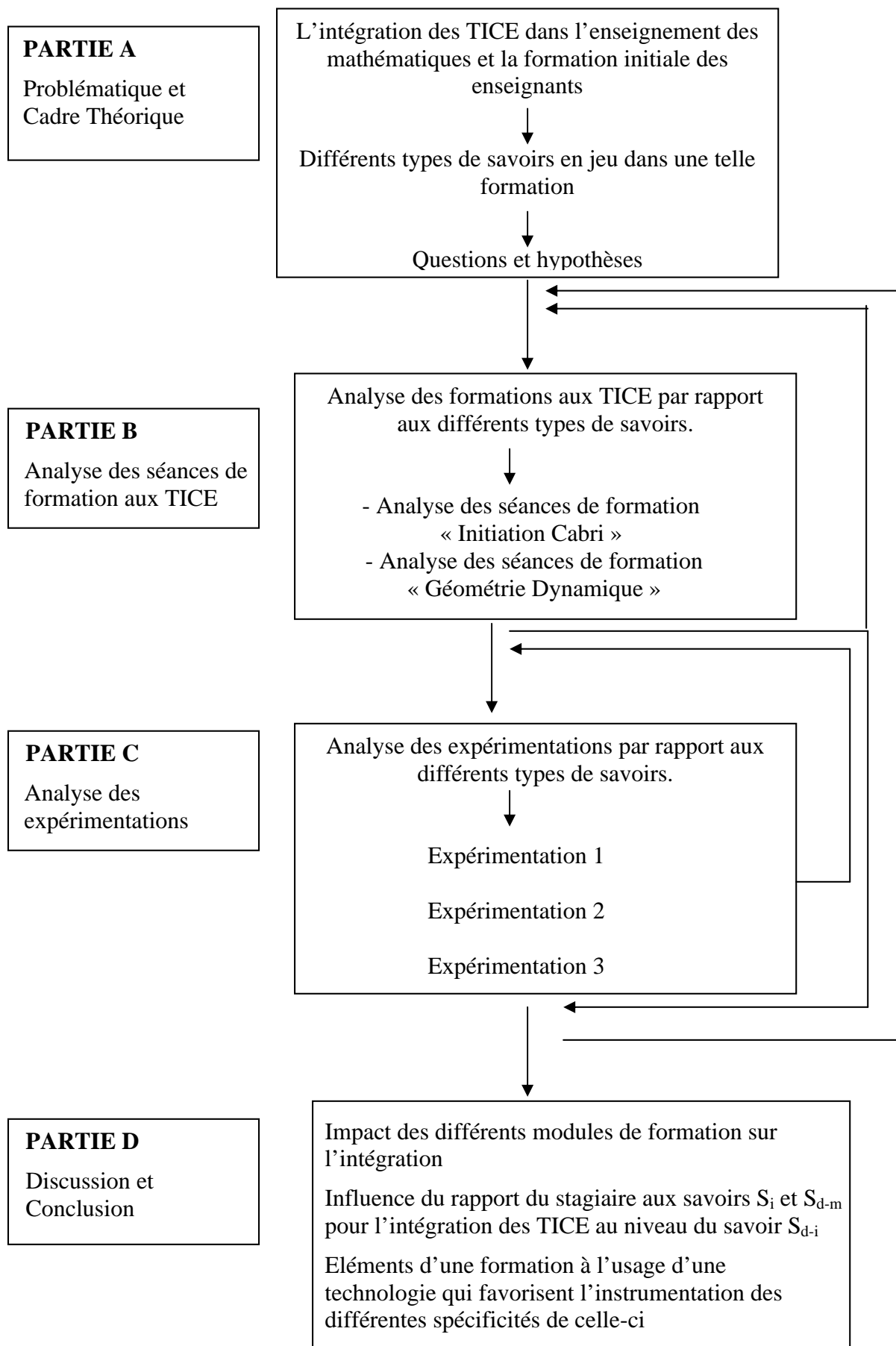
Partant de ces hypothèses les questions de recherche auxquelles nous avons tenté de répondre à travers les expérimentations sont :

**Q1 :** Quel est l'impact du travail fait en formation relativement à chacun des types de savoirs ( $S_i$ ,  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$ ) sur le rapport à  $S_{d-i}$  des stagiaires PLC en deuxième année d'IUFM ?

**Q2 :** Quelle est l'influence des rapports des stagiaires aux savoirs  $S_i$  et  $S_{d-m}$  sur leur usage d'éléments de  $S_{d-i}$  dans l'intégration des logiciels de géométrie dynamique ?

**Q3 :** Quels sont les éléments d'une formation à l'usage d'une technologie qui favorisent l'instrumentation des différentes spécificités de la technologie au plan didactique pour concevoir des tâches didactiques intégrant celle-ci ?

## ORGANIGRAMME DE LA THESE



## CHAPITRE A2

### **METHODOLOGIE GENERALE ET EXPERIMENTATIONS**

Dans ce chapitre, nous présenterons les différentes approches méthodologiques adoptées afin de pouvoir répondre à nos interrogations. Ensuite, nous décrirons le déroulement des séances de formation observées et des expérimentations effectuées auprès des PLC2.

#### **I- Analyse de l'environnement informatique : Le logiciel Cabri-Géomètre**

Comme nous l'avons évoqué, le logiciel Cabri-Géomètre est « *un cahier de brouillon informatique et interactif pour l'apprentissage de la géométrie. Il s'agit d'un micromonde qui permet la construction et l'exploration de dessins géométriques favorisant l'élaboration par l'élève de connaissances relatives aux objets mathématiques matérialisés par ces dessins.* » (Clarou et al, 2001).

Capponi et Laborde donnent la définition de la notion de micro-monde :

« *Un micro-monde est une création d'un monde de réalités artificielles fournissant un modèle (au sens des logiciens) d'une théorie. Ce monde comporte des objets sur lesquels on peut agir grâce à des actions, on peut aussi créer de nouveaux objets. Une fois créés, les objets ont un comportement régulé par la théorie sous jacente au modèle. Même si l'utilisateur du micro-monde peut agir sur ces objets, ces derniers présentent donc une certaine autonomie, de la même manière qu'on ne peut faire n'importe quoi avec un objet matériel.* » (Capponi & Laborde, 1995, p. 265).

Par conséquent, dans un environnement informatique de type micro-monde tel que Cabri-Géomètre, on peut créer des représentations dynamiques d'un objet théorique et agir sur ces représentations (les réalités spatio-graphiques que l'on peut produire), en conservant les contraintes géométriques qui ont présidé à la construction de la représentation.

Nous avons dégagé trois types de spécificités de Cabri liées à la conservation des contraintes géométriques de construction :

Construction/Dépendance 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement

Construction/Dépendance 2 : Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci

Construction/Dépendance 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

En outre, parmi les rétroactions du logiciel, le déplacement joue un rôle essentiel. En effet, Cabri permet de déplacer, en temps réel et en manipulation directe, un des éléments de base de la figure.

« La figure se déforme en conservant les propriétés géométriques ayant servi à la construire et celles qui en découlent. Cette déformation se fait en continu au fur et à mesure du déplacement. En revanche, si la figure n'a pas été construite à l'aide des propriétés géométriques de l'énoncé mais au jugé, elle perd ses propriétés géométriques apparentes lors du déplacement » (Clarou et al, 2001).

C'est la raison pour laquelle nous faisons la distinction entre dessin et Cabri-dessin ; un Cabri-dessin étant un dessin construit dans Cabri, qui subit les effets du déplacement en résistant au déplacement.

« Les dessins à l'écran de l'ordinateur peuvent être saisis par l'un de leurs éléments que l'on déplace à l'aide de la souris, le dessin se déforme alors en conservant les propriétés géométriques qui ont servi à le construire et celles qui en découlent dans une géométrie "grosso modo" euclidienne. » (Capponi & Laborde, 1995, p. 265).

Ainsi, Cabri-Géomètre favorise « l'apprentissage de la notion de figure géométrique à savoir l'établissement de rapports entre un objet géométrique et les dessins qui lui sont associés » (Abrougui, 1998).

Dans le cadre de notre recherche, nous avons distingué les trois types d'usage du déplacement suivants :

### **Déplacement 1 :** Déplacer pour valider ou invalider

Un exemple d'activité où le Déplacement 1 est utilisé pour la validation ou l'invalidation peut être celle de la construction d'un losange à partir de deux sommets consécutifs A et B en utilisant uniquement l'outil "cercle" :

**Activité Losange :** Construire un losange à partir de deux sommets consécutifs A et B en utilisant uniquement l'outil "cercle".

Dans cette activité, par exemple, l'apprenant, après avoir effectué la construction peut utiliser le déplacement pour valider le fait que la figure qu'il a construit est effectivement un losange (et non un cas particulier de losange comme un calisson - angles de 60° et 120° - ou un carré) ; ou encore pour vérifier que son losange résiste au déplacement et ainsi valider sa construction dans Cabri.

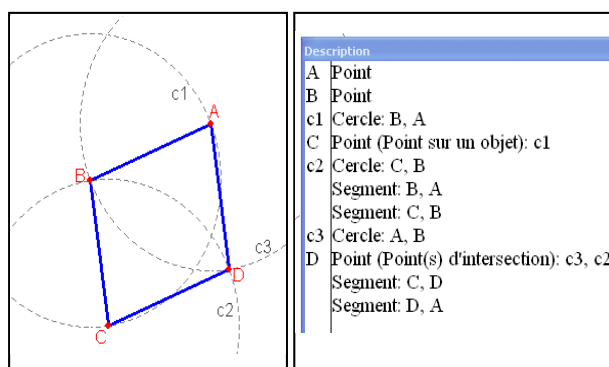


Figure A1

### Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer

Un exemple d'activité où le déplacement est utilisé pour conjecturer, peut être une activité de type « boîte noire » relative à des points inconnus à l'intérieur des triangles où il s'agit de reconstruire ces points.

Reconstruire le point rouge dans le triangle vide de façon à ce que le point reconstruit ait le même comportement que celui du point donné quand on bouge un des sommets du triangle. Le faire pour chaque point rouge.

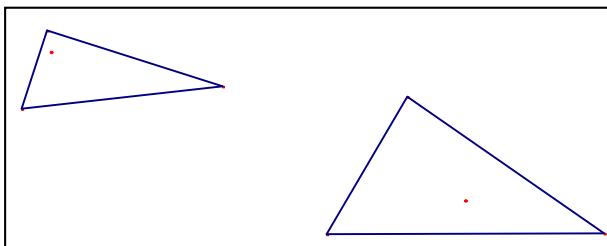


Figure A2

Il s'agit, en fait dans cette activité, d'utiliser le déplacement dans une recherche d'identification du point rouge en regardant s'il reste toujours à l'intérieur du triangle, ce qui se passe quand ce point rouge vient sur un des sommets ou quand il vient sur un des côtés ; ou encore quand le triangle est rectangle, aplati, etc., et à partir de son comportement, de conjecturer sur ses caractéristiques géométriques.

### Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Un exemple d'activité où le déplacement est utilisé pour constater, peut être la suivante :

Créez deux points A et B et un cercle passant par ces deux points.  
Construisez un point M sur le cercle.  
Créez les segments MA et MB.  
Marquez l'angle  $\widehat{AMB}$  et affichez sa mesure. Déplacez le point M sur le cercle. Que pouvez-vous constater ?

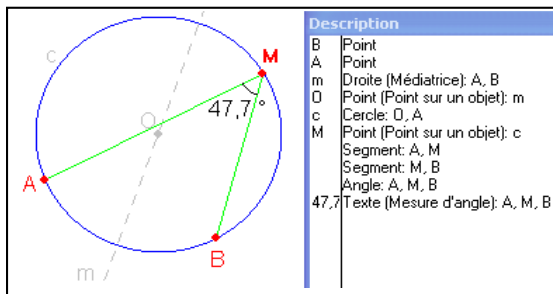


Figure A3

Il s'agit dans cette activité, de constater une propriété géométrique qui est invariante quand on déplace le point M où le déplacement est utilisé pour constater que la mesure de l'angle AMB est toujours la même avec la nécessité chez l'apprenant, créée par cette constatation, de donner une explication à celle-ci.

A travers ces deux types d'usage qui sont le « Déplacement » et la « Construction / Dépendance entre les objets », non seulement le champ d'expérimentation du dessin s'élargit par rapport à l'environnement papier-crayon, comme l'évoque Chaachoua (1997) ; mais il y a aussi de nouvelles tâches, et de nouvelles stratégies de résolutions pour une même tâche dans l'environnement papier-crayon qui voient le jour.

Par conséquent, nous avons décidé de distinguer, dans nos analyses, les spécificités « Déplacement » et « Construction / Dépendance » des autres spécificités de Cabri.

Ainsi nous avons construit trois grandes catégories de spécificités de Cabri pour nos analyses :

La catégorie 1 est constituée de « Déplacement » et « Construction / Dépendance » explicités ci-dessus. Concernant cette catégorie 1, elle nous intéresse dans nos analyses, pour tous les types de savoirs que nous avons définis dans la partie « problématique ». En effet, de façon potentielle, la catégorie 1 met en jeu tous les quatre types de savoirs :  $S_m$ ,  $S_i$ ,  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$ .

La catégorie 2 concerne les outils de Cabri qui sont dans les « boîtes à outils du menu de Cabri ». Il s'agit des outils servant à effectuer des constructions. En ce qui concerne cette deuxième catégorie, on peut dire qu'elle va essentiellement concerner les savoirs  $S_m$  et  $S_i$ , et peut-être un peu moins les savoirs didactiques  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$ . En revanche, dans nos analyses nous ne négligerons pas les savoirs  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$  concernant la catégorie 2.

La catégorie 3 est celle « des spécificités de Cabri plutôt à vocation didactique au service de l'enseignant ». Dans la catégorie 3, il s'agit des spécificités « configuration des outils », « boîtes noires », « macro construction » et « historique ». En effet, nous pensons que ces spécificités de Cabri ont plutôt une vocation didactique dans le contexte de l'intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques. Par conséquent, elles sont spécifiques du savoir  $S_{d-i}$ . Ainsi, l'usage de ces spécificités uniquement au niveau du savoir  $S_i$  ne présente guère d'intérêt si une intention didactique n'est pas incluse au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

En résumé, les trois catégories de spécificités de Cabri utilisées pour nos analyses sont :

1. Déplacement et Construction/Dépendance entre les objets
2. Les outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri
3. Les spécificités de Cabri plutôt à vocation didactique au service de l'enseignant.

Concernant alors notre question de recherche **Q3**, nous allons considérer les différentes spécificités de Cabri à travers cette catégorisation.

Ainsi, pour l'analyse des observations et celle des expérimentations, au sein de chacune de ces trois catégories, nous considérons la mise en jeu des différents types de savoirs.

## II. Dispositif expérimental et place des différents types de savoirs dans notre dispositif expérimental

Comme nous l'avons précisé au chapitre A1 « Problématique », notre objet d'étude dans le cadre de ce travail porte sur le savoir  $S_{d-i}$  et c'est le rapport du stagiaire au savoir  $S_{d-i}$  qui sera essentiel pour l'intégration des TICE. Mais nous ne pouvons pas étudier le savoir  $S_{d-i}$  sans prendre en compte les savoirs  $S_m$ ,  $S_{d-m}$  et  $S_i$ .

En effet, concernant le savoir  $S_m$ , les connaissances mathématiques sont ancrées dans les outils comme ceux offerts par les technologies de l'information, comme l'indique Laborde (2003). On peut alors dire que dans l'ensemble des objets qui constituent le savoir  $S_i$ , on trouvera des objets qui appartiennent également à l'ensemble des objets constituant le savoir  $S_m$ . Autrement dit, l'intersection de  $S_m$  et  $S_i$  n'est pas vide. Par exemple, les dénominations dans les menus de Cabri comme « symétrie axiale », « droite perpendiculaire » ; ou encore les messages attachés au pointeur comme « symétrique de ce point ... par rapport à cette droite », « par ce point ... perpendiculaire à cette droite ».

Ainsi « *l'usage des TICE exige l'intégration des connaissances mathématiques et des connaissances sur l'outil* » (Laborde, 2003).

En outre, le savoir sur l'artefact ( $S_i$ ) est naturellement lié à  $S_{d-i}$ . En effet, il est indispensable pour un enseignant de connaître les spécificités de l'artefact qu'il utilise dans sa classe. « *...il importe d'abord que les enseignants, au cours de la formation, deviennent familiers avec le travail mathématique dans les EIAO qu'on souhaite leur voir utiliser, qu'ils se les approprient personnellement.* » (Artigue, 1995)

De plus, comme nous l'avons précisé au chapitre A1, l'ensemble des objets qui constituent  $S_{d-i}$  est relié à l'ensemble des objets qui constituent  $S_{d-m}$ . Nous préférons isoler  $S_{d-i}$  pour notre étude, sans pour autant négliger ces interrelations.

En effet, le savoir  $S_{d-i}$  n'existe pas s'il n'y a pas un savoir mathématique  $S_m$ . Car si nous voulons effectuer l'analyse didactique d'une situation intégrant les TICE, nous ne pouvons pas exclure le fait qu'il s'agit d'une situation mathématique derrière laquelle existe un savoir mathématique.

Ainsi, en considérant une situation mathématique, nous pouvons dès lors en effectuer une analyse didactique indépendamment de l'environnement informatique. Celui-ci nous donnera alors des éléments du savoir  $S_{d-m}$  en termes d'objectifs d'apprentissage, et des moyens didactiques pour atteindre ces objectifs.

Par l'utilisation d'un environnement informatique pour une situation mathématique, il s'agit de se donner un moyen didactique à mettre en œuvre. Dans notre étude, l'environnement informatique en jeu est Cabri-Géomètre. Ainsi, nous appellerons *le savoir  $S_{d-i}$*  les moyens didactiques spécifiques à l'environnement Cabri utilisés pour atteindre les objectifs d'apprentissage par l'usage des spécificités de Cabri. Par conséquent, l'usage de Cabri enrichit le savoir  $S_{d-m}$ . Et nous chercherons les traces de cet enrichissement à travers le savoir  $S_{d-i}$ .

Dans le but d'identifier les connaissances des stagiaires de l'IUFM relatives aux différents types de savoirs et spécialement aux savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ , nous avons analysé les séances de formation des PLC2 observées et enregistrées au cours de l'année scolaire 2003-2004.

Rappelons ici nos questions de recherche auxquelles nous avons essayé de répondre à travers notre dispositif expérimentale :

**Q1 :** Quel est l'impact du travail fait en formation relativement à chacun des types de savoirs ( $S_i$ ,  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$ ) sur le rapport à  $S_{d-i}$  des stagiaires PLC en deuxième année d'IUFM ?

**Q2 :** Quelle est l'influence des rapports des stagiaires aux savoirs  $S_i$  et  $S_{d-m}$  sur leur usage d'éléments de  $S_{d-i}$  dans l'intégration des logiciels de géométrie dynamique ?

**Q3 :** Quels sont les éléments d'une formation à l'usage d'une technologie qui favorisent l'instrumentation des différentes spécificités de la technologie au plan didactique pour concevoir des tâches didactiques intégrant celle-ci ?

Nous commenterons le dispositif de formation que nous avons observés et analysés, dans lequel les PLC2 sont formés.

Ensuite nous explicitons le contenu et les choix des expérimentations que nous avons mis en place à l'issue des séances de formation que nous avons observées.



## Dispositif Expérimental

### II.1. Formation aux TICE pour les PLC2

Il s'agit de trois modules de formation qui se déroulent successivement

- « Initiation Cabri » où il s'agit des fonctionnalités de base et d'une prise en main du logiciel Cabri-Géomètre – module obligatoire ( $S_i$ )
- « Géométrie Dynamique » où les fonctionnalités plus élaborées de Cabri sont étudiées dans une perspective didactique à travers des exemples de situations et des questions sur l'enseignement et l'apprentissage intégrant les TICE – module optionnel ( $S_i$  et  $S_{d-i}$ )
- Séances de didactique où les concepts fondamentaux de la didactique sont présentés à travers des analyses de situations didactiques et des copies d'élèves – module obligatoire ( $S_{d-m}$ )

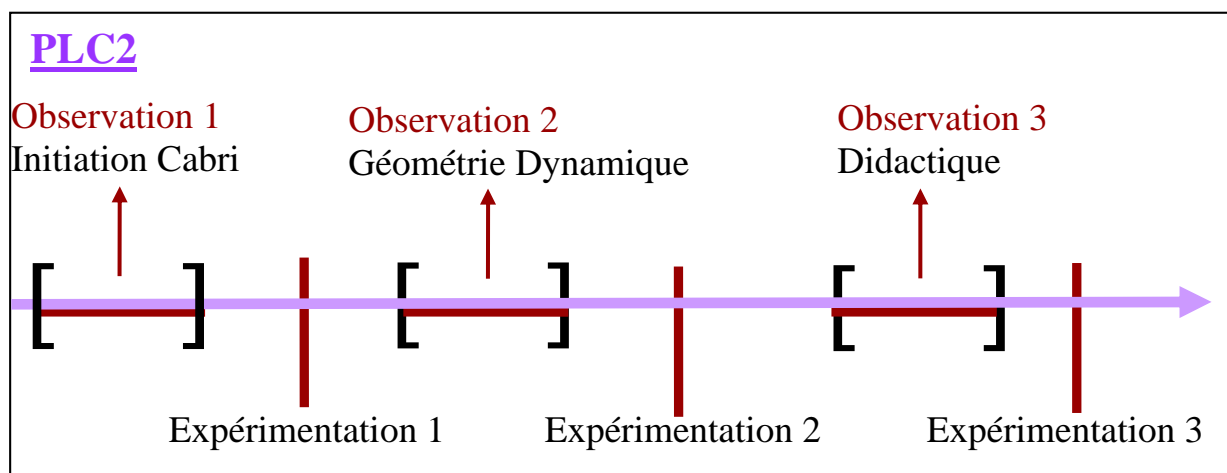


Schéma A7

Les analyses des observations de ces deux dispositifs de formation nous permettront de définir la place, au sein de l'institution IUFM, des objets de savoir auxquels nous nous intéressons.

### II.2. Expérimentations

Nous avons également construit une suite d'expérimentations, d'une part pour analyser le rapport du stagiaire à  $S_m$ ,  $S_i$ ,  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$  à un temps donné ; et d'autre part pour repérer l'impact d'une formation sur la construction du rapport à ces objets de savoir ; et finalement pour nous interroger sur l'évolution du rapport du stagiaire à  $S_{d-i}$ .

Comme le montre le schéma ci-dessus, il s'agit de trois expérimentations pour les PLC2, réalisées avant et après chaque module de formation - les enjeux didactiques de ces modules de formation portant sur les différents objets de savoirs qui nous intéressent.

Nous aurions pu observer leur pratique en classe après les séances de formation à l'IUFM, mais non seulement cela aurait demandé une observation à long terme, mais il faut dire aussi que la plupart des stagiaires n'étaient peut-être pas prêts à utiliser Cabri immédiatement. De

plus, ces observations ne nous auraient pas permis de nous centrer sur le même usage mathématique et sur l'usage des mêmes spécificités par les stagiaires.

Nous présentons maintenant brièvement, les expérimentations réalisées pour répondre à nos questionnements.

### **Expérimentation 1 :**

L'expérimentation 1 a été réalisée au début de l'année scolaire 2003-2004, juste après les séances de formation « Initiation Cabri » qui portaient essentiellement sur le savoir  $S_i$  avec les PLC2. A travers l'analyse des séances de formation « Initiation Cabri », nous avons identifié les connaissances susceptibles d'être acquises au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$  par les stagiaires. Ainsi, les résultats d'analyse des séances de formation « Initiation Cabri » nous ont permis d'effectuer l'analyse a priori de l'expérimentation 1.

Nous avons construit l'expérimentation en trois temps, qui correspondent aux trois types de savoirs :  $S_m$ ,  $S_i$  et  $S_{d-i}$ .

Dans un premier temps, il s'agit de tâches – que nous appelons mathématiques (liées à  $S_m$ ) dans l'environnement papier-crayon où nous analysons, en nous appuyant sur les résultats de recherches antérieures, le rapport personnel du stagiaire à l'objet de savoir « symétrie orthogonale ».

Dans un deuxième temps, ce sont des tâches Cabri concernant le savoir sur l'artefact,  $S_i$ , afin de repérer le rapport du stagiaire à  $S_i$  juste après une initiation à Cabri où nous essayerons de trouver les éléments qui viennent de cette formation.

Et dans un troisième temps, il s'agit de tâches d'analyse des situations dans l'environnement papier-crayon pour les élèves et d'adaptation de ces situations à l'environnement Cabri, où le stagiaire doit mettre en interrelation ses rapports à  $S_m$  et à  $S_{d-m}$  mais aussi à  $S_i$  et à  $S_{d-i}$  pour faire une analyse du point de vue de l'enseignant. Nous essaierons ainsi de repérer le rapport des stagiaires aux savoirs  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$  avant d'avoir reçu une quelconque formation à l'IUFM sur le savoir didactique.

### **Expérimentation 2**

Nous avons mis en place auprès des PLC2 une deuxième expérimentation, juste après qu'ils aient reçu une formation portant essentiellement sur  $S_{d-i}$  (Géométrie Dynamique). Par conséquent, au moment où nous avons mis en place l'expérimentation 2, les stagiaires étaient censés avoir des connaissances sur le plan  $S_i$  et  $S_{d-i}$ . Nous avons identifié ces connaissances à travers l'analyse des séances de formation Géométrie Dynamique.

L'expérimentation 2, construite en deux temps, avait l'objectif d'une part de repérer des éléments du rapport du stagiaire à  $S_{d-m}$  sans qu'il ait reçu une formation spécifique concernant le savoir  $S_{d-m}$ , et d'autre part d'analyser l'évolution de son rapport à  $S_i$  et à  $S_{d-i}$  par le fait qu'il

ait suivi les séances de géométrie dynamique ; et par conséquent, d'analyser l'impact de ces séances de formation sur le rapport du stagiaire aux différents types de savoirs.

### **Expérimentation 3**

A la fin de l'année scolaire, nous avons mis en place une dernière expérimentation, après les séances de formation en didactique sur la symétrie orthogonale pour les PLC2.

L'expérimentation 3 est construite en une seule partie qui concerne essentiellement le savoir  $S_{d-i}$  – puisque c'est sur le savoir  $S_{d-i}$  que notre étude porte particulièrement – mais elle concerne également les savoirs  $S_{d-m}$  et  $S_i$ .

Notre objectif dans l'expérimentation 3 est alors d'une part de repérer la mise en œuvre, par les stagiaires, des connaissances au niveau du savoir  $S_i$ ,  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$  acquises au cours d'une année de formation à l'IUFM, à travers différents modules de formation, pour la conception d'une situation didactique dans un environnement informatique ; et d'autre part, nous allons essayer de repérer l'impact de l'ensemble des différents modules de formations qui nous font objet d'étude au niveau des savoirs  $S_m$ ,  $S_i$ ,  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$ .



## **PARTIE B**

### **ANALYSE DES SEANCES DE FORMATION AUX TICE**



# PARTIE B

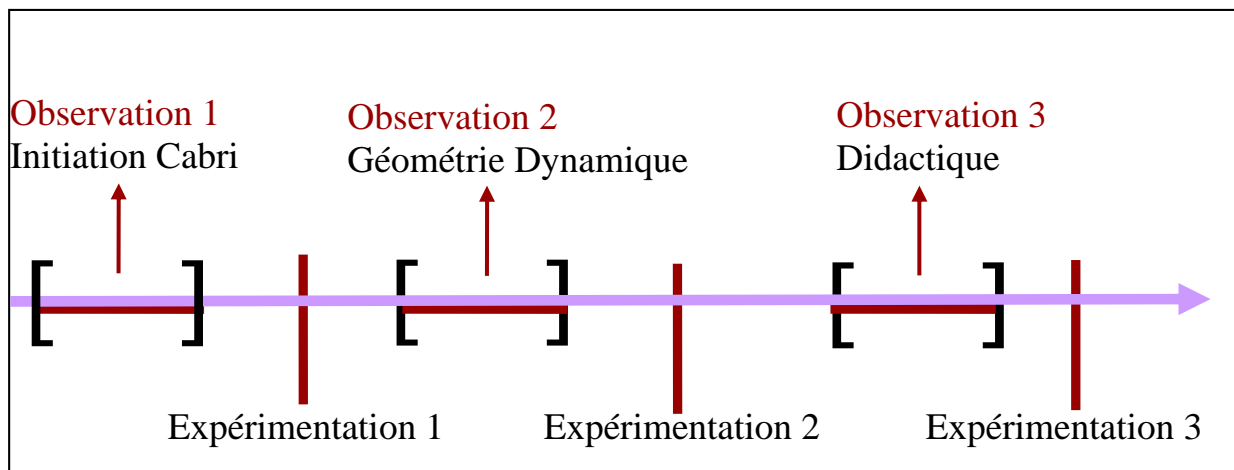
## CHAPITRE B1

### ANALYSE DES SEANCES DE FORMATION AUX TICE

Dans cette partie nous procédons à une analyse des séances de formation des PLC2 que nous avons observées et enregistrées. L'objectif essentiel de ces analyses est d'identifier les connaissances des stagiaires de l'IUFM, au niveau des différents types de savoirs et spécialement au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ , à un moment donné ; mais également de repérer l'impact d'une formation aux TICE.

#### I. Introduction et méthodologie générale des observations

Nous avons observé trois modules de formation analysés dans cette partie par rapport aux différents types de savoirs développés précédemment. Les modules de formation concernés sont : Initiation Cabri, Géométrie Dynamique et Didactique.



« Initiation Cabri » était un module obligatoire à l'IUFM de Grenoble pour tous les PLC2 en mathématiques, pendant l'année scolaire 2003-2004 de nos observations. C'est un module de formation des PLC2 à l'usage des TICE, durant 6 heures, soit deux séances de trois heures.

L'objectif essentiel de ces séances de formation était de créer une première rencontre avec les environnements de géométrie dynamique. On peut dire que le savoir didactique sur l'artefact ( $S_{d-i}$ ) n'est pas négligeable durant cette formation; mais le savoir sur l'usage de l'artefact ( $S_i$ ) est tout de même au premier plan dans les objectifs du module en confrontant les PLC2 aux fonctionnalités de base et à une prise en main du logiciel Cabri-Géomètre.

« Géométrie Dynamique » était un module optionnel à l'IUFM de Grenoble pour les PLC2 en mathématiques, pendant l'année scolaire 2003-2004.

Durant ces séances de formation, des fonctionnalités plus élaborées de Cabri sont étudiées dans une perspective didactique, à travers des exemples de situations et des questions sur l'enseignement et l'apprentissage intégrant les TICE. Cette formation porte essentiellement sur le savoir  $S_{d-i}$  ; mais on y rencontre également des éléments relevant des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-m}$ .

Le module de didactique est obligatoire à l'IUFM de Grenoble pour tous les PLC2 en mathématiques. Les séances de formation en didactique portent essentiellement sur le savoir  $S_{d-m}$  ; et les concepts fondamentaux de la didactique y sont présentés à travers des analyses de situations didactiques et des copies d'élèves.

Nous avons observé et enregistré ces trois séances de formation. A partir des transcriptions de ces enregistrements et à partir des feuilles de travail des stagiaires pendant ces séances, nous avons effectué une analyse afin de repérer la place des spécificités de Cabri que nous avons choisies par rapport aux différents types de savoirs.

Ainsi nous effectuons d'abord une analyse des potentialités des activités contenues dans le document de travail des stagiaires au niveau des différents types de savoirs. Nous avons fait le choix de ne pas faire une analyse a priori de ces *activités* en termes de possibilités de stratégies de solutions des PLC2 au niveau du savoir didactique. Une des raisons de notre choix de ne pas faire d'analyse a priori au niveau des réponses des stagiaires aux activités proposées concernant les savoirs  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$ , vient du fait qu'il existe très peu d'éléments issus des recherches en didactique sur les connaissances didactiques des stagiaires en formation à l'IUFM. En effet, les stagiaires construiront une partie de ces connaissances pendant la formation ; mais il y a aussi leur passé en tant qu'élève, leur parcours universitaire, le fait qu'il aient donné des cours particuliers, etc. qui apporteront leur contribution dans la construction des connaissances au niveau des savoirs  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$ . Par conséquent, il est très difficile de prévoir les conceptions des stagiaires au début d'une formation à l'IUFM, puisque nous ne disposons pas d'assez de résultats de recherches ayant mis en évidence les conceptions des stagiaires au niveau des savoirs  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$  au début d'une formation à l'IUFM. Nous pensons donc que notre travail pourra contribuer en partie à l'identification des conceptions des PLC2.

Ainsi, nous avons choisi d'utiliser l'analyse des séances de formation comme moyen d'identifier les connaissances didactiques des PLC2 (au moins celles qui sont institutionnellement communes à tous les PLC2). Nous nous baserons alors sur les résultats d'analyse des séances de formation pour effectuer l'analyse a priori de nos expérimentations.



Nous avons construit une grille pour effectuer les analyses des observations au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d,i}$ , que nous commentons ci-après.

Pour chaque activité qui a une place dans la formation, nous nous demandons d'abord quels outils et quelles spécificités de Cabri sont à dégager comme potentiellement utilisables par les stagiaires au niveau du savoir  $S_i$ . Notre analyse porte également sur cet usage : est-il demandé explicitement dans l'énoncé de l'activité, ou bien les stagiaires seront-ils amenés à utiliser ces spécificités dans leur construction dans l'environnement Cabri sans que cela soit demandé dans l'énoncé ? Nous avons appelé cette dernière potentialité « présence implicite » puisqu'il n'est pas explicitement demandé aux stagiaires d'utiliser une spécificité, mais qu'ils seront amenés à utiliser celle-ci par la conception de l'activité.

Autrement dit, nous parlerons d'une « présence explicite » si il existe une présence au niveau des mots employés dans le texte de l'énoncé. Et, nous parlerons d'une « présence implicite » si il n'y a aucune présence au niveau des mots employé dans l'activité mais qu'il faut que les stagiaires effectuent une interprétation ou une réflexion pour qu'il soient amenées à utiliser la spécificité en question.

Par conséquent, le fait que la catégorie « explicitement présent » soit peut montrer dans quelle mesure le document de travail oriente les stagiaires dans leurs réflexions au niveau des différents types de savoirs ou dans quelle mesure elle se situe dans une approche constructiviste.

En revanche, nous sommes conscients que dans la « catégorie implicite », tout n'est pas au même niveau. En effet, les présences implicites pour les différents types de savoirs seront également à un niveau différent à l'intérieur de la catégorie « implicite ».

Par exemple, concernant le savoir  $S_m$ , nous rencontrerons des « faux implicites » par le fait que le public qui nous fait objet d'étude soit les PLC. En effet, comme les PLC ont des connaissances au niveau du savoir  $S_m$ , même si une notion mathématique n'est pas dit explicitement dans l'énoncé, les stagiaires feront automatiquement l'interprétation mathématique. Donnons un exemple pour clarifier :

« Soit un cercle (C) de centre O et un point P extérieur au cercle. Construire une tangente à (C) issue de P »

Concernant cette activité, nous considérerons que « droite » est implicitement présent dans l'énoncé au niveau du savoir  $S_i$  puis qu'il faut une interprétation de la part de l'apprenant d'une tangente comme étant une droite. Or, pour les PLC, il est évident qu'une tangente est une droite. Ainsi, malgré le fait que « droite » prenne place dans la catégorie « implicite », on s'attendra qu'elle apparaisse très fortement dans les réponses des stagiaires.

Ainsi, nous tenons à signaler qu'il y a plusieurs niveaux « d'implicites » à l'intérieur de la catégorie « implicitement présent », et que les implicites surtout au niveau du savoir  $S_m$  mais aussi au niveau du savoir  $S_i$  sont en général des « faux implicites » concernant une formation qui s'adresse aux PLC2.

En effet, dans la plupart des formations aux TICE pour les futurs enseignants comme celles que nous avons observées, les activités sur lesquelles les stagiaires travaillent et à travers lesquelles ils construisent des connaissances au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ , sont des activités mathématiques derrière lesquelles existe un savoir mathématique. Ainsi, dans nos analyses, nous définissons les objectifs d'apprentissage en termes d'apprentissages souhaités chez les élèves à l'issue de l'activité mathématique en question. Ensuite, nous essayons de repérer les moyens didactiques offerts par l'environnement informatique - qui a ses spécificités - pour atteindre les objectifs d'apprentissage. Ces moyens didactiques offerts par l'environnement informatique enrichiront alors le savoir didactique, et seront spécifiques à l'environnement informatique utilisé, que nous décrivons à travers le savoir  $S_{d-i}$  (toujours par référence à un apprentissage sur une notion mathématique qui est visée).

Nous effectuons une analyse des potentialités des *activités* de la formation par rapport aux différents types de savoirs et à l'issue de l'analyse de chaque *activité* nous synthétisons la place des spécificités de Cabri par rapport aux savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ , puisque c'est sur ces deux types de savoirs que porte essentiellement notre objet d'étude.

Ci-dessous figure la grille que nous utilisons pour déterminer les potentialités des *activités* :

		Document écrit de travail					
Activité X		Déplacement et Construction/ Dépendance entre les objets		Les spécificités de Cabri plutôt à vocation didactique au service de l'enseignant			Les outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri
		Déplacement	Constr./ Dépend. entre les objets	Configuration des outils	Boîtes Noires	Macro construction	Revoir la construction /Historique
$S_i$	Explicite						
	Implicite						
$S_{d-i}$	Explicite						
	Implicite						

**Déplacement 1** : Déplacer pour valider ou invalider

**Déplacement 2** : Déplacer pour conjecturer

**Déplacement 3** : Déplacer pour constater

**Construction/Dépendance 1** : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

**Construction/Dépendance 2** : Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci.

**Construction/Dépendance 3** : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Tableau B1

Concernant le tableau ci-dessus, c'est surtout les colonnes « Déplacement et Construction/ Dépendance entre les objets » et « Les spécificités de Cabri plutôt à vocation didactique au service de l'enseignant » auxquelles nous allons nous intéresser dans nos analyses.

Nous analysons, suite à l'analyse du document écrit, les réponses des stagiaires sur les feuilles d'activités ainsi que les enregistrements de leurs figures, par rapport aux spécificités de Cabri qui montrent leur présence dans l'analyse des activités du document de travail (dans le cas où nous avons une trace laissée par les stagiaires).

Nous ajoutons alors les deux lignes concernant les réponses des stagiaires au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$  dans le tableau (Tableau B2) concernant l'analyse du document écrit.

Nous précisons, pour chaque activité, combien de binômes de stagiaires ont donné une réponse à la question afin, si une spécificité apparaît éventuellement non utilisée ou peu utilisée par manque de réponse, de mettre cet aspect en évidence.

Quant aux informations au niveau du savoir  $S_i$ , nous les récupérons à travers les figures des stagiaires dans Cabri. Nous utilisons pour ceci les outils « Cacher/Montrer », « Revoir la construction » et « Montrer la description » de Cabri. Par conséquent, au niveau du savoir  $S_i$  nous n'avons pas accès à l'usage, par les stagiaires au moment de leur construction, des spécificités de Cabri qui sont éphémères. Ces spécificités auxquelles nous n'avons pas accès à travers l'analyse des figures Cabri des stagiaires, sont : « Déplacement », « Construction / Dépendance » et « Trace ». Par conséquent, ces spécificités seront présentes dans le tableau seulement s'il y a une indication écrite du stagiaire, soit sous forme de texte dans Cabri, soit dans les réponses aux feuilles de travail.

En ce qui concerne les informations au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , nous les récupérons à travers les réponses des stagiaires aux questions posées sur les feuilles de travail. Nous indiquons, comme pour le savoir  $S_i$ , combien de binômes de stagiaires ont donné une réponse écrite à la question au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Au vu de ces analyses, nous complétons le tableau ci-dessous (Tableau B2) pour chaque activité de la formation ; ce qui nous permet d'obtenir des résultats sur les potentialités de l'activité au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$  et sur ce que les stagiaires ont pu en tirer comme parti.

Document écrit de travail vs Réponses des stagiaires							
Activité X	Déplacement et Construction/ Dépendance entre les objets		Les spécificités de Cabri plutôt à vocation didactique au service de l'enseignant				Les outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri
Spécificités	Déplacement	Constr./ Dépend. entre les objets	Configuration des outils	Boîtes Noires	Macro construction	Revoir la construction /Historique	
S <sub>i</sub>	Explicite						
	Implicite						
Réponses des stagiaires Y binômes							
S <sub>d-i</sub>	Explicite						
	Implicite						
Réponses des stagiaires Z binômes							

**Déplacement 1** : Déplacer pour valider ou invalider  
**Déplacement 2** : Déplacer pour conjecturer  
**Déplacement 3** : Déplacer pour constater  
**Construction/Dépendance 1** : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.  
**Construction/Dépendance 2** : Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci.  
**Construction/Dépendance 3** : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Tableau B2

Suite à l'analyse des documents de travail des stagiaires et à la confrontation de ces analyses avec leur production dans Cabri et leurs réponses aux questions qui leur sont posées, nous analysons également le discours du formateur pendant les moments de mise en commun par rapport à la présence des spécificités de Cabri au niveau des savoirs S<sub>i</sub> et S<sub>d-i</sub>.

Cette analyse du discours du formateur nous permet d'une part, de repérer le poids donné par le formateur aux spécificités qui nous intéressent dans son discours au niveau des différents types de savoirs ; et d'autre part, de voir dans quelle mesure les potentialités des *activités* du documents écrit en termes d'objectifs, sont traitées par le formateur dans son discours oral, et aussi quelles sont les institutionnalisations effectuées par le formateur pendant la formation.

En outre, aussi bien dans l'analyse du discours du formateur que dans l'analyse du document écrit, nous décidons que l'usage d'une spécificité de Cabri que nous avons catégorisée précédemment relève du côté du savoir  $S_i$ , s'il s'agit d'un usage de la spécificité au cours de la résolution d'une tâche au niveau du savoir  $S_m$ , ou dans le cadre d'un discours portant sur l'usage de la spécificité au niveau des savoirs  $S_m$  et  $S_i$  sans qu'il y ait une institution didactique qui intervient.

Or, nous dirons que l'usage d'une spécificité relève du côté du savoir  $S_{d-i}$  si une institution didactique est évoquée, comme par exemple sous « élève », « enseignant » etc. ou si une analyse sur l'activité au niveau didactique est arguée comme par exemple sous « objectifs d'apprentissage », « stratégies de solution », « apports de Cabri » etc.

Dans les paragraphes suivants, nous analysons les différentes formations aux TICE des PLC2 à l'IUFM de Grenoble.



## **CHAPITRE B2**

### **ANALYSE DES SEANCES « INITIATION CABRI »**

#### **I. Méthodologie**

Afin de pouvoir analyser les séances de formation « Initiation Cabri » par rapport à la place des différents types de savoirs, nous avons observé et enregistré les séances de formation « Initiation Cabri » sans que nous soyons intervenus dans la conception de ces séances qui ont été entièrement décidées par le formateur. L'analyse ci-dessous est faite à partir des enregistrements audio et image.

Les séances d'Initiation Cabri que nous avons observées se sont déroulées en début d'année scolaire 2003-2004 auprès des PLC2 en mathématiques à l'IUFM de Grenoble. Il y a eu deux séances, dont la première réalisée le 9 septembre 2003 et la deuxième le 21 octobre de la même année.

Le module d'Initiation Cabri à l'IUFM de Grenoble était obligatoire pour tous les stagiaires en mathématiques. L'objectif essentiel de la formation est, comme l'indique son intitulé, de créer une première rencontre avec les environnements de géométrie dynamique. Ainsi, l'objectif principal de ce module de formation est la construction des schèmes d'usage pour une situation mobilisant les connaissances mathématiques. Autrement dit, la formation d'Initiation Cabri devrait essentiellement porter sur le savoir  $S_i$ .

#### **II. Analyse des séances de formation « Initiation Cabri »**

La première séance de deux heures est organisée en trois temps par le formateur. Dans un premier temps, le formateur présente certaines fonctionnalités de Cabri. Ensuite les stagiaires travaillent sur des *activités* sur Cabri fournies par le formateur. Et dans un troisième temps, le formateur fait une mise en commun portant essentiellement sur les savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ . A la fin de la première séance, le formateur demande aux stagiaires de préparer et d'exposer des situations didactiques intégrant Cabri qu'ils utiliseraient dans la suite ou qu'ils ont déjà utilisées dans leurs classes.

La deuxième séance commence par un moment collectif où le formateur montre comment créer une macro-construction dans Cabri, et puis il donne un exemple d'activité de type Boîte Noire. Et en dernier lieu, il traite deux situations papier-crayon adaptées dans l'environnement Cabri. Dans un deuxième temps, les stagiaires qui ont préparé des situations intégrant Cabri exposent respectivement leur situation à toute la classe. Et finalement, les stagiaires explorent librement les spécificités de Cabri.

Il est à préciser que le document de travail préparé par le formateur ne traite explicitement que les objets liés au savoir sur l'artefact ( $S_i$ ). Or le discours du formateur pendant les moments de mise en commun porte aussi bien sur le savoir sur l'artefact ( $S_i$ ) que sur le savoir didactique lié à l'artefact ( $S_{d-i}$ ).

## **II.1. Analyse a priori des activités du document de travail**

Dans ce qui suit, nous analysons les activités sur les feuilles de travail, par rapport à l'usage des spécificités de Cabri au niveau du savoir  $S_i$ .

Le document de travail des stagiaires commence par une brève description des outils de Cabri avec des explications sur le moyen d'accéder à un outil.

*« Pour sélectionner un article, il suffit de cliquer rapidement sur l'icône correspondant. Chaque menu contient plusieurs articles ; pour obtenir un article dont l'icône n'est pas présent dans la barre appuyez plus longuement sur l'icône présent et vous déroulez un menu textuel dans lequel vous pouvez opérer votre choix avec la souris. »*

Avant de commencer les activités de construction, l'outil « Aide » est présenté et le schème d'usage visé est l'utilisation de la touche F1 du clavier. Il existe également une indication sur l'existence des messages au niveau du curseur, sans plus de précision.

La première activité est celle de la construction d'un triangle ABC quelconque en utilisant l'outil triangle. Le schème d'usage visé et explicité est : choisir l'outil triangle et cliquer trois fois sur la feuille pour la création des trois sommets ; après chaque clic taper une lettre pour nommer les sommets. Par contre, l'outil « Nommer » dans le menu de Cabri est cité comme un moyen de modification ou de correction d'un nom déjà existant.

Une autre spécificité traitée explicitement dans l'activité est le déplacement d'un point libre, d'un triangle quelconque et d'un nom. La suite des actions pour le déplacement est donnée comme suit : activer le 'pointer' ; visualiser le message correspondant (ce point, ce triangle ou ce nom) ; faire glisser la souris sans relâcher le bouton.

Ensuite il est demandé de construire la médiatrice d'un côté du triangle en désignant soit le côté, soit ses extrémités.

La création d'un point sur un objet (sur la médiatrice) est orienté sur l'utilisation de l'outil 'point' en l'attachant au message 'sur cette droite' plutôt que sur l'utilisation de l'outil 'point sur un objet'.

Le déplacement d'un point dépendant d'un objet est traité implicitement en demandant de déplacer le point créé sur la médiatrice. En effet, il est demandé de construire la médiatrice d'un côté du triangle et de construire un point sur cette médiatrice. Le déplacement d'un point dépendant d'un objet est ainsi traité implicitement au niveau du savoir  $S_i$ , en demandant de déplacer le point créé sur la médiatrice qui ne se déplace que sur la droite sur laquelle il est construit.



En plus de la dépendance d'un point à un objet dans le déplacement, les stagiaires peuvent constater la dépendance dans la suppression des objets, à travers la suppression de la droite dont dépend le point créé sur la droite.

L'outil « Cacher / Montrer » est également présent. Il est présenté comme un outil qui sert à rendre invisible les objets créés sans préciser quels objets sont susceptibles d'être cachés dans une construction. La différence entre « Supprimer » et « Cacher / Montrer » est mise en valeur.

La possibilité d'annuler la dernière action est donnée en utilisant le raccourci-clavier Ctrl Z.

Il est également demandé d'explorer le menu « Aspect » sans plus de précision donnée sur l'usage et l'utilisation des outils appartenant à ce menu.

Ainsi pour cette activité, nous pouvons dire que les conditions sont favorables pour que les stagiaires utilisent les spécificités suivantes de Cabri, ce qui va contribuer à la construction des schèmes d'usage :

Activité 1								
Spécificités	Triangle	Nommer	Déplacement	Médiatrice	Point	Cacher Montrer	Aspect	Construction / Dépendance entre les objets
$S_i$								
Explicite	X	X	X	X	X	X	X	Constr/Dépend2
Implicite			Déplacement3					Constr/Dépend1

Déplacement 3 : Déplacer pour constater.

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

Constr/Dépend 2 : Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci.

L'activité 2.1 est la construction du cercle circonscrit à un triangle. Au lieu de laisser les stagiaires libres, il est donné trois méthodes de construction. Les deux premières méthodes de construction sont des procédés erronés.

Dans la première, il est demandé de construire un triangle et un cercle, puis de déplacer le centre du cercle et de modifier son rayon de façon de façon à ce que ce cercle passe par les trois sommets. Ensuite, on demande aux stagiaires de déplacer les sommets du triangle, et de constater ce qui se passe.

Dans la deuxième méthode, il est demandé de créer un cercle et le triangle dont les sommets sont des points du cercle. Ensuite on demande aux stagiaires de déplacer les points et de modifier le cercle, et de constater ce qui se passe.

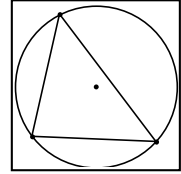
## 2.1 Un triangle et le centre du cercle circonscrit à ce triangle

1<sup>ère</sup> méthode : Effacez tout. Dessinez un triangle (menu Lignes). Créez un cercle (menu Courbes). Déplacez le centre du cercle et modifiez son rayon de façon qu'il passe par les trois sommets. Que se passe-t-il si on déplace les sommets du triangle ?

2<sup>nd</sup>e méthode : Effacez tout. Créez un cercle. Créez un triangle dont les sommets sont des points du cercle (soyez attentif au message affiché à côté du curseur). Que se passe-t-il si on déplace les points ou si on modifie le cercle

3<sup>ème</sup> méthode : Effacez tout. Créez un triangle. Construisez les médiatrices de deux de ses côtés. Construisez l'intersection de ces médiatrices. Créez le cercle dont le centre est ce point d'intersection et passant par un des sommets du triangle. Cachez les médiatrices. Que se passe-t-il si on déplace les points de base ? Peut-on déplacer le cercle ?

Supprimez un des sommets du triangle. Que se passe-t-il ? Effacez tout



En effet, on peut penser que l'idée de faire faire dans Cabri des constructions qui sont erronées, - car elles ne résistent pas au déplacement - est de faire prendre conscience aux stagiaires de l'importance du déplacement dans un environnement de géométrie dynamique. Or le document de travail reste très implicite par rapport au contrat de la résistance d'une figure au déplacement au niveau  $S_i$  et  $S_{d-i}$  pour cette activité.

On peut alors supposer qu'il y avait une intention du formateur avec une perspective constructiviste de montrer aux stagiaires, à travers des constructions erronées, l'importance de la résistance au déplacement d'une construction dans Cabri.

Nous pensons que face à l'importance du contrat en géométrie dynamique de faire des figures qui résistent au déplacement, une institutionnalisation écrite sur ce contrat aurait pu être mentionnée dans le document de travail des stagiaires qui resterait comme une trace écrite même si c'est un document relatif aux *activités*. Par contre le formateur fait le choix de ne pas le mettre dans le document écrit. On s'attend alors à ce que cette importance donnée au déplacement soit fortement explicitée dans le discours du formateur au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ .

La troisième méthode de construction, celle qui utilise l'intersection des médiatrices, est donnée étape par étape et reste toujours très guidée. Un dessin en papier-crayon est donné à côté des étapes de construction, orientant les stagiaires vers la construction d'un Cabri-dessin conforme à celui donné dans l'environnement papier-crayon. En outre, après la construction des médiatrices des deux côtés du triangle, il est demandé aux stagiaires de construire l'intersection de ces deux médiatrices qui sera le centre du cercle circonscrit. Or, cette étape semble être non nécessaire, si on considère que Cabri est capable de créer un point d'intersection lors de l'utilisation de l'outil « Cercle ». Mais on peut penser aussi que la création du point d'intersection des médiatrices était un choix volontaire du formateur : celui de laisser un certain degré de liberté aux stagiaires dans leur construction ; en effet pour ce faire, ils peuvent alors soit utiliser l'outil « Point », soit l'outil « Point sur deux objets ».

Nous pouvons dire que la validation d'une construction par le déplacement (Déplacement 1 : Déplacer pour valider/invalidier) et la résistance d'une Cabri-figure au déplacement sont traitées implicitement, au niveau du savoir  $S_i$  dans le document écrit de travail concernant l'Activité 2.1.

L'outil « Cacher / Montrer » est proposé comme utilisable pour cacher les médiatrices, afin que le dessin sur l'écran soit conforme au dessin donné en papier-crayon.

En outre, la constatation de la dépendance entre les objets avec le déplacement (Déplacement 3 : déplacer pour constater) est également traitée au niveau du savoir  $S_i$ . En effet il est d'abord demandé aux stagiaires de déplacer les points de base c'est-à-dire les sommets du triangle qui sont des points libres ; et ensuite la question de savoir si on peut bouger le cercle circonscrit au triangle est posée. Ainsi, on constate que les stagiaires sont face à deux types de déplacement : un déplacement par translation quand on déplace le triangle en le prenant par un de ses côtés et un déplacement par déformation quand on déplace le cercle ou le triangle en prenant un de ces sommets. Il est à noter que ces deux types de déplacement risquent de ne pas être évidents pour les stagiaires qui pourront donner le statut de déplacement à l'un et non pas à l'autre.

En plus de la dépendance d'un point à un objet dans le déplacement, la dépendance entre les objets construits par la suppression d'un point dont les éléments de la figure dépendent, est également traitée au niveau du savoir  $S_i$  dans le document de travail pour l'Activité 2.1. Il y est demandé aux stagiaires de supprimer un des sommets du triangle et d'observer ce qui se passe ; la réflexion attendue étant le fait que tous les éléments qui en dépendent sont supprimés aussi.

Ainsi, nous pouvons dire que dans cette activité, les conditions sont favorables pour que les stagiaires utilisent les spécificités suivantes de Cabri, ce qui va contribuer à la construction des schèmes d'usage :

<b>Activité 2.1</b>							
Spécificités	Triangle	Cercle	Déplacement	Médiatrice	Point Point sur un objet	Cacher Montrer	Construction / Dépendance entre les objets
$S_i$							
Explicite	X	X	X	X	X	X	
Implicite			Déplacement1				Constr/Dépend2

<u>Déplacement 1</u> : Déplacer, valider ou invalider
<u>Construction/Dépendance 2</u> : Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci.

L'activité 2.2 est la construction libre d'un triangle rectangle sous la contrainte que le triangle doit rester rectangle quand on déplace ses sommets.

### 2.2 Triangle rectangle

Construisez un triangle rectangle. Cachez les traits de construction. Est-ce que vous pouvez déplacer les trois sommets du triangle ? Vérifiez que votre triangle reste rectangle en déplaçant les sommets.

Donnez deux méthodes de construction permettant d'obtenir un triangle qui reste rectangle lorsqu'on déplace ses sommets.

Dans cette activité, l'outil « Cacher / Montrer » est traité explicitement comme servant à cacher les traits de construction dans Cabri.

De plus, la validation d'une construction par le déplacement (Déplacement 1) est également traitée au niveau du savoir  $S_1$ , puisqu'il est demandé aux stagiaires de construire un triangle qui reste rectangle lorsqu'on déplace ses sommets.

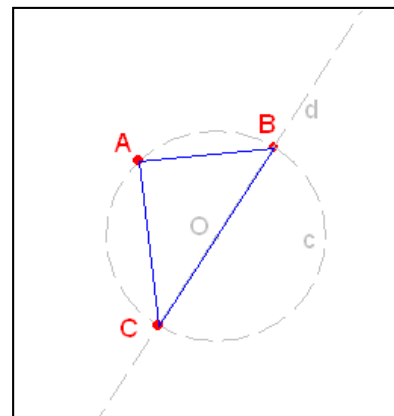
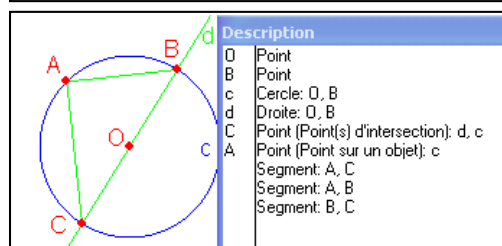
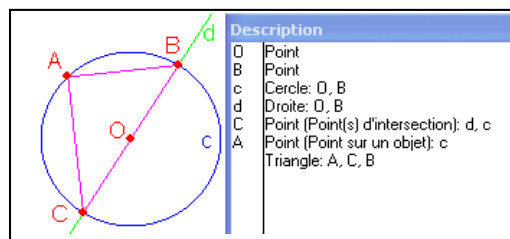
Nous donnons ci-dessous quelques procédés de construction que les PLC2 sont susceptibles d'utiliser concernant la construction d'un triangle rectangle dans Cabri. Et nous les analysons par rapport aux possibilités de l'usage des spécificités de Cabri mais aussi par rapport aux possibilités de déplacement des éléments de la figure. (Les procédés marqués d'un astérisque (\*) sont ceux qui sont les plus probables d'être utilisés).

Cercle : (\*) Il s'agit d'utiliser la propriété : l'angle inscrit un diamètre sur un cercle est égal à  $90^\circ$ .

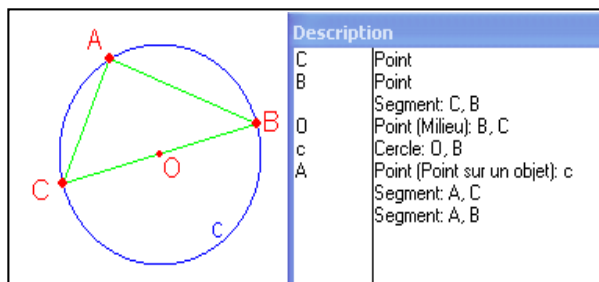
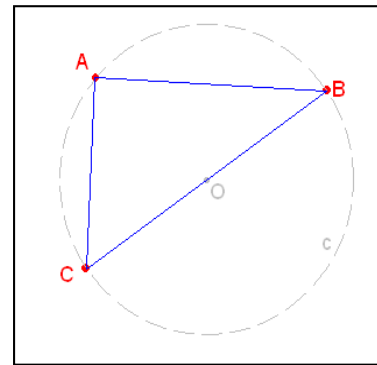
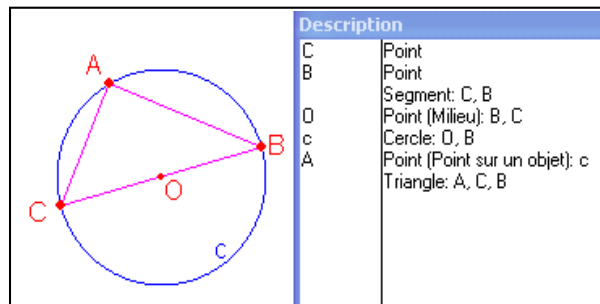
Nous avons distingué deux constructions différentes qui utilisent différents outils de Cabri et qui donnent différents résultats par rapport au déplacement des points.

- Dans le premier procédé de construction, il s'agit de construire un cercle  $c$  à partir de son centre ( $O$ ) et passant par un point ( $B$ ) qui sera le sommet du futur triangle rectangle. Ensuite, de construire le point  $C$  soit comme le symétrique de  $B$  par la symétrie centrale de centre  $O$ , soit comme le point d'intersection de la droite ( $OB$ ) et du cercle  $c$ .

Dans ce procédé de construction, le point  $O$  est un point de base, mais il fait également partie des traits de construction qu'il est demandé de cacher dans l'énoncé. Par conséquent, le point  $C$  qui dépend du point  $O$  et du point  $B$ , devient un point non déplaçable par manipulation directe.



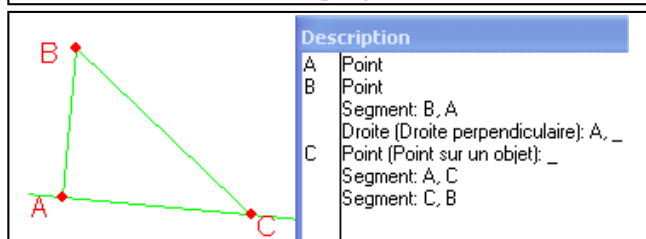
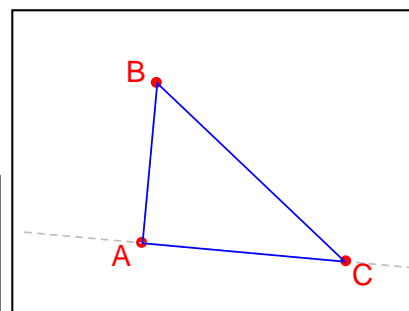
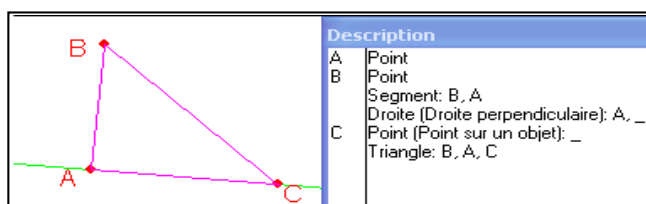
- Dans le deuxième procédé de construction, il s'agit de partir d'un côté [BC] du triangle et de construire le cercle ayant comme centre le milieu du segment [BC] et passant par une de ses extrémités. Par conséquent, les sommets B et C du triangle sont des points libres et le sommet A est un point du cercle c qui se déplace donc sur ce cercle c.



Droite perpendiculaire : (\*) Il s'agit d'utiliser la perpendicularité de l'angle droit.

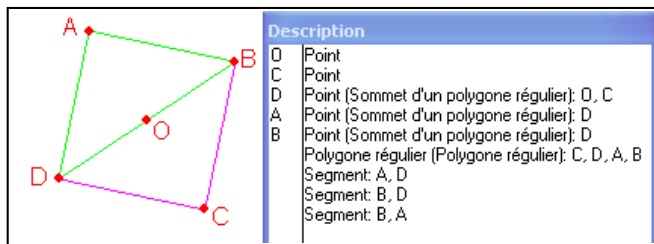
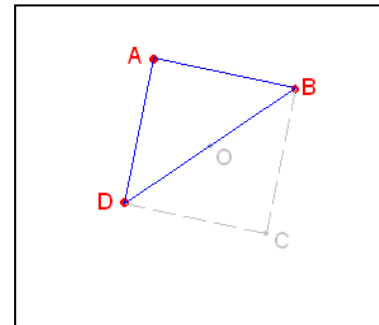
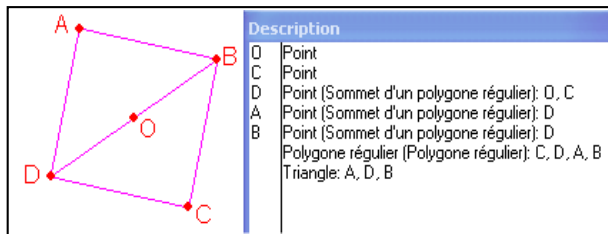
Les points A et C sont des points libres et le point B appartenant à la droite perpendiculaire à [AC] se déplace sur cette droite.

Ce procédé de construction est le plus proche d'une construction habituelle dans l'environnement papier-crayon, où l'on utiliserait l'équerre pour tracer la droite perpendiculaire - ou même pour des élèves plus jeunes, le quadrillage.



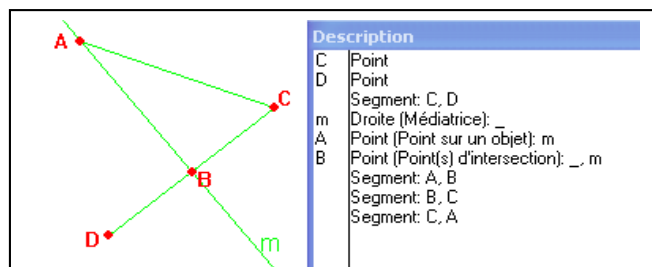
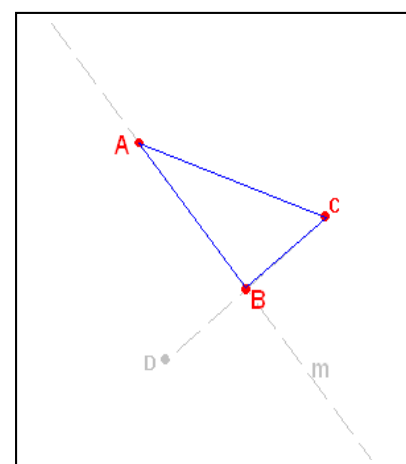
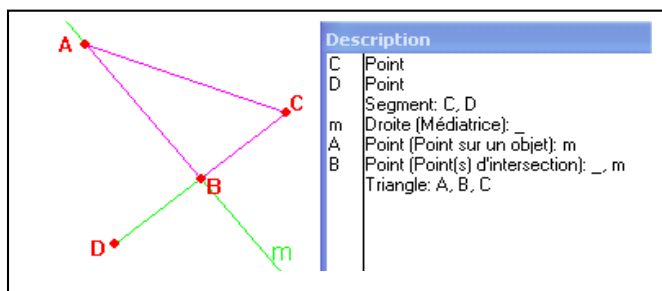
**Polygone régulier :** Il s'agit d'utiliser la propriété selon laquelle un carré a quatre angles droits, en utilisant l'outil polygone régulier de Cabri. On peut donc dire que ce procédé de construction peut s'effectuer seulement dans l'environnement Cabri.

Dans cette construction où tous les sommets du triangle sont directement déplaçables, il s'agit d'un cas particulier où le triangle rectangle est également isocèle.

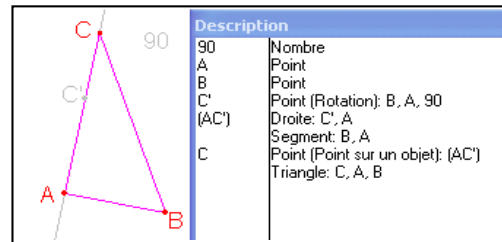
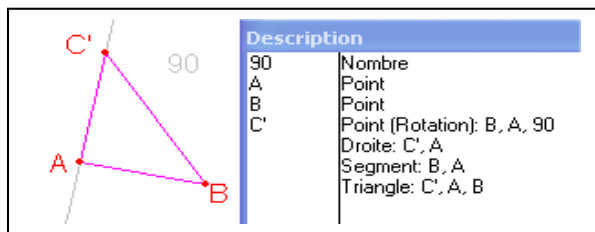


**Médiatrice :** il s'agit d'utiliser la propriété selon laquelle la médiatrice d'un segment est perpendiculaire au segment, en utilisant l'outil médiatrice de Cabri.

Dans ce procédé de construction, le point D est un point de base mais il fait également partie des traits de construction qu'il est demandé de cacher dans l'énoncé. Par conséquent, le point B, qui dépend du point D et du point C, devient un point non déplaçable par manipulation directe. Le point C est un point libre, et le point A appartenant à la médiatrice se déplace sur celle-ci.



**Rotation :** Enfin, l'outil rotation peut être utilisé avec une rotation de  $90^\circ$ , d'un sommet du futur triangle autour de l'autre sommet. Ainsi, l'on peut dire qu'on obtient le troisième sommet. Mais si l'on arrête la construction à ce point, en construisant le triangle ABC' on aura obtenu un triangle rectangle isocèle. Or on peut créer la droite AC' et créer un point C sur cette droite pour avoir un triangle rectangle quelconque. Ceci donnera en plus une possibilité de déplacement du point C, qui sera dépendant seulement de la droite AC' ; le point C' étant un point non déplaçable.



Ainsi, les spécificités de Cabri potentiellement utilisables par les stagiaires pour l'activité 2.2 sont données par le tableau suivant :

### Activité 2.2

Spécificité	Point	Déplacement	Cercle	Droite	Triangle	Segment	Droite Perpendiculaire	Milieu	Polygone régulier	Rotation	Nombre	Cacher / Montrer	Construction / Dépend. entre les objets
$S_i$													
Explicite		X										X	
Implicite	X	Dépla.1 Dépla.3	X	X	X	X	X	X	X	X	X		Const/Dépd.3

**Déplacement 1 :** Déplacer pour valider ou invalider

**Déplacement 3 :** Déplacer pour constater

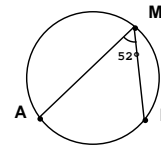
**Construction/Dépendance 3 :** Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

L'activité 2.3.a concerne la construction de l'angle inscrit à un cercle. En effet, dans cette activité on fait construire aux stagiaires un cercle passant par deux points, au lieu de leur faire construire un cercle défini par centre et par point. Cabri ne permettant pas de construire directement à partir des menus existants, un cercle passant par deux points, les stagiaires doivent utiliser des propriétés géométriques qui leur permettront cette construction.

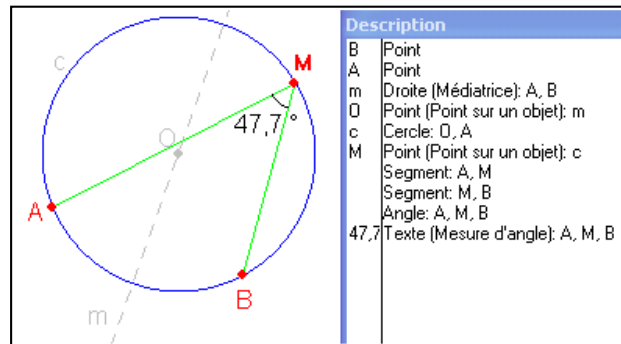
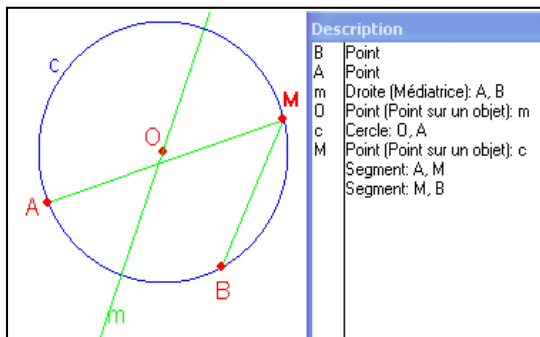
### 2.3 Angle inscrit ; Un lieu de points

Créez deux points A et B et un cercle passant par ces deux points. Construisez un point M sur le cercle. Créez les segments MA et MB.

a) Marquez l'angle  $\widehat{AMB}$  (menu Affichage) et affichez sa mesure (menu Mesures). Déplacez le point M sur le cercle. Que pouvez-vous constater ?



La propriété géométrique qui permet de construire un cercle passant par deux points quelconques est que le centre d'un cercle est un point de la médiatrice de deux points appartenant au cercle.



De plus, les outils « Marquer un angle » et « Mesure d'angle » sont traités explicitement par l'activité 2.3.a.

En outre, la spécificité « Déplacement » est également traitée explicitement en demandant aux stagiaires de déplacer le point M sur le cercle. Nous distinguons, derrière ce déplacement qui est explicite dans le document écrit, un type de déplacement qui lui reste implicite. Il s'agit en effet, du déplacement effectué afin de constater des propriétés géométriques (Déplacement 3 : déplacer pour constater).

En effet, le fait de déplacer le point M et de constater que la mesure de l'angle AMB est toujours la même, peut susciter un questionnement sur la cause de cet événement chez un sujet qui n'a pas les connaissances disponibles pour donner une explication géométrique. Or, les stagiaires disposent déjà de ces connaissances mathématiques nécessaires. Il faut donc qu'ils adoptent une position d'enseignant face à cette activité, afin d'analyser les apports de la géométrie dynamique dans une telle situation.

Ainsi, nous pouvons dire que dans cette activité, les conditions sont favorables pour que les stagiaires utilisent les spécificités suivantes de Cabri :



### Activité 2.3.a

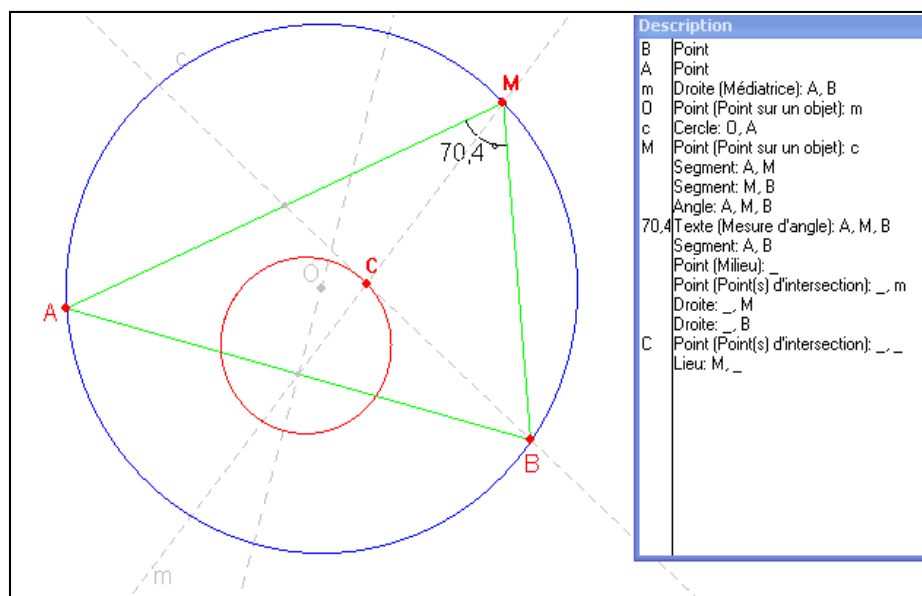
Spécificité	Point	Déplacement	Segment	Cercle	Médiatrice	Marquer un angle	Mesure d'angle	Nommer	Cacher Montrer
	Point sur un objet								
S <sub>i</sub>									
Explicite	X	X	X	X		X	X	X	
Implicite		Déplacement3			X				X

**Déplacement 3 :** Déplacer pour constater

L'activité 2.3.b est la suite de l'activité 2.3.a. Il s'agit de la construction du lieu du centre de gravité du triangle AMB construit dans l'activité 2.3.a quand M se déplace sur le cercle.

b) Construisez le centre de gravité du triangle AMB. Cachez les traits de construction de ce dernier. Construisez le lieu du centre de gravité (menu **Construction**) quand M se déplace sur le cercle.

Il est d'abord demandé aux stagiaires de construire le centre de gravité du triangle AMB. Pour cette construction, les stagiaires peuvent soit prendre le milieu des segments AM et AB déjà construits dans l'activité précédente, soit prendre les milieux des points qui constituent les sommets du triangle.



L'outil « Cacher / Montrer » est traité explicitement dans l'activité au niveau du savoir S<sub>i</sub> comme servant à cacher les traits de construction, sans préciser quels sont les éléments de la figure à cacher.

L'outil « Lieu » est également traité explicitement par l'activité au niveau du savoir S<sub>i</sub>. En effet, il est demandé aux stagiaires de construire le lieu du centre de gravité du triangle AMB quand M se déplace sur le cercle.

En outre, nous pouvons constater un type de déplacement restant totalement implicite dans cette activité, qui est le déplacement effectué pour constater et s'interroger sur la cause de la

constatation suivante : en effet, on constate dans cette activité que quand le point M se déplace sur le cercle auquel il appartient, le centre de gravité du triangle AMB se déplace également sur un cercle. Par contre, il n'est jamais demandé, dans l'activité, de déplacer un élément quelconque de la figure.

Ainsi, les spécificités de Cabri qui peuvent être utilisées par les stagiaires pour cette activité sont :

Activité 2.3.b								
Spécificité	Point	Déplacement	Segment	Triangle	Milieu	Droite	Cacher Montrer	Lieu
$S_i$	Point sur 2 objets							
Explicite	X						X	X
Implicite		Déplacement3	X	X	X	X		

**Déplacement 3 : Déplacer pour constater**

En ce qui concerne l'activité 2.3.c, il est demandé de retrouver la construction du lieu obtenu dans l'activité précédente en utilisant l'outil « Homothétie ».

c) Retrouvez la construction de ce lieu à l'aide de l'outil Homothétie (pour utiliser cet outil, vous devez éditer le rapport ; pour avoir la valeur la plus exacte possible, utilisez la calculatrice).

The screenshot shows a Cabri software interface. The main workspace contains a large blue circle with center O and a smaller red circle with center H. A triangle AMB is inscribed in the blue circle. A point M is on the blue circle, and H is its centroid. A dashed line m is the perpendicular bisector of AB. A point T is on the blue circle, and T' is its homothetic image. An angle of 70.4 degrees is shown. A calculator window shows the ratio HC/HM = 1/3 = 0.33.

**Description**

- B Point
- A Point
- m Droite (Médiatrice): A, B
- O Point (Point sur un objet): m
- c Cercle: O, A
- M Point (Point sur un objet): c
- Segment: A, M
- Segment: M, B
- Angle: A, M, B
- 70.4 Texte (Mesure d'angle): A, M, B
- Segment: A, B
- Point (Milieu): \_
- H Point (Point(s) d'intersection): \_, m
- Droite: H, M
- Droite: \_, B
- C Point (Point(s) d'intersection): \_, \_
- Lieu: M, \_
- HC/ Texte (Calculatrice...)
- Point (Homothétie): M, H, 0,33
- T Point (Point sur un objet): c
- T' Point (Homothétie): T, H, 0,33

HC/HM : 1/3 : 0,33

**Calculatrice**

Stop Annuler 1 / 3 = 0,33

inv sin cos tan sqrt ^ ln log abs pi [ ] + - × / =

L'usage de la calculatrice de Cabri est explicité au niveau du savoir  $S_i$  pour le calcul du rapport de l'homothétie.

En outre, dans cette activité, les stagiaires peuvent peut-être constater qu'il s'agit d'un nouveau type de situation par rapport à l'environnement papier-crayon, à travers l'utilisation de l'outil Lieu. En effet, dans cette activité, l'outil Lieu fournit un type de boîte noire où il s'agit de retrouver les propriétés géométriques permettant de construire le lieu tracé automatiquement par le logiciel. Par contre, cet aspect de l'outil Lieu reste très implicite dans le document de travail.

Ainsi, nous pouvons dire que dans cette activité, les conditions sont favorables pour que les stagiaires utilisent les spécificités suivantes de Cabri :

Activité 2.3.c					
Spécificité	Point	Distance& longueur	Calculatrice	Homothétie	Boîte Noire
$S_i$	Point sur un objet				
Explicite			X	X	
Implicite	X	X			

## **II.2. Résultats de l'analyse a priori des activités du document de travail**

Dans le tableau en page suivante, nous synthétisons les résultats de l'analyse ci-dessus par rapport au traitement de chaque spécificité de Cabri dans le document écrit d'activité sur lequel les stagiaires ont travaillé en binômes pendant les séances d'initiation Cabri.

Pour chaque spécificité, nous regardons d'abord si elle n'est pas absente du document. Dans le cas où la spécificité en question s'avère *non-absente*, nous précisons dans la première colonne dans quelle(s) activité(s) nous avons repéré sa présence.

Ensuite, nous précisons si cette présence est explicite ou implicite pour l'activité dont il s'agit. La case « Présence explicite » est cochée dans le cas où il existe une référence explicite à une spécificité au niveau du savoir  $S_i$ . La case « Présence implicite » est cochée dans le cas où la spécificité n'est pas citée explicitement dans l'activité, mais où les conditions de la conception de l'activité sont favorables pour amener les stagiaires soit à utiliser la spécificité en question pour leur construction, soit à mener une réflexion là-dessus.

De plus, concernant certaines spécificités de Cabri (Déplacement et Construction/Dépendance entre les objets), nous avons distingué différents types d'usages et les avons détaillés dans l'analyse qui précède. Ces différents types d'usages restent en général implicites dans le document écrit. En effet, concernant par exemple le déplacement, dans l'activité 2.3.a il est demandé de déplacer les objets d'une configuration effectuée sans donner plus d'explicitation. C'est donc aux stagiaires de mener une réflexion amenant à constater que la mesure de l'angle AMB reste toujours la même avec le déplacement, et de chercher une explication au niveau du savoir  $S_m$  à cette constatation.

Il est également à préciser que le savoir  $S_{d-i}$  n'apparaît pas dans ce tableau, car il est complètement absent du document de travail écrit.

Spécificités	PRESENCE des spécificités	S <sub>i</sub>	
	Activité No :	Explicite	Implicite
Déplacement	Activité 1	X	Déplacement 3
	Activité 2.1	X	Déplacement 1
	Activité 2.2	X	Déplacement 1 Déplacement 3
	Activité 2.3.a	X	Déplacement 3
	Activité 2.3.b		Déplacement 3
Construction / Dépendance entre les objets	Activité 1 Activité 2.1 Activité 2.2	Construction/Dépend2	Construction/Dépend1 Construction/Dépend2 Construction/Dépend3
Point Point sur un objet Point(s) sur 2 objets	Activité 1	X	
	Activité 2.1	X	
	Activité 2.2		X
	Activité 2.3.a	X	
	Activité 2.3.b Activité 2.3.c	X	X
Droite	Activité 2.2		X
	Activité 2.3.b		X
Segment	Activité 2.2		X
	Activité 2.3.a	X	
	Activité 2.3.b		X
Demi-droite			
Vecteur			
Triangle	Activité 1	X	
	Activité 2.1	X	
	Activité 2.2		X
	Activité 2.3.b		X
Polygone			
Polygone régulier	Activité 2.2		X
Cercle	Activité 2.1	X	
	Activité 2.2		X
	Activité 2.3.a	X	
Arc			
Conique			
Droite perpendiculaire	Activité 2.2		X
Droite parallèle			
Milieu	Activité 2.2		X
	Activité 2.3.b		X

Médiatrice	Activité 1 Activité 2.1 Activité 2.3.a	X X	X
Bissectrice			
Somme de 2 vecteurs			
Compas			
Report de mesure			
Lieu	Activité 2.3.b	X	
Redéfinir un objet			
Symétrie axiale			
Symétrie centrale			
Translation			
Rotation	Activité 2.2		X
Homothétie	Activité 2.3.c	X	
Inversion			
Macro			
Oracle des questions			
Distance & Longueur	Activité 2.3.c		X
Aire			
Pente			
Mesure d'angle	Activité 2.3.a	X	
Coord. ou équation			
Calculatrice	Activité 2.3.c	X	
Appliquer une expression			
Table			
Nommer	Activité 1 Activité 2.3.a	X X	
Texte			
Nombre	Activité 2.2		X
Expression			
Marquer un angle	Activité 2.3.a	X	
Punaiser/ Dépunaiser			
Trace			
Animation			
Cacher / Montrer	Activité 1 Activité 2.1 Activité 2.2 Activité 2.3.a Activité 2.3.b	X X X X X	X

Couleur			
Aspect	Activité 1	X	
Axes			
Grille			
Revoir la construction / Historique			
Montrer les attributs			
Configuration des outils			
Aide	Introduction	X	
Boîtes Noires			

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

Constr/Dépend 2 : Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci.

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

### **II.3. Analyse du discours du formateur**

Nous avons également analysé le discours du formateur pendant les moments de mise en commun, par rapport à la présence des spécificités de Cabri au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d.i}$ .

Le tableau suivant indique les éléments relevant de cette analyse, pour laquelle nous avons repéré un traitement explicite des outils de Cabri pendant la formation:

Pour chaque spécificité, nous regardons d'abord si elle est explicitement présente dans le discours du formateur. Dans le cas où la spécificité en question se révèle présente, nous précisons s'il s'agit d'une présence au niveau du savoir  $S_i$  ou au niveau du savoir  $S_{d.i}$ .

De plus, nous précisons également si cette présence se situe uniquement dans le discours oral du formateur, indiqué dans le tableau avec le signe « -...- », ou si elle se situe dans le discours oral du formateur accompagné d'une manipulation dans Cabri utilisant le rétroprojecteur ; ce dernier est alors indiqué dans le tableau ci-après avec le signe « +...+ ».

La dernière colonne du tableau indique l'activité à laquelle le formateur fait référence au moment où il traite la spécificité en question. Dans le cas où une case de cette colonne n'est pas remplie, il s'agit d'une formulation générale du formateur sur la spécificité, sans précision de contexte ou de notion mathématique.

En outre, comme dans l'analyse a priori du document écrit de travail concernant certaines spécificités de Cabri (Déplacement, Construction/Dépendance entre les objets et Boîte Noire) nous avons distingué différents types d'usages que nous allons détailler dans l'analyse qui suit.



<u>Initiation Cabri PLC2</u>		<u>Discours du formateur</u>		
	Présence spécificités	$S_i$	$S_{d-i}$	Activité de référence
Déplacement	P8		- SU -	
	P14	+ Déplacement 1 +		Construction d'un carré
	P16		+ Déplacement 1 +	Tangente à un cercle
	P17		+ Déplacement 1 +	Bissectrice
	P18		- Déplacement 1 -	
	P23		+ Déplacement 2 +	Supermarché
	P10		- Déplacement 2 -	Fonctions
	P12		- Déplacement 3 -	<b>Activité 2.3.c</b>
	P21		+ Déplacement 3 +	Trace/Lieu
	P10		- Déplacement 3 -	<b>Activité 2.2</b>
	P20		+ Déplacement 4 +	Bissectrice
	P17		+ Déplacement 4 +	Bissectrice
	Construction / Dépendance entre les objets	P8		- X -
P21		+ Constr./Dép. 1 +		Trace/Lieu
P12		- Constr./Dép. 1 -	- Constr./Dép. 1 -	<b>Activité 2.3.c</b>
P16			+ Constr./Dép. 3 +	Tangente à un cercle
P15			- Constr./Dép. 3 -	Faux carrés
P15			- Constr./Dép. 3 -	Comparaison p-crayon/Cabri
P15		+ Constr./Dép. 3 +		Construction d'un carré
P13		- Constr./Dép. 3 -		<b>Activités 2.1 &amp; 2.3.b</b>
Droite				
Segment	P7		- SU -	
	P8		- X -	Médiatrices d'un triangle concourantes
Demi-droite				
Vecteur				
Triangle	P10		- X -	<b>Activité 2.2</b>
	P13		- X -	<b>Activités 2.1 &amp; 2.3.b</b>
	P11		- X -	
Polygone	P14	+ SU +		Construction d'un carré
Polygone régulier	P15	+ SU +		Construction d'un carré
Cercle	P14	+ SU +		Construction d'un carré
	P18	+ SU +		Bissectrice
	P7	- SU -		
	P12	- X -		<b>Activité 2.3.c</b>
	P8		- X -	
Arc				
Conique	P20			

Droite perpendiculaire	P14	+ SU +		Construction d'un carré
Droite parallèle				
Milieu	P12	- X -		<b>Activité 2.3.c</b>
Médiatrice	P11		- X -	Médiatrices d'un triangle concourantes
Bissectrice	P7	- SU -		
Somme de 2 vecteurs	P19			
Compas				
Report de mesure	P10		- X -	Fonctions
Lieu	P22	+ SU +		Trace/Lieu
	P22		+ X +	Trace/Lieu
Redéfinir un objet				
Symétrie axiale	P8	- SU -		Symétrique d'un point appartenant à l'axe
Symétrie centrale				
Translation				
Rotation	P19			
Homothétie	P7	- SU -		
	P12		- X -	<b>Activité 2.3.c</b>
Inversion				
Macro	P23	+ SU +		Tangente à un cercle par un point donné
	P23		+ X +	Tangente à un cercle par un point donné
	P13		- X -	Macro carré
Oracle des questions	P10		- X -	
Distance&Longueur	P13	- SU -		
Aire	P10			
Pente				
Mesure d'angle	P10		- X -	<b>Activité 2.2</b>
Coord. ou équation				
Calculatrice	P10		- X -	Fonctions
Appliquer une expression				
Table	P11		- X -	Fonctions
Nommer				
Texte				
Nombre				
Expression				
Marquer un angle				
Punaiser/Dépunaiser				
Trace	P22	+ SU +		Trace/Lieu
	P22		+ X +	Trace/Lieu
	P10		- X -	Fonctions

Animation	P21	+ SU +		Trace/Lieu
Cacher / Montrer	P14	+ SU +		Construction d'un carré
	P20	+ SU +		Bissectrice
	P12	- X -		<b>Activité 1</b>
	P13		- X -	<b>Activité 2.1</b>
Couleur				
Aspect				
Axes	P10		- X -	Fonctions
Grille				
Revoir la construction / Historique	P20	+ SU +		
	P20, 21		+ X +	Bissectrice
Montrer les attributs	P2	+ SU +		
Configuration des outils	P19	+ SU +		
	P19, 20		+ X +	
Aide				
Boîte Noire	P23		+ Boîte Noire 1 +	TUBE
	P23		+ Boîte Noire 2 +	TUBE

**S.U. :** Explication de l'usage de l'outil

**Déplacement 1 :** Déplacer pour valider ou invalider

**Déplacement 2 :** Déplacer pour conjecturer

**Déplacement 3 :** Déplacer pour constater

**Déplacement 4 :** Déplacer pour comprendre la construction de l'élève

**Constr/Dépend 1 :** Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

**Constr/Dépend 2 :** Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci.

**Constr/Dépend 3 :** Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

**Boîte Noire 1 :** Reproduction d'une Cabri figure dont on ne sait pas comment elle a été construite

**Boîte Noire 2 :** Emettre des hypothèses sur une configuration et les valider ou les invalider soit par le déplacement soit par des constructions

Nous constatons, par l'analyse du tableau ci-dessus, qu'il y a un grand nombre de spécificités de Cabri qui ont été traitées explicitement relativement au savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$  pendant la formation d'Initiation Cabri, dans le discours du formateur.

En effet, nous remarquons que malgré le fait qu'il n'y ait aucune spécificité traitée explicitement au niveau du savoir  $S_{d-i}$  dans le document de travail écrit, le discours du formateur restant toujours beaucoup plus explicite au niveau du savoir  $S_i$ , apporte également des compléments au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . Il est à souligner que le poids donné au savoir  $S_{d-i}$  par le formateur dans son discours oral, est très important par rapport à une séance d'initiation. Le fait que le savoir  $S_{d-i}$  soit totalement absent du document de travail au niveau explicite nous amène à avancer que la préparation de ce document écrit ne prévoyait pas un

travail sur le savoir  $S_{d-i}$ . Or, du fait qu'il s'agit d'une formation des enseignants aux TICE, le formateur est amené à faire un discours sur le savoir  $S_{d-i}$ , en plus du savoir  $S_i$ .

D'après le tableau ci-dessus, nous constatons que les spécificités de Cabri traitées explicitement par le formateur dans son discours au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$  sont : Déplacement, Construction / Dépendance entre les objets, Segment, Triangle, Cercle, Lieu, Homothétie, Macro construction, Trace, Cacher/ Montrer, Revoir la construction et Configuration des outils

Les outils de Cabri qui n'ont été traités explicitement qu'au niveau du savoir  $S_{d-i}$  sont : Médiatrice, Report de mesure, Mesure d'angle, Calculatrice, Table et Axes

Et les outils de Cabri qui n'ont été traités qu'au niveau du savoir  $S_i$  et pour lesquels le formateur explicite l'usage pour une construction sont : Polygone, Polygone régulier, Droite perpendiculaire, Milieu, Bissectrice, Symétrie axiale, Distance & Longueur, Animation et Montrer les attributs.

Nous constatons également que 4 types de spécificités de Cabri ont une place importante dans la formation. Ces spécificités sont : Déplacement, Construction, Trace / Lieu ainsi que les outils plutôt à destination didactique au service de l'enseignant (qui sont Configuration des outils, Macro construction / Boîte Noire, Revoir la construction).

Nous effectuons ci-dessous une analyse plus fine concernant la place de ces 4 spécificités dans la formation d'Initiation Cabri.

### **Déplacement :**

Dans la formation « Initiation Cabri », nous avons distingué 4 types différents d'usage du déplacement de Cabri intervenant à différents moments, soit dans le document écrit de travail, soit dans le discours du formateur. Nous n'avions pas prévu l'un des 4 types de déplacement, à savoir le Déplacement 4 (déplacer pour comprendre la construction de l'élève) qui est apparu dans le discours du formateur.

La validation d'une construction par le déplacement (Déplacement1) est traitée explicitement, au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$  dans le discours oral du formateur.

En effet, l'analyse du déroulement oral du discours du formateur nous montre que le formateur choisit de traiter ce type de déplacement à travers des situations qui n'existent pas, dans le document écrit sur lequel les stagiaires ont travaillé. Le formateur fait alors le choix de ne pas intervenir, à l'issue d'une activité du document de travail sur l'importance de la résistance au déplacement, contrairement à ce qu'on attendait dans l'analyse du document écrit.

Le formateur traite explicitement, dans son discours oral, la résistance d'une figure dans Cabri, à travers trois autres activités qu'il projette au tableau. La première est la construction d'un carré. Le formateur construit un carré dans Cabri et valide sa construction en utilisant le déplacement au niveau du savoir  $S_i$ . Il explicite ainsi le fait qu'un carré construit dans Cabri doit rester un carré avec le déplacement.

« **Formateur** : bon voilà ! Je cache tout ce qui n'est pas... ça, ça, ça... voilà ! J'ai un beau carré... euh... qui reste toujours carré... (Il déplace les sommets du carré). »

La deuxième et la troisième activités sont des activités élèves, où la résistance au déplacement d'une figure dans Cabri est traitée par le formateur au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . La deuxième, c'est trois constructions de tangente à un cercle dont une seule résiste au déplacement (activité nommée « tangente à un cercle ») ; et la troisième activité est relative à trois constructions de deux demi-droites de même origine tangentes à un même cercle (activité nommée « bissectrice »). En effet, pour les deux fichiers Cabri, le formateur présente les constructions comme des constructions élèves qui sont recevables dans l'environnement papier-crayon et qui, par l'invalidation par le déplacement, se révèlent erronées dans l'environnement Cabri. Le formateur explique en outre la difficulté des élèves à effectuer des figures qui résistent au déplacement. Il explicite ainsi le rôle de l'enseignant au niveau du savoir  $S_{d-i}$  comme incitateur au déplacement.

« **Formateur** : Le dessin, le support... si c'était fait sur papier, vous diriez « oui ». Même si vous mesurez hein !... ça va faire 90 degrés ... 89,9 peut-être mais... bon ! et puis ensuite votre rôle, les élèves sont des champions hein !... votre rôle, c'est de dire à l'élève, mais ils ne comprennent pas au tout début, « bouge tout ! »... parce que, l'idée de figure Cabri, c'est que quand vous déplacez, la propriété que vous voulez mettre dedans, doit être vraie, tout le temps... et c'est ça que les élèves arrivent pas à comprendre au départ. Et quand même, là, vous verrez... alors celui-là ! je sais plus dans quel ordre je les ai mis... c'est des situations réelles hein ! j'ai pris des exemples que j'ai vus... en classe de seconde... » (Activité : tangente à un cercle)

Pour le troisième fichier, concernant trois constructions de deux demi-droites de même origine tangente à un même cercle, il s'agit du même type de situation avec trois productions d'élèves où une seule résiste au déplacement. Le formateur insiste encore une fois sur le rôle de l'enseignant, pour que les élèves puissent valider/invalider leurs constructions en utilisant le déplacement.

« **Formateur** :... vous passez derrière et... les élèves qui font cercle, ils disent « ah, c'est pas ça » donc ils ajustent !... c'est-à-dire que si c'est faux, en déplaçant ils vont venir à la position idéale. Et ça, il faut absolument passer derrière... et vous leur dites de tout remuer... » (Activité : Bissectrice)

Le choix du formateur de traiter le déplacement à travers deux activités élèves qui n'existent pas dans le document de travail des stagiaires, peut provenir du fait qu'il avait l'intention de confronter les stagiaires avec le plus de situations didactiques possibles concernant le déplacement au niveau  $S_{d-i}$ . Or, le fait de réfléchir sur des configurations dans Cabri qu'ils n'ont pas construites ni même manipulées, risque de limiter l'installation chez les stagiaires du contrat d'une figure qui résiste au déplacement au niveau du savoir  $S_i$ . En effet, nous pensons que pour qu'un enseignant puisse mettre en œuvre des situations didactiques intégrant la spécificité de base « déplacement » de la géométrie dynamique au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , il faut qu'il ait construit des schèmes au niveau du savoir  $S_i$  concernant le déplacement. Car il est évident qu'un individu qui n'a pas les connaissances de base nécessaires pour faire des constructions valides dans un environnement de géométrie dynamique, ne sera pas capable de construire des situations didactiques utilisant ce type d'environnement.

Le déplacement pour conjecturer (Déplacement 2) était également traité explicitement dans le discours du formateur surtout au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . En effet, le Déplacement 2 était absent du document écrit de travail. Par contre, le formateur introduit ce type de déplacement à travers deux activités qu'il projette, qui sont les activités « Boîte noire » et « supermarché ».

**Une situation : le supermarché**

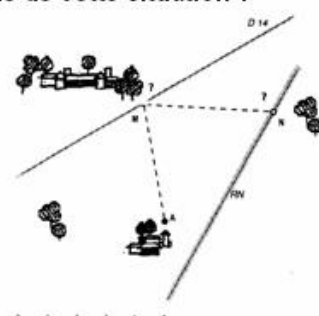
(D'après : Des mathématiques au cycle central, tome 2, commission inter-irem premier cycle, février 2001)

**Comment peut-on utiliser le logiciel Cabri pour contribuer à l'étude de cette situation ?**

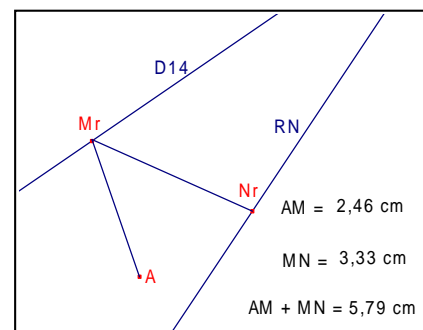
Le Conseil Régional vient d'accepter l'implantation d'un supermarché le long de la départementale  $D14$ . En contrepartie la société de distribution concernée s'est engagée à construire deux routes: l'une reliant le magasin M au village A, l'autre reliant le magasin à la route nationale et ne traversant pas le village.

Les réalisateurs du projet sont donc chargés de déterminer les emplacements M et N du magasin et du point d'embranchement à la route nationale qui minimisent le coût des travaux.

Trouver ces deux emplacements et tracer les routes correspondantes.



L'activité « Supermarché » est une activité projetée au tableau par le formateur, qui explicite les apports de Cabri dans cette situation relativement à l'usage du déplacement par rapport à l'environnement papier-crayon pour conjecturer la distance minimale. Le formateur fait le déplacement des points  $M_r$  et  $N_r$  et fait constater les changements dans les mesures affichées.



En effet, l'activité « Supermarché » est une activité très riche du point de vue de l'utilisation du déplacement pour conjecturer la distance minimale  $AM+MN$ . Car contrairement à ce qu'on aurait pu imaginer, le fait de déplacer les points  $M_r$  et  $N_r$  montre qu'il n'existe qu'une seule position de ces deux points où la distance  $AM+AN$  prend sa valeur minimale. Or cet aspect de l'activité n'a pas été explicité par le formateur dans son discours. Nous pensons que la raison d'un tel choix du formateur de montrer seulement les changements de valeurs dans les distances avec le déplacement et de ne pas approfondir davantage une réflexion sur l'apport du déplacement concernant cette activité, vient des contraintes de temps.

En outre, on peut penser qu'à travers cette adaptation d'une situation papier-crayon dans l'environnement Cabri, le formateur avait comme intention de travailler au niveau du savoir  $S_{d-i}$  et de mettre les stagiaires en position d'enseignants. En effet, on peut penser que si le formateur propose une situation papier-crayon en l'inscrivant dans Cabri, c'est qu'il pense qu'il y a une spécificité particulière de Cabri qui va apporter un plus à la situation vécue dans l'environnement papier-crayon et qui se verra à travers le savoir  $S_{d-i}$ .

En revanche, on peut penser que la dévolution de la situation pour les stagiaires a été très faible, car ceux-ci n'ont rien construit dans Cabri ni rien manipulé, puisque c'est un fichier projeté au tableau. En effet, le fait que le formateur choisisse de travailler sur un fichier projeté pour une activité assez difficile, sans que les stagiaires puissent manipuler, et aussi qu'il énonce par discours magistral les apports de Cabri dans cette situation sans laisser un temps de réflexion aux stagiaires, peut faire en sorte que la situation ne représente pas un réel

problème pour les stagiaires ; ce qui pourrait peut-être freiner la construction, du schème de ce type de déplacement pour conjecturer au niveau du savoir  $S_i$  ainsi qu'au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , puisque la construction des connaissances au niveau de ces deux types de savoirs sont strictement inter dépendantes.

Le déplacement pour constater (Déplacement 3) était présent explicitement au niveau du savoir  $S_i$  pour l'activité 2.3.a du document écrit de travail, et implicitement au niveau du savoir  $S_{d-i}$  pour les activités 1, 2.2, 2.3.a et 2.3.b.

Or, le formateur utilise deux autres activités du document écrit pour traiter ce type de déplacement dans son discours.

Le formateur fait d'abord référence à l'activité 2.2 du document de travail, où les stagiaires avaient à construire un triangle rectangle. En effet, le formateur utilise cette activité pour monter du niveau du savoir  $S_i$  au niveau du savoir  $S_{d-i}$  concernant le déplacement pour constater des propriétés géométriques.

*Formateur* : On peut très bien... Je sais pas, par exemple, triangle rectangle... triangle rectangle, l'histoire de... vous avez tous construit le cercle avec un diamètre et puis un point qui se déplace sur le cercle ; le triangle reste toujours rectangle. Ça peut être une façon d'activer... ou... euh... vous pouvez très bien demander quelle est la nature de ce triangle ?... en bougeant les points !... est-ce qu'il reste toujours rectangle ?... ou est-ce qu'un triangle reste toujours isocèle ?... alors on mesure les côtés, on mesure les angles... ce sont des valeurs approchées, bien sûr, hein ! »

De plus, le formateur explicite ce type de déplacement où il s'agit de la constatation d'une propriété géométrique, comme un travail qui sera suivi d'une argumentation mathématique où il s'agit de se demander les raisons d'une telle constatation.

« *Formateur* : ... un cercle, le diamètre, un point sur le cercle, le triangle... et on mesure l'angle droit et le logiciel vous annonce quatre-vingt-dix. On fait tourner en continu, c'est toujours quatre-vingt-dix. Bon... Après, il reste à se demander pourquoi... »

En outre, le formateur traite de plus le Déplacement 3 au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , en faisant référence à l'activité 2.3.c du document écrit où il utilise le déplacement pour constater la dépendance entre les objets.

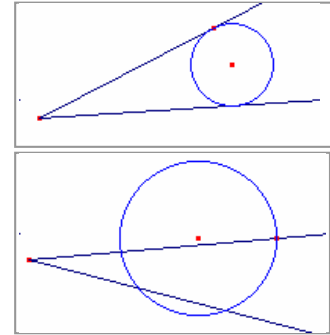
« *Formateur* : ...bon, déplacement, dépendance ?... déplacement... le fait que... de voir que un point dépend d'un autre... euh... par exemple, homothétie là-bas... je sais pas, vous dessinez un cercle, un point qui se déplace sur un cercle, et puis le milieu d'un point fixe et le point variable... et vous vous posez la question : où se déplace ce milieu ?... Bon, il va bouger... quand vous déplacez les points... en regardant un petit peu... vous voyez un petit peu sur quoi se déplace le deuxième point. C'est ça l'idée de dépendance où vous bougez des choses et tout ce qui en dépend bouge aussi. Donc, c'est un truc assez important... ... vous déplacez plus les élèves vers la... l'idée de figure... avec un ensemble de propriétés»

Déplacer pour comprendre la construction de l'élève (Déplacement 4) est traité dans le discours du formateur au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , en liaison avec la résistance au déplacement concernant l'activité bissectrice. En effet, dans l'analyse a priori nous n'avions pas prévu le traitement de ce type d'usage du déplacement et le Déplacement 4 était absent du document

écrit. Le formateur introduit le Déplacement 4 à travers une activité sur le tracé de la bissectrice comme deux demi-droites de même origine tangentes à un même cercle. Cette activité n'est pas n'est pas une activité du document écrit de travail des stagiaires.

« **Formateur** : Alors... je sais pas, qu'est-ce qu'ils m'ont sorti ces élèves de seconde toujours ?... celui-là hein !... alors, je sais pas dans quel ordre c'est mais je bouge tout hein !... hop !... voilà.

Euh... celle-là ?... celle-là... c'est déjà mieux hein !... voilà... ça... est-ce que je peux le bouger ?... ben, non ! je peux pas !... celui-là, je peux pas le bouger... Bon... après vous voyez... tiens... juste comme ça... bon !... Euh... vous voyez que le cercle passe par... un point quelconque et... euh... je sais pas, l'élève il a peut être fait ça... un cercle... il a peut-être mis un point ici... au pif !... ensuite on ajuste, et vous voyez que là, si je m'arrête là, si je clique, ça fait le cercle... ... Alors, je peux faire ça et ensuite j'ajuste... je fais ça... oh ! c'est pas encore tout à fait ça.... Voilà !... » (Activité : Bissectrice)



En revanche, le formateur revient brièvement sur le Déplacement 4 pour traiter l'outil « Historique ». Il souligne en effet l'insuffisance du déplacement pour comprendre la construction de l'élève.

« **Formateur** : Vous vous demandez comment l'élève a fait. Alors, première possibilité, vous bougez tout... mais ça vous dira pas tout !... » (Activité : Bissectrice)

Nous constatons par l'analyse ci-dessus que parmi les 4 types d'usage du déplacement, 2 types sont traités uniquement dans le discours oral du formateur, qui sont : Déplacer pour comprendre la construction de l'élève (Déplacement 4) et Déplacer pour conjecturer (Déplacement 2).

En outre, dans l'ensemble de la formation « Initiation Cabri », nous constatons que le formateur choisit de traiter la spécificité « déplacement » de Cabri en particulier au niveau du savoir  $S_{d-i}$  dans son discours oral mais peut-être pas suffisamment au niveau du savoir  $S_i$ . En effet, cette insuffisance au niveau du savoir  $S_i$  peut créer des difficultés pour la construction des connaissances au niveau du savoir  $S_{d-i}$  chez les stagiaires, malgré le fait que le poids donné au savoir  $S_{d-i}$  dans la formation soit assez important.

A travers ce qui précède, nous faisons l'hypothèse que le formateur a peut-être sous-estimé la difficulté de la construction du schème concernant la résistance d'une construction au déplacement au niveau du savoir  $S_i$ , et que le schème de tester les constructions par le déplacement risque de ne pas être construit par les stagiaires formés à l'issue des séances d'initiation.



## Construction - Dépendance

Une autre spécificité qui avait une place importante dans la formation d'Initiation Cabri est la « Construction / Dépendance entre les objets ». Nous avons distingué 3 types d'usages de cette spécificité pendant la formation d'Initiation Cabri. Comme nous l'avons précisé précédemment, ces 3 types d'usages sont :

Construction/Dépendance 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

Construction/Dépendance 2 : Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci.

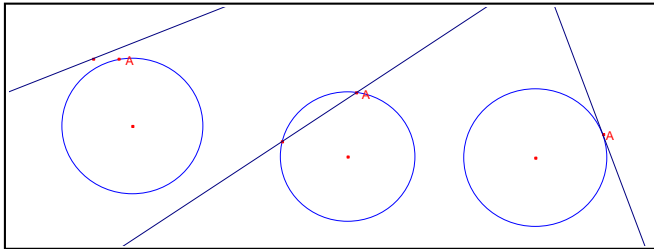
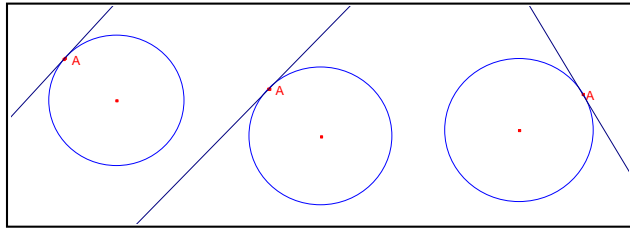
Construction/Dépendance 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Parmi ces quatre types d'usages, Construction / Dépendance 1 (Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement) et Construction / Dépendance 3 (Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction) étaient implicitement présents au niveau du savoir  $S_i$  dans le document écrit ; et Construction/Dépendance 2 (Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci) était explicitement présent au niveau du savoir  $S_i$  dans ce document.

L'analyse du discours du formateur nous montre que Construction / Dépendance 1 (Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement) est également présent dans le discours oral du formateur, au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . Construction / Dépendance 3 (Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction) se révèle présente dans le discours du formateur uniquement au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Par le biais de l'analyse du discours du formateur, nous constatons que le formateur explicite plusieurs fois le fait qu'une figure dans Cabri possède les propriétés géométriques qui lui ont été données pendant sa construction (Construction / Dépendance 3) uniquement au niveau du savoir  $S_{d-i}$  ; et le niveau du savoir  $S_i$  reste en générale implicite. En d'autres termes, le formateur préfère plutôt faire référence aux constructions d'élèves pour traiter cette spécificité de Cabri ; et il laisse les stagiaires en tirer la conclusion concernant leur propres constructions dans Cabri au niveau du savoir  $S_i$ .

En revanche, le formateur traite ce type d'usage de la construction avec une manipulation dans Cabri, à travers une activité où il s'agit de construction d'une tangente à un cercle. (Activité : Tangente à un cercle)



Il s'agit de trois configurations qui ont l'air de posséder les mêmes propriétés géométriques. Le formateur utilise cette situation d'une part, pour mener une comparaison entre l'environnement papier-crayon et Cabri par rapport aux propriétés géométriques utilisées dans une construction et d'autre part la possibilité de mise en évidence de ces propriétés dans les deux environnements par rapport au savoir  $S_i$ .

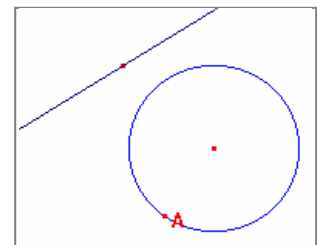
De plus, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , le formateur explique que les élèves peuvent utiliser des procédés de construction erronés ou manquants pour arriver à un tracé recevable dans l'environnement papier-crayon ; mais que dans Cabri, il est nécessaire d'utiliser les propriétés géométriques (et non les propriétés spatiales) pour arriver à une construction recevable.

« **Formateur** : alors, très franchement, vous... un élève qui fait ça, il a compris ce que c'est qu'une tangente à un cercle ?... »

**Stagiaire x20** : ben, non ! il n'a pas saisi la propriété...

**Formateur** : la propriété derrière... mais l'idée ?... le cercle touche la droite en un seul point... il a retenu ça ! quand ça rapproche... hop, c'est bon !... il a compris ça !... mais la propriété, elle y est pas... »

(Activité : tangente à un cercle)



En outre, le formateur explicite au niveau du savoir  $S_{d-i}$  l'apport de Cabri sur le fait qu'une figure dans Cabri doit être construite en utilisant des propriétés géométriques comme un avantage pour l'enseignant destiné à mettre en évidence l'utilisation des propriétés géométriques par l'élève.

« **Formateur** : Bon, alors, le dernier... celui-là... là, quand même, on modifie la droite, ça reste tangent... on modifie le cercle, ça reste tangent... donc, il la construit effectivement avec la perpendiculaire... d'accord ?... c'est ce que je voulais mettre en évidence mais les deux autres, je les avais pas prévus !... vous voyez la différence entre les... les différents types d'approches ?... et si vous n'avez pas Cabri, vous pouvez pas les mettre en évidence, sauf à faire parler l'élève sur comment il a construit... » (Activité : tangente à un cercle)

Au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , le formateur a également expliqué que les élèves avaient des difficultés concernant les propriétés géométriques que possède une figure, car ils prenaient les propriétés des figures en les lisant perceptivement sur le dessin. Il donne ainsi l'exemple d'un carré construit dans l'environnement papier-crayon qui doit être codé pour pouvoir déclarer qu'il s'agit bien d'un carré ; et les élèves peuvent lire des propriétés perceptivement sans qu'il y ait un codage sur le dessin. Face à cette difficulté de lecture sur les dessin des élèves, le formateur évoque oralement, sans utiliser de fichier Cabri, l'existence d'une situation avec des polygones qui ont l'air d'être des carrés et avec le déplacement l'élève constate qu'ils ne sont pas tous des carrés (Activité : Faux carrés)

La dépendance entre les objets construits et les éléments de base par le déplacement d'un point de base qui implique le déplacement des éléments qui en dépendent (Construction / Dépendance 1), était présente explicitement au niveau du savoir  $S_i$  pour l'activité 1 du document de travail écrit.

Le formateur revient également sur cette dépendance entre les objets dans le déplacement dans son discours au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , en faisant référence à l'activité 2.3.c du document de travail.

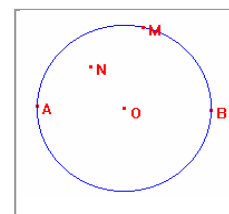
« **Formateur** : Quand vous déplacez les points de base, tout se déplace... d'accord ? donc, il y a des points de base et tout ce qui en dépend sont des points construits ou des éléments construits... d'accord ?... »

Le formateur utilise également cette dépendance entre les objets dans le déplacement, pour mener une comparaison entre l'environnement papier-crayon et l'environnement Cabri. En effet, le formateur explique brièvement la différence entre dessin et figure. Il explicite ainsi le fait que dans l'environnement Cabri, il s'agit d'un ensemble de dessins par le déplacement qui se rapproche de la notion de figure avec des propriétés géométriques.

« **Formateur** : ...est-ce que ça peut se voir en papier-crayon, ça ?... les liens de dépendance ?... vous faites une figure, et vous avez... en fait, un dessin ; vous n'avez pas une figure, vous avez un dessin c'est-à-dire quelque chose qui est dessiné avec un crayon ou autre sur un support... Là, en fait, avec Cabri, est-ce que vous avez un seul dessin ?... quand vous déplacez... vous avez donc la possibilité de déplacer, donc, changer le dessin... donc vous avez une catégorie de dessins, avec des propriétés qui restent invariantes. Donc, en fait, vous avez plus la notion, de figure... c'est-à-dire, un ensemble de dessins ayant les mêmes propriétés... on l'appelle figure... donc, on déplace assez vite, quand vous travaillez sur un logiciel de géométrie, Cabri ou un autre logiciel, vous déplacez plus les élèves vers la... l'idée de figure... avec un ensemble de propriétés. »

Le formateur traite brièvement la dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement (Construction / Dépendance 1) également pour l'activité « Trace/Lieu » au niveau du savoir  $S_i$ . Le formateur explique le fait qu'un point ne peut pas être déplaçable directement par la dépendance entre les objets.

« **Formateur** : ...vous avez donc, un cercle de centre O... deux points diamétralement opposés... bon, j'ai placé A et B d'abord... j'ai placé... vous voyez le point O, il refuse là... (il essaye de déplacer le point O). En fait il dépend de A et B. donc, j'ai placé A et B, le milieu, le cercle passant par ici... » (Activité : Trace/Lieu)



En plus de la dépendance d'un point à un objet dans le déplacement, la dépendance entre les objets construits par la suppression d'un point qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci (Construction / Dépendance 2) était traitée au niveau du savoir  $S_i$  dans le document de travail, explicitement pour l'activité 1 et implicitement pour l'activité 2.1.

Le formateur, dans son discours oral, ne fait pas de référence explicite à cette dépendance entre les objets dans la suppression. En revanche, il cite la différence entre « Cacher / Montrer » et « supprimer » au niveau du savoir  $S_i$ . En effet, il présente l'outil « Cacher / Montrer » comme un outil qui sert à rendre invisibles les objets créés sans préciser quels objets sont susceptibles d'être cachés dans une construction.

« **Formateur** : suppression et Cacher / Montrer... c'est clair la différence ?... Cacher, donc, vous n'affichez pas, mais ça existe ; suppression, vous supprimez. Les élèves se font piéger au départ hein ! par exemple, ce qui arrive très souvent, vous leur faites tracer un triangle, vous leur tracez les médiatrices... donc, vous avez trois droites... vous avez vu sur l'écran si vous avez fait ça... donc, l'idée des élèves... on peut pas gommer... gommer, gommer... alors, en général, ils cliquent dessus, il mettent sup.... Et hop ! Tout disparaît quoi ! alors que... il faut en fait simplement cacher... on ne voit pas l'objet mais il est toujours existant ». (p13)

## Trace / Lieu

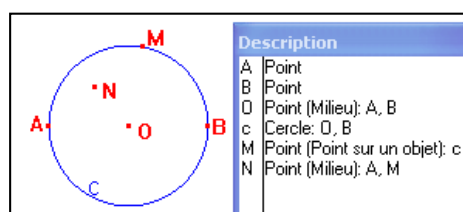
Les outils « Lieu » et « Trace » sont deux outils explicitement présents dans le discours du formateur au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

En effet, dans le document écrit, l'outil « Lieu » était explicitement présent au niveau du savoir  $S_i$  pour l'activité 2.3.b et l'outil « Trace » en était absent.

Dans l'analyse a priori de l'activité 2.3.b du document de travail, nous avons souligné qu'il s'agissait d'un nouveau type de tâche à travers l'utilisation de l'outil « Lieu », où il s'agit de retrouver les propriétés géométriques permettant de construire le lieu tracé automatiquement par le logiciel. Cet aspect de l'outil « Lieu » restait très implicite dans le document de travail. On s'attendait alors à ce que le formateur utilise cette activité pour expliciter un tel usage de l'outil « Lieu » au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

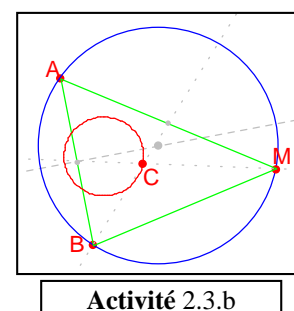
Or, dans l'analyse du discours du formateur nous constatons qu'il fait le choix d'introduire l'outil Lieu à travers une autre activité que celle rencontrée par les stagiaires au moment du travail en binômes effectué sur le document écrit de travail.

Le formateur a fait le choix dans son discours oral, de traiter l'activité « Trace/Lieu » décrite ci-contre, où il s'agit de trouver où le point N se déplace quand le point M se déplace.

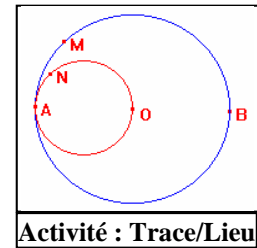


En effet, bien que le formateur choisisse de traiter les outils Lieu et Trace à travers l'activité « Trace/Lieu » qui n'existe pas dans le document de travail, nous constatons que l'activité 2.3.b et l'activité « Trace/Lieu » sont similaires du point de vue du type de tâche.

En effet, dans les deux activités il s'agit de constater que le lieu d'un point qui dépend d'un autre est un cercle, et de chercher les propriétés géométriques qui permettent d'obtenir ce lieu.



Concernant l'activité « Trace/Lieu », le formateur mentionne, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , que ce type d'activité utilisant l'outil Lieu ou l'outil Trace était un préliminaire à la démonstration des propriétés géométriques qui permettent d'obtenir le lieu tracé par Cabri. En revanche, le formateur n'a pas donné plus d'explication au niveau du savoir  $S_{d-i}$  concernant les outils « Lieu » et « Trace ».

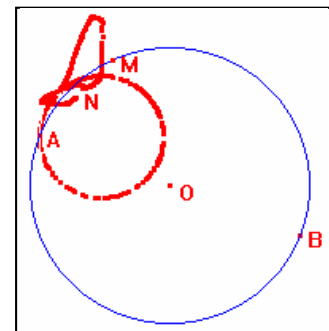


L'usage de l'outil « Lieu » et de l'outil « Trace » a également été explicité par le formateur au niveau du savoir  $S_i$ .

Concernant la différence entre l'outil « Lieu » et l'outil « Trace », le formateur fait une comparaison au niveau du savoir  $S_i$ .

L'outil « Lieu » a été mentionné comme le lieu géométrique d'un point quand un autre point se déplace sur un objet. Son actualisation avec le déplacement a été mise en valeur et a été comparée avec l'outil « Trace », qui a été présenté comme la trace physique d'un point sur l'écran, ce qui lui donnait un aspect négatif pour le formateur :

« *Formateur* : danger de l'outil Trace... là, c'est toujours activé... c'est que quand vous déplacez un autre point... c'est vraiment la trace du point N sur l'écran. Donc, là, ça commence à faire désordre !... c'est vraiment la trace physique quoi !... donc, c'est un peu gênant ! »



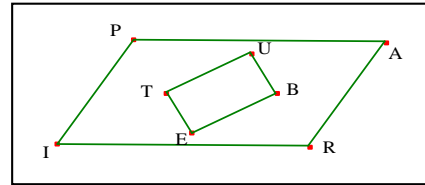
### **Les outils plutôt à destination didactique au service de l'enseignant**

Nous avons choisi d'analyser également la place, dans la formation d'Initiation Cabri, des spécificités de Cabri qui sont plutôt à destination didactique au service de l'enseignant. Il s'agit des spécificités : « configuration des outils », « boîte noire », « macro construction » et « revoir la construction ». En effet, nous pensons que ces spécificités de Cabri ont plutôt une vocation didactique, dans le contexte de l'intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques. Par conséquent, elles sont spécifiques au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

On peut donc dire que leur présence dans la formation ne peut pas être uniquement au niveau du savoir  $S_i$ , mais également au niveau du savoir  $S_{d-i}$  avec une intention didactique. Par conséquent, le fait que ces spécificités soient absentes du document écrit de travail montre que ce document avait pour objectif principal de faire travailler les stagiaires au niveau du savoir  $S_i$ . On constate ainsi le choix du formateur de préparer un document écrit portant essentiellement sur le savoir  $S_i$  et d'effectuer un travail essentiellement sur le savoir  $S_{d-i}$  pendant les moments de mise en commun dans son discours oral. En effet, dans le discours du formateur, ces spécificités à vocation didactique sont explicitement présentes au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$  malgré leur absence dans le document écrit.

### Boîte Noire :

Le formateur, dans son discours oral, traite explicitement la spécificité « Boîte Noire » de Cabri uniquement au niveau du savoir  $S_{d-i}$  à travers la boîte noire « TUBE » ci-contre.



Le formateur explicite que dans les activités de type boîte noire, il s'agit de retrouver les caractéristiques de la figure dans Cabri à travers le déplacement, pour ensuite trouver une méthode de construction qui permette d'aboutir à un dessin ayant les mêmes caractéristiques dynamiques. Ainsi, la spécificité « Boîte Noire » a été traitée au niveau du savoir  $S_{d-i}$  sous son aspect de reproduction d'une figure Cabri dont on ne sait pas comment elle a été construite, suivie de la démonstration de la propriété géométrique constatée dans l'environnement papier-crayon. Mais également et toujours avec l'idée d'aide à la démonstration, pour émettre des hypothèses sur une configuration et les valider ou invalider soit avec le déplacement, soit avec des constructions.

Pendant les moments de mise en commun, il n'y a eu aucune explicitation de la part du formateur au niveau du savoir  $S_i$ , comme par exemple sur la non visualisation des objets cachés dans le cas d'une boîte noire ou une explicitation de comment construire une boîte noire.

En outre, pendant la formation, les spécificités « Boîte Noire » et « Macro construction » ont été traitées de façon séparée. A aucun moment il n'y a eu de lien entre les deux par le fait que la boîte noire utilisée par le formateur était construite à travers une macro-construction.

### Macro-construction :

Concernant les macro-constructions, le formateur a explicité, au niveau du savoir  $S_i$ , le schème d'usage relatif au procédé de définition d'une macro en créant devant les stagiaires une macro qui construit la tangente à un cercle passant par un point donné.

Au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , les macro-constructions étaient traitées comme servant à ajouter des outils de construction dans les menus, pour ne pas passer du temps à la construction des configurations maîtrisées par les élèves, comme dans l'exemple de la macro « carré » en classe de seconde.

« Formateur : on sait que c'est acquis... on sait que l'élève sait construire un carré, par exemple en seconde... est-ce que vous allez demander à ce que les élèves construisent avec l'équerre et le compas, un carré ?... bon, peut-être une fois pour voir s'ils savent faire, s'ils se souviennent... sinon... euh... ce qui est possible de faire avec Cabri par exemple... je l'ai pas fait là mais ça existe hein !... ...on fait ce qu'on appelle une macro-construction... c'est euh... le menu... euh... le menu qui est en haut... et vous pouvez rajouter des outils... à condition de les construire. C'est ce qu'on appelle une macro-construction. Alors, l'idée c'est... je prends un segment, dès que je clique sur le segment ça me construit le carré. Donc ça c'est possible... donc, après, quand un élève a à construire un carré, il se casse pas la tête... « Ah mais il y a un petit carré là ! Donc je prends et je l'applique sur le segment ! ». Ça permet d'aller plus vite et de s'intéresser à d'autres choses. C'est comme pour les calculatrices ça... euh... est-ce que on apprend aux élèves à calculer mentalement ?... oui, mais à un moment donné, une fois qu'ils maîtrisent ça, ben on essaye d'aller plus vite. »

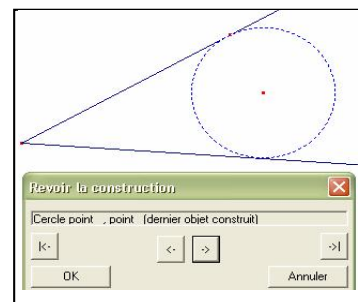
### Revoir la construction (Historique) :

Outre les macro-constructions, l'historique de Cabri était absent du document de travail écrit, mais a été traité par le formateur dans son discours au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Au niveau du savoir  $S_i$ , le formateur explicite le schème d'usage relatif à l'outil « Revoir la construction » et présente les flèches de direction dans l'historique. En outre, l'outil « Cacher / Montrer » a été mentionné comme indispensable à l'utilisation de l'outil « Revoir la construction » où le formateur a explicité la nécessité de montrer tous les éléments d'une figure avant d'utiliser l'outil « Revoir la construction ».

En effet, le formateur a explicité l'usage de cet outil, à travers une situation didactique. Il s'agit d'une figure élève où l'enseignant cherche comment a été effectuée la construction par cet élève.

« **Formateur** : ...Voilà, celui-là ! Vous vous demandez comment l'élève a fait. Alors, première possibilité, vous bougez tout... mais ça vous dira pas tout !... Sinon, vous avez... euh... alors, je sais plus où c'est... euh... cherchez-moi Historique d'une construction... Revoir la construction, voilà ! d'accord ?... donc, ça va vous donner l'histoire... »  
(Activité : Bissectrice)



Nous constatons ainsi le choix du formateur de mettre les formés en position d'enseignants qui essaient de comprendre la production d'un élève.

Ainsi, l'outil « Revoir la construction » a été traité par le formateur comme un outil purement au service de l'enseignant au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . D'ailleurs, son existence dans le menu de Cabri a été liée par le formateur à des raisons didactiques.

L'outil « Revoir la construction » a été présenté par le formateur d'une part, comme servant à comprendre la construction de l'élève et d'autre part, comme un support pour faire parler l'élève sur sa construction.

« **Formateur** : Bon alors... allons voir !... donc, là annuler !... je vais voir là, Cacher / Montrer... non ! tout est là ! d'accord ?... donc, c'est complémentaire... c'est bon ?... pour revoir la construction ?... c'est une façon de dialoguer avec l'élève... fait voir comment tu as fait ?... on montre tout et on regarde !... ... surtout quand il y a plusieurs points, on se dit mais qu'est-ce qu'il nous a fait cet élève !... » (Activité : Bissectrice)

### Configuration des outils :

En ce qui concerne « Configuration des outils », il a été absent du document écrit de travail mais explicitement présent au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$  dans le discours oral du formateur.

Comme pour l'outil « Revoir la construction », le schème d'usage de la « configuration des outils » a été explicité par le formateur en faisant référence à une situation didactique au niveau du savoir  $S_{d-i}$  et en mettant les stagiaires en position d'enseignants.



La configuration des outils a été présentée par le formateur au niveau du savoir  $S_{d-i}$  comme servant à enlever soit les outils du menu de Cabri qui ne sont pas connus des élèves (comme « Conique »), soit les outils sur lesquels porte l'apprentissage.

Le formateur a donné comme exemple, dans son discours concernant « Configuration des outils » d'enlever l'outil « Somme de deux vecteurs » s'il s'agit de l'enseignement de la somme des vecteurs et d'enlever l'outil « Rotation » s'il s'agit de l'enseignement de la rotation

« *Formateur* : Par exemple, bon, je vais mettre nouveau... euh... vous voulez... euh... vous avez vecteur ici... en seconde... vous voulez les ajouter... si votre but c'est d'ajouter, il y a un problème ici, c'est que vous avez... c'était où.... Vous avez, Somme de deux vecteurs... c'est gênant quand même.

... Un exemple aussi, je sais pas, vous voulez apprendre aux élèves par rotation l'image d'un triangle. S'il y a « rotation », vous perdez votre temps... vous prenez « rotation », vous le mettez à la poubelle, et voilà !... Et puis vous pouvez enregistrer ce menu... pour enregistrer le menu vous cliquez là-dessus, je vais pas le faire hein...et vous donnez un nom au menu. Et ensuite, vous ouvrez ce menu, et puis voilà !... »



Nous constatons par l'analyse du discours du formateur, que celui-ci introduit un seul usage de la configuration des outils, qui est d'enlever un outil qui fait référence à une notion mathématique soit absente des programmes, soit non introduite par l'enseignant. Nous faisons alors l'hypothèse que cet usage de la configuration des outils était le plus important pour le formateur, compte tenu du fait que le module de formation Initiation Cabri est l'unique module obligatoire portant sur la géométrie dynamique et portant ainsi sur  $S_{d-i}$  dans la formation des PLC2. Ainsi, nous pensons que pour le formateur, c'est cet usage-là que les stagiaires devaient retenir à l'issue des séances d'Initiation et que d'autres usages de la configuration des outils devenaient plus fins et plus approfondis et relevaient donc du module optionnel de formation « Géométrie Dynamique ».

En outre, l'explicitation par le formateur de l'enlèvement des outils qui font référence à une notion mathématique soit absente des programmes, soit non introduite par l'enseignant, peut être interprétée par les stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$  dans le sens que l'enseignant doit enlever du menu de Cabri tous les outils qui ne sont pas connus par les élèves, et que seul ceux enseignés en classe peuvent apparaître dans les menus.

Ainsi, l'exemple donné par le formateur d'enlever l'outil « Rotation » relève de l'idée que tant qu'on n'a pas introduit la rotation comme notion mathématique dans la classe, on ne va pas faire apparaître l'outil « Rotation » dans les menus. En revanche, une telle perspective exclut la possibilité d'introduction d'une notion mathématique dans une situation didactique en tant que boîte noire. En effet, concernant l'exemple de la rotation au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , il y a également la possibilité de laisser l'outil « Rotation » dans les menus en tant qu'une boîte noire, et que le formateur dans son discours défavorise un tel usage des outils de Cabri.



Par conséquent, le choix du formateur de faire une déclaration générale au niveau du savoir  $S_{d-i}$  sur la suppression des outils du menu de Cabri dans la formation d'initiation, peut induire chez les stagiaires une représentation manquante sur les menus de Cabri et également sur les activités de type boîte noire.

### **Symétrie axiale :**

Nous analysons également la place de l'outil « Symétrie axiale » dans la formation d'Initiation Cabri, puisque c'est sur cette notion mathématique que portent nos expérimentations.

En effet, la symétrie axiale a été abordée dans le discours du formateur au niveau du savoir  $S_i$ . Il s'agit de l'image d'un point sur l'axe de symétrie, suite à l'intervention du formateur sur l'ambiguïté dans Cabri à travers le message « quel objet ? ». Le formateur explicite oralement le fait que, dans Cabri, l'image d'un point sur l'axe est un autre point superposé avec le point-objet. Il fait la comparaison avec l'environnement papier-crayon, où l'image d'un point est lui-même. Un des stagiaires déplace ensuite la question au niveau du savoir  $S_m$ . L'interrogation sur  $S_m$  pour savoir si l'image d'un point sur l'axe est lui-même ou un autre point superposé reste sans réponse pendant le débat.

« **Formateur** : Par exemple... euh... je vais pas revenir là-dessus mais... quand vous prenez un triangle... et le symétrique de ce triangle par rapport à un côté... on pourrait dessiner ça très vite hein... ben en fait... donc, vous avez votre triangle... je fais un dessin comme ça hein... (*Il dessine un triangle sur le tableau*) vous avez un triangle... et le symétrique comme ça... les points qui sont sur ce côté, ils sont égaux à leurs propres symétriques. Donc en fait, à la place d'un point, il compte double celui-là. Donc, quand vous venez dessus, il y a « quel objet ? ». Ce qui fait que quand vous prenez symétrique, symétrique, symétrique... après les points existent en double en triple en quadruple... donc après, on ne sait plus ! On ne sait plus si vous avez le malheur de supprimer, le quel ? donc, c'est un problème...

**Stagiaire x5** : le point double, où il est ?

**Formateur** : Ben, ils sont placés au même endroit.

**Stagiaire Ex** : Ah ! D'accord !

**Formateur** : Mais pour le logiciel, il y en a bien deux. Alors que pour un élève... il va dire : c'est le même point.»

Par conséquent, pendant les séances de formation d'Initiation Cabri, les stagiaires n'ont jamais utilisé, ni observé le formateur en train d'utiliser l'outil « Symétrie axiale » puisque le formateur a cité brièvement cet outil uniquement au niveau du discours oral. On peut alors penser que la construction des schèmes d'usage chez les formés liés à cet outil au niveau du savoir  $S_i$ , n'a pas été effectuée à l'issue de cette formation.

## II.4. Discours du formateur versus document écrit de travail

		<u>Discours du formateur</u>		Initiation Cabri PLC2	<u>Document écrit de travail</u>	
	S <sub>i</sub>	S <sub>d-i</sub>	Activité de référence	S <sub>i_Explicite</sub>	S <sub>i_Implicite</sub>	Activité
Déplacement	+ Déplacement 1 +		Construction d'un carré	X	Déplacement 1	Activité 2.1
		+ Déplacement 1 +	Tangente à un cercle			
		+ Déplacement 2 +	Supermarché			
		- Déplacement 2 -	Fonctions			
		+ Déplacement 3 +	Trace/Lieu	X	Déplacement 3	Activité 1
		- Déplacement 3 -	<b>Activité 2.2</b>			Activité 2.2
			<b>Activité 2.3.c</b>			Activité 2.3.a
		+ Déplacement 4 +	Bissectrice			Activité 2.3.b
Construction / Dépendance entre les objets	+ Constr./Dép. 1 +		Trace/Lieu		Constr/Dépend1	Activité 1
	- Constr./Dép. 1 -	- Constr./Dép. 1 -	<b>Activité 2.3.c</b>			Activité 2.2
				Constr/Dépend2	Constr/Dépend2	Activité 1
						Activité 2.1
		+ Constr./Dép. 3 +		Tangente à un cercle		Activité 2.2
	- Constr./Dép. 3 -		Faux carrés			
			Comparaison papier-crayon / Cabri			

Trace	+ SU +	+ X +	Trace/Lieu			
Lieu	+ SU +	+ X +	Trace/Lieu	X		Activité 2.3.b
Boîte Noire		+ Boîte Noire 1 +	TUBE			
		+ Boîte Noire 2 +	TUBE			
Macro-construction	+ SU +	+ X +	Tangente à un cercle par un point donné			
Revoir la construction	+ SU +	+ X +	Bissectrice			
Configuration des outils	+ SU +	+ X +				
Symétrie axiale	- SU -		Symétrique d'un point appartenant à l'axe			

**S.U. :** Explication de l'usage de l'outil

**Déplacement 1 :** Déplacer pour valider ou invalider

**Déplacement 2 :** Déplacer pour conjecturer

**Déplacement 3 :** Déplacer pour constater

**Déplacement 4 :** Déplacer pour comprendre la construction de l'élève

**Constr/Dépend 1 :** Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

**Constr/Dépend 2 :** Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci.

**Constr/Dépend 3 :** Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

**Boîte Noire 1 :** Reproduction d'une Cabri figure dont on ne sait pas comment elle a été construite

**Boîte Noire 2 :** Emettre des hypothèses sur une configuration et les valider ou les invalider soit par le déplacement soit par des constructions

Le tableau qui précède indique les spécificités de Cabri qui ont une place importante dans le discours du formateur au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ , et la présence de ces spécificités dans le document écrit de travail. Il s'agit des spécificités : Déplacement, Construction / Dépendance entre les objets, Trace, Lieu, Boîte Noire, Macro-construction, Revoir la construction, Configuration des outils et Symétrie axiale.

Dans le tableau, les trois premières colonnes concernent le discours oral du formateur et les trois dernières colonnes concernent le document écrit de travail. Nous indiquons d'abord si la spécificité est traitée au niveau du savoir  $S_i$  ou au niveau du savoir  $S_{d-i}$  dans le discours du formateur. Dans la troisième colonne, nous indiquons à quelle activité le formateur se réfère pour le traitement de la spécificité. Ensuite, nous considérons la place de la même spécificité dans le document écrit de travail. Dans le cas où la spécificité se révèle présente dans le document écrit nous indiquons si elle est explicite ou implicite au niveau du savoir  $S_i$  ; mais également l'activité pour laquelle elle est présente.

Nous constatons par le tableau que les spécificités présentes au niveau du savoir  $S_i$  dans le document écrit sont également présentes dans le discours du formateur ; sauf pour Construction/Dépendance 2 (Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci) qui est uniquement présent dans le document écrit et absent du discours oral du formateur.

Le type d'usage déplacement 3 de la spécificité Déplacement est présent implicitement au niveau du savoir  $S_i$  dans le document écrit ; or, il est présent dans le discours du formateur uniquement au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . Le déplacement 1 étant présent implicitement au niveau du savoir  $S_i$  dans le document écrit, il est présent dans le discours du formateur aussi bien au niveau du savoir  $S_i$  qu'au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Concernant la spécificité « Construction / Dépendance entre les objets », Construction / Dépendance 1 étant présent implicitement au niveau du savoir  $S_i$  dans le document écrit, il est présent dans le discours du formateur au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Et ; l'outil « Lieu » est explicitement présent dans le document écrit au niveau du savoir  $S_i$ . Il est présent dans le discours du formateur au niveau du savoir  $S_{d-i}$  et au niveau du savoir  $S_i$  avec l'explicitation de l'usage de cet outil.

Nous constatons, de plus, que le formateur traite de manière importante dans son discours, plusieurs spécificités absentes du document écrit. Ces spécificités sont : Déplacement (Déplacement 2, Déplacement 4) ; Construction / Dépendance entre les objets (Construction/Dépendance 3) ; Trace ; Boîte Noire ; Macro-construction ; Revoir la construction et Configuration des outils.

Parmi ces spécificités absentes du document écrit, les spécificités à vocation didactique (Boîte Noire, Macro-construction, Revoir la construction et Configuration des outils) ont une place importante dans le discours du formateur au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . De plus, le formateur explicite dans son discours des schèmes d'usage au niveau du savoir  $S_i$  pour Macro-construction, Revoir la construction et Configuration des outils.

En outre, le tableau nous montre que malgré le fait que le document écrit de travail porte uniquement sur le savoir  $S_i$ , le formateur, dans son discours, se situe aussi bien au niveau du savoir  $S_i$  qu'au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Par ailleurs, nous constatons également que le formateur préfère faire référence à d'autres activités que celles du document écrit dans son discours. Ceci peut être lié d'une part, à la volonté du formateur de faire rencontrer aux stagiaires davantage de situations didactiques intégrant les TICE et d'autre part, au fait que le formateur choisisse d'utiliser les activités les plus riches au niveau du savoir  $S_{d-i}$  dans son discours. En effet, on peut penser que le formateur avait préparé le document écrit en vue de faire travailler les stagiaires au niveau du savoir  $S_i$  ; et qu'il utilise d'autres activités dans son discours oral pour travailler au niveau des deux types de savoirs,  $S_i$  et  $S_{d-i}$ .

En revanche, nous ne constatons aucun décalage entre le discours du formateur et le document de travail. En effet, le formateur ne néglige pas complètement le document écrit. Dans son discours oral, il fait référence à certaines activités du document.

Nous avons créé le tableau ci-dessous pour mieux mettre en évidence les spécificités au sujet desquelles le formateur dans son discours fait référence aux activités du document de travail.

	<u>Discours du formateur</u>		Initiation Cabri PLC2	<u>Document écrit de travail</u>	
	$S_i$	$S_{d-i}$	Activité de référence	$S_i$ _Explicite	$S_i$ _Implicite
Déplacement		<i>- Déplacement 3 -</i>	Activité 2.3.c		
			Activité 2.2	X	Déplacement 1 <i>Déplacement 3</i>
Construction / Dépendance entre les objets	- Constr./Dép. 1 -	- Constr./Dép. 1 -	Activité 2.3.c		
			Activités 2.1		Constr./Dép. 2
<i>Triangle</i>		<i>- X -</i>	Activité 2.2		X
	<i>- X -</i>		Activités 2.1 & 2.3.b	X	X
Cercle	<i>- X -</i>		Activité 2.3.c		
Milieu	<i>- X -</i>		Activité 2.3.c		
<i>Homothétie</i>		<i>- X -</i>	Activité 2.3.c	X	
Mesure d'angle		<i>- X -</i>	Activité 2.2		
<i>Cacher - Montrer</i>	<i>- X -</i>		Activité 1	X	
		<i>- X -</i>	Activité 2.1	X	

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

Constr/Dépend 2 : Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci.

Le tableau précédent montre donc les spécificités qui viennent d'être évoquées ; et aussi la présence de ces spécificités, que nous avons repérée dans l'analyse a priori de l'activité du document écrit.

Grâce à ce tableau, nous discernons qu'à chaque fois que le formateur fait référence à une activité du document de travail, le traitement de la spécificité reste uniquement au niveau du discours oral du formateur, sans qu'il utilise un fichier dans Cabri pour la concrétiser.

En ce qui concerne la spécificité « Déplacement » de Cabri, nous constatons que le formateur fait référence aux activités 2.2 et 2.3.c du document pour le Déplacement 3. Dans l'analyse a priori du document écrit, le déplacement 3 se révèle absent de l'activité 2.3.c ; mais il est implicitement présent au niveau du savoir  $S_i$  pour l'activité 2.2 du document écrit.

De plus, concernant la spécificité « Construction / Dépendance entre les objets », le formateur traite la Construction/Dépendance 1 en faisant référence à l'activité 2.3.c du document écrit pour laquelle cette spécificité de Cabri se révélait absente dans l'analyse a priori.

En outre, concernant les outils « Cercle », « Milieu » et « Mesure d'angle », l'analyse a priori nous montrait qu'il n'y avait pas de présence explicite de ces trois outils pour les activités 2.3.c et 2.2 du document écrit. Or, le formateur fait référence à ces activités-là pour ces outils.

En appui sur ce qui précède, nous faisons l'hypothèse que dans son discours oral, le formateur prend une certaine liberté par rapport au document écrit de travail.

En revanche, les outils « Homothétie », « Cacher / Montrer » et « Triangle » sont présents dans le document de travail pour les mêmes activités auxquelles le formateur fait référence dans son discours et concernant les mêmes outils. Dans le tableau, nous avons utilisé les caractères italiques pour les lignes concernant ces outils, puisque l'activité à laquelle le formateur fait référence dans son discours et la présence dans le document écrit sont identiques. De plus, tous ces outils sont présents explicitement dans le document de travail au niveau du savoir  $S_i$ , et présents également dans le discours du formateur au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

### III. Conclusion

L'analyse des séances de formation d'Initiation Cabri nous montre que le document écrit de travail portait uniquement sur le savoir  $S_i$ , alors que le savoir  $S_{d-i}$  en est complètement absent. Mais le discours oral du formateur portait aussi bien sur le savoir  $S_i$  que sur le savoir  $S_{d-i}$ .

Nous constatons que les stagiaires ont rencontré plusieurs outils de Cabri pendant cette formation, tant au niveau  $S_i$  que  $S_{d-i}$ , mais qu'ils n'ont pas forcément manipulé tous les outils rencontrés au niveau du savoir  $S_i$  ou n'ont pas obligatoirement eu le temps de mener une réflexion didactique sur toutes les spécificités rencontrées.

Par ailleurs, nous constatons également que le formateur, dans son discours, préfère faire référence à d'autres activités que celles du document écrit. Ceci peut être lié d'une part, à la volonté du formateur de faire rencontrer aux stagiaires un plus grand nombre de situations didactiques intégrant les TICE et d'autre part, au fait que le formateur dans son discours choisisse d'utiliser les activités qui sont les plus riches au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . Ce dernier ne se manifeste pas sous forme de décalage entre le discours du formateur et le document de travail. En effet, le formateur ne néglige pas complètement le document écrit. Et dans son discours oral, il fait référence à certaines activités du document

En revanche, à chaque fois que le formateur fait référence à une activité du document de travail, le traitement de la spécificité reste uniquement au niveau de son discours oral, sans qu'il utilise un fichier dans Cabri pour concrétiser.

De plus, le poids donné au savoir  $S_{d-i}$  par le formateur dans son discours oral est très important pour une séance d'initiation

Nous constatons également que quatre types de spécificités de Cabri tiennent une place importante dans le discours du formateur pendant la formation. Ces spécificités sont : « Déplacement », « Construction / Dépendance », « Trace et Lieu », et les « outils plutôt à destination didactique au service de l'enseignant » (qui sont Configuration des outils, Macro-construction, Boîte Noire, Revoir la construction).

La place du déplacement était importante dans cette formation. Le déplacement est présent dans la formation au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

<u>Initiation Cabri PLC2</u>	<u>Document écrit de travail</u>		<u>Discours du formateur</u>	
	$S_i$		$S_i$	$S_{d-i}$
	Exp	Imp		
Déplacement 1		Activité 2.1 Activité 2.2	+ <i>Construction d'un carré</i> +	+ <i>Tangente à un cercle</i> + + <i>Bissectrice</i> +
Déplacement 2				+ <i>Supermarché</i> + - Fonctions -
Déplacement 3		Activité 1 Activité 2.2 Activité 2.3.a Activité 2.3.b		+ <i>Trace/Lieu</i> + - Activité 2.3.c - - Activité 2.2 -
Déplacement 4				+ <i>Bissectrice</i> +
Déplacement	Activité 1 Activité 2.1 Activité 2.2 Activité 2.3.a			

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Déplacement 4 : Déplacer pour comprendre la construction de l'élève

Par contre, nous constatons par le tableau ci-dessus que les activités du document écrit demande aux stagiaires de déplacer les objets, sans donner d'indications sur le type de déplacement. Il reste donc aux stagiaires de dégager le fait que derrière la spécificité « déplacement » de Cabri, il existe différents types d'usages du déplacement au niveau du savoir  $S_i$ .

De plus, concernant le Déplacement 1 qui est essentiel dans un environnement de géométrie dynamique, le document de travail reste très implicite par rapport au contrat de résistance au déplacement d'une figure et à l'usage du déplacement pour valider ou invalider.

Nous pensons, face à l'importance du contrat avec la géométrie dynamique de construire des figures qui résistent au déplacement qu'une institutionnalisation écrite sur ce contrat aurait pu être mentionnée dans le document de travail des stagiaires, restant ainsi comme une trace écrite, même si c'est un document d'activité. Par contre, le formateur faisant le choix de ne pas le mettre dans le document écrit, traite le Déplacement 1 dans son discours oral au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ .



Nous nous interrogeons alors à propos de savoir si une institutionnalisation écrite est réellement indispensable pour les stagiaires concernant une séance d'initiation à l'usage de Cabri.

En outre, le formateur préfère ne pas traiter, dans son discours oral, les différents types de « déplacement » au niveau du savoir  $S_i$  (sauf pour le Déplacement 1, où il s'agit de l'usage du déplacement pour valider ou invalider une construction) qui étaient également très implicites dans le document écrit.

En effet, dans l'ensemble de la formation d'Initiation Cabri, nous constatons que le formateur choisit de traiter la spécificité « Déplacement » de Cabri en particulier au niveau du savoir  $S_{d-i}$  dans son discours oral, mais peut-être pas suffisamment au niveau du savoir  $S_i$ .

Par ce qui précède, nous faisons l'hypothèse que le formateur a peut-être sous-estimé la difficulté de la construction du schème concernant la résistance d'une construction au déplacement au niveau du savoir  $S_i$  et que le schème de tester les constructions par le déplacement risque de ne pas pouvoir être construit par les formés, à l'issue des séances d'initiation.

De plus, nous pensons que cette insuffisance au niveau du savoir  $S_i$  est susceptible de créer des difficultés pour la construction des connaissances au niveau du savoir  $S_{d-i}$  chez les stagiaires, malgré le poids important donné au savoir  $S_{d-i}$  au cours de la formation dans le discours du formateur.

En effet, si les stagiaires n'ont pas pris conscience qu'il existait différents types d'usages du déplacement dans Cabri au niveau du savoir  $S_i$ , cela aura un impact certain sur l'analyse didactique effectuée par ces derniers - en termes d'apports de Cabri ou d'autres - au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Nous nous posons alors la question de savoir si les stagiaires ont pu prendre conscience des différents types d'usages du déplacement dans Cabri au niveau du savoir  $S_i$ . Et aussi la question des conséquences de ce manque, pendant les séances d'Initiation Cabri, de traitement du déplacement au niveau du savoir  $S_i$ .

De plus, concernant le Déplacement 3 (Déplacer pour constater), le document écrit reste également très implicite. Mais en outre, aussi bien pour le Déplacement 3 que pour le Déplacement 2 (Déplacer pour conjecturer) les stagiaires n'ont peut-être pas pu percevoir les apports de Cabri. En effet, concernant ces deux types de déplacements, il faut que les stagiaires se mettent en position d'enseignants afin d'analyser les apports de la géométrie dynamique. Car ces deux types de déplacement servent, soit à constater soit à conjecturer pour donner une explication géométrique à l'élève qui n'a pas les connaissances disponibles au niveau de  $S_m$ . Or, les stagiaires possèdent déjà ces connaissances mathématiques nécessaires. Il faut donc qu'ils prennent une position d'enseignant face à une situation où il est question de l'usage du déplacement, afin d'analyser les apports de la géométrie dynamique.

Or, rien ne garantit que les stagiaires aient effectivement pris une position d'enseignant pendant le travail en binôme sur le document écrit ; par conséquent, rien ne garantit que les stagiaires aient pu constater les apports de la géométrie dynamique concernant le Déplacement 2 et le Déplacement 3.

De plus, le Déplacement 2 n'est pas du tout traité dans le discours du formateur. Concernant le Déplacement 3, le formateur traite ce type de déplacement au niveau du savoir  $S_{d-i}$  en faisant référence à deux activités du document écrit.

Ainsi, l'on peut penser qu'à l'issue des séances d'initiation Cabri, le Déplacement 2 n'est pas du tout installé chez les stagiaires. Par contre, malgré un manque d'institutionnalisation, le Déplacement 3 peut être installé chez les stagiaires.

Une autre spécificité qui avait une place importante dans la formation d'Initiation Cabri est la « Construction / Dépendance entre les objets ». La dépendance entre les objets construits et les éléments de base, aussi bien par le déplacement d'un point de base qui implique le déplacement des éléments qui en dépendent que par la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci, sont présents explicitement au niveau du savoir  $S_i$  dans le document de travail. Au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , le formateur a également expliqué que les élèves avaient des difficultés au sujet des propriétés géométriques que possède une figure car ils prenaient les propriétés des figures en les lisant perceptivement sur le dessin.

Initiation Cabri PLC2	<u>Document écrit de travail</u>		<u>Discours du formateur</u>	
	$S_i$		$S_i$	$S_{d-i}$
	Explicite	Implicite		
Construction/Dépend 1		Activité 1	+ <i>Trace/Lieu</i> + - Activité 2.3.c -	- Activité 2.3.c -
Construction/Dépend 2	Activité 1	Activité 2.1		
Construction/Dépend 3				+ <i>Tangente à un cercle</i> + - Faux carrés - - Comparaison p-crayon/Cabri -

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

Constr/Dépend 2 : Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci.

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Comme ci-dessus le montre le tableau, la place de la « Construction / Dépendance entre les objets » est importante dans les séances de formation Initiation Cabri.

Dans son discours oral, le formateur donne en effet une grande importance à cette spécificité de Cabri. En effet, le formateur explicite, plusieurs fois dans son discours, le fait qu'une figure dans Cabri possède les propriétés géométriques qui lui ont été données pendant sa construction (Construction/Dépendance 3). De plus, le formateur explicite au niveau du savoir  $S_{d-i}$  l'apport de Cabri sur le fait que dans Cabri, une figure doit être construite en utilisant des

propriétés géométriques comme un avantage pour l'enseignant, afin de mettre en évidence l'utilisation des propriétés géométriques par l'élève.

En outre, le formateur utilise la dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement (Construction/Dépendance 1) pour mener une comparaison entre l'environnement papier-crayon et l'environnement Cabri, en expliquant brièvement la différence entre dessin et figure. Il explicite ainsi le fait que dans l'environnement Cabri, il s'agit d'un ensemble de dessins par le déplacement qui se rapproche de la notion de figure avec des propriétés géométriques.

Nous pensons par conséquent que les stagiaires ont probablement acquis des connaissances assez approfondies par rapport à une formation d'Initiation sur la spécificité « Construction / Dépendance » de Cabri, aussi bien au niveau du savoir  $S_i$  qu'au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Les outils à destination didactique sont également présents dans la formation dans le discours du formateur malgré leur absence dans le document écrit.

En effet, les spécificités de Cabri : Macro construction, Revoir la construction, Configuration des outils et Boîte Noire, ont plutôt une vocation didactique dans le contexte de l'intégration des TICE. Ainsi, elles sont spécifiques plutôt pour le niveau du savoir  $S_{d-i}$ . On peut donc dire que leur présence dans la formation ne peut pas se situer uniquement au niveau du savoir  $S_i$  mais également au niveau du savoir  $S_{d-i}$  avec une intention didactique.

Ainsi, on peut penser que le formateur avait pour objectif de ne pas mettre ces spécificités dans le document écrits avec le choix de préparer un document écrit portant essentiellement sur le savoir  $S_i$ , et d'effectuer un travail sur les savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$  concernant ces spécificités pendant les moments de mise en commun dans son discours oral.

En effet, ces spécificités à vocation didactique sont explicitement présentes au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$  dans le discours du formateur, malgré leur absence du document écrit.

<u>Initiation Cabri PLC2</u>	<u>Document écrit de travail</u>		<u>Discours du formateur</u>	
	$S_i$		$S_i$	$S_{d-i}$
	Explicite	Implicite		
Macro-construction			+ <i>Tangente à un cercle par un point donné</i> +	+ <i>Tangente à un cercle par un point donné</i> + - Macro carré -
Revoir la construction			+ <i>Bissectrice</i> +	+ <i>Bissectrice</i> +
Configuration des outils			+ <i>X</i> +	+ <i>X</i> +
Boîtes Noires				+ <i>TUBE</i> +

Boîte Noire 1 : Reproduction d'une Cabri figure dont on ne sait pas comment elle a été construite  
Boîte Noire 2 : Emettre des hypothèses sur une configuration et les valider ou les invalider soit par le déplacement soit par des constructions

L'outil « Revoir la construction » a été traité par le formateur comme un outil purement au service de l'enseignant au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . D'ailleurs, son existence dans le menu de Cabri a été liée par le formateur à des raisons didactiques. Il a été présenté par le formateur d'une part comme servant à comprendre la construction de l'élève et d'autre part comme étant un support pour faire parler l'élève sur sa construction. Nous constatons ainsi le choix du formateur de mettre les formés en position d'enseignants qui essaient de comprendre la production d'un élève.

Comme pour l'outil « Revoir la construction », l'usage de la « Configuration des outils » a été explicité par le formateur en faisant référence au savoir  $S_{d-i}$  et en mettant les stagiaires en position d'enseignant. Par contre, le formateur introduit un seul usage de la configuration des outils qui est d'enlever un outil qui fait référence à une notion mathématique soit absent des programmes soit non introduit par l'enseignant.

En effet, nous faisons l'hypothèse que cet usage de la configuration des outils qui est d'enlever les outils du menu sur lesquels l'apprentissage porte ou les outils qui ne sont pas connus des élèves, était le plus important pour le formateur compte tenu du fait que le module de formation Initiation Cabri était l'unique module obligatoire portant sur la géométrie dynamique et portant ainsi sur le savoir  $S_{d-i}$  dans la formation des PLC2.

Ainsi, nous pensons que pour le formateur, c'est cet usage-là que les stagiaires devaient retenir à l'issue des séances d'Initiation et que d'autres usages de la configuration des outils devenaient plus fins et plus approfondis et donc relevaient du module optionnel de la Géométrie Dynamique.

En outre, l'explicitation par le formateur du fait d'enlever les outils qui font référence à une notion mathématique soit absente des programmes, soit non introduite par l'enseignant, peut être interprétée par les stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$  comme quoi l'enseignant doit enlever du menu de Cabri tous les outils qui ne sont pas connus des élèves et que seuls ceux qui sont enseignés en classe ont le droit d'apparaître dans les menus.

En revanche, une telle perspective exclut la possibilité d'introduire une notion mathématique dans une situation didactique en tant que boîte noire. On peut alors penser que dans son discours, le formateur ne favorise pas l'usage des outils de Cabri comme des boîtes noires.

Nous pensons que le choix du formateur de faire une déclaration générale au niveau du savoir  $S_{d-i}$  sur la suppression des outils du menu de Cabri dans la formation d'initiation, peut induire chez les stagiaires une représentation manquante sur les menus de Cabri et également sur les activités de type boîte noire.

Concernant les activités de type boîte noire, ils ont été traités uniquement au niveau du savoir  $S_{d-i}$  dans le discours oral du formateur, où celui-ci a montré par vidéo-projecteur une activité de type boîte noire et a explicité qu'il s'agissait, dans les activités de type boîte noire, de la reproduction d'une figure dont on ne sait pas comment elle a été construite ; et aussi d'émettre des hypothèses sur une configuration, puis de les valider ou de les invalider soit par le déplacement, soit par des constructions.

Pendant les moments de mise en commun, il n'y a eu aucune explicitation par le formateur au niveau du savoir  $S_i$ . Le formateur n'a procédé à aucune explication ni sur la non visualisation des objets cachés dans le cas d'une boîte noire, ni sur la manière de construire une boîte noire.

En outre, pendant la formation, les spécificités « Boîte Noire » et « Macro construction » ont été traitées de façon séparée. A aucun moment il n'y a eu un lien entre les deux par le fait qu'une boîte noire est construite à travers une macro-construction.

On peut alors penser que les stagiaires, à l'issue des séances de formation d'Initiation Cabri, n'ont pas des connaissances au niveau du savoir  $S_i$  concernant la construction d'une boîte noire et la liaison entre boîte noire et macro construction ; et qu'ils n'ont pas suffisamment de connaissances au niveau du savoir  $S_{d-i}$  concernant l'usage des activités de type boîte noire dans une situation didactique et concernant leurs apports au niveau didactique.

En ce qui concerne les « Macro-constructions » dans Cabri, le formateur a explicité dans son discours oral, au niveau du savoir  $S_i$ , le schème d'usage relatif au procédé de définition d'une macro en créant devant les stagiaires une macro construction.

Au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , les macro constructions étaient traitées comme servant à ajouter des outils de construction dans les menus pour ne pas perdre du temps à la construction des configurations maîtrisées par les élèves.

On peut penser que derrière cette unique présentation de l'usage des macro constructions, le formateur avait l'intention de montrer aux stagiaires un apport de Cabri au niveau de la contrainte de temps.

Les outils « Lieu » et « Trace » sont deux outils explicitement présents dans la formation d'Initiation Cabri au niveau du savoir  $S_i$ . Le formateur a explicité dans son discours les schèmes d'usage associés aux outils « Lieu » et « Trace » au niveau du savoir  $S_i$ . Mais ils ont également été mentionnés par le formateur, au niveau du savoir  $S_{d-i}$  comme étant un préliminaire à la démonstration des propriétés géométriques.

<u>Initiation Cabri PLC2</u>	<u>Document écrit de travail</u>		<u>Discours du formateur</u>	
	$S_i$		$S_i$	$S_{d-i}$
	Exp	Imp		
Lieu	Activité 2.3.b		+ <i>Trace/Lieu</i> +	+ <i>Trace/Lieu</i> +
Trace			+ <i>Trace/Lieu</i> +	+ <i>Trace/Lieu</i> + - Fonctions -

Nous avons voulu souligner dans la conclusion la comparaison effectuée par le formateur dans son discours oral au niveau du savoir  $S_i$ , concernant la différence entre l'outil « Lieu » et l'outil « Trace ».

En effet, l'outil « Lieu » a été mentionné par le formateur comme le lieu géométrique d'un point quand un autre point se déplace sur un objet. Son actualisation lors du déplacement a été mise en valeur et a été comparée avec l'outil « Trace », qui a été présenté comme la trace physique d'un point sur l'écran, ce qui lui donnait un aspect négatif aux yeux du formateur. Ainsi, le formateur a valorisé l'usage de l'outil « Lieu » par rapport à l'outil « Trace ».

On peut penser que cette mise en valeur de l'outil « Lieu » par rapport à l'outil « Trace » peut créer chez les stagiaires une conception pour éviter d'utiliser l'outil « Trace » concernant les situations didactiques. Or, l'outil « Trace » étant beaucoup plus accessible aux élèves par rapport à l'outil « Lieu », la dévalorisation de cet outil pendant la formation d'initiation, peut créer des difficultés chez les stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Concernant l'outil « Symétrie axiale », pendant les séances de formation d'Initiation Cabri, les stagiaires n'ont jamais utilisé ni observé le formateur utilisant l'outil « Symétrie axiale » puisque le formateur a cité brièvement l'existence de cet outil uniquement au niveau du discours oral. On peut alors penser que la construction des schèmes d'usage chez les formés liés à cet outil au niveau du savoir  $S_i$  n'a pas été effectuée à l'issue de cette formation.

Initiation Cabri PLC2	<u>Document écrit de travail</u>		<u>Discours du formateur</u>	
	$S_i$		$S_i$	$S_{d-i}$
	Explicite	Implicite		
Symétrie axiale			- Symétrique d'un point appartenant à l'axe -	

## **CHAPITRE B3**

### **ANALYSE DES SEANCES « GEOMETRIE DYNAMIQUE »**

#### **I. Méthodologie**

Afin de pouvoir analyser les séances de formation de Géométrie Dynamique du point de vue des différents types de savoirs, nous avons observé et enregistré les séances de formation Géométrie Dynamique sans intervenir dans la conception de ces séances qui ont été entièrement décidées par le formateur. L'analyse ci-dessous est faite à partir des enregistrements audio et de figures.

Les séances de Géométrie Dynamique se sont déroulées au cours de l'année scolaire 2003-2004 auprès des PLC2 en mathématiques à l'IUFM de Grenoble. Il s'agit de trois séances dont la première a été réalisée le 14 novembre 2003, la deuxième le 6 janvier 2004 et la troisième le 2 février 2004.

Nous avons enregistré les trois séances de formation ainsi que les figures construites dans Cabri par les stagiaires; puis nous avons transcrit les enregistrements. Nous avons également recueilli les feuilles de travail des stagiaires (cf. annexes).

Le module de Géométrie Dynamique était un module optionnel à l'IUFM de Grenoble pour les PLC2 en mathématiques. Il devait essentiellement porter sur le savoir  $S_{d-i}$ .

#### **II. Analyse des séances de formation « Géométrie Dynamique »**

Les cours de « Géométrie Dynamique » sont constitués en trois grandes parties de trois heures: I- Géométrie et Géométrie dynamique ; II- Liens entre les domaines numériques et géométriques ; III- Usage du logiciel Géoplan W.

Les activités de « Géométrie Dynamique » sont des activités qui relèvent de deux types de savoirs différents ; elles sont composées de deux questions de nature différente : il s'agit d'abord d'une activité élève au niveau du savoir  $S_i$ , que les PLC2 résolvent sans réfléchir sur son utilisation dans les classes ; ensuite il y a une question posée aux PLC2, qui cette fois demande une réflexion en tant qu'enseignant et qui se situe donc au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . Nous constatons alors qu'il s'agit d'une double formation pour les PLC2.

Par la suite, nous analyserons d'abord les activités du document de travail sur lesquelles les stagiaires ont travaillé, ainsi que les feuilles d'activités à travers les réponses données par les stagiaires. Et ensuite nous effectuerons une analyse du discours du formateur, afin de repérer le poids donné aux différents types de savoirs pendant la formation, en ce qui concerne le traitement des différentes spécificités du logiciel de géométrie dynamique Cabri-Géomètre.

## II.1. Analyse a priori des activités du document de travail

Les activités de la formation « Géométrie Dynamique » commencent par un extrait des programmes de géométrie de collège, au niveau du savoir  $S_{d-m}$ . La différence entre « dessin » et « figure » à travers l'évolution, dans les programmes, d'une géométrie de l'observation vers une géométrie de la déduction, est mise en valeur à travers cet extrait des programmes.

Les activités I-2.1 et I-2.2 du document de travail poursuivent essentiellement l'objectif de traiter la différence entre dessin et figure – et par conséquent la différence entre le spatial et le géométrique – dans l'environnement papier crayon et dans l'environnement Cabri.

Il s'agit de la construction d'une tangente à un cercle dans l'environnement papier-crayon et dans Cabri.

### **I-2.1 - Exercice préliminaire en papier crayon (4<sup>ème</sup>)**

« Soit un cercle (C) de centre O et un point P extérieur au cercle. Construire une tangente à (C) issue de P »

Un élève prend sa règle la fait passer à vue d'œil par P et la pivote jusqu'à toucher le cercle. Il trace ensuite au crayon la tangente en suivant la règle.

#### **Question :**

Quelles connaissances l'élève utilise-t-il ? De quelle nature sont ses contrôles ?

### **I-2.2 - Dans Cabri**

Même exercice à résoudre, même question.

Ainsi, on peut dire que le savoir  $S_m$  concerne, dans cette tâche, les propriétés géométriques définissant une droite tangente permettant de construire la tangente à un cercle.

Dans la première partie I-2.1, un procédé de construction de la tangente est décrit dans l'énoncé, au niveau du savoir  $S_{d-m}$ . Ce procédé peut même être considéré comme recevable dans l'environnement papier-crayon. En effet, le procédé et le dessin obtenu sont différents. Cette différence crée un problème de contrat où l'élève pense que l'attente de l'enseignant est le dessin, alors que l'attente est le procédé. Ainsi, il s'agit d'un procédé erroné de construction mis en œuvre, qui est un procédé non recevable pour le niveau de la 4<sup>ème</sup> mais qui donne un dessin correct et recevable dans l'environnement papier-crayon.

On peut alors penser que l'objectif du formateur, à travers la question sur les connaissances utilisées par l'élève et leur nature, est de montrer aux stagiaires qu'en papier-crayon, il est tout à fait possible d'arriver à un dessin correct (recevable) en utilisant des connaissances spatiales. En effet, le procédé décrit dans l'énoncé utilise des connaissances spatiales (un élève prend sa règle la fait passer à vue d'œil par P) et des connaissances géométriques (et la pivote jusqu'à toucher le cercle. Il trace ensuite au crayon la tangente en suivant la règle).

On voit ainsi l'objectif de la question au niveau du savoir  $S_{d-m}$  « De quelle nature sont ses contrôles ? » où il s'agit des contrôles perceptifs qui sont au niveau du dessin. On peut, de plus, penser que le formateur avait pour but de montrer aux stagiaires, dans l'environnement papier-crayon, le manque de rétroaction dans le milieu qui indique à l'élève que sa construction n'est pas recevable, puisqu'elle n'utilise pas les propriétés géométriques – excepté une intervention autoritaire de l'enseignant. Et de plus, la question du type d'intervention de la part de l'enseignant se pose : « refais ton dessin autrement, en utilisant le compas », « c'est pas complètement correct, mais je peux pas te dire pourquoi », « tu n'as pas le droit de faire pivoter ta règle », etc.

Nous pouvons alors constater qu'à travers les questions posées aux stagiaires concernant l'environnement papier-crayon au niveau du savoir  $S_{d-m}$ , le formateur avait l'objectif de mettre en évidence l'apport de l'environnement informatique au niveau du savoir  $S_{d-i}$



concernant les rétroactions du milieu. En effet, cette activité peut potentiellement permettre au stagiaire de mener une réflexion, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , sur le fait que quand l'élève utilise des connaissances spatiales pour une construction, sa construction sera invalidée par le milieu à travers la non-résistance au déplacement. (Ceci est également valable au niveau du savoir  $S_i$  concernant la propre construction du stagiaire). Ainsi, par le fait que le milieu soit suffisant pour que l'élève comprenne que sa construction n'est pas correcte, le rejet de la construction de l'élève s'effectue par la rétroaction de la non résistance au déplacement, et non par une intervention de l'enseignant. Ainsi, l'on peut dire que dans Cabri, l'intervention de l'enseignant n'est pas au niveau du savoir  $S_m$  faisant intervenir des connaissances mathématiques. En revanche, il est possible que l'enseignant intervienne au niveau du savoir  $S_i$  ou du point de vue du contrat lié à la résistance d'une figure au déplacement dans Cabri.

En outre, toujours au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , les contrôles de l'élève dans Cabri pour cette tâche de construction de la tangente sont également de nature perceptive (l'élève voit bien que la tangente qu'il a construite ne reste pas tangente avec le déplacement). Mais comme dit précédemment, les rétroactions du milieu sont non seulement suffisantes pour indiquer à l'élève que sa construction n'est pas valide, mais permet aussi à l'élève d'avancer. En effet, le déplacement dans Cabri peut entraîner chez l'élève la nécessité de fixer le point où la droite touche le cercle. Ce qui conduira l'élève rechercher une propriété (ou un outil) qui permettrait à ce point de toucher le cercle avec persistance, malgré le déplacement. Ce qui veut dire que l'élève va devoir trouver un lien de dépendance entre les objets, en utilisant les propriétés géométriques qui permettront de fixer la droite tangente (Construction/Dépendance 3).

En outre, nous constatons une volonté du formateur de mettre les stagiaires en position d'enseignants dès la première activité dans la formation « Géométrie Dynamique ». Les activités I-2.1 et I-2.2 se situent donc principalement au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

En effet, on peut penser que l'objectif est de faire prendre conscience aux stagiaires de la différence des deux environnements dans une situation didactique, par rapport à la place donnée aux propriétés spatiales et géométriques. Car, le stagiaire peut constater à travers ces activités que la construction d'un élève effectuée sans utiliser les propriétés géométriques appropriées peut se révéler recevable dans l'environnement papier-crayon, mais que le même procédé de construction sera invalide dans l'environnement Cabri à cause de la non-résistance au déplacement.

Par conséquent, les spécificités « Construction / Dépendance » et « Déplacement » de Cabri peuvent être potentiellement utilisables par les stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . Mais également au niveau du savoir  $S_i$ , puisque les stagiaires doivent effectuer une construction de la tangente résistante au déplacement pour l'activité I-2.2.

Nous donnons ci-après les spécificités de Cabri dont l'usage est favorisé dans cette activité :

### Activité I-2.1 & I-2.2

	Spécificités	Déplacement	Cercle	Segment	Droite	Point	Nommer	Construction/ Dépendance entre les objets
$S_i$	Explicite		X			X		
	Implicite	Déplacement1		X	X		X	Constr/Dépend3
$S_{d-i}$	Explicite							
	Implicite	Déplacement1						Constr/Dépend3

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

L'activité I-2.4 est une activité de type boîte noire, avec des points inconnus à l'intérieur des triangles. Il s'agit de reconstruire les points rouges de façon à ce que le point reconstruit ait le même comportement dynamique que celui du point donné.

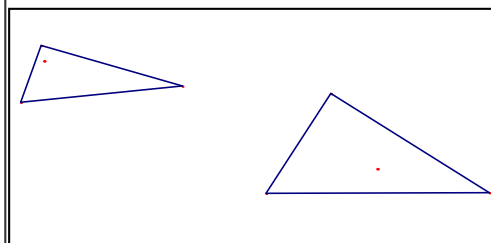
#### I-2.4 Activité « boîte noire » dans Cabri (fichier « Points inconnus »)

Reconstruire le gros point rouge dans le triangle vide de façon à ce que le point reconstruit ait le même comportement que celui du point donné quand on bouge un des sommets du triangle.

Le faire pour chaque point rouge.

#### Questions :

1. Choisir un des points rouges. Décrire les étapes et essais dans votre recherche d'identification.
2. Quel est l'apport de la géométrie dynamique dans cette tâche ?



Dans cette activité, comme la plupart des activités de la formation de « Géométrie Dynamique », nous distinguons deux niveaux. Il y a d'abord le niveau des savoirs  $S_m$  et  $S_i$ , où les stagiaires résolvent la tâche mathématique sans se poser de questions didactiques (question 1 posée aux stagiaires dans le document). Et puis, une fois qu'ils ont trouvé la solution de la tâche mathématique, il y a le niveau du savoir  $S_{d-i}$  où les stagiaires sont amenés à mener une réflexion didactique concernant les apports de Cabri.

Par conséquent, il s'agit d'une double formation pour les PLC2. D'une part, il y a la formation portant sur la résolution de tâches dans l'environnement Cabri-Géomètre, qui concerne surtout  $S_i$  mais aussi  $S_m$ , et d'autre part la formation portant sur l'identification des apports d'un environnement informatique dans une situation didactique, qui concerne  $S_{d-i}$  mais aussi  $S_{d-m}$ .

Nous effectuons d'abord une analyse concernant le niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_m$ .

Au niveau du savoir  $S_m$ , la tâche mathématique concerne les points remarquables d'un triangle. Il s'agit en effet de l'identification des points remarquables d'un triangle par rapport aux cas limites (triangle rectangle, aplati, isocèle, mais aussi point sur un sommet, sur un côté etc.)

Ainsi, dans Cabri, il s'agit de l'usage du déplacement afin de valider ou d'invalider les hypothèses émises sur les points inconnus à travers leur comportement dynamique.

Le déplacement est également utilisé pour constater les liens de dépendance entre le point inconnu et le triangle dont il dépend.

Avec le déplacement des sommets des triangles, on peut voir que les points se déplacent aussi. Il s'agit donc ici d'identifier le « déplacement » de ces points : restent-ils toujours à l'intérieur des triangles ? Est-il possible de les faire sortir des triangles ou de les confondre avec un sommet ? etc... C'est bien en analysant le « déplacement » des points qu'il est possible de tirer des hypothèses et des propriétés sur ces points, pour pouvoir faire des suppositions. L'objectif est donc d'arriver à repérer les caractéristiques géométriques des points par la façon dont ils se déplacent et par la façon dont ils se situent par rapport aux triangles dont ils dépendent.

Il peut y avoir au moins deux stratégies pour trouver les caractéristiques des points rouges. La première consiste à n'utiliser que le « déplacement », c'est-à-dire à exploiter les positions du point rouge quand on bouge les sommets du triangle. Il s'agira d'exploiter un maximum de représentations possibles, y compris les cas limites comme triangle rectangle, aplati, etc..., pour pouvoir émettre une supposition sur le point rouge.

Par cette stratégie, on peut constater que quand on aplatit les triangles, le point rouge s'écarte très loin pour les deux triangles ; pour le triangle 2 le point rouge ne coïncide jamais avec un des sommets. Quand les triangles sont rectangles, on peut également constater que pour le triangle 2, le point rouge se situe sur un côté (ce qui peut amener à penser au centre du cercle circonscrit) et que pour le triangle 1, ce point se situe sur un sommet (qui correspondra à l'intersection des hauteurs).

Nous voyons donc que les cas limites sont suffisants pour résoudre le problème, en raison du contrat implicite selon lequel on se trouve dans le contexte mathématique où l'on est sûr qu'il s'agit de points remarquables.

La deuxième stratégie peut être de tracer les médianes, les médiatrices, les bissectrices, les hauteurs, etc..., et en faisant bouger les sommets des triangles, de constater les caractéristiques de ces points. Cette deuxième stratégie semble être moins adaptée à un environnement de géométrie dynamique, si l'on prend en compte que c'est une situation didactique avec des objectifs d'apprentissage. En effet, dans Cabri, il y a les outils pour tracer facilement les droites remarquables. Ainsi, avec cette stratégie, on peut trouver facilement la solution à la tâche, sans mener une réflexion considérable au niveau du savoir  $S_m$ . Par conséquent, l'usage de cette stratégie pour cette tâche rend les apprentissages mathématiques quasi-nuls. On peut alors dire que c'est une stratégie à empêcher à être utilisée par l'élève en jouant avec les variables de la tâche comme par exemple la suppression de certains outils.

Ainsi, nous voyons à travers cette situation l'intention du formateur de montrer l'importance donnée au « déplacement » dans un environnement de géométrie dynamique, où le « déplacement » est considéré comme la stratégie optimale de la résolution du problème proposé.

De plus, le stagiaire peut également constater la spécificité d'une figure dans Cabri qui, à la différence d'un dessin non codé dans l'environnement papier-crayon, est porteuse de propriétés géométriques qui lui ont été données lors de sa construction

On peut penser que cette activité peut permettre au formateur de présenter aux PLC2 les activités de type « boîte noire » où l'apprenant n'a pas accès aux traces de construction d'un Cabri-dessin dont il peut trouver les propriétés mathématiques en utilisant le « déplacement ».

Ainsi nous attendons du formateur qu'il intervienne, dans son discours oral, sur les activités de type « boîte noire » dans Cabri et sur la spécificité d'une figure comme porteuse de propriétés géométriques dans Cabri.

Au niveau du savoir  $S_{d-m}$ , l'apprentissage visé chez les élèves dans cette tâche est qu'ils arrivent à identifier les points remarquables d'un triangle à partir des emplacements spatiaux de ces points. En d'autres termes, l'apprentissage visé doit aboutir chez les élèves est qu'ils arrivent à interpréter les positions spatio-graphiques des points en termes géométriques.

En outre, dans l'activité il est demandé aux stagiaires d'explicitier l'apport de la géométrie dynamique.

On peut alors penser qu'au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , il est important pour le formateur que les stagiaires sachent repérer les apports de l'environnement Cabri. En effet, les PLC2, s'ils sont censés intégrer les TICE dans leur enseignement, doivent savoir identifier leur apport.

De plus, concernant l'analyse de la tâche au niveau du savoir didactique, du fait que c'est une tâche de type boîte noire sans équivalent dans l'environnement papier-crayon, elle porte essentiellement sur le savoir  $S_{d-i}$ .

En effet, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , on utilise dans cette tâche le fait que l'environnement Cabri permette de donner une figure qui est déplaçable, sans la décrire par un discours ; ainsi, les élèves pourront trouver les propriétés géométriques de la figure par le déplacement.

On peut penser qu'à travers la question sur l'apport de la géométrie dynamique dans cette tâche, le formateur avait comme objectif de susciter chez les stagiaires une réflexion sur le fait que dans Cabri, les élèves pourraient établir un lien entre le spatial et le géométrique puisqu'en déplaçant les objets, ils repéreraient les positions spatiales des points particuliers qu'ils interpréteraient à chaque fois géométriquement.

Il s'agit alors de l'usage du déplacement par l'élève pour constater la dépendance du point remarquable et du triangle (Déplacement 3).

De plus, nous pouvons dire qu'il existe une rupture de contrat dans cette tâche par rapport à l'environnement papier-crayon. En effet, dans l'environnement papier-crayon on ne prend pas d'information spatiale sur un dessin non codé. Or, dans cette activité, la tâche elle-même consiste à utiliser les informations spatiales issues du Cabri-dessin. Ceci conduit encore une fois à la question de la différence entre un dessin en papier-crayon qui n'est qu'une représentation d'un ensemble de dessins et un Cabri-dessin qui possède les propriétés géométriques données lors de sa construction, et qui effectue un ensemble de dessins.

Nous pensons ainsi que le formateur interviendra fortement au sujet des différences entre un dessin en papier-crayon et un Cabri-dessin à l'issue de cette activité.

Nous donnons ci-dessous les spécificités de Cabri, dont l'usage est favorisé dans cette activité au niveau des savoirs  $S_{d-i}$  et  $S_i$  :

### Activité I-2.4

Spécificités		Déplacement	Cercle	Triangle	Droite	Droite perpendiculaire	Médiatrice	Milieu	Boîte Noire	Construction/ Dépendance entre les objets
<b>S<sub>i</sub></b>	Explicite	Déplacement3							Boîte Noire1	Const/Dépd3
	Implicite	Déplacement1	X	X	X	X	X	X	Boîte Noire2	Const/Dépd1
<b>S<sub>d-i</sub></b>	Explicite									
	Implicite	Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3		X					Boîte Noire1 Boîte Noire2	Const/Dépd1 Const/Dépd3

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer

Déplacement 3 : Déplacer pour constater.

Const/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

Const/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Boîte Noire 1 : Reproduction d'une figure dans Cabri dont on ne sait pas comment elle a été construite

Boîte Noire 2 : Emettre des hypothèses sur une configuration et les valider ou invalider soit avec le déplacement soit avec des constructions

En ce qui concerne la partie 3 dédiée aux transformations, pour les trois activités les transformations sont présentées comme des boîtes noires où il s'agit de retrouver les propriétés géométriques transformant la figure objet en figure image.

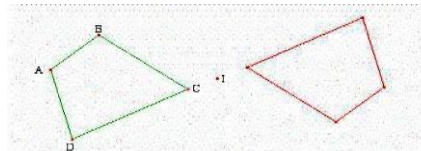
L'activité I-3.1.1 est la première activité de cette partie. Il est demandé dans l'activité I-3.1.1 de tracer un quadrilatère quelconque ABCD, et puis de prendre le symétrique de ce quadrilatère par rapport au centre I. La tâche est de reconnaître l'image d'un des sommets du quadrilatère, et de repérer à quelles conditions un quadrilatère peut coïncider avec son image par rapport à un centre donné.

#### I-3.1.1 Tâche dans Cabri

Ouvrir une nouvelle feuille de dessin. Construire un quadrilatère ABCD. Créer un point O. Obtenir l'image du quadrilatère ABCD par la symétrie centrale de centre I.

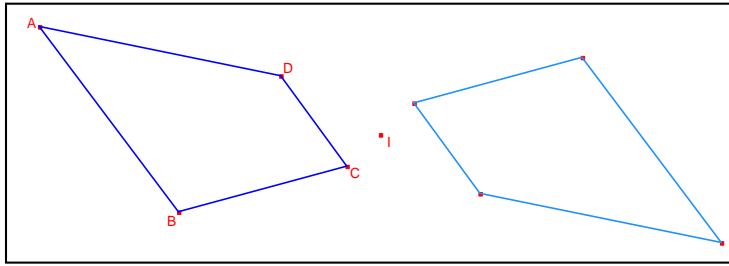
#### Questions :

- Comment reconnaître l'image de A ? La nommer A'.
- Faire de même avec celles de B, C, et D.
- A quelle condition ce quadrilatère est-il invariant dans la symétrie centrale de centre I ?



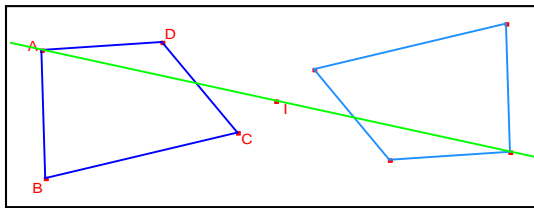
Ainsi, concernant le savoir  $S_m$ , il s'agit d'une part de la dépendance du point-image du point-objet ; et d'autre part des quadrilatères qui possèdent un centre de symétrie.

Nous analysons ci-après les procédés qui peuvent être utilisés par les stagiaires pour la reconnaissance de l'image du point A :



Procédé 1 : Déplacer le point A et constater quel point se déplace dans le quadrilatère image, afin d'utiliser le fait que le point image dépende du point objet et le reconnaître ainsi.  
(Dépendance dans le déplacement)

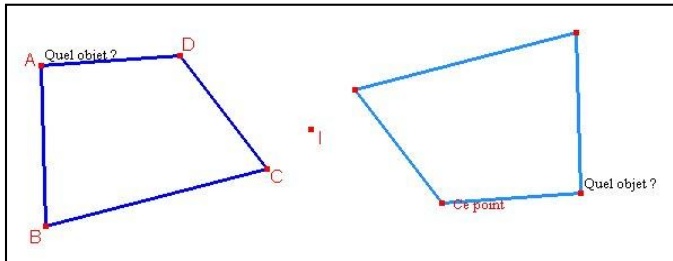
Le procédé 1 utilise la spécificité « déplacement » de Cabri et il ne peut pas exister dans l'environnement papier-crayon. En effet, il s'agit d'utiliser le déplacement pour constater les éléments de la figure image qui dépendent du point qu'on déplace. Autrement dit, il s'agit de constater la dépendance entre les objets à travers le déplacement (Déplacement 3).



Procédé 2 :

Tracer la droite (AI) et constater par quel point du quadrilatère image elle passe. (Dépendance par la propriété de l'alignement du point-objet, du centre de symétrie et du point image)

Le procédé 2 utilise une propriété de la symétrie centrale : le point objet, le centre de symétrie et le point image sont alignés. Dans ce procédé, l'apport d'un environnement de géométrie dynamique est presque nul par rapport à l'environnement papier-crayon, une fois que la propriété en question est connue de l'apprenant.

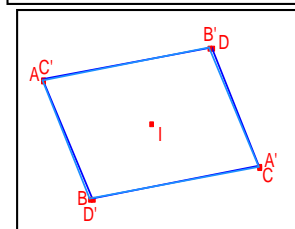
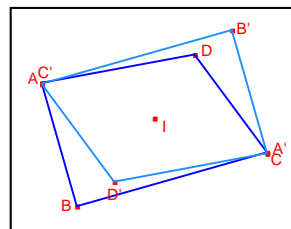
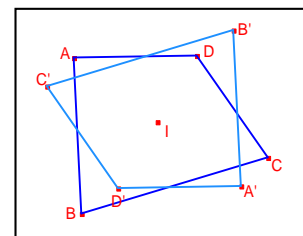


Procédé 3 :

Créer un point libre à l'emplacement spatial du point A, et prendre le symétrique de ce point par rapport au centre I ; utiliser l'ambiguïté pour reconnaître le point image.

Le procédé 3 utilise les spécificités « ambiguïté » et « symétrie centrale » de Cabri. Comme le procédé 1, ce procédé, lui aussi ne, peut exister que dans l'environnement Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon.

En ce qui concerne la recherche de la condition pour que le quadrilatère reste invariant dans la symétrie centrale de centre I dans l'environnement Cabri, on peut constater à travers le déplacement que si le quadrilatère est quelconque, il n'est pas possible de faire coïncider le quadrilatère objet avec son image en déplaçant uniquement le centre de symétrie. Cela montre que pour qu'un quadrilatère puisse coïncider avec son image, c'est-à-dire pour qu'il ait un centre de symétrie, il faut qu'il possède un certain nombre de propriétés. En effet, en utilisant le déplacement, on peut arriver à conclure que pour qu'un quadrilatère puisse coïncider avec son image par la symétrie centrale, il faut que le quadrilatère soit au moins un parallélogramme.



Par ce qui précède, nous voyons que dans cette activité il s'agit d'utiliser la spécificité « déplacement » de Cabri pour chercher dans l'ensemble des quadrilatères (qui est l'objet invariant) ceux qui possèdent un centre de symétrie. Or dans les activités proposées dans l'environnement papier-crayon, c'est en général la démarche inverse qui est suivie. C'est-à-dire, dans l'environnement papier-crayon, qu'on part d'une figure et qu'il s'agit de montrer qu'elle possède un centre de symétrie.

En outre, concernant l'activité I-3.1.1, l'activité reste uniquement au niveau des savoirs  $S_m$  et  $S_i$ , car il n'y a pas de question didactique posée aux stagiaires. Ainsi, nous considérons que les savoirs  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$  sont absents de cette activité, telle qu'elle est présentée dans le document écrit du point de vue des suscitées chez les stagiaires réflexions au niveau du savoir didactique. Ainsi, nous ne faisons pas apparaître le savoir  $S_{d-i}$  dans le tableau concernant cette activité.

Par contre, nous pensons que le formateur interviendra sur cette activité dans son discours oral, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . En effet, si le formateur propose cette activité aux stagiaires, ce n'est pas seulement pour qu'ils trouvent la solution mathématique, mais parce qu'il avait comme objectif, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , de montrer aux stagiaires un apport de Cabri.

Nous effectuons alors une analyse de la tâche au niveau du savoir didactique, afin de pouvoir repérer l'objectif du formateur en proposant cette tâche dans la formation ; et pour voir ensuite comment il intervient dans son discours oral.

Concernant la première question posée aux stagiaires « Comment reconnaître l'image de A ? La nommer A'. Faire de même avec celles de B, C, et D », au niveau du savoir  $S_{d-m}$ , on peut penser que l'objectif d'apprentissage pour les élèves est la dépendance directe entre le point objet et le point image.

Ainsi, l'apport de l'environnement informatique au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , est que dans cette tâche Cabri permet de mettre en évidence ce lien de dépendance entre les objets dans une transformation (la symétrie centrale), grâce au déplacement. En effet, cette dépendance n'est pas du tout visible dans l'environnement papier-crayon.

En outre, Cabri rend également possible la construction du symétrique d'un quadrilatère sans passer par des propriétés géométriques, en utilisant l'outil « symétrie centrale ». Ceci permet l'usage de la symétrie centrale par les élèves, avant qu'ils apprennent la construction d'images par cette transformation.

En ce qui concerne la deuxième question posée aux stagiaires « A quelle condition ce quadrilatère est-il invariant dans la symétrie centrale de centre I ? », on peut dire que l'objectif d'apprentissage est l'appropriation par les élèves des quadrilatères qui possèdent un centre de symétrie.

En effet, au niveau du savoir  $S_{d-m}$ , il s'agit ici d'une tâche inhabituelle. D'habitude, on donne à l'élève une figure et on lui demande si elle est invariante dans une symétrie centrale. Or, dans cette activité, on donne une figure et on demande de la transformer pour qu'elle soit invariante. Ainsi, au niveau du savoir  $S_{d-m}$ , il s'agit d'un type de tâche différent, qui mobilisera peut être davantage de connaissances de la part de l'élève par rapport à l'invariance d'une figure dans une symétrie centrale.

On voit ainsi, dans cette tâche, l'apport de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$  par le fait que l'environnement informatique permet de créer un champ d'expérimentation où les élèves peuvent rechercher les conditions permettant au quadrilatère d'être invariant dans la symétrie centrale ayant comme centre I.

Cette possibilité de partir d'un quadrilatère quelconque et de rechercher les conditions, est spécifique à l'environnement Cabri. En effet, dans l'environnement papier-crayon, cette démarche de recherche n'étant pas possible, on donnerait à l'élève les propriétés selon les quelles « si les diagonales d'un quadrilatère se coupent en leur milieu, alors il possède un centre de symétrie » et « pour qu'un quadrilatère possède un centre de symétrie, il faut que ses diagonales se coupent en leur milieu » ; on demanderait ensuite de construire les quadrilatères qui satisfont à ces propriétés.

En outre, on peut penser que dans cette tâche il existe une rupture de contrat par rapport à l'environnement papier-crayon. En effet, dans cette activité le travail de l'élève se situe au niveau perceptif, par l'usage du déplacement, pour trouver un quadrilatère invariant par la symétrie centrale. Or, dans l'environnement papier-crayon, les propriétés géométriques auraient été utilisées pour une tâche de caractérisation d'un quadrilatère invariant par la symétrie centrale.

On peut penser que l'objectif du formateur est d'insister sur ce changement de contrat entre l'environnement Cabri et l'environnement papier-crayon, provoqué par la possibilité dans Cabri de pouvoir utiliser les phénomènes spatio-graphiques pour arriver à des propriétés géométriques.

Or, rien ne garantit que les stagiaires puissent percevoir ou remarquer cet aspect de Cabri et ce changement de contrat.

Ainsi, l'intervention du formateur dans son discours sur les spécificités ci-dessus et les institutionnalisations deviennent très importantes.

Dans le tableau ci-dessous, nous synthétisons les spécificités de Cabri dont l'usage est favorisé dans cette activité au niveau des savoirs  $S_{d-i}$  et  $S_i$  :

**Activité I-3.1.1**

Spécificités		Déplacement	Polygone	Segment	Droite	Symétrie Centrale	Nommer	Oracle des questions	Construction/ Dépendance entre les objets
$S_i$	Explicite					X	X		
	Implicite	Déplacement2 Déplacement3	X	X	X			X	Const/Dépen1
$S_{d-i}$	Explicite								
	Implicite								

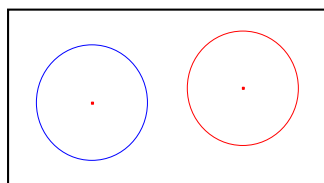
Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.



L'activité I-3.1.2 est une autre activité de type boîte noire avec les deux cercles.



Il s'agit de trouver la transformation dans laquelle le cercle rouge est l'image du bleu.

**I-3.1.2 Tâche dans Cabri**  
 Ouvrir le fichier « Cercles ». Le cercle rouge est image du bleu dans une transformation inconnue. A vous de la déterminer.  
**Questions :**  
 - Décrire votre recherche ci-dessous.  
 - Quelles connaissances sont mises en jeu dans cette identification de la transformation ?  
 - Quelles validations apporte le logiciel ?

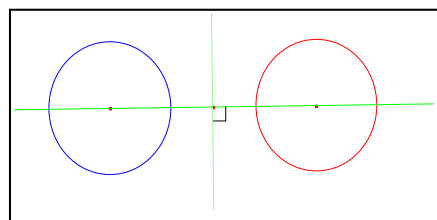
Au niveau du savoir  $S_m$ , on peut dire qu'il s'agit de l'identification d'une transformation à partir des invariants.

Il est indiqué, au début de l'activité I-3.1.2, que la tâche se situe au niveau du collège. Donc, les stagiaires peuvent faire une réflexion au niveau du savoir  $S_{d-m}$  pour remarquer que la transformation à trouver est une isométrie, puisque dans les programmes de collège les isométries seules sont étudiées. Mais il est également possible de constater avec le déplacement qu'il s'agit d'une isométrie, en utilisant des connaissances au niveau de  $S_m$ .

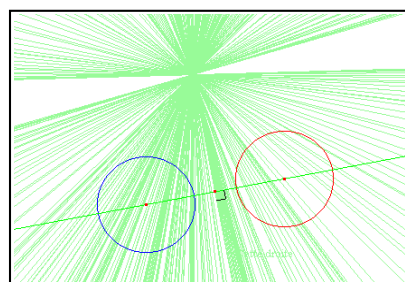
La recherche de la transformation par les stagiaires peut s'effectuer par deux procédés :

- élimination parmi les isométries connues
- recherche des invariants de la configuration

En effet, le déplacement permet d'éliminer toutes les isométries jusqu'à ce qu'on arrive à la bonne transformation, qui est la rotation.

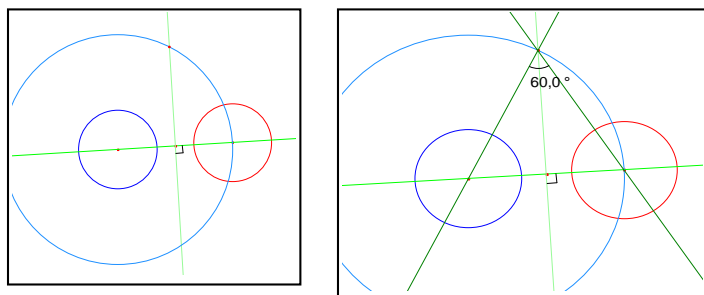


En outre, en traçant la droite passant par les deux centres et leur milieu, on constate que ni la droite, ni le point milieu ne sont invariants avec le déplacement. On peut penser alors à construire soit la médiatrice des deux centres, soit la droite passant par leur milieu et perpendiculaire à la droite qui joint les deux centres. On constate également que la médiatrice n'est pas invariante.



Mais le fait de tracer la médiatrice nous montre qu'il existe sur cette médiatrice un point qui reste invariant, comme si la droite était fixée à cet endroit-là. L'utilisation de l'outil « Trace » met donc en clair le point qui est invariant ; et qu'il est possible de faire se superposer le centre objet et le centre image sur ce point. On peut ainsi conclure qu'il s'agit d'une rotation.

En revanche, les stagiaires ne penseront probablement pas à utiliser l'outil « Trace » par manque de connaissance au niveau du savoir  $S_i$ . Mais, nous attendons du formateur qu'il montre cet apport de Cabri concernant cette tâche avec l'usage de l'outil « Trace » pendant les mises en commun dans son discours.



En ce qui concerne l'angle, il est possible soit de faire l'hypothèse que c'est  $60^\circ$  en utilisant le déplacement et de le vérifier en effectuant la construction, soit de tracer le cercle ayant comme centre le centre du cercle objet et passant par le centre

du cercle image, et de mesurer l'angle formé par le point d'intersection de ce cercle avec la médiatrice et par les deux centres du cercle image et du cercle objet. On constatera alors qu'il s'agit d'une rotation de  $60^\circ$ .

En outre, il s'agit d'utiliser le déplacement pour constater la dépendance entre les objets (Déplacement 3). En effet, dans la tâche, le cercle image dépend du cercle objet mais les éléments qui créent cette dépendance sont manquants. La tâche consiste donc, en d'autres termes, à trouver ces éléments manquants.

Au niveau du savoir  $S_{d-m}$ , on peut dire que l'objectif d'apprentissage, derrière cette tâche mathématique, est que les élèves arrivent à utiliser les invariants d'une transformation pour son identification.

Quant aux questions posées aux stagiaires, la première question concernant la recherche propre des stagiaires peut avoir comme objectif de mettre en évidence l'usage du déplacement pour rechercher les invariants, afin de déterminer la transformation.

En effet, cette tâche rend impossible un raisonnement lié à l'environnement papier-crayon car face à deux cercles et une feuille blanche, il n'est pas possible de faire grand-chose dans l'environnement papier-crayon.

Ainsi, on peut penser que cette tâche oblige les stagiaires à utiliser le déplacement pour faire des conjectures, car le seul moyen initial qu'ils aient pour commencer leur recherche est le déplacement.

La question suivante « Quelles connaissances sont mises en jeu dans cette identification de la transformation ? » concernant les connaissances mises en jeu, peut donc avoir comme objectif de permettre aux stagiaires de monter au niveau du savoir didactique, en liant leur propre recherche au niveau du savoir  $S_m$ , à des connaissances mises en jeu au niveau du savoir  $S_{d-m}$ .

De plus, la dernière question « Quelles validations apporte le logiciel ? » concernant les validations apportées par Cabri, a comme objectif de faire mener aux stagiaires une réflexion au niveau du savoir  $S_{d-i}$  par rapport aux apports de l'environnement informatique lié à la validation. En effet, il s'agit ici d'émettre des hypothèses sur la transformation inconnue en utilisant les invariants et de les valider ou invalider avec le déplacement. (Boîte Noire 2).

Ainsi, concernant les questions : « - Quelles connaissances sont mises en jeu dans cette identification de la transformation ? » et « - Quelles validations apporte le logiciel ? » ; l'objectif du formateur est que les stagiaires réalisent une réflexion au niveau des savoirs  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$ , en se basant sur leur propre recherche de la transformation inconnue dans Cabri.

En outre, on peut penser que même si le déplacement est implicite dans l'énoncé de cette activité, par le fait que le déplacement soit le seul moyen pour résoudre la tâche, il sera fortement présent dans les réponses des stagiaires.

Le tableau ci-dessous indique les spécificités de Cabri dont l'usage est favorisé dans cette activité au niveau des savoirs  $S_{d-i}$  et  $S_i$  :

**Activité I-3.1.2**

Spécificités		Déplacement	Cercle	Droite	Droite perpendiculaire	Vecteur	Médiatrice	Rotation	Translation	Symétrie Centrale	Symétrie Axiale	Mesure d'angle	Trace	Boîte Noire	Construction/ Dépendance entre les objets
$S_i$	Explicite														
	Implicite	Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Boîte Noir1 Boîte Noir2	Const/Dépen1 Const/Dépen3
$S_{d-i}$	Explicite														
	Implicite	Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3						X	X	X	X	X	X	Boîte Noir2	Const/Dépen1 Const/Dépen3

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider  
Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer  
Déplacement 3 : Déplacer pour constater  
Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.  
Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction  
Boîte Noire 1 : Reproduction d'une figure dans Cabri dont on ne sait pas comment elle a été construite  
Boîte Noire 2 : Emettre des hypothèses sur une configuration et les valider ou invalider soit avec le déplacement soit avec des constructions

L'activité I-4.1 est la construction d'une droite parallèle sans utiliser l'outil « Droite parallèle » ni l'outil « droite perpendiculaire ».

Au niveau du savoir mathématique, il s'agit alors de la construction d'une droite parallèle.

**I-4.1 Parallèle sans parallèle**

Créer un point P et une droite d ne passant pas par P.  
 Construire une droite parallèle à d passant par P sans utiliser l'outil perpendiculaire, ni parallèle.

**Questions :**

- Quelles connaissances font intervenir ces stratégies de solution ?
- Dans quel type de tâches en papier crayon peut-on retrouver ces connaissances ?

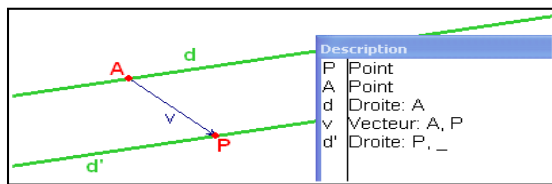
Ainsi, l'objectif au niveau élève concernant le savoir  $S_{d-m}$  est que celui-ci arrive à construire une droite parallèle en utilisant les propriétés géométriques.

Pour cette construction, les procédés peuvent être différents dans l'environnement papier-crayon et dans Cabri. Ainsi, nous distinguons deux types de procédés :

- 1) Les procédés qui ne peuvent être utilisés que dans l'environnement Cabri ; donc les procédés spécifiques à Cabri
- 2) Les procédés qui sont utilisables dans l'environnement papier-crayon et dans l'environnement Cabri

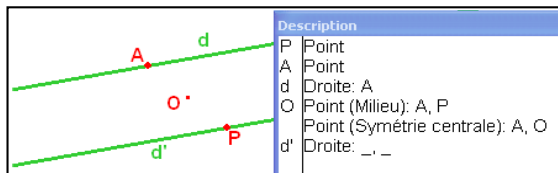
Nous décrivons d'abord, ci-dessous ces procédés pour une telle construction :

1) Les procédés spécifiques à Cabri :



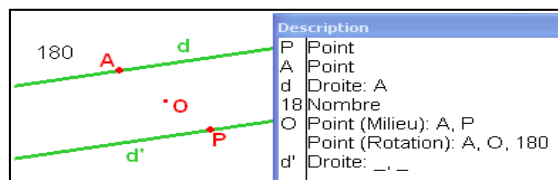
1.a) Utiliser une translation de vecteur  $v$ .

Propriété géométrique : Deux droites par une translation de vecteur  $v$  sont parallèles



1.b) Utiliser une symétrie centrale ayant comme centre le milieu de  $[AP]$

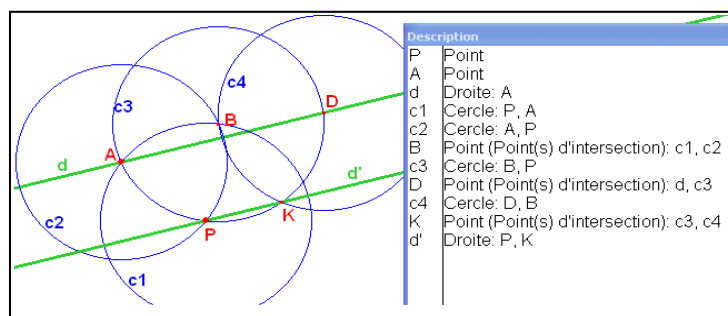
Propriété géométrique : Deux droites par une symétrie centrale de centre  $O$  sont parallèles



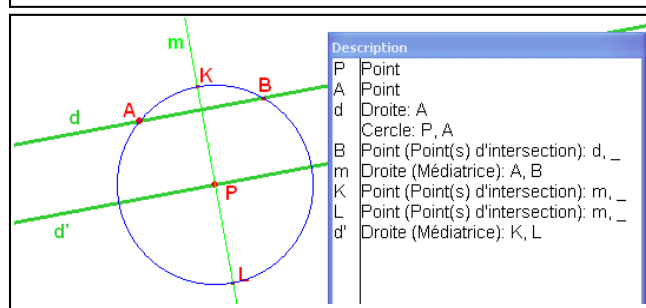
1.c) Utiliser une rotation de  $180^\circ$  ayant comme centre le milieu de  $[AP]$

Propriété géométrique : Deux droites par une rotation de  $180^\circ$  sont parallèles

2) Les procédés utilisables dans l'environnement papier-crayon et dans l'environnement Cabri :

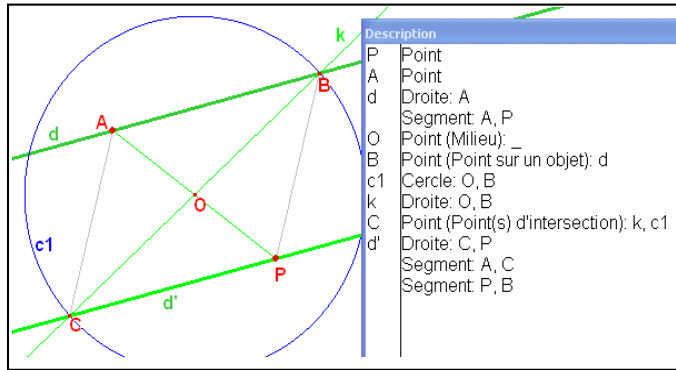


2.a) Utiliser seulement des cercles



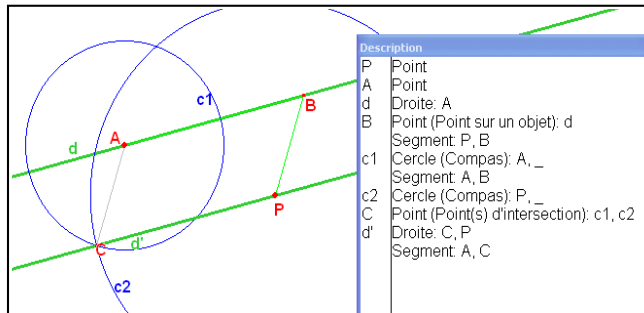
2.b) Utiliser l'outil « Médiatrice »

Propriété géométrique : deux droites perpendiculaires à une même droite sont parallèles.



2.c) Construire un parallélogramme à partir de ses diagonales

Propriété géométrique : un quadrilatère dont les diagonales se coupent en leurs milieux est un parallélogramme.



2.d) Construire un parallélogramme à partir de ses deux côtés

Propriété géométrique : un quadrilatère convexe dont les côtés opposés sont de même longueur est un parallélogramme

Concernant le niveau du savoir  $S_{d-m}$ , nous voyons par ce qui précède qu'il s'agit dans cette tâche d'utiliser des propriétés géométriques afin de pouvoir construire une droite parallèle.

On peut penser que dans l'environnement papier-crayon, à travers l'usage de la règle et du compas pour la construction de la parallèle, les propriétés liées au parallélogramme seront privilégiées du fait que le parallélogramme a deux côtés parallèles et de même longueur.

Or, l'environnement informatique va apporter un plus à cette tâche de construction par la possibilité de l'usage non coûteux des transformations, qui permettent de tracer une droite parallèle.

Ainsi, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , on peut voir apparaître dans l'environnement Cabri un usage par l'élève des transformations qui est différent de leur usage dans l'environnement papier-crayon. En effet, dans l'environnement papier-crayon, il n'est en général pas possible d'utiliser les transformations puisqu'il n'y a pas de possibilité directe d'obtenir le transformé sans passer par des étapes de construction. Par exemple, pour tracer une perpendiculaire à une droite passant par un point, dans Cabri il est possible d'utiliser la propriété de la perpendicularité de la symétrie axiale puisqu'il est possible d'obtenir automatiquement le symétrique d'un point par rapport à une droite grâce à l'outil « Symétrie axiale ». Or, dans l'environnement papier-crayon, on ne peut pas utiliser la symétrie axiale pour tracer la perpendiculaire, puisque déjà pour obtenir le symétrique d'un point par rapport à une droite, il faut mener la perpendiculaire et avoir la même distance. Ainsi dans l'environnement papier-crayon, les propriétés des transformations sont en général utilisées dans des démonstrations et qu'on ne peut pas utiliser ces invariants des transformations dans les constructions.

On peut alors penser qu'en proposant cette activité aux stagiaires, l'objectif du formateur est de montrer que les connaissances liées aux transformations peuvent être utilisées dans des types de tâches différents dans Cabri, par rapport à l'environnement papier-crayon.

Mais également, les connaissances mathématiques utilisées dans un problème mathématique dans l'environnement papier-crayon et les connaissances mathématiques utilisées pour le même problème dans l'environnement Cabri, peuvent être différentes. Par conséquent, les apprentissages à travers le même problème dans deux environnements différents, peuvent également être différents.

De plus, cette activité peut également être utilisée par le formateur dans son discours, pour montrer l'apport de Cabri dans le fait qu'une telle tâche de construction dans Cabri à travers des propriétés géométriques, peut permettre à l'élève de voir une utilité et une conception des propriétés géométriques qui vont contribuer à la rédaction des démonstrations en papier-crayon.

Nous indiquons dans le tableau ci-dessous les spécificités de Cabri dont l'usage est favorisé dans cette activité au niveau des savoirs  $S_{d-i}$  et  $S_i$  :

**Activité I-4.1**

Spécificités		Déplacement	Cercle	Droite	Segment	Vecteur	Médiatrice	Droite parallèle	Translation	Symétrie Centrale	Milieu	Compas	Oracle des questions	Construction/ Dépendance entre les objets
$S_i$	Explicite			X				X						
	Implicite	Déplacement1	X		X	X	X		X	X	X	X	X	Const/Dépen3
$S_{d-i}$	Explicite													
	Implicite	Déplacement1						X	X	X			X	Const/Dépen3

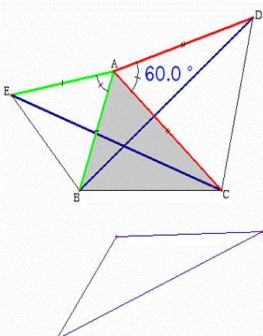
Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

L'activité I-5 concerne l'usage de Cabri pour une situation didactique.

En effet, la tâche pour l'élève est de démontrer que le triangle EAC est isométrique au triangle ABD et d'en déduire que  $EC=BD$ .

**I-5. Cas d'isométrie et transformations en Seconde**  
 Construire un triangle ABC. Construire les triangles équilatéraux EBA et ACD de sens direct. Un exercice classique de Seconde consiste à montrer que l'angle des droites (EC) et (BD) est de  $60^\circ$ .



Cabri-Géomètre permet de construire un triangle TUV direct isométrique au triangle AEC qui sert de gabarit. Il est tel que l'on peut déplacer en translation par l'un de ses sommets T. On peut de plus faire tourner un de ses côtés autour de T. Pour le construire, créer un point T dans l'écran puis construire le côté TU isométrique à AE. Terminer ensuite le triangle TUV.

**Question** : quel usage faire de ce gabarit dans l'apprentissage de la résolution du problème cité ci-dessus ?

Au niveau du savoir  $S_m$ , il s'agit des cas d'isométrie des triangles mais aussi de la rotation. En effet, le gabarit aide à relier les cas d'isométrie des triangles à la rotation

Ainsi, l'objectif d'apprentissage au niveau du savoir  $S_{d-m}$  est de permettre aux élèves de relier les cas d'isométrie et les transformations.

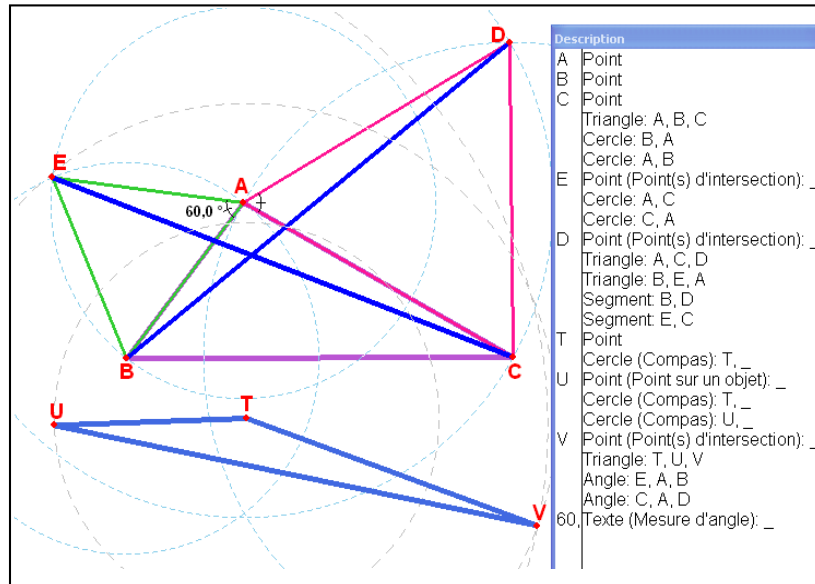
Par contre, on peut constater que l'activité I-5 est une tâche différente des autres du fait que dans cette tâche, on décrit l'activité qui est proposée aux élèves ; alors que dans les autres tâches du document écrit, les stagiaires ont une activité à résoudre, suivi des questions au niveau des différents types de savoirs. Dans cette activité, on décrit la tâche élève, on donne aux stagiaires des indications pour construire le gabarit et ensuite on leur demande à quoi il peut servir.

Dans cette activité, qui peut être vécue dans l'environnement papier-crayon et dans un environnement de géométrie dynamique, on peut penser que l'apport de Cabri vient du fait que le gabarit est valable sur un ensemble de dessins et non pas sur un seul dessin, ce qui est le cas dans l'environnement papier-crayon concernant le savoir  $S_{d-i}$ .

Et dans les deux environnements, Cabri et papier-crayon, le mouvement du gabarit représente à la fois les cas d'isométrie et la transformation. De plus, il s'agit de l'usage du déplacement pour conjecturer qu'il existe une transformation permettant de relier les cas d'isométrie avec les transformations. Mais l'apport de Cabri vient du fait qu'il permet, en plus, une validation à travers l'usage de la transformation.

Quant au niveau du savoir  $S_i$ , la construction de la figure dans Cabri est plutôt guidée par l'énoncé. Par contre, les outils devant être utilisés pour cette construction ne sont pas explicitement précisés. Il revient donc aux stagiaires de trouver les outils de Cabri à utiliser.

En effet, on demande aux stagiaires de construire un triangle TUV isométrique au triangle AEC, tel qu'on puisse déplacer le triangle TUV par le déplacement du sommet T et que de plus on puisse faire tourner un de ses côtés autour de T. La figure ci-contre indique les outils utilisables par les stagiaires pour effectuer cette construction, ainsi que les étapes de la construction.



En outre, au niveau du savoir  $S_i$ , cette activité est différente des autres activités du document écrit du fait qu'on donne aux stagiaires le comportement dynamique de la figure qu'ils vont obtenir. Dans la formation de Géométrie Dynamique, c'est une des seules fois qu'on demande aux stagiaires de construire une figure dont on donne les caractéristiques dans le déplacement. Ainsi, les stagiaires vont déplacer pour constater que le gabarit qu'ils ont construit est déplaçable par translation par un de ses sommets T, et par rotation autour de T par un de ses sommets. En d'autres termes, les stagiaires sont incités par l'activité à utiliser le déplacement pour constater que le gabarit se déplace bien selon la description de l'énoncé.

Ainsi, nous pouvons dire que les conditions sont favorables pour que les stagiaires utilisent les spécificités suivantes de Cabri au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ :

### Activité I-5

Spécificités		Déplacement	Cercle	Triangle	Segment	Compas	Rotation	Nommer	Marquer un angle	Mesure d'angle	Cacher Montrer	Construction/ Dépendance entre les objets
$S_i$	Explicite	Déplacement3		X				X				
	Implicite	Déplacement1	X		X	X	X		X	X	X	Const/Dépen3
$S_{d-i}$	Explicite											
	Implicite	Déplacement1 Déplacement2				X	X			X		

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction



L'activité II-1 que nous analysons par la suite se situe, dans la partie de la formation réservée au lien entre les domaines numériques et géométriques.

**II-1. A l'aide du théorème de Thalès**

Afficher les axes. Créer le point d'abscisse 1 sur l'axe Ox, le point d'abscisse 1 sur l'axe Oy. Créer un point variable sur l'axe Ox d'abscisse x.

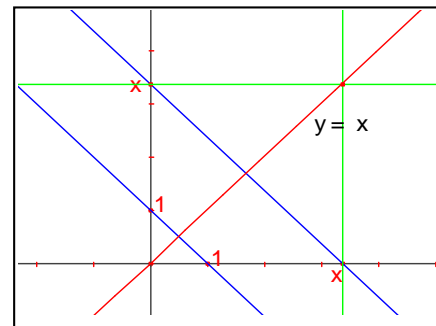
- 1) Comment construire le point d'ordonnée x sur l'axe Oy en utilisant le théorème de Thalès ?
  - 2) Avec l'outil Trace ou Lieu, obtenir le graphe de la fonction  $y = x$ .
  - 3) Soit a un nombre réel donné. Obtenir le graphe de la fonction  $y = a/x$  en utilisant le théorème de Thalès.
- Intérêts de l'usage de Cabri

Dans un premier temps, il s'agit pour les stagiaires d'un travail au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_m$ . Pour les questions 1), 2) et 3), les stagiaires ont uniquement à résoudre une tâche mathématique dans Cabri.

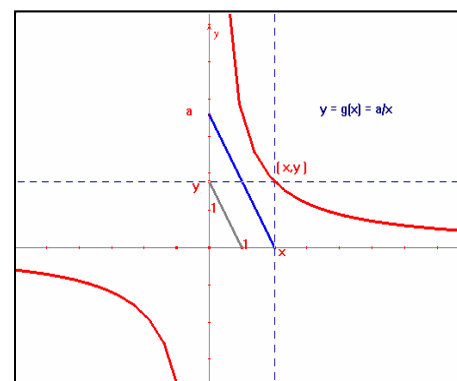
Nous effectuons d'abord, ci-dessous, une analyse des questions 1), 2) et 3) au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_m$ , pour ensuite effectuer une analyse au niveau des savoirs  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$  concernant la question posée aux stagiaires sur les intérêts de l'usage de Cabri.

Au niveau du savoir  $S_m$ , il s'agit dans cette activité d'une part, de la dépendance de la variation de x et de y dans un graphe et d'autre part, de la notion de graphe comme la trajectoire d'un point qui se déplace.

Dans la question 1) de l'activité, il est demandé de construire le point d'ordonnée x sur l'axe Oy en utilisant le théorème de Thalès. En effet, en utilisant la propriété du parallélisme dans la configuration de Thalès, on construit le point d'ordonnée x sur l'axe Oy en utilisant le théorème de Thalès. La construction du graphe de la fonction  $y = x$  se fait alors en demandant la trace ou le lieu du point (x, x).



Dans la question 3), il est demandé d'obtenir le graphe de la fonction  $y = a/x$  en utilisant le théorème de Thalès, a étant un nombre réel. Les segments  $[ax]$  et  $[y1]$  étant parallèles, en utilisant le théorème de Thalès sur les triangles  $(axO)$  et  $(y1O)$  nous arrivons à la relation  $1/x = y/a$ , ce qui implique ' $y=a/x$ '. Par conséquent, le lieu du point (x,y) quand le point x se déplace sur l'axe des abscisses, donnera la représentation graphique de  $g(x) = a/x$ .

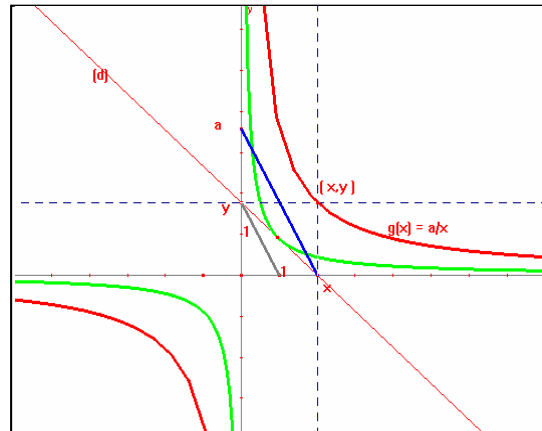


Ainsi, en partant de la relation ' $y = a/x$ ', en demandant le lieu du point (x,y) quand le point x se déplace sur l'axe des abscisses on aura la représentation graphique de  $g(x) = a/x$ .

Par contre, si l'élève ne donne aucun sens à l'utilisation du lieu pour l'obtention d'une représentation graphique, il peut aboutir à une solution erronée. Car en essayant d'utiliser toutes les données, il sera amené plutôt à tracer la droite passant par 'x' et 'y' qu'à ajouter un point.

Si nous demandons le lieu de cette droite quand le point 'x' se déplace, nous obtiendrons également une hyperbole.

En effet, dans la figure ci-contre, nous avons obtenu l'hyperbole colorée en clair en demandant le lieu de la droite (d) quand le point x se déplace sur l'axe, et l'hyperbole colorée en foncé en demandant le lieu du point (x,y) quand le point x se déplace sur l'axe.



Dans un deuxième temps, il est demandé aux stagiaires de mener une réflexion sur les intérêts de l'usage de Cabri pour cette situation. On peut alors penser que le formateur a fait le choix de traiter les apports de l'environnement Cabri pour cette situation au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , une fois que les stagiaires ont envisagé la situation au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_m$  dans Cabri. La raison pour ce choix peut provenir d'une part de ce que le problème n'est pas facile à représenter mentalement au niveau du savoir  $S_m$  ; mais aussi de ce qu'il n'est pratiquement pas possible de mener une réflexion au niveau du savoir  $S_{d-i}$  concernant les intérêts de l'usage de Cabri sans que les stagiaires soient confrontés à cet usage au niveau du savoir  $S_i$ .

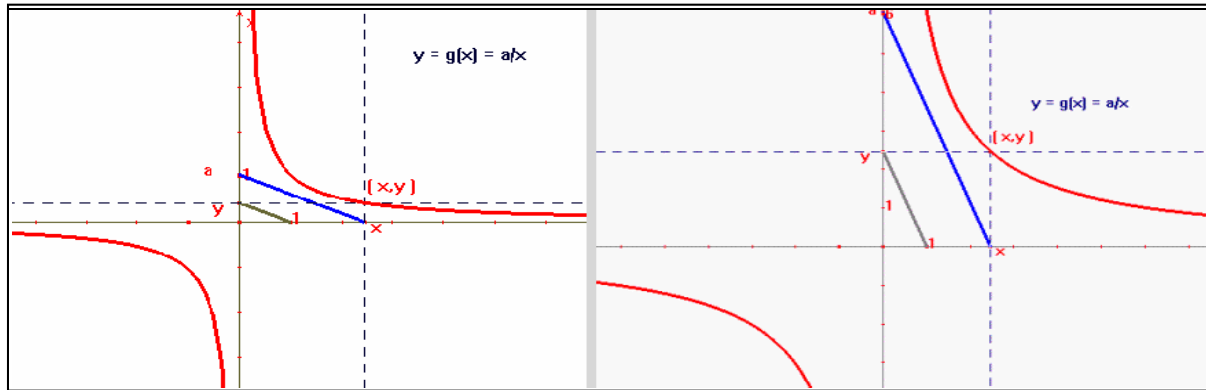
Concernant le savoir  $S_{d-m}$ , on voudrait à travers cette activité, que les élèves comprennent le graphe comme un lieu de points.

Un autre apprentissage qu'on veut faire réaliser par les élèves, c'est que la variation de y dépend de la variation de x.

Au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , les questions 1) et 2) de cette activité peuvent être vues comme un préalable à la question 3). En effet, pour les questions 1) et 2), les élèves utilisent le théorème de Thalès et l'outil « Lieu » pour construire le graphe d'une fonction qu'ils connaissent. Ainsi, ils construisent des connaissances au niveau du savoir  $S_i$  et  $S_m$  en s'appuyant sur des connaissances déjà présentes au niveau du savoir  $S_m$ .

L'objectif de l'activité peut être vu comme la représentation graphique d'une fonction ; le théorème de Thalès, déjà connu par les élèves de seconde, leur sert à faire le passage à la représentation graphique des fonctions à paramètre.

De plus, toujours au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , même si la notion de « paramètre est en dehors des programmes, cette activité peut permettre une introduction à cette notion de paramètre, qui est très difficile à comprendre dans l'environnement papier-crayon. Pour cette activité, nous pouvons facilement constater que le paramètre 'a' est un nombre tel que le changement de 'a' influence directement la représentation graphique et parallèlement la fonction  $g(x)$ . Par exemple, quand nous donnons au paramètre 'a' la valeur 1 et quand il vaut 6, les représentations graphiques seront différentes. Comme indiqué dans les figures suivantes. Cela explique le fait que le point 'x' étant fixe, le changement du paramètre 'a' implique le changement du point 'y' et par conséquent le changement du point (x,y), ce qui entraîne un changement de la représentation graphique.



De plus, on peut penser que l'objectif du formateur au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , en proposant cette activité aux stagiaires, était de leur faire prendre conscience de l'apport du déplacement dans Cabri qui permet de se rendre mieux compte que la variation de  $y$  dépend de la variation de  $x$  ; et donc de constater que les couples  $(x, y)$  sont des valeurs dépendantes l'une de l'autre et non des couples de nombres choisis au hasard. En effet, cette variation dépendante de  $x$  et de  $y$  est un apprentissage qu'on voudrait faire réaliser par les élèves. Or, dans l'environnement papier-crayon, il est très difficile de montrer qu'une variation dépend d'une autre. Alors que Cabri permet de mettre en évidence cette variation dépendante, grâce au déplacement.

Un autre objectif du formateur au niveau du savoir  $S_{d-i}$  concernant cette activité peut être de montrer aux stagiaires que Cabri permet une approche ponctuelle du graphe d'une fonction. Le graphe est considéré comme un ensemble de points soit, avec l'usage de l'outil « Trace » soit, à travers un point qui se déplace sur le lieu. Ceci implique que l'environnement favorise que l'on envisage le graphe comme la trajectoire d'un point qui se déplace. En effet, dans l'environnement papier-crayon, il est très difficile de montrer aux élèves le graphe comme un lieu de points.

Un autre apport de Cabri que le formateur peut traiter dans son discours en faisant référence à cette activité, c'est la possibilité de demander l'équation d'un lieu dans Cabri-Géomètre permet d'approcher le graphe dans le sens opposé d'une approche papier-crayon. En effet dans l'environnement papier-crayon, on donne une valeur au paramètre  $a$  et on dessine le graphe de la fonction avec cette valeur. Or dans Cabri, on a le graphe de la fonction et on peut obtenir l'équation à partir de ce graphe.

Nous indiquons, dans le tableau ci-après, les spécificités de Cabri dont l'usage est favorisé dans cette activité au niveau des savoirs  $S_{d-i}$  et  $S_i$  :

## Activité II-1

Spécificités		Déplacement	Droite	Cercle	Droite perpendiculaire	Droite parallèle	Compas	Report de mesure	Lieu	Coord. ou équation	Nombre	Trace	Axes	Cacher Montrer	Construction/ Dépendance entre les objets
<b>S<sub>i</sub></b>	Explicite								X			X	X		
	Implicite		X	X	X	X	X	X		X	X			X	Const/Dépen1 Const/Dépen3
<b>S<sub>d-i</sub></b>	Explicite														
	Implicite	Déplacement3					X	X	X	X		X			Const/Dépen1 Const/Dépen3

**Déplacement 3 :** Déplacer pour constater

**Constr/Dépend 1 :** Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

**Constr/Dépend 3 :** Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

En ce qui concerne la partie de la formation portant sur la comparaison des deux logiciels, Géoplan W et Cabri, nous analyseront uniquement les activités proposées dans l'environnement Cabri-Géomètre puisque c'est sur ce logiciel que porte notre étude.

Dans l'activité III-1, il s'agit de la construction d'un losange à partir de deux sommets consécutifs avec la contrainte de l'utilisation de l'outil « Cercle » seulement.

### III-1. Losange

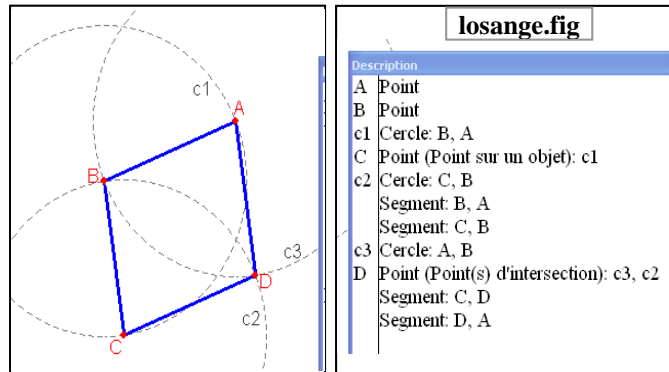
Construire un losange à partir de deux sommets consécutifs A et B en utilisant uniquement l'outil "cercle". Observer le comportement du losange en déplaçant les points déplaçables.

Cette activité se situe essentiellement au niveau du savoir S<sub>i</sub>. En effet, la tâche mathématique est la construction d'un losange à la règle et au compas. Aucune question au niveau du savoir didactique n'est posée aux stagiaires dans l'activité. De plus, ce n'est pas une activité très riche du point de vue des réflexions didactiques possibles.

Nous pouvons alors faire l'hypothèse que l'objectif du formateur, en proposant cette activité aux stagiaires, était de travailler au niveau du savoir S<sub>i</sub> ; et spécialement sur la spécificité « Déplacement » de Cabri, puisqu'il est demandé explicitement aux stagiaires d'observer le comportement du losange en déplaçant les points déplaçables.

En ce qui concerne la construction d'un losange dans Cabri, avec les contraintes d'avoir deux sommets consécutifs comme élément de départ et d'utiliser l'outil « Cercle » uniquement, on ne peut effectuer qu'une seule construction de losange :

construction indiquée dans la figure ci-contre.



Par rapport aux possibilités de déplacement, les points A et B sont des points libres. Le point C qui dépend des points A et B, se déplace sur le cercle de centre B passant par A. Et le point D qui dépend des points A, B et C, est un point non déplaçable avec manipulation directe.

Ainsi, on peut dire que le formateur avait peut-être l'objectif, au niveau du savoir  $S_i$ , que les stagiaires puissent constater la dépendance entre les objets dans le déplacement ; mais aussi le comportement dynamique des objets par rapport à leur degré de liberté.

L'activité III-1 traitant les spécificités de Cabri uniquement au niveau du savoir  $S_i$ , le tableau ci-dessous indique les spécificités de Cabri dont l'usage est favorisé dans cette activité au niveau du savoir  $S_i$  :

Spécificités		Déplacement	Segment	Polygone	Cercle	Nommer	Cacher Montrer	Construction/ Dépendance entre les objets
$S_i$	Explicite	Déplacement3			X	X		
	Implicite	Déplacement1	X	X			X	Const/Dépen1 Const/Dépen3

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider  
Déplacement 3 : Déplacer pour constater  
Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.  
Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

## II.2. Résultats de l'analyse a priori des activités du document de travail

Nous synthétisons les résultats de l'analyse ci-dessus dans ce tableau, concernant la présence de chaque spécificité de Cabri par rapport aux différents types de savoirs, dans le document écrit d'activité sur lequel les stagiaires ont travaillé en binômes pendant les séances de Géométrie Dynamique.

Pour chaque spécificité, nous regardons d'abord si le document conduit à la mettre en œuvre. Dans le cas où la spécificité en question est susceptible d'être mise en œuvre, nous précisons dans la dernière colonne pour quelle(s) activité(s) nous avons repéré cette présence.

Ensuite, nous précisons si cette présence est explicite ou implicite pour l'activité dont il s'agit. La case « Explicite » est cochée dans le cas où il existe une référence explicite dans le texte de l'activité, à une spécificité. La case « Implicite » est cochée dans le cas où la spécificité n'est pas citée explicitement dans l'activité mais où les conditions de la conception de l'activité sont favorables pour amener les stagiaires soit à utiliser la spécificité en question pour leur construction, soit à faire une réflexion là-dessus.

<u>Document écrit d'activités</u>					
Géométrie Dynamique - PLC2	S <sub>i</sub>		S <sub>d-i</sub>		No d'activité
	Explicite	Implicite	Explicite	Implicite	
Déplacement		Déplacement1		Déplacement1	Activité I-2.1 & I-2.2 Activité I-4.1
	Déplacement3	Déplacement1 Déplacement2		Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3	Activité I-2.4
		Déplacement2 Déplacement3			Activité I-3.1.1
		Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3		Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3	Activité I-3.1.2
		Déplacement1		Déplacement1 Déplacement2	Activité I-5
				Déplacement3	Activité II-1
		Déplacement3	Déplacement1		Activité III-1
Construction/ Dépendance entre les objets		Constr/Dépen3		Constr/Dépen3	Activité I-2.1 & I-2.2 Activité I-4.1
	Const/Dépen3	Const/Dépen1		Const/Dépen1 Const/Dépen3	Activité I-2.4
		Const/Dépen1			Activité I-3.1.1
		Const/Dépen1		Const/Dépen1	Activité I-3.1.2
		Constr/Dépen3			Activité I-5
		Const/Dépen1 Const/Dépen3		Const/Dépen1 Const/Dépen3	Activité II-1

		Const/Dépen1		Activité III-1
Segment		X		Activité I-2.1 & I-2.2 Activité I-3.1.1 Activité I-4.1 Activité I-5 Activité III-1
Droite		X		Activité I-2.1 & I-2.2 Activité I-2.4 Activité I-3.1.1 Activité I-3.1.2 Activité II-1
	X			Activité I-4.1
Triangle		X		Activité I-2.4
	X			Activité I-5
Polygone		X		Activité I-3.1.1 Activité III-1
Cercle	X			Activité I-2.1 & I-2.2 Activité III-1
		X		Activité I-2.4 Activité I-3.1.2 Activité I-4.1 Activité I-5 Activité II-1
Droite perpendiculaire		X		Activité I-2.4 Activité I-3.1.2 Activité II-1
Droite parallèle	X		X	Activité I-4.1
		X		Activité II-1
Milieu		X		Activité I-2.4 Activité I-4.1
Médiatrice		X		Activité I-2.4 Activité I-3.1.2 Activité I-4.1
Compas		X		Activité I-4.1
		X	X	Activité I-5 Activité II-1
Report de mesure		X	X	Activité II-1
Lieu	X		X	Activité II-1
Redéfinir un objet				
Symétrie axiale		X	X	Activité I-3.1.2
Symétrie centrale	X			Activité I-3.1.1
		X	X	Activité I-3.1.2 Activité I-4.1
Translation		X	X	Activité I-3.1.2 Activité I-4.1

Rotation		X		X	Activité I-3.1.2
				X	Activité I-5
Homothétie					
Macro					
Oracle des questions		X			Activité I-3.1.1
		X		X	Activité I-4.1
Distance&Longueur					
Mesure d'angle		X		X	Activité I-3.1.2 Activité I-5
Coord. ou équation		X		X	Activité II-1
Calculatrice					
Nommer		X			Activité I-2.1 & I-2.2
	X				Activité I-3.1.1 Activité I-5 Activité III-1
Texte					
Nombre		X			Activité II-1
Marquer un angle		X			Activité I-5
Punaiser/ Dépunaiser					
Trace		X		X	Activité I-3.1.2
	X			X	Activité II-1
Animation					
Cacher / Montrer		X			Activité I-2.4 Activité I-5 Activité II-1 Activité III-1
Axes	X				Activité II-1
Grille					
Revoir la construction					
Config. des outils					
Boîtes Noires	Boîte Noire1	Boîte Noire2		Boîte Noire1 Boîte Noire2	Activité I-2.4
		Boîte Noire1 Boîte Noire2		Boîte Noire2	Activité I-3.1.2

**Déplacement 1 :** Déplacer pour valider ou invalider

**Déplacement 2 :** Déplacer pour conjecturer

**Déplacement 3 :** Déplacer pour constater

**Constr/Dépend 1 :** Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement

**Constr/Dépend 3 :** Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

**Boîte Noire 1 :** Reproduction d'une figure dans Cabri dont on ne sait pas comment elle a été construite

**Boîte Noire 2 :** Emettre des hypothèses sur une configuration et les valider ou invalider soit avec le déplacement soit avec des constructions



Ce tableau nous montre que dans le document écrit d'activités, aucune spécificité de Cabri n'est explicitement présente au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Il existe également peu de spécificités présentes explicitement au niveau du savoir  $S_i$ .

En effet, les spécificités de Cabri présentes explicitement au niveau du savoir  $S_i$  dans le document écrit, sont : Déplacement 1, Construction / Dépendance 3, Boîte Noire 1, et les outils Droite, Triangle, Cercle, Lieu, Symétrie Centrale, Nommer, Trace, Axes.

Les outils de Cabri qui restent uniquement au niveau du savoir  $S_i$  sans qu'il y ait de sollicitation des stagiaires à mener une réflexion au niveau du savoir  $S_{d-i}$  à travers les questions qui leur sont posées, sont : Segment, Droite, Triangle, Polygone, Cercle, Droite perpendiculaire, Milieu, Médiatrice, Nommer, Nombre, Marquer un angle, Cacher/Montrer et Axes.

Les spécificités de Cabri qui sont présentes (explicitement ou implicitement) au niveau du savoir  $S_i$  et implicitement présentes au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , sont : Déplacement 3, Déplacement 1, Déplacement 2, Construction / Dépendance 1, Construction / Dépendance 3, Trace, Boîte Noire 1, Boîte Noire 2 et les outils Droite parallèle, Compas, Report de mesure, Lieu, Symétrie Axiale, Symétrie Centrale, Translation, Rotation, Oracle des questions, Mesure d'angle, Coord. ou équation

Et les spécificités de Cabri qui sont absentes du document écrit sont : Configuration des outils, Macro Construction, Historique et les outils Redéfinir un objet, Homothétie, Distance & Longueur, Texte, Punaiser / Dépunaiser, Animation, Grille.

Le fait qu'il y ait beaucoup de spécificités de Cabri nous a conduits à effectuer une analyse a posteriori, à partir des réponses écrites et des figures enregistrées des stagiaires concernant les activités du document écrit. Cette analyse nous permettra de repérer dans quelle mesure les spécificités qui sont implicitement présentes au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$  sont envisagées par les stagiaires durant leur travail en binôme sur ces activités.

En outre, nous redonnons le tableau concernant les spécificité « Déplacement », « Construction/Dépendance entre les objets » et les spécificités de Cabri plutôt à destination didactique au service de l'enseignant, pour mieux montrer la place de ces spécificités dans la formation.

Géométrie Dynamique - PLC2		Document écrit d'activités		
No d'activité	S <sub>i</sub>		S <sub>d-i</sub>	
	Explicite	Implicite	Explicite	Implicite
Activité I-2.1 & I-2.2		Déplacement1 Const/Dépen3		Déplacement1 Const/Dépen3
Activité I-2.4	Déplacement3 Const/Dépen3 Boîte Noire1	Déplacement1 Déplacement2 Const/Dépen1 Boîte Noire2		Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3 Const/Dépen1 Const/Dépen3 Boîte Noire1 Boîte Noire2
Activité I-3.1.1		Déplacement2 Déplacement3 Const/Dépen1		
Activité I-3.1.2		Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3 Const/Dépen1 Boîte Noire1 Boîte Noire2		Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3 Const/Dépen1 Boîte Noire2
Activité I-4.1		Déplacement1 Const/Dépen3		Déplacement1 Const/Dépen3
Activité I-5	Déplacement1	Const/Dépen3		Déplacement1 Déplacement2
Activité II-1		Const/Dépen1 Const/Dépen3		Déplacement3 Const/Dépen1 Const/Dépen3
Activité III-1	Déplacement3	Déplacement1 Const/Dépen1		

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

Constr/Dépend 2 : Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui en dépendent.

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Boîte Noire 1 : Reproduction d'une figure dans Cabri dont on ne sait pas comment elle a été construite

Boîte Noire 2 : Emettre des hypothèses sur une configuration et les valider ou invalider soit avec le déplacement soit avec des constructions

Le tableau ci-dessus montre que les spécificités et les usages susceptibles d'être mis en œuvre apparaissent très peu dans le document de travail. En effet, celui-ci est très peu explicite et ce, surtout au niveau du savoir S<sub>d-i</sub>.

Au niveau du savoir  $S_i$ , on constate que « Déplacement2 », « Constr/Dépend1 » et « Boîte Noire2 » restent toujours implicites.

Nous pouvons penser que dans la conception du document écrit, le formateur a fait certains choix à cause des contraintes, comme par exemple la contrainte de temps et qu'il a fait le choix de ne pas mettre explicitement ces trois spécificités dans le document écrit.

On peut penser que le document écrit est conçu de telle façon que l'accent soit mis davantage sur les rétroactions ; et que concernant le « Déplacement 2 » et « Boîte Noire2 », il existe toute une problématique de preuve en arrière-plan.

En revanche, en ce qui concerne « Constr/Dépend1 », malgré le fait qu'il ne soit pas présent explicitement dans le document écrit, nous constatons qu'il est très présent au niveau de la présence implicite.

En outre, Constr/Dépend 2 (Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui en dépendent) est absent du document. On peut penser que la raison de cette absence vient du fait que ce type de dépendance entre les objets étant traité pendant la formation « Initiation Cabri », le formateur estimait sa présence non nécessaire.

De plus, aucune spécificité n'est explicitement présente au niveau du savoir  $S_{d-i}$  dans le document écrit.

En effet, le document écrit est construit d'une telle façon qu'on attend beaucoup de réflexion et de construction de la part des stagiaires, avec une approche constructiviste. Les questions au niveau des savoirs  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$  sont très générales. C'est à la charge du stagiaire de trouver les objectifs d'apprentissage de l'activité élève ; il incombe encore au stagiaire d'effectuer une analyse didactique de l'activité au niveau du savoir  $S_{d-m}$  ; et c'est toujours à la charge du stagiaire de mener une réflexion sur les apports de l'environnement informatique au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . De plus, si le stagiaire est bloqué dans un de ces derniers points (par exemple sur les objectifs d'apprentissage), il n'a aucun moyen d'avancer et de mener une réflexion didactique concernant les apports de l'environnement informatique au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . Car, en effet, il n'existe pas un milieu, par rapport aux apprentissages didactiques, dans les situations proposées aux stagiaires, pour qu'ils puissent avoir des informations sur les apprentissages qui sont visés, et des rétroaction sur ce qu'ils proposent, ni de moyens de validation de leurs propositions.

Par conséquent, il est très difficile d'émettre des hypothèses sur les apprentissages effectués par les stagiaires uniquement à travers une analyse du document écrit. Ceci nous a alors conduits à faire une analyse des réponses des stagiaires, pour repérer dans quelle mesure les potentialités implicites du document écrit ont été prises en compte par les stagiaires.

Nous avons construit le premier tableau ci-après pour mieux mettre en évidence les caractéristiques de chaque activité proposées aux stagiaires. Ceci nous permet de mieux cerner ce qui a été explicitement demandé aux stagiaires dans le document écrit, afin de dégager dans l'analyse des réponses des stagiaires dans quelle mesure ils ont pu répondre aux

questions qui leur sont posées explicitement et pour quel type de questions ils ont le plus de difficultés à répondre.

Le deuxième tableau synthétise les potentialités principales des activités proposées aux stagiaires dans le document écrit, mais aussi l'objectif principal du formateur en proposant l'activité que nous avons essayé de repérer. Les éléments de ce tableau nous permettront d'analyser dans quelle mesure le formateur rend explicite dans son discours oral les potentialités de chaque activité, mais aussi de voir quelle institutionnalisation il effectue par rapport aux objectifs principaux de chaque activité.

**Caractéristique des activités proposées dans le document écrit**

	Tâche mathématique	Activité de l'élève	Questions de l'activité des l'élève	Questions posées aux stagiaires				Dessin papier-crayon	Figure Cabri	Autres remarques concernant l'activité
				$S_m$	$S_i$	$S_{d-m}$	$S_{d-i}$			
Activité I-2.1&I-2.2	Construction d'une tangente	Donnée	$S_m$ (construction)	-	-	Connaissances utilisées en papier-crayon + Nature des contrôles	Connaissances utilisées dans Cabri + Nature des contrôles	Non fourni	Non fournie	
Activité I-2.4	Identification des points remarquables d'un triangle	Donnée	$S_m$ (construction)	Description du procédé de résolution de la question élève	-	-	Apports de Cabri	Non fourni	Fournie	Activité de type « boîte noire » (indiqué dans l'énoncé)
Activité I-3.1.1	Recherche de l'image par la symétrie centrale d'un sommet d'un quadrilatère + Recherche des quadrilatères invariants dans la symétrie centrale	Donnée	$S_m$ (déplacement)	Questions de l'activité élève	-	-	-	Fourni	Non fournie	
Activité I-3.1.2	Indentification d'une transformation	Donnée	$S_m$ (déplacement + construction)	Description du procédé de résolution de la question élève	-	Connaissances mises en jeu	Apports de Cabri au niveau des validations	Non fourni	Fournie	Activité de type « boîte noire » (non indiqué dans l'énoncé)

Activité I-4.1	Construction d'une droite parallèle	Donnée	$S_m$ (construction)		-	Connaissances mises en jeu + Types de tâche où ces connaissances interviennent en papier-crayon	-	Non fourni	Non fournie	
Activité I-5	Relier les cas d'isométrie des triangles à la rotation	Décrite	-	-	Construction d'une figure dont le comportement dynamique est donné	Usage didactique	-	Fourni	Non fournie	
Activité II-1	Construction du graphe d'une fonction	Donnée	$S_m$ (construction)	Questions de l'activité élève	-	-	Intérêts de Cabri	Non fourni	Non fournie	
Activité III-1	Construction d'un losange	-	-	-	Construction d'un losange + Comportement dynamique du losange	-	-	Non fourni	Non fournie	

Nous constatons sur ce tableau que pour la plupart des activités sur lesquelles les stagiaires ont travaillé pendant les séances de formation de « Géométrie Dynamique », 'l'activité élève' est fournie aux stagiaires. En effet, il existe deux activités dans le document écrit de travail où 'l'activité élève' n'est pas donnée aux stagiaires : l'activité III-1 qui se situe uniquement au niveau du savoir  $S_i$  où 'l'activité élève' est absente ; et l'activité I-5 où 'l'activité élève' est décrite dans l'énoncé. Nous pouvons alors penser que le formateur a choisi de faire travailler les stagiaires sur l'analyse des situations déjà existantes, au lieu de les faire travailler sur la conception des situations didactiques dans Cabri. La raison en est peut-être d'une part, la contrainte de temps mais aussi d'autre part, le fait que les stagiaires n'aient pas suffisamment de connaissances didactiques ni de situations de référence sur lesquelles se baser pour la conception de nouvelles situations dans Cabri.

En outre, nous remarquons que le formateur fait le choix de mettre deux activités de type « boîte noire » dans le document écrit de travail. On peut alors penser que le formateur donnait une importance particulière aux activités de type « boîte noire » et l'on peut s'attendre à ce qu'il insiste sur ce type de tâches pendant les mises en commun dans son discours oral.

En ce qui concerne les questions posées aux stagiaires, on remarque que dans la moitié des activités, il est demandé aux stagiaires de répondre aux questions qui font partie des questions de 'l'activité élève' qui se situent au niveau du savoir  $S_m$ . Nous pouvons alors penser que pour le formateur, le fait que les stagiaires répondent aux questions au niveau du savoir  $S_m$  était suffisamment important pour qu'il puissent effectuer une analyse didactique prenant en compte les différents stratégies de résolution, mais aussi les apports de l'environnement Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon pour la résolution d'une tâche mathématique.

Nous remarquons, de plus, que quatre activités du document écrit possèdent une question posée aux stagiaires portant sur le savoir  $S_{d-i}$ . Le fait est que toutes les activités n'aient pas de question au niveau du savoir  $S_{d-i}$  peut être parce que le formateur a estimé que les stagiaires n'avaient pas suffisamment de connaissances didactiques pour effectuer, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , une analyse didactique de toutes les tâches dans Cabri. Nous constatons en outre que les questions posées aux stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$  portent essentiellement sur les apports de l'environnement Cabri, les intérêts de l'usage de Cabri restant par contre assez généraux.

Dans le tableau ci-après nous précisons les éléments que nous avons dégagés concernant les potentialités et les objectifs des activités proposées dans le document écrit au niveau des différents types de savoirs.

**Potentialités et objectifs des activités proposées dans le document écrit**

	<b>Potentialités (principales) des questions posées aux stagiaires</b>				Objectif principal du formateur	Autres remarques concernant l'activité
	$S_m$	$S_i$	$S_{d-m}$	$S_{d-i}$		
<b>Activité I-2.1&amp;I-2.2</b>	Propriétés géométriques définissant une droite tangente permettant de construire la tangente à un cercle	Résistance d'une figure au déplacement dans Cabri	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procédé de construction utilisant des informations spatio-graphiques pouvant aboutir à un dessin recevable en papier-crayon</li> <li>- Manque de rétroaction en papier-crayon pour indiquer son erreur à l'élève</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procédé de construction utilisant des informations spatio-graphiques rejeté par l'environnement à travers la non-résistance au déplacement</li> <li>- Rétroactions dans Cabri suffisantes pour indiquer à l'élève son erreur et pour lui permettre d'avancer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Montrer aux stagiaires le nouveau contrat dans Cabri qui est de construire des figures résistantes au déplacement</li> <li>- Faire une comparaison entre l'environnement papier-crayon et l'environnement Cabri par rapport à l'usage des connaissances spatiales et leur validation/ invalidation.</li> </ul>	
<b>Activité I-2.4</b>	Points remarquables d'un triangle	Activités de type « boîte noire »	Interprétation des positions spatio-graphiques des points remarquables en termes géométriques	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usage du déplacement pour faire des conjectures sur les points remarquables</li> <li>- Usage du déplacement pour valider/invalider les hypothèses émises sur les points.</li> <li>- Usage du déplacement pour constater les liens de dépendance entre le triangle et le point remarquable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Différence entre un Cabri-dessin et un dessin papier-crayon</li> <li>- Activités de type « boîte noire » dans Cabri</li> </ul>	Rupture de contrat par rapport à la lecture des informations spatiales sur le dessin (pour les interpréter géométriquement)



<p><b>Activité I-3.1.1</b></p>	<p>- Dépendance de la figure-image de la figure-objet dans une transformation - Quadrilatères qui possèdent un centre de symétrie</p>	<p>Usage du déplacement pour faire des conjectures</p>	<p>- Apprentissage de la dépendance entre un point et son image dans une transformation - Apprentissage des quadrilatères invariants dans une symétrie centrale</p>	<p>- Usage du déplacement pour mettre en évidence cette dépendance entre un point et son image - Cabri constituant un champ d'expérimentation pour rechercher les quadrilatères invariants dans une symétrie centrale</p>	<p>- Usage du déplacement dans Cabri pour conjecturer sur des propriétés géométriques - Changement de contrat entre Cabri et papier-crayon, par la possibilité d'utiliser dans Cabri des phénomènes spatio-graphiques pour arriver à des propriétés géométriques</p>	<p>Rupture de contrat : le travail de l'élève se situe purement au niveau perceptive en utilisant le déplacement (pas de construction en utilisant des propriétés géométriques)</p>
<p><b>Activité I-3.1.2</b></p>	<p>Invariants d'une transformation</p>	<p>- Usage du déplacement pour faire des conjectures - Usage du déplacement pour constater les invariants d'une configuration</p>	<p>Identification d'une transformation à partir de ses invariants</p>	<p>- Présentation d'une transformation comme une boîte noire</p>	<p>-Présentation d'une tâche spécifique à l'environnement Cabri où le déplacement est le seul moyen pour résoudre la tâche. -Présentation d'une transformation comme une « boîte noire ».</p>	
<p><b>Activité I-4.1</b></p>	<p>Construction d'une droite parallèle</p>	<p>Usage des macros pour construire une parallèle</p>	<p>- Usage par l'élève des propriétés géométriques pour construire une parallèle - Usage des connaissances liées aux propriétés du parallélogramme en papier-crayon</p>	<p>-Possibilité de l'usage non coûteux par l'élève des transformations pour construire une parallèle dans Cabri - Usage des connaissances liées aux propriétés des transformations dans Cabri</p>	<p>-Proposer le même problème dans deux environnements différents peut impliquer l'usage de connaissances différentes pour la résolution du problème, ce qui implique des apprentissages différents à l'issue du même problème proposé dans Cabri et en papier-crayon.</p>	

<p><b>Activité I-5</b></p>	<p>- Cas d'isométrie des triangles - Rotation</p>	<p>Construction d'une figure dont le comportement dynamique est donné.</p>	<p>- Permettre aux élèves de relier les cas d'isométrie des triangles et la rotation</p>	<p>- La configuration est valable sur un ensemble de dessins à travers le déplacement - Possibilité d'effectuer une validation à travers l'usage de la rotation</p>	<p>- La même tâche peut exister dans les 2 environnements avec les mêmes objectifs d'apprentissages et les mêmes procédés de résolution (même tâche dans deux environnements différents n'implique pas toujours des procédés de résolution et des apprentissages différents)</p>	
<p><b>Activité II-1</b></p>	<p>- Graphe comme lieu de points - Graphe comme trajectoire d'un point - Dépendance de la variation de x et de y</p>	<p>- Usages des outils « Trace » et « Lieu » pour tracer le graphe d'une fonction. - Usage du déplacement pour constater la dépendance entre les objets</p>	<p>Construction du graphe d'une fonction comme lieu de points</p>	<p>- Utiliser l'outil « Trace » pour tracer le graphe d'une fonction permettant d'envisager le graphe comme trajectoire d'un point - Utiliser l'outil « Lieu » pour tracer le graphe d'une fonction permettant d'envisager le graphe comme lieu des points. - Utiliser le déplacement pour mettre en évidence la dépendance de x et de y</p>	<p>- Montrer l'apport de Cabri pour une approche ponctuelle du graphe d'une fonction à travers l'usage de l'outil « trace » et le déplacement pour obtenir un graphe comme le trajectoire d'un point ; et l'usage de l'outil « Lieu » pour obtenir un graphe comme un lieu de points. - Montrer l'apport du déplacement dans Cabri pour mettre en évidence la dépendance entre la variation de x et la variation de y.</p>	
<p><b>Activité III-1</b></p>	<p>Construction d'un losange</p>	<p>Comportement dynamique des objets d'une configuration</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>- Déplacement dans Cabri, Dépendance entre les objets &gt; Objets libres &gt; Objets dépendant d'un autre objet &gt; Objets non déplaçables &gt; Degré de liberté</p>	

Dans le tableau qui précède, nous avons essayé de repérer les potentialités des activités proposées aux stagiaires pendant les séances de formation de Géométrie Dynamique par rapport aux différents types de savoirs.

Nous avons, de plus, essayé de dégager de façon a priori les objectifs pour chaque activité au niveau des savoirs  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$ .

Nous constatons d'après le tableau que le déplacement est très important dans la conception des activités du document de travail. Nous nous attacherons alors à observer, dans l'analyse des réponses des stagiaires, si par rapport à la place donnée au déplacement dans la conception des activités, les stagiaires prennent conscience de l'importance du déplacement dans un environnement de géométrie dynamique, aussi bien dans la résolution des tâches mathématiques au niveau du savoir  $S_m$  et  $S_i$  que dans les réponses aux questions didactiques qui leur sont posées au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Nous allons également considérer dans l'analyse du discours du formateur, si le formateur va donner une place importante à la spécificité « Déplacement » dans Cabri et comment le déplacement va être institutionnalisé par lui au niveau du savoir  $S_{d-i}$  (ou si le déplacement va être institutionnalisé ou pas au niveau du savoir  $S_{d-i}$ ).

Un autre aspect qui semble important dans la conception du document écrit de travail, c'est la mise en place du nouveau contrat de résistance au déplacement.

On s'aperçoit, sur le tableau, qu'il y a un problème de contrat et qu'il y a des ruptures de contrat.

En effet, nous constatons que le passage de l'usage des propriétés spatio-graphiques à l'usage des propriétés géométriques tient une place importante, au niveau du savoir didactique, dans la conception des activités du document de travail.

Par contre, nous constatons d'une part, des activités où l'objectif du formateur dans la conception de l'activité est vraisemblablement de faire prendre conscience aux stagiaires de l'apport de Cabri concernant la lecture sur le dessin à travers le contrat de construction des figures résistantes au déplacement où les figures construites à partir de connaissances spatiales, sont invalidées par le déplacement. Et d'autre part, nous remarquons que le formateur a fait le choix de mettre dans le document de travail, des tâches de type « boîte noire » où il s'agit d'interpréter des phénomènes spatio-graphiques en termes géométriques.

En effet, il s'agit de la différence entre les constructions effectuées dans Cabri qui sont des constructions résistantes au déplacement, où l'usage des propriétés spatiales est invalidé par le déplacement, et l'aspect « expérimentation » dans Cabri où les phénomènes spatiaux sont interprétés en termes géométriques. Cette différence étant absente dans le document écrit, nous nous attacherons à repérer dans l'analyse si le formateur l'explicitera ou non dans son discours oral.

De plus, nous essayerons d'analyser, dans le discours du formateur, ce nouveau contrat consistant à construire des figures résistantes au déplacement dans Cabri pour voir s'il sera explicité. Mais aussi, nous chercherons dans l'analyse si les stagiaires prennent conscience de ce nouveau contrat de résistance au déplacement, aussi bien dans leur propre construction que dans leur réflexion au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

### **II.3. Analyse des réponses et des figures des stagiaires**

Dans ce qui suit, nous analysons les réponses des stagiaires sur les feuilles d'activités ainsi que les enregistrements de leurs figures par rapport aux spécificités de Cabri qui se révèlent présentes dans l'analyse des activités du document de travail.

Ainsi, nous ajoutons les deux lignes concernant les réponses des stagiaires au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ , au tableau concernant l'analyse du document écrit.

Nous précisons, pour chaque activité, combien de binômes ont donné une réponse à la question, afin de mettre en évidence si une spécificité apparaît éventuellement non utilisée, ou peu utilisée, par manque de réponse.

Concernant les informations au niveau du savoir  $S_i$  que nous avons récupérées à travers les figures des stagiaires dans Cabri, nous n'avons pas accès à l'usage par les stagiaires au moment de leur construction, des spécificités de Cabri qui sont éphémères. Ces spécificités auxquelles nous n'avons pas accès à travers l'analyse des figures des stagiaires, sont : Déplacement, Construction/Dépendance et Trace. Par conséquent, l'apparition de ces spécificités dans les constructions des stagiaires sera marquée par (?) dans les tableaux, sauf s'il y a une indication écrite du stagiaire soit sous forme de texte dans Cabri, soit dans les réponses des feuilles de travail.

En ce qui concerne les informations au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , nous les récupérons à travers les réponses des stagiaires aux questions des feuilles de travail. Nous indiquons, comme pour le savoir  $S_i$ , combien de binômes de stagiaires ont donné une réponse écrite à la question posée au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

## Activités I-2.1 & I-2.2

### I-2.1 - Exercice préliminaire en papier crayon (4<sup>ème</sup>)

« Soit un cercle (C) de centre O et un point P extérieur au cercle. Construire une tangente à (C) issue de P »  
Un élève prend sa règle la fait passer à vue d'œil par P et la pivote jusqu'à toucher le cercle. Il trace ensuite au crayon la tangente en suivant la règle.

#### Question :

Quelles connaissances l'élève utilise-t-il ? De quelle nature sont ses contrôles ?

### I-2.2 - Dans Cabri

Même exercice à résoudre, même question.

## Activité I-2.1 & I-2.2

## Document écrit de travail vs Réponses des stagiaires

Spécificités		Déplacement	Cercle	Segment	Droite	Point	Nommer	Construction/ Dépendance entre les objets	Autre
S <sub>i</sub>	Explicite		X			X			
	Implicite	Déplacement1		X	X		X	Const/Dépen3	
Réponses des stgs 9 binômes		Déplacement1 (?)	9	2	9	8	5	Const/Dépen3 (?)	Milieu (6) Oracle des questions (3) Symétrie axiale (1) Droite perpendiculaire (2)
S <sub>d-i</sub>	Explicite								
	Implicite	Déplacement1						Const/Dépen3	
Réponses des stgs 7 binômes		Déplacement1 (4)						Const/Dépen3 (5)	Oracle des questions (2)

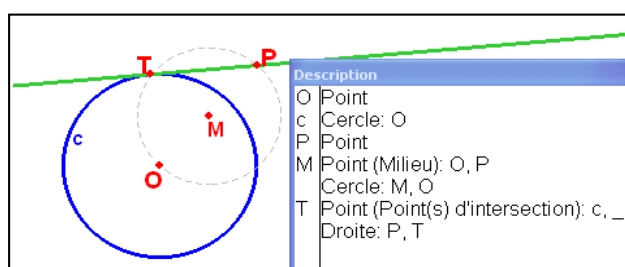
Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Le tableau nous montre que les spécificités que nous avons repérées dans l'analyse du document écrit se révèlent présentes dans les réponses des stagiaires. En revanche, nous constatons qu'au niveau du savoir S<sub>d-i</sub>, seulement 4 binômes citent le « Déplacement 1 » dans leurs réponses et 5 binômes font référence à « Constr/Dépend.3 ». On voit ainsi que le déplacement reste assez faible dans les réponses des stagiaires, du moins au niveau du savoir S<sub>d-i</sub>.

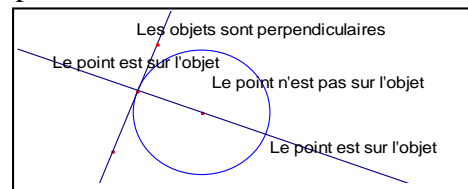
L'analyse des figures des stagiaires, au niveau du savoir S<sub>i</sub>, nous montre qu'au niveau du savoir S<sub>i</sub>, 6 binômes de stagiaires sur 9 font la construction de la tangente en utilisant les outils « milieu » et « cercle ».

Les stagiaires construisent la droite perpendiculaire en utilisant des propriétés géométriques dont la perpendicularité est déduite. Ainsi, ils construisent le cercle de centre M passant par O afin d'obtenir le point T en utilisant le triangle OTP rectangle en T.



De plus, les trois binômes qui n'utilisent pas de propriétés géométriques pour leurs constructions fournissent un dessin qui ne résiste pas au déplacement.

Concernant la question de la validation de la construction de la tangente, nous constatons dans les figures des stagiaires que trois binômes utilisent l'oracle de Cabri.



Ainsi, l'analyse des figures des stagiaires nous montre que trois binômes sur 10 préfèrent utiliser l'oracle de Cabri pour invalider une construction, au lieu d'utiliser uniquement le déplacement. Par contre, n'ayant pas accès aux déplacements effectués par les stagiaires, nous ne savons pas davantage s'ils ont testé leurs constructions en utilisant le déplacement dans Cabri.

Concernant la question des connaissances utilisées dans l'environnement papier-crayon, tous les stagiaires donnent comme réponse le fait que « la tangente touche le cercle » ; et pour la question de la nature des contrôles, tous les stagiaires citent « un contrôle visuel ».

En effet, tous les stagiaires donnent la même réponse à la question au niveau du savoir  $S_{d-m}$  pour cette activité, car cette même activité a été traitée pendant les séances de formation « Initiation Cabri ». Le formateur avait en effet explicité dans son discours le fait que « l'élève a retenu que le cercle touche la droite en un seul point ». On voit ainsi que face à la même activité proposée dans la formation de Géométrie Dynamique, les stagiaires utilisent des connaissances provenant de la formation d'Initiation Cabri avec quasiment la même formulation du formateur.

En revanche, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , l'analyse des feuilles de travail nous montre que pour les activités I-2.1 et I-2.2, seulement quatre binômes de stagiaires font référence au déplacement pour la question sur la validité du tracé de l'élève dans Cabri.

Un binôme propose d'utiliser l'outil « perpendiculaire ? » de l'oracle de Cabri sans mentionner le déplacement.

Deux binômes ne répondent pas à la question concernant la nature des contrôles.

Or, la moitié des stagiaires citent l'utilisation de la perception dans l'environnement papier crayon et l'utilisation des propriétés géométriques dans l'environnement Cabri, concernant la question sur les connaissances utilisées par l'élève.

En outre, trois binômes ne répondent pas aux deux questions au niveau du savoir  $S_{d-i}$  de l'activité et ainsi, ne font aucune réflexion écrite au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Nous pouvons donc dire que l'usage du « Déplacement 1 » au niveau du savoir  $S_{d-i}$  pour valider ou invalider un tracé, reste assez restreint chez les stagiaires.

De plus, malgré le fait que nous n'ayons pas accès aux déplacements effectués par les stagiaires, on peut penser que pour les trois binômes qui utilisent l'Oracle de Cabri pour confirmer la validité du tracé dans Cabri, n'étaient pas complètement satisfaits de l'usage unique du déplacement ; en d'autres termes, le fait que leur construction résiste au déplacement n'était pas suffisant et il leur fallait une confirmation des propriétés géométriques de la tangente, qu'ils ont satisfaite à travers l'usage de l'Oracle dans Cabri.

## Activité I-2.4

### I-2.4 Activité « boîte noire » dans Cabri (fichier « Points inconnus »)

Reconstruire le gros point rouge dans le triangle vide de façon à ce que le point reconstruit ait le même comportement que celui du point donné quand on bouge un des sommets du triangle.

Le faire pour chaque point rouge.

#### Questions :

1. Choisir un des points rouges. Décrire les étapes et essais dans votre recherche d'identification.
2. Quel est l'apport de la géométrie dynamique dans cette tâche ?

### Activité I-2.4

### Document écrit de travail vs Réponses des stagiaires

Spécificités		Déplacement	Cercle	Triangle	Droite	Droite perpendiculaire	Médiatrice	Milieu	Cacher Montrer	Boîte Noire	Construction/ Dépendance entre les objets	Autre
S <sub>i</sub>	Explicite	Déplacement3								Boîte Noire1	Const/Dépen3	
	Implicite	Déplacement1 Déplacement2	X	X	X	X	X	X	X	Boîte Noire2	Const/Dépen1	
Réponses des stg 10 binômes		Déplacement1 (?) Déplacement2 (4) Déplacement3 (1)	3	3		7	5		3	Boîte Noire1 (4) Boîte Noire2 (7)	Const/Dépen1 (1) Const/Dépen3 (1)	Oracle des questions (1)
S <sub>d-i</sub>	Explicite											
	Implicite	Déplacement2 Déplacement3		X						Boîte Noire1 Boîte Noire2	Const/Dépen1 Const/Dépen3	
Réponses des stgs 10 binômes		Déplacement2 (3)								Boîte Noire2 (4)	Const/Dépen3 (1)	

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Boîte Noire 1 : Reproduction d'une figure dans Cabri dont on ne sait pas comment elle a été construite

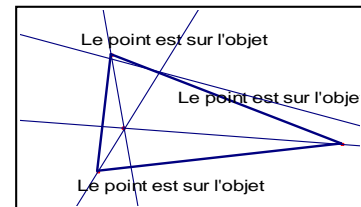
Boîte Noire 2 : Emettre des hypothèses sur une configuration et les valider ou invalider soit avec le déplacement soit avec des constructions

Nous constatons par analyse du tableau qu'au niveau du savoir S<sub>d-i</sub>, malgré le fait que tous les stagiaires aient donné une réponse à la question didactique sur l'apport de Cabri, seulement 3 binômes font référence au déplacement pour conjecturer. De plus, au niveau du savoir S<sub>i</sub>, les réponses des stagiaires à la question sur leur recherche d'identification restent également très faibles concernant l'explicitation de l'usage du déplacement par les stagiaires : 4 binômes évoquent le « déplacement 2 » pour conjecturer, et seulement 1 binôme cite le « déplacement 3 » pour constater.

Au niveau du savoir  $S_i$ , l'analyse des figures des stagiaires pour cette activité de type boîte noire où le déplacement constitue la tâche elle-même, nous montre que les stagiaires ont très peu déplacé les figures, qui sont restées presque au même emplacement et à la même taille dans les enregistrements.

En outre, seulement 4 binômes interprètent la tâche comme étant la reproduction d'une figure dans Cabri ; et donc reconstruisent les points rouges en utilisant les propriétés géométriques qu'ils ont constatées.

Les autres binômes se contentent simplement de trouver de quel point il s'agit, en construisant les droites remarquables sur les triangles donnés. En plus, un binôme, après avoir tracé les droites remarquables, utilise l'Oracle de Cabri pour vérifier si le point rouge est bien sur la droite tracée.



Ceci montre, encore une fois, que pour ce binôme qui utilise l'oracle de Cabri, le déplacement seul n'était pas suffisant pour affirmer que le point était sur la droite.

L'analyse des feuilles de travail nous donne plus de précisions à travers les réponses des stagiaires à la question : « Choisir un des points rouges. Décrire les étapes et essais dans votre recherche d'identification. ». Nous constatons à travers les réponses des stagiaires, que 4 binômes sur 10 affirment avoir tracé les droites remarquables sans effectuer un déplacement, et que le déplacement est effectué une fois que les droites sont tracées. Un binôme affirme même n'avoir effectué aucun déplacement pour cette activité.

On peut alors dire que les stagiaires qui ont essayé de résoudre l'activité sans utiliser la spécificité « Déplacement » de Cabri, n'avait pas saisi l'objectif de la tâche dans Cabri. En effet, ils ont essayé de résoudre l'activité comme si la tâche avait été proposée dans l'environnement papier-crayon, et c'est seulement une fois qu'ils ont trouvé la solution qu'ils ont utilisé le déplacement comme un moyen de validation, et non comme une stratégie de solution.

De plus, il nous a paru assez étonnant de trouver une réponse où les stagiaires affirmaient n'avoir effectué aucun déplacement pour trouver la solution, alors qu'il s'agit d'une formation intitulée « Géométrie Dynamique ». En effet, on peut penser que ce binôme était loin éloigné du contrat d'un environnement de géométrie dynamique, selon lequel le fait de trouver la solution sans effectuer un déplacement avait plus de valeur que de trouver la solution en utilisant le déplacement.

Ainsi, on voit qu'au niveau du savoir  $S_i$ , le déplacement n'est pas complètement prioritaire pour les stagiaires dans la résolution des tâches dans Cabri. Mais de plus, on constate que les stagiaires n'ont pas vraiment compris l'idée sous-jacente aux activités de type boîte noire.

En ce qui concerne l'apport de la géométrie dynamique au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , seulement 2 binômes font explicitement référence à la possibilité de conjecturer à l'aide du déplacement (Déplacement 2).

Pour 4 binômes, le déplacement se situe au niveau de la validation une fois que les droites remarquables sont tracées ; nous avons considéré ce type de réponse où le déplacement est au second plan, comme faisant partie de « Boîte Noire 2 ».



Pour un binôme, le déplacement peut être utilisé s'il y a un « manque d'intuition » de la part de l'élève ; c'est par conséquent un moyen de faire avancer un élève qui ne voit pas la propriété géométrique et qui ne pense pas à tracer les droites remarquables. Nous avons considéré cette réponse comme faisant partie du « Déplacement 2 », où il s'agit de déplacer pour conjecturer. Mais nous remarquons quand même, dans la réponse de ce binôme, que le fait de trouver la solution par l'élève sans déplacer les objets est souhaité ; et le déplacement est utilisé pour l'élève en difficulté qui se retrouve bloqué face au dessin statique.

Pour deux binômes, l'apport de la géométrie dynamique vient uniquement de la visualisation d'une multitude de figures.

Nous considérons par ce qui précède que l'apport de la géométrie dynamique au niveau du savoir  $S_{d-i}$  pour cette tâche n'est pas compris par les stagiaires, car en effet seulement deux binômes citent l'usage du déplacement pour faire des conjectures dans cette tâche.

De plus l'idée même des activités de types « boîte noire » semble ne pas être acquise par les stagiaires.

En effet, on peut penser que ce résultat dans les réponses des stagiaires concernant les activités de type « boîte noire » n'est pas étonnant, puisque les activités de ce type ne leur étaient jamais vraiment présentées. En effet, dans la formation d'Initiation Cabri, le formateur avait traité la spécificité « boîte noire » de Cabri uniquement dans son discours oral, et seulement avec une perspective de reproduction d'une figure dans Cabri dont on ne sait pas comment elle a été construite. Et dans la formation « Géométrie Dynamique », il n'y a aucune information sur les activités de type boîte noire dans le document écrit et le formateur n'intervient point sur ce sujet avant que les stagiaires commencent l'activité. Ainsi, nous pouvons dire que les stagiaires n'ont pas compris l'idée même des activités de type boîte noire dans Cabri avec la place essentielle du déplacement, et il n'y avait aucune information provenant du milieu pour que les stagiaires puissent comprendre la place centrale du déplacement dans une tâche de type boîte noire.

### Activité I-3.1.1

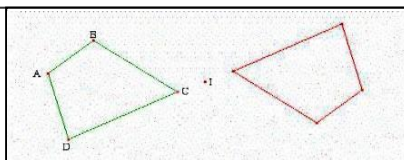
#### I-3.1.1 Tâche dans Cabri

Ouvrir une nouvelle feuille de dessin.

Construire un quadrilatère ABCD.

Créer un point O.

Obtenir l'image du quadrilatère ABCD par la symétrie centrale de centre I.



#### Questions :

- Comment reconnaître l'image de A ? La nommer A'. Faire de même avec celles de B, C, et D.

- A quelle condition ce quadrilatère est-il invariant dans la symétrie centrale de centre I ?

### Activité I-3.1.1

### Document écrit de travail versus Réponses des stagiaires

Spécificités		Déplacement	Polygone	Segment	Droite	Symétrie Centrale	Nommer	Oracle des questions	Construction/ Dépendance entre les objets	Autre
S <sub>i</sub>	Explicite					X	X			
	Implicite	Déplacement2 Déplacement3	X	X	X			X	Const/Dépen1	
Réponses des stgs 10 binômes		Déplacement2 (3) Déplacement3 (6)	9	3	3	9	9	1	Const/Dépen1 (6)	Milieu (1)
S <sub>d-i</sub>	Explicite									
	Implicite									
Réponses des stgs										

Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer.

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

L'analyse des feuilles d'activités et des figures des stagiaires nous montre que pour la reconnaissance de l'image du point A, 3 binômes tracent la droite (AI) et affirment ne pas avoir utilisé le déplacement.

Un binôme, en n'utilisant toujours pas le déplacement, trace les segments [AM] où M est l'un des quatre sommets du quadrilatère image et trouve le sommet image en regardant si le centre de symétrie appartient à l'un des segments tracés. Ils vérifient en outre l'alignement du sommet-objet, du centre de symétrie et du sommet-image en utilisant l'Oracle Cabri.

Ainsi, quatre binômes sur dix n'utilisent pas le déplacement pour la reconnaissance du sommet image. En d'autres termes, seulement 6 binômes utilisent le « Déplacement 3 » pour la reconnaissance du sommet image.

Et dans les feuilles de travail, 3 binômes affirment utiliser uniquement le déplacement pour trouver l'image, et 2 binômes affirment avoir utilisé le déplacement et avoir également tracé la droite (AI).

Nous pensons que les stagiaires qui n'utilisent pas le déplacement pour cette tâche sont toujours dans le contrat de l'environnement papier-crayon. On peut également penser qu'ils ne se mettent pas en position d'enseignant, puisqu'ils utilisent des connaissances mathématiques que l'élève n'a peut-être pas pour tracer la droite (AI) et en conclure le sommet symétrique.

Ainsi, pour les stagiaires qui n'utilisent pas le déplacement pour cette tâche, on peut penser qu'ils n'ont pu constater aucun apport de Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon ; ou même qu'ils n'ont pas cherché à trouver un apport de Cabri, puisqu'ils pouvaient résoudre la tâche sans utiliser les spécificités de l'environnement informatique, et en restant dans le contrat de l'environnement papier-crayon.

Par conséquent nous pensons que, l'intervention du formateur sur la place du déplacement dans cette tâche (où il s'agit de constater la dépendance entre le point image et le point objet dans le déplacement) devient très importante, pour que les stagiaires puissent prendre conscience des apports de l'environnement Cabri.

Concernant la question sur les conditions pour que le quadrilatère soit invariant dans la symétrie centrale de centre I, l'analyse des réponses des stagiaires aux feuilles d'activités nous montre que seuls trois binômes proposent d'utiliser le déplacement pour trouver la condition dans laquelle le quadrilatère reste invariant dans la symétrie centrale de centre I.

Par contre, 6 binômes utilisent la propriété du milieu des diagonales. En effet, ils proposent de partir du fait qu'un quadrilatère possède un centre de symétrie si ses diagonales se coupent en leur milieu, pour arriver à la conclusion qu'il s'agit alors d'un parallélogramme. Ce raisonnement est en fait celui qu'on utiliserait pour la même tâche dans l'environnement papier-crayon.

Nous voyons donc que les stagiaires ne peuvent pas résoudre les tâches dans Cabri en se détachant de l'environnement papier-crayon. En effet, ils ne profitent pas des avantages impliqués par le déplacement dans la résolution de l'activité et préfèrent utiliser un raisonnement conforme à l'environnement papier-crayon où le déplacement est inexistant.

On peut penser que les stagiaires n'ont pas utilisé le déplacement pour la résolution de cette tâche, car le procédé de résolution utilisant le déplacement se situe au niveau spatio-graphique. Or, dans le contrat de l'environnement Cabri, un procédé de résolution utilisant uniquement des informations perceptives n'est pas recevable. On peut alors penser qu'ils ont essayé de résoudre la tâche en utilisant des propriétés géométriques conformément à un raisonnement du contrat habituel de l'environnement papier-crayon, et ainsi ont essayé de en faire de sorte que la tâche ne se situe pas uniquement au niveau spatio-graphique.

Par conséquent, nous faisons l'hypothèse que les stagiaires étaient déstabilisés par le changement de contrat sur l'usage des informations spatio-graphiques dans cette tâche, comme nous l'avons dit dans l'analyse des activités du document écrit.

Ceci nous montre encore une fois l'importance des interventions du formateur pendant les moments de mise en commun, concernant le changement de contrat qu'il peut y avoir quand on utilise un nouvel outil.

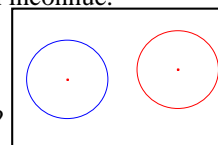
### Activité I-3.1.2

#### I-3.1.2 Tâche dans Cabri

Ouvrir le fichier « Cercles ». Le cercle rouge est image du bleu dans une transformation inconnue. A vous de la déterminer.

#### Questions :

- Décrire votre recherche ci-dessous.
- Quelles connaissances sont mises en jeu dans cette identification de la transformation ?
- Quelles validations apporte le logiciel ?



#### Activité I-3.1.2

#### Document écrit de travail versus Réponses des stagiaires

Spécificités		Déplacement	Cercle	Droite	Droite perpendiculaire	Vecteur	Médiatrice	Rotation	Translation	Symétrie Centrale	Symétrie Axiale	Mesure d'angle	Trace	Boîte Noire	Construction/ Dépendance entre les objets	Autre
<b>S<sub>i</sub></b>	Explicite															
	Implicite	Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Boîte Noire1 Boîte Noire2	Const/ Dépen1	
<b>Réponses des stgs 10 binômes</b>		Déplacement1 (2)+( ? ) Déplacement2 (8) Déplacement3 (6)	6	1		1	7	1	1	2	2	2		Boîte Noire1 (2) Boîte Noire2 (9)	Const/ Dépen1 (3)	Compas (1) Segment (4) Milieu (1)
<b>S<sub>a-i</sub></b>	Explicite															
	Implicite	Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3						X	X	X	X	X	X	Boîte Noire2	Const/ Dépen1	
<b>Réponses des stgs 2 binômes</b>							1	2								

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement

Boîte Noire 1 : Reproduction d'une figure dans Cabri dont on ne sait pas comment elle a été construite

Boîte Noire 2 : Emettre des hypothèses sur une configuration et les valider ou invalider soit avec le déplacement soit avec des constructions

L'analyse des figures des stagiaires nous montre que seulement 3 binômes de stagiaires construisent une figure résistante au déplacement pour cette activité. 4 binômes de stagiaires laissent l'activité non résolue ; et 3 binômes construisent une figure non-résistante au déplacement.

Les réponses des stagiaires à la question « Décrire votre recherche ci-dessous » donne plus de détails au niveau des savoirs  $S_m$  et  $S_i$  concernant leur recherche.

Nous constatons dans les réponses des stagiaires que 8 binômes affirment avoir procédé par élimination des isométries dans le plan, en utilisant le déplacement. En outre, 6 binômes affirment avoir utilisé le déplacement pour constater les invariants de la configuration.

D'après l'analyse des figures et des feuilles de travail, tous les stagiaires trouvent qu'il s'agit d'une rotation.

En effet, pour cette activité, c'est plutôt le centre et l'angle de rotation qui semblent avoir généré des difficultés pour les stagiaires. 5 binômes sur 10 n'indiquent pas d'avoir cherché le centre et l'angle de rotation. 2 binômes affirment avoir cherché, mais ne pas avoir trouvé le centre de rotation. Et seulement 3 binômes affirment avoir trouvé le centre et l'angle de rotation et relatent leurs démarches.

On peut alors penser que le faible usage du « Déplacement 1 » dans cette activité peut venir du fait que les stagiaires n'ont pas construit, ou n'ont pas cherché à construire l'emplacement du centre de rotation. Par conséquent, le fait d'évoquer ce type de déplacement pour valider ou invalider devient inutile puisque, soit ils n'ont pas du tout construit le centre, soit ils ont construit un centre qui ne résistait pas au déplacement.

Alors que concernant le « Déplacement 2 » et le « Déplacement 3 », nous constatons un fort usage de la part des stagiaires que nous avons prévu dans l'analyse de l'activité. En effet pour cette tâche, il n'y a aucun autre moyen de stratégie de solution que de déplacer pour faire des conjectures sur la transformation inconnue, et d'utiliser le déplacement pour constater les éléments de la configuration qui restent invariants dans le déplacement.

De plus, nous voyons dans les réponses des stagiaires qu'aucun ne pense à utiliser l'outil « Trace » pour cette activité, comme nous l'avions également prévu dans l'analyse de l'activité. Nous pensons que ceci vient du fait que les stagiaires ne connaissaient pas suffisamment cet outil de Cabri.

En outre, dans les feuilles d'activités, aucun stagiaire ne précise les programmes et le niveau collègue donné dans cette tâche, pour justifier que c'est une isométrie ; mais tous les stagiaires utilisent le fait que l'image d'un cercle soit un cercle. On peut alors penser que les stagiaires résolvent la tâche en se mettant en position d'étudiants, et mobilisent des connaissances plutôt au niveau du savoir  $S_m$  qu'au niveau du savoir  $S_{d-m}$ .

En effet, on remarque que les stagiaires ont du mal à se mettre en position d'enseignant malgré les questions qui leur sont posées : « Quelles connaissances sont mises en jeu dans cette identification de la transformation ? » et « Quelles validations apporte le logiciel ? ». Nous constatons que 8 binômes sur 10 ne répondent pas à ces deux questions. Deux binômes seulement répondent à la question concernant les connaissances mises en jeu, en citant uniquement les points invariants par la rotation et les propriétés des médiatrices, sans plus de précision.

Ainsi, nous voyons que les stagiaires répondent facilement aux questions concernant le savoir  $S_m$  et le savoir  $S_i$ , mais qu'ils préfèrent ne pas répondre aux questions didactiques.

Cette absence de réponses chez les stagiaires aux questions didactiques pour cette activité peut provenir du fait que l'activité précédente ne comporte pas de question didactique, mais aussi du changement de contrat concernant le travail sur le spatio-graphique et sur le géométrique par rapport à l'environnement mentionné ci-dessus.

### Activité I-4.1

#### I-4.1 Parallèle sans parallèle

Créer un point P et une droite d ne passant pas par P. Construire une droite parallèle à d passant par P sans utiliser l'outil perpendiculaire, ni parallèle.

#### Questions :

- Quelles connaissances font intervenir ces stratégies de solution ?
- Dans quel type de tâches en papier crayon peut-on retrouver ces connaissances ?

#### Activité I-4.1

#### Document écrit de travail vs Réponses des stagiaires

Spécificités		Déplacement	Cercle	Droite	Segment	Vecteur	Médiatrice	Translation	Symétrie Centrale	Milieu	Compas	Oracle des questions	Construction/ Dépendance entre les objets	Autre
<b>S<sub>i</sub></b>	Explicite			X										
	Implicite	Déplacement1	X		X	X	X	X	X	X	X	X	Const/ Dépen3	
<b>Réponses des stgs</b> 10 binômes / 19 figures		Déplacement1 (?)	8	19	9	5	2	3	5	7	3	6		Somme de 2 vecteurs (2) Nombre (1) Homothétie (1)
<b>S<sub>d-i</sub></b>	Explicite													
	Implicite	Déplacement1						X	X			X	Const/ Dépen3	
<b>Réponses des stgs</b> 6 binômes								1					Const/Dépend3 (4)	Somme de 2 vecteurs

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Par les réponses des stagiaires dans les feuilles de travail, nous constatons que les stratégies affirment plus les procédés de construction utilisables dans l'environnement papier-crayon et dans l'environnement Cabri (procédés : 2.a, 2.b, 2.c et 2.d de l'analyse a priori) que les procédés pouvant être utilisés que dans l'environnement Cabri (procédés : 1.a, 1.b et 1.c).

En effet, les réponses des stagiaires aux questions montrent que le procédé de construction 2.d (Construire un parallélogramme à partir de ses deux côtés) est cité 5 fois par les stagiaires. Les procédés 2.c (Construire un parallélogramme à partir de ses diagonales) et 1.a (Utiliser une translation de vecteur  $v$ ) sont cités par 3 binômes. Le procédé 1.b (Utiliser une symétrie centrale) est cité par 2 binômes. Et, les procédés 2.a (Utiliser que des cercles) et 2.b (Utiliser l'outil « médiatrice ») sont cités une seule fois.

En outre, nous avons remarqué l'utilisation de deux procédés de construction que nous n'avons pas prévus dans l'analyse a priori. Le premier est la construction d'une droite perpendiculaire en utilisant « somme de deux vecteurs ». Ce premier procédé est utilisé par deux binômes. Et le deuxième procédé concerne l'utilisation de l'outil « homothétie » dont un binôme s'est servi pour la construction de la droite parallèle.

En effet, dans l'analyse a priori nous n'avions pas prévu l'usage des outils « somme de deux vecteurs » et « homothétie » car d'une part, ce sont des outils qui ne sont pas connus des stagiaires et d'autre part, ce sont des outils difficiles à utiliser. Nous avons été conduit à penser que les stagiaires n'avaient pas suffisamment de connaissances au niveau du savoir  $S_i$  pour utiliser ces deux outils. Or, nous avons constaté par les réponses des stagiaires qu'ils ont quand même pensé à utiliser ces deux outils.

Concernant les questions au niveau du savoir didactique posé aux stagiaires, un binôme seulement ne donne pas de réponse. Or, 6 binômes fournissent une réponse ne faisant pas référence au savoir didactique. En effet, ces 6 binômes rédigent leur propre procédé de construction au lieu de répondre aux questions posées.

Ainsi l'on peut penser que les stagiaires ont été influencés par les trois précédentes activités où on leur demandait d'écrire leur recherche. De plus, il leur est plus facile de faire une description de ce qu'ils ont fait que de mener une réflexion au niveau des savoirs  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$ . Ainsi, on peut penser que pour éviter les questions au niveau du savoir didactique tout en ne laissant pas vide la case prévue pour leur réponse, les stagiaires ont fait le choix de répondre à la question des trois activités précédentes décrivant leur procédé de construction.

Les réponses à la question « Quelles connaissances font intervenir ces stratégies de solution ? » restent plutôt uniformes. En effet, on constate que 3 binômes donnent à cette question des réponses liées aux propriétés et à la construction d'un parallélogramme ; et seulement un binôme donne une réponse liée aux connaissances utilisées pour la translation.

Or l'analyse des figures des stagiaires nous montre que 8 binômes ont utilisé au moins une transformation pour effectuer la construction de la droite parallèle, et seulement deux binômes citent les transformations comme des connaissances utilisées. Ceci peut venir du fait que les stagiaires n'ont pas considéré qu'ils utilisaient des propriétés liées aux transformations car contrairement à l'environnement papier-crayon, ils obtenaient l'image de la droite automatiquement sans effectuer des étapes de construction en utilisant les outils de Cabri. Ainsi, pour eux, comme il n'y avait pas de construction utilisant des propriétés géométriques, les transformations ne faisaient pas partie des connaissances utilisées pour effectuer la construction de la droite parallèle. Ce dernier nous montre que les stagiaires n'ont pas pu effectuer une analyse au niveau du savoir didactique pour dégager que si un élève utilise une transformation pour obtenir une droite parallèle, c'est qu'il mobilise des connaissances concernant les propriétés de cette transformation qui lui permettent de déduire qu'il obtiendra une droite parallèle.

Concernant la question « Dans quel type de tâches en papier crayon peut-on retrouver ces connaissances ? » ; seulement 3 binômes répondent en donnant une réponse liée aux tâches de construction en papier-crayon à la règle et au compas.

Nous constatons ainsi que lorsque les questions font intervenir des connaissances sur le plan  $S_{d-m}$  ou sur le plan  $S_{d-i}$ , les stagiaires restent très réticents. En effet, la moitié des stagiaires préfèrent attendre la mise en commun sur des questions didactiques pour cette tâche que de rédiger une réflexion qui leur appartienne.

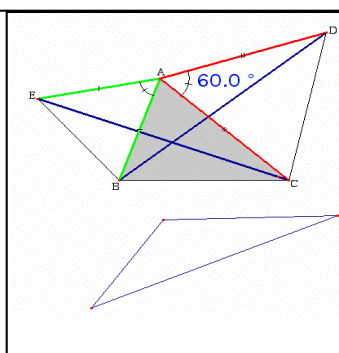
## Activité I-5

### I-5. Cas d'isométrie et transformations en Seconde

Construire un triangle ABC. Construire les triangles équilatéraux EBA et ACD de sens direct. Un exercice classique de Seconde consiste à montrer que l'angle des droites (EC) et (BD) est de  $60^\circ$ .

Cabri-Géomètre permet de construire un triangle TUV direct isométrique au triangle AEC qui sert de gabarit. Il est tel que l'on peut déplacer en translation par l'un de ses sommets T. On peut de plus faire tourner un de ses côtés autour de T. Pour le construire, créer un point T dans l'écran puis construire le côté TU isométrique à AE. Terminer ensuite le triangle TUV.

**Question** : quel usage faire de ce gabarit dans l'apprentissage de la résolution du problème cité ci-dessus ?



### Activité I-5

### Document écrit de travail versus Réponses des stagiaires

Spécificités		Déplacement	Cercle	Triangle	Segment	Compas	Rotation	Nommer	Marquer un angle	Mesure d'angle	Cacher Montrer	Construction/ Dépendance entre les objets	Autre
<b>S<sub>i</sub></b>	Explicite	Déplacement3		X				X					
	Implicite	Déplacement1	X		X	X			X	X	X	Const/ Dépen3	
<b>Réponses des stgs</b> 9 binômes		Déplacement1 (?) Déplacement3 (?)	9	9	3	9		9	2	1	9		Droite (8) Médiatrice (1) Polygone (2) Distance/ Longueur (1)
<b>S<sub>d-i</sub></b>	Explicite												
	Implicite	Déplacement1 Déplacement2					X			X			
<b>Réponses des stgs</b> 5 binômes		Déplacement2 (4)					5			5			

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Constr/Dépend. 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Nous constatons par l'analyse des figures des stagiaires, au niveau du savoir  $S_i$ , que deux binômes utilisent l'outil « Polygone » pour créer des triangles. C'est peut être dû aux connaissances mathématiques des stagiaires pour qui un triangle est un polygone à trois côtés.

De plus, nous remarquons que les stagiaires ne se mettent pas sous la contrainte de la conformité de construction dans Cabri au dessin fourni en papier-crayon dans le document, contrairement ce que nous avons prévu dans l'analyse a priori.

Par exemple, les stagiaires tracent les droites (EC) et (BD) dans Cabri, alors que dans le dessin papier-crayon se sont les segments [EC] et [BD] qui sont tracés. Un autre exemple est la non utilisation des outils « Mesure d'angle » et « Marquer un angle » par les stagiaires. Seul un binôme utilise « Mesure d'angle » et deux binômes utilisent l'outil « Marquer un angle »



de Cabri ; alors que dans le dessin fourni, les angles EAB et ACD sont marqués et l'angle ACD est affiché à la mesure de 60 degrés. Or, les stagiaires avaient à utiliser les outils « Marquer un angle » et « Mesure d'angle » pendant les séance de formation « Initiation Cabri » ; nous ne pouvons donc pas dire que le non usage de ces outils soit lié à une manque de connaissances au niveau du savoir  $S_i$ .

Par contre, tous les stagiaires qui effectuent la construction dans Cabri fournissent une figure dont le comportement dynamique est conforme à celui décrit dans l'énoncé de l'activité. Ceci nous conduit à faire l'hypothèse que tous les stagiaires ont utilisé le déplacement pour constater que leur figure se déplaçait bien, comme c'est décrit dans l'activité.

Ainsi, on peut dire que le fait de donner le comportement dynamique d'une figure que les stagiaires doivent de construire, les conduit à utiliser davantage le déplacement.

En ce qui concerne les réponses des stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$  dans les feuilles de travail pour cette activité, malgré le fait que 9 binômes sur 10 aient construit la figure dans Cabri, seul 5 binômes répondent à la question au niveau du savoir didactique sur les usages possibles du gabarit dans l'apprentissage. Nous constatons que les stagiaires font des remarques pour cette activité au niveau du savoir  $S_{d-m}$ , en reliant les triangles isométriques à la rotation par le déplacement du gabarit construit. On peut penser que l'intitulé de l'activité « cas d'isométrie et transformations en seconde » a peut-être influencé les réponses des stagiaires. En revanche, le fait que 4 binômes sur 5 citent le déplacement dans leurs réponses montre que les stagiaires ont pris en compte l'importance du déplacement pour cette activité.

Mais une analyse au niveau du savoir  $S_{d-i}$  sur l'apport de l'usage de la géométrie dynamique qui fait intervenir la déformation du triangle ABC, reste absente des réponses des stagiaires. En effet, les stagiaires citent dans leurs réponses le déplacement du gabarit TUV, mais aucun stagiaire n'évoque un quelconque déplacement du triangle ABC où celui-ci étant déformable, le gabarit TUV reste valable pour n'importe quel triangle dans l'environnement Cabri.

Les éléments précédents nous laisse penser que le fait de demander aux stagiaires une figure dont le comportement dynamique est donné favorise l'usage du déplacement chez les stagiaires.

## Activité II-1

### II-1. A l'aide du théorème de Thalès

Afficher les axes. Créer le point d'abscisse 1 sur l'axe Ox, le point d'abscisse 1 sur l'axe Oy. Créer un point variable sur l'axe Ox d'abscisse x.

1) Comment construire le point d'ordonnée x sur l'axe Oy en utilisant le théorème de Thalès ?

2) Avec l'outil Trace ou Lieu, obtenir le graphe de la fonction  $y = x$ .

3) Soit a un nombre réel donné. Obtenir le graphe de la fonction  $y = a/x$  en utilisant le théorème de Thalès.

Intérêts de l'usage de Cabri

### Activité II-1

### Document écrit de travail versus Réponses des stagiaires

Spécificités		Déplacement	Droite	Cercle	Droite perpendiculaire	Droite parallèle	Compas	Report de mesure	Lieu	Coord. ou équation	Nombre	Trace	Axes	Cacher Montrer	Construction/ Dépendance entre les objets	Autre
<b>S<sub>i</sub></b>	Explicite								X			X	X			
	Implicite		X	X	X	X	X	X		X	X			X	Const/ Dépen1 Const/ Dépen3	
<b>Réponses des stgs 10 binômes</b>		(?)	10		4	10		7	9	4	7	?	10	6	Const/ Dépen1 (?)	Milieu (2) Conique (4) Texte (1)
<b>S<sub>d-i</sub></b>	Explicite															
	Implicite	Déplacement3						X	X	X		X			Const/ Dépen1 Const/ Dépen3	
<b>Réponses des stgs 10 binômes</b>		Déplacement3 (5)							4	1		2			Const/ Dépen1 (5)	Conique (1)

**Déplacement 3** : Déplacer pour constater

**Constr/Dépend 1** : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

**Constr/Dépend 3** : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Nous constatons à travers les figures construites par les stagiaires que, au niveau du savoir  $S_i$ , trois binômes sur dix construisent le point 1 sur les axes au jugé, sans utiliser l'outil « Report de mesure » ; donc non résistant au déplacement.

De plus, nous remarquons que l'outil « Cacher/Montrer » n'est utilisé que par 6 binômes. Nous pouvons alors penser que les stagiaires ne se soumettent pas trop aux contraintes esthétiques concernant leur construction.

Toujours au niveau du savoir  $S_i$ , nous voyons que 4 binômes utilisent l'outil « Coord. ou équation », malgré le fait qu'ils ne connaissent pas cet outil par explicitation du formateur ni dans la formation « Initiation Cabri » ni dans la formation « Géométrie Dynamique ». Par contre nous remarquons que les stagiaires, au lieu de demander l'équation du lieu directement, tracent le conique passant par cinq points créés sur le lieu afin de demander l'équation du conique. Ceci peut être parce qu'ils n'étaient pas au courant qu'il est possible de demander directement l'équation d'un lieu.

En outre, les stagiaires utilisent l'outil « Droite parallèle » plutôt que l'outil « Droite perpendiculaire », pour la construction des projections orthogonales. En effet, ceci peut être parce qu'ils avaient à utiliser l'outil « Droite parallèle » dans cette activité, mais aussi parce qu'au niveau du savoir  $S_m$ , ils savent que ces deux outils donnent la même construction.

Au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , nous remarquons à travers les réponses des stagiaires que tous les binômes citent « le lien entre les fonctions et les constructions géométriques » concernant la question sur les intérêts de l'usage de Cabri. Nous pensons que nous avons trouvé cette réponse chez tous les stagiaires, parce que le titre de la feuille de travail de l'activité est « Lien entre domaines numériques et géométriques ».

Nous constatons également que la moitié des stagiaires évoquent un intérêt de Cabri lié au déplacement au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . Il s'agit de la visualisation, par le déplacement, de la dépendance de  $f(x)$  à  $x$ . Or, dans l'énoncé de cette activité il n'y a aucune mention explicite du déplacement ni au niveau du savoir  $S_i$ , ni au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . Par conséquent, nous pouvons faire l'hypothèse que les stagiaires ont utilisé le déplacement d'eux-mêmes, afin de pouvoir faire une réflexion au niveau du savoir  $S_{d-i}$  concernant les intérêts de l'usage de Cabri.

### **Activité III-1**

#### **III-1. Losange**

Construire un losange à partir de deux sommets consécutifs A et B en utilisant uniquement l'outil "cercle". Observer le comportement du losange en déplaçant les points déplaçables.

#### **Activité III-1**

#### **Document écrit de travail versus Réponses des stagiaires**

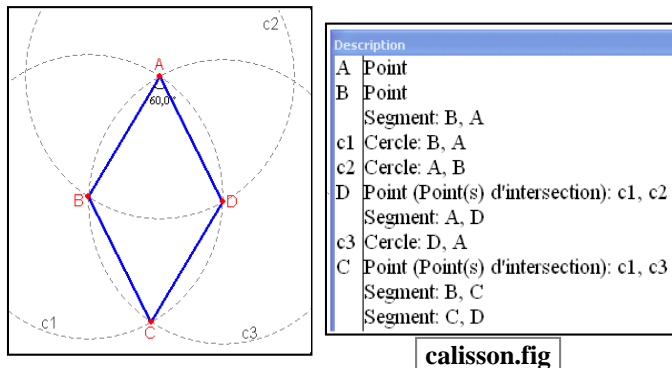
Spécificités		Déplacement	Segment	Polygone	Cercle	Nommer	Cacher Montrer	Construction/ Dépendance entre les objets	Autre
<b>S<sub>i</sub></b>	Explicite	Déplacement3			X	X			
	Implicite	Déplacement1	X	X			X	Const/Dépen1	
<b>Réponses des stgs</b> 10 binômes / 5 figures		Déplacement3 (9) Déplacement1 (4)	2	4	5	4	2	Const/Dépen1 (6)	Droite (1) Distance/Long (1)

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Constr/Dépend. 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

L'analyse des figures et des enregistrements audio des stagiaires nous a permis de repérer une difficulté des stagiaires que nous situons au niveau du savoir  $S_i$ . En effet, nous avons constaté que les stagiaires rencontraient une difficulté pour la construction d'un losange dans Cabri. En effet, 2 binômes sur 5 se retrouvaient avec un calisson (losange ayant un angle de  $60^\circ$ ) en imposant à D non seulement  $AD=AB$ , mais aussi  $= BD$ .



« **Formateur** : Alors, comment est-ce qu'il va votre losange quand il bouge... ?

**Ezéchiél** : ... Mais ce qui m'embête, là, de ce que j'ai fait comme losange...

Je crois que je n'ai pas fait un bon losange...

Regarde... Il a un problème mon losange !

**Gilles** : Pourquoi ?

**Ezéchiél** : J'ai dû oublier un truc.

Il est un peu trop parfait mon losange !

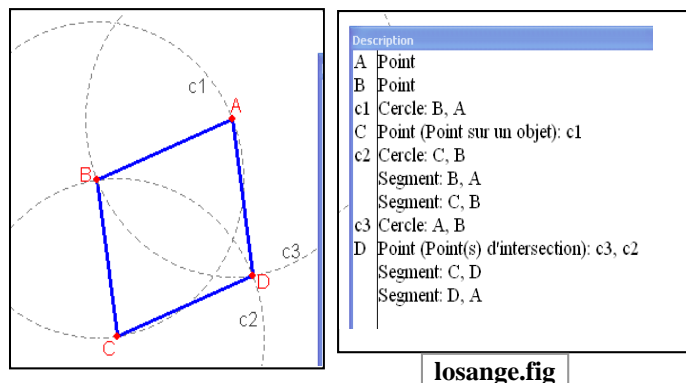
**Gilles** : Pourquoi trop parfait ?

**Formateur** : Ah, vous avez fait un calisson !

**Ezéchiél** : J'ai fait un calisson ?... »

En effet, nous pensons que les stagiaires sont confrontés à une telle construction car ils veulent construire les deux sommets C et D à partir des sommets A et B, en utilisant des cercles, sans laisser un degré de liberté à C.

Restreints par la contrainte de l'utilisation de l'outil cercle, ils ne pensent pas à créer un point sur un cercle qui semble ne dépendre directement ni de A, ni de B. Par conséquent, en n'utilisant que les deux sommets consécutifs et l'intersection des cercles possible, on ne peut construire qu'un calisson, mais pas un losange général.



Nous faisons l'hypothèse que les stagiaires n'auraient pas été confrontés à une telle difficulté pour la même construction dans l'environnement papier-crayon. Car dans l'environnement Cabri, ils utilisent les cercles, au lieu des arcs de cercles utilisés dans l'environnement papier-crayon ; cet usage de l'outil « Cercle » dans Cabri induit la visualisation de toutes les intersections possibles des éléments de la figure et du cercle construit. Ce qui fait, d'après nous, que les stagiaires choisissent le point d'intersection des deux cercles dans Cabri au lieu de définir un point sur le cercle. Or dans l'environnement papier-crayon, ce point d'intersection n'existerait pas avec des arcs de cercles.

En outre, nous constatons dans les réponses des stagiaires qu'ils effectuent une analyse de la figure au niveau du savoir  $S_i$ . En effet, dans leurs réponses, 9 binômes sur 10 font intervenir la dépendance entre les objets dans le déplacement. 4 binômes affirment avoir utilisé le déplacement pour valider leurs constructions. De plus, 6 binômes analysent la dépendance entre les points de base et les objets construits.

Nous voyons ainsi que pour les stagiaires, une analyse au niveau du savoir  $S_i$  est envisagée, dans laquelle le déplacement tient une place centrale.

En effet, dans les réponses des stagiaires, l'activité III-1 est la seule activité où le déplacement ait une place centrale. Ceci peut venir du fait que c'est la seule activité qui se situe uniquement au niveau du savoir  $S_i$  et qu'il est demandé explicitement dans l'énoncé de l'activité, d'observer le comportement dynamique de la figure.

On peut alors penser que pour les activités qui portent sur un type de savoir (comme l'activité III-1 qui porte uniquement sur le savoir  $S_i$ ), les stagiaires arrivent mieux à mener une réflexion concernant les spécificités de Cabri.

## II.4. Résultats de l'analyse des réponses et des figures des stagiaires

Nous synthétisons, dans le tableau ci-dessous l'apparition des spécificités « Déplacement », « Construction/Dépendance entre les objets » et « les outils à destination didactique » dans les réponses et dans les constructions des stagiaires ainsi que leur potentialité dans le document écrit.

### DOCUMENT ECRIT D'ACTIVITES versus REPNSES DES STAGIAIRES

Géométrie Dynamique - PLC2		Document écrit d'activités		Réponses des stagiaires	Document écrit d'activités		Réponses des stagiaires
Spécificités	Activité No	S <sub>i</sub>		* nombre de binômes S <sub>i</sub>	S <sub>d-i</sub>		* nombre de binômes S <sub>d-i</sub>
		Explicite	Implicite		Explicite	Implicite	
Déplacement	Activité I-2.1 & I-2.2	Déplacement1		Déplacement1	Déplacement1		Déplacement1 (4) / 7
	Activité I-2.4	Déplacement3	Déplacement1 Déplacement2	Déplacement1 Déplacement2 (4) / 10 Déplacement3 (1) / 10	Déplacement2 Déplacement3		Déplacement2 (3) / 10
	Activité I-3.1.1	Déplacement2 Déplacement3		Déplacement2 (3) / 10 Déplacement3 (6) / 10			
	Activité I-3.1.2	Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3		Déplacement1 (2) Déplacement2 (8) / 10 Déplacement3 (6) / 10	Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3		0 / 2
	Activité I-4.1	Déplacement1		Déplacement1	Déplacement1		0 / 6
	Activité I-5	Déplacement3	Déplacement1	Déplacement1 Déplacement3	Déplacement1 Déplacement2		Déplacement2 (4) / 5
	Activité II-1				Déplacement3		Déplacement3 (5) / 10
	Activité III-1	Déplacement3	Déplacement1	Déplacement1 (4) / 10 Déplacement3 (9) / 10			

Construction/ Dépendance entre les objets	Activité I-2.1 & I-2.2		Const/Dépen3	Constr/Dépen3		Constr/Dépen3	Const/Dépen3 (5) / 7
	Activité I-2.4	Const/Dépen3	Const/Dépen1	Const/Dépen1 (1) + (?) / 10 Const/Dépen3 (1) + (?) / 10		Const/Dépen1 Const/Dépen3	Const/Dépen3 (1) / 10
	Activité I-3.1.1		Const/Dépen1	Const/Dépen1 (6) / 10			
	Activité I-3.1.2		Const/Dépen1	Const/Dépen1 (3) + (?) / 10		Const/Dépen1	0 / 2
	Activité I-4.1		Constr/Dépen3	Constr/Dépen3		Constr/Dépen3	Constr/Dépen3 (4) / 6
	Activité I-5		Constr/Dépen3				
	Activité II-1		Const/Dépen1 Const/Dépen3	Const/Dépen1		Const/Dépen1 Const/Dépen3	Const/Dépen1 (5) / 10
	Activité III-1		Const/Dépen1	Const/Dépen1 (6)			
	Symétrie axiale	Activité I-3.1.2		X	2 Act I-2.1&2 (1)		X
Macro							
Historique							
Config. des outils							
Boîtes Noires	Activité I-2.4	Boîte Noire1	Boîte Noire2	Boîte Noire1 (4) / 10 Boîte Noire2 (7) / 10		Boîte Noire1 Boîte Noire2	Boîte Noire2 (4) / 10
	Activité I-3.1.2		Boîte Noire1 Boîte Noire2	Boîte Noire1 (2) / 10 Boîte Noire2 (9) / 10		Boîte Noire2	0 / 2

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement

Constr/Dépend 2 : Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Boîte Noire 1 : Reproduction d'une figure dans Cabri dont on ne sait pas comment elle a été construite

Boîte Noire 2 : Emettre des hypothèses sur une configuration et les valider ou invalider soit avec le déplacement soit avec des constructions

Nous constatons d'après ce tableau que le déplacement reste toujours très faible chez les stagiaires. Au niveau du savoir  $S_i$ , les stagiaires utilisent beaucoup plus les constructions que le déplacement. Notamment concernant le « Déplacement 1 », nous avons constaté chez les stagiaires une très faible instrumentation du déplacement pour valider ou invalider.

En effet, les stagiaires utilisent très peu le « Déplacement 1 » au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_m$  pour résoudre des tâches mathématiques ; mais nous observons également qu'ils le citent très peu au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , dans leurs réponses à des questions didactiques posées.

Concernant le « Déplacement 2 » et le « Déplacement 3 », nous constatons que malgré le fait que les stagiaires utilisent ces types de déplacements pour résoudre des tâches mathématiques, ils mènent très peu de réflexion sur les apports du déplacement au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

En effet, on note ce manque de réflexion au niveau du savoir  $S_{d-i}$  également pour la spécificité « boîte noire », où les stagiaires résolvent l'activité de type « boîte noire » dans Cabri, mais ne font pas de réflexion sur le plan didactique de la spécificité qu'ils ont utilisée.

Dans le tableau suivant, nous ajoutons les informations sur les réponses des stagiaires au tableau que nous avons construit pour l'analyse des activités du document écrit.

Nous avons utilisé une police normale pour indiquer les potentialités des activités que nous avons repérées dans l'analyse du document écrit ainsi que pour indiquer les questions posées aux stagiaires; et nous avons utilisé une police plus grande et en gras pour indiquer les réponses et les réflexions des stagiaires concernant l'activité en question.

Potentialités des activités proposées dans le document écrit / **Réponses des stagiaires**

	<b>Potentialités (principales) de l'activité proposée aux stagiaires</b>				Questions posées aux stagiaires / Réponses				Autres remarques concernant l'activité
	<b>S<sub>m</sub></b>	<b>S<sub>i</sub></b>	<b>S<sub>d-m</sub></b>	<b>S<sub>d-i</sub></b>	<b>S<sub>m</sub></b>	<b>S<sub>i</sub></b>	<b>S<sub>d-m</sub></b>	<b>S<sub>d-i</sub></b>	
<b>Activité I-2.1 &amp; I-2.2</b>	Propriétés géométriques définissant une droite tangente permettant de construire la tangente à un cercle	Résistance d'une figure au déplacement dans Cabri  <b>Figure non résistante au déplacement</b> <b>3 binômes/9</b>	- Procédé de construction utilisant des informations spatio-graphiques peut aboutir à un dessin recevable en papier-crayon - Manque de rétroaction en papier-crayon pour indiquer son erreur à l'élève	- Procédé de construction utilisant des informations spatio-graphiques est rejeté par l'environnement à travers la non-résistance au déplacement - Rétroactions dans Cabri sont suffisantes pour indiquer à l'élève son erreur et pour lui permettre d'avancer	-	-	Connaissances utilisées en papier-crayon <b>Usage de la perception (la tangente touche le cercle)</b> + Nature des contrôles <b>Visuels</b>	Connaissances utilisées dans Cabri <b>Usage des propriétés géométriques</b> + Nature des contrôles <b>Oracle</b> <b>3 binômes/9</b> <b>Déplacement</b> <b>4 binômes /9</b>	
<b>Activité I-2.4</b>	Points remarquables d'un triangle	Activités de type « boîte noire » (indiqué dans l'énoncé)	Interprétation des positions spatio-graphiques des points remarquables en termes géométriques	- Usage du déplacement pour faire des conjectures sur les points remarquables - Usage du déplacement pour valider/invalidiser les hypothèses émises sur les points - Usage du déplacement pour constater les liens de dépendance entre le triangle et le point remarquable	Description du procédé de résolution de la question élève <b>Déplacement pour faire des conjectures</b> <b>3 binômes/10</b> <b>Construction des droites remarquables</b> <b>4 binômes/10</b> <b>Construction</b> + <b>Déplacement</b> <b>3 binômes/10</b> <b>Oracle pour valider</b>	-	-	Apports de Cabri <b>Déplacer pour conjecturer</b> <b>(2 binômes)</b> <b>Déplacer pour valider</b> <b>(4 binômes)</b> <b>Déplacer pour débloquer l'élève</b> <b>(1 binôme)</b> <b>Visualisation d'une multitude de figures</b> <b>(2 binômes)</b>	Rupture de contrat par rapport à la lecture des informations spatiales sur le dessin (pour les interpréter géométriquement) <b>La place de l'usage du déplacement pour faire des conjectures dans une boîte noire n'est pas acquise par les stagiaires</b>  <b>Boîte noire ratée</b>



<p><b>Activité I-3.1.1</b></p>	<p>- Dépendance de la figure-image de la figure-objet dans une transformation - Quadrilatères qui possèdent un centre de symétrie</p>	<p>Usage du déplacement pour faire des conjectures</p>	<p>- Apprentissage de la dépendance entre un point et son image dans une transformation - Apprentissage des quadrilatères invariants dans une symétrie centrale</p>	<p>- Usage du déplacement pour mettre en évidence cette dépendance entre un point et son image - Cabri constituant un champ d'expérimentation pour rechercher les quadrilatères invariants dans une symétrie centrale</p>	<p>Questions de l'activité élève <b>Déplacement pour conjecturer 3 binômes/10</b> <b>Constructions 6 binômes/10</b></p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<p>- <b>Pas d'apport de Cabri pour les 6 binômes qui résolvent la tâche à travers des constructions sans effectuer un déplacement</b></p>	<p>Rupture de contrat : le travail de l'élève se situe purement au niveau perceptif en utilisant le déplacement <b>Déstabilisation des stagiaires par cette rupture : pas de recherche en utilisant le déplacement mais un raisonnement conforme à l'environnement papier-crayon en utilisant des propriétés géométriques pour faire des constructions (6 binômes)</b></p>
<p><b>Activité I-3.1.2</b></p>	<p>Invariants d'une transformation</p>	<p>- Usage du déplacement pour faire des conjectures - Usage du déplacement pour constater les invariants d'une configuration - Activité de type « boîte noire » (non indiqué dans l'énoncé)</p>	<p>Identification d'une transformation à partir de ses invariants</p>	<p>- Présentation d'une transformation comme une boîte noire</p>	<p>Description du procédé de résolution de la question élève <b>Déplacer pour conjecturer 8 binômes/10</b> <b>Déplacer pour constater les invariants 6 binômes/10</b></p>	<p>-</p>	<p>Connaissances mises en jeu <b>Invariants de la rotation et propriétés de la médiatrice (2 binômes)</b></p>	<p>Apports de Cabri au niveau des validations --</p>	<p><b>Aucune référence au déplacement dans les réponses aux questions didactiques</b> <b>Boîte noire réussie au niveau des savoirs <math>S_i</math> et <math>S_m</math></b> <b>Boîte noire ratée au niveau des savoirs <math>S_{d-i}</math> et <math>S_{d-m}</math></b></p>

<b>Activité I-4.1</b>	Construction d'une droite parallèle	Usage des macros pour construire une parallèle	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usage par l'élève des propriétés géométriques pour construire une parallèle</li> <li>- Usage des connaissances liées aux propriétés du parallélogramme en papier-crayon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possibilité de l'usage non coûteux par l'élève des transformations pour construire une parallèle dans Cabri</li> <li>- Usage des connaissances liées aux propriétés des transformations dans Cabri</li> </ul>	<p>-</p> <p><b>6 binômes décrivent leur procédé alors que ce n'est pas demandé</b></p> <p><b>8 binômes utilisent au moins une transformation dans leur construction</b></p>	-	Connaissances mises en jeu <b>Propriétés du parallélogramme (3 binômes)</b> <b>Transformations (1 binôme)</b> + Types de tâche où ces connaissances interviennent en papier-crayon <b>Constructions à la règle et au compas (3 binômes)</b>	-	-
<b>Activité I-5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cas d'isométrie des triangles</li> <li>- Rotation</li> </ul>	Construction d'une figure dont le comportement dynamique est donné	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permettre aux élèves de relier les cas d'isométrie des triangles et la rotation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La configuration est valable sur un ensemble de dessins à travers le déplacement</li> <li>- Possibilité d'effectuer une validation à travers l'usage de la rotation</li> </ul>	-	Construction d'une figure dont le comportement dynamique est donné <b>9 binômes</b>	Usage didactique <b>Relier les cas d'isométrie à la rotation (4 binômes)</b>	- <b>Pas de réflexion au niveau S<sub>d-i</sub></b>	

<b>Activité II-1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Graphe comme lieu de points</li> <li>- Graphe comme trajectoire d'un point</li> <li>- Dépendance de la variation de x et de y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usages des outils « Trace » et « Lieu » pour tracer le graphe d'une fonction</li> <li>- Usage du déplacement pour constater la dépendance entre les objets</li> </ul>	Construction du graphe d'une fonction comme lieu de points	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser l'outil Trace pour tracer le graphe d'une fonction permettant d'envisager le graphe comme trajectoire d'un point</li> <li>- Utiliser l'outil Lieu pour tracer le graphe d'une fonction permettant d'envisager le graphe comme lieu des points</li> <li>- Utiliser le déplacement pour mettre en évidence la dépendance entre x et y</li> </ul>	Questions de l'activité élève  <b>Usage de l'outil « Lieu » pour tracer le graphe d'une fonction (9 binômes)</b>	-	-	Intérêts de Cabri <b>Usage de l'outil Trace (2 binômes)</b> <b>Usage de l'outil Lieu (4 binômes)</b> <b>Usage du déplacement pour constater la dépendance entre x et y (5 binômes)</b>	
<b>Activité III-1</b>	Construction d'un losange	Comportement dynamique des objets d'une configuration	-	-	-	Construction d'un losange <b>Déplacer pour valider (4 binômes)</b> + Comportement dynamique du losange <b>Déplacer pour constater le comportement dynamique (9 binômes)</b> <b>Dépendance entre les objets dans le déplacement (4 binômes)</b>	-	-	

On remarque, sur le tableau, concernant le déplacement pour conjecturer (Déplacement 2), que lorsque l'activité rend cela possible, les stagiaires utilisent des constructions qui mettent en avant des propriétés géométriques plutôt que d'utiliser le déplacement pour faire des conjectures.

En effet, nous pensons que ceci est lié au contrat de l'environnement papier-crayon dans lequel les stagiaires ont l'habitude de travailler.

Dans l'environnement papier-crayon, les constructions à la règle et au compas et l'usage des propriétés géométriques constitue la base du travail en géométrie, où le travail sur le plan spatio-graphique n'est, en général, pas accepté.

Or, dans Cabri, un travail qui semble être purement au niveau spatio-graphique où on n'utilise aucune construction mais uniquement le déplacement, peut cacher implicitement des propriétés géométriques. En effet, cette différence dans l'usage des informations spatiales entre l'environnement Cabri et l'environnement papier-crayon, provient essentiellement de la différence entre un dessin papier-crayon et un Cabri-dessin qui, à la différence d'un dessin papier-crayon, est porteuse des propriétés géométriques qui lui ont été données dans sa construction.

On peut alors penser qu'une des raisons du fait que l'usage des constructions soit fortement prioritaire chez les stagiaires peut être le fait qu'ils ont été déstabilisés par ce changement de contrat sur le travail sur le spatial, entre l'environnement papier-crayon et l'environnement Cabri lié à la différence entre un dessin et un Cabri-dessin.

De plus, même pour les activités qui incitent fortement les stagiaires à utiliser le déplacement (comme l'activité I-3.1.2), on constate que malgré leur utilisation du déplacement pour faire des conjectures afin de résoudre la tâche mathématique, les stagiaires n'arrivent pas à mener une réflexion au niveau didactique concernant l'usage du déplacement.

Nous constatons également la dominance persistante chez les stagiaires, des constructions et de l'usage des propriétés géométriques pour ce qui concerne la validation d'un tracé dans Cabri.

En effet, la validation d'un tracé en utilisant le déplacement a une place beaucoup moins importante chez les stagiaires, que la validation d'un tracé soit en utilisant des constructions, soit en utilisant l'Oracle de Cabri qui fournit la propriété géométrique sous forme d'affirmation. Ce manque de référence au déplacement pour la validation est notamment plus fragrant chez les stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Un autre point important que nous voudrions souligner, ce sont les questions posées aux stagiaires.

Les questions concernant la description des procédés de résolution des stagiaires semblent faire l'objet du plus grand nombre de réponses des stagiaires.

Or, un des inconvénients de ce type de questions semble être une orientation abusive du stagiaire vers sa propre démarche de résolution.

Ainsi, l'objectif principal de ce type de questions, qui est que les stagiaires puissent mener une réflexion didactique au niveau du savoir  $S_{d-i}$  en se basant sur leur propre recherche de résolution de la tâche mathématique, semble ne pas être atteint.

Nous avons, de plus, constaté un autre inconvénient de ce type de questions : En effet, quand les stagiaires se retrouvent face à des questions au niveau du savoir didactique où ils ont du mal à

mener une réflexion, et qu'ils n'arrivent pas à répondre, ils décrivent leurs procédés de résolution de la tâche mathématique malgré le fait que cela ne leur soit pas demandé dans l'activité ; probablement pour ne pas laisser vide la case prévue pour leurs réponses.

Dans l'analyse du document de travail de la formation « Géométrie Dynamique » nous avons souligné que le savoir  $S_{d-i}$  restait toujours implicite. En effet, les questions posées aux stagiaires au niveau des savoirs  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$  sont très (peut-être même trop) générales. Or, c'est justement au niveau du savoir  $S_{d-i}$  que les stagiaires ont le plus de mal à mener une réflexion (ou au moins à rédiger une réflexion). On peut alors penser qu'au lieu de poser des questions très générales (comme « Quel est l'apport de Cabri ? »), on aurait peut-être pu leur poser des questions plus précises et plus explicites, du point de vue des spécificités de Cabri sur lesquelles on voudrait qu'ils mènent une réflexion.

En effet, une des raisons de l'absence de réponses chez les stagiaires à des questions au niveau du savoir  $S_{d-i}$  peut venir du fait que les stagiaires ne comprennent peut-être pas ce qu'on attend comme réponse de leur part.

Cette réticence des stagiaires concernant les questions didactiques rend les institutionnalisations et le traitement des questions didactique, très importants dans le discours du formateur.

En effet, l'analyse du discours du formateur semble être important pour déterminer l'état des connaissances des stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$  à l'issue des séances de formation « Géométrie Dynamique », puisque l'analyse de leurs réponses nous montre qu'ils n'ont pas beaucoup avancé dans leur réflexion au niveau didactique, au cours du le travail en binôme.

## II.5. Analyse du discours du formateur

Dans ce paragraphe, nous effectuons d'abord une analyse du discours du formateur du point de vue des différents types de savoirs par rapport à ce qui est traité par le formateur concernant chaque activité.

En suite, nous effectuons une analyse dans l'ensemble du discours du formateur par rapport aux différentes spécificités de Cabri.

### Activités I-2.1 & I-2.2

#### I-2.1 - Exercice préliminaire en papier crayon (4<sup>ème</sup>)

« Soit un cercle (C) de centre O et un point P extérieur au cercle. Construire une tangente à (C) issue de P »  
Un élève prend sa règle la fait passer à vue d'œil par P et la pivote jusqu'à toucher le cercle. Il trace ensuite au crayon la tangente en suivant la règle.

#### Question :

Quelles connaissances l'élève utilise-t-il ? De quelle nature sont ses contrôles ?

#### I-2.2 - Dans Cabri

Même exercice à résoudre, même question.

### Activité I-2.1 & I-2.2

### Document écrit/Réponses des stagiaires versus Discours du formateur

		Spécificités	Déplacement	Cercle	Segment	Droite	Point	Nommer	Construction/ Dépendance entre les objets	Autre
<b>S<sub>i</sub></b>	Explicite		X				X			
	Implicite	Déplacement1		X	X			X	Const/Dépen3	
Réponses des stagiaires 9 binômes		Déplacement1 (?)	9	2	9	8	5	Const/Dépen3 (?)	Milieu (6) Oracle des questions (3) Symétrie Axiale (1) Droite perpendiculaire (2)	
<b>Discours du Formateur</b>		Déplacement1						Const/Dépen3		
<b>S<sub>d-i</sub></b>	Explicite									
	Implicite	Déplacement1						Const/Dépen3		
Réponses des stgs 7 binômes		Déplacement1 (4)						Const/Dépen3 (5)	Oracle des questions (2)	
<b>Discours du Formateur</b>		Déplacement1						Const/Dépen3		

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Nous constatons d'après le tableau que dans son discours, le formateur ne traite aucun outil de la catégorie « Les outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri », ni aucune spécificité de la catégorie « Les spécificités de Cabri plutôt à destination didactique au service de l'enseignant » à l'issue de cette activité. Il traite uniquement les spécificités « Déplacement1 » et « Construction / Dépendance 3 » de la catégorie « Déplacement et Construction / Dépendance entre les objets ».

Nous pouvons alors confirmer que l'objectif du formateur, en proposant cette activité était de travailler sur les spécificités « Déplacement » et « Construction/Dépendance » de l'environnement Cabri.

Comme nous l'avions prévu dans l'analyse du document écrit, les spécificités « Déplacement » et « Construction/Dépendance » tiennent une place importante dans le discours du formateur à l'issue de cette activité.

Dans son discours, le formateur traite la spécificité « Déplacement », aussi bien au niveau du savoir  $S_{d-i}$  qu'au niveau du savoir  $S_i$ .

La résistance au déplacement d'une construction dans un environnement de géométrie dynamique est citée plusieurs fois par le formateur durant la mise en commun de cette activité.

Dans son discours, le formateur traite cette résistance au déplacement d'une figure dans Cabri, au niveau du savoir  $S_i$  concernant la validation des constructions propres des stagiaires ; mais plus spécifiquement au niveau du savoir  $S_{d-i}$  concernant la construction de l'élève avec une interaction de celui-ci avec le logiciel à travers des actions-réactions pour une construction géométrique dans Cabri.

Nous avons constaté, dans l'analyse du discours du formateur, que les stagiaires étaient loin d'avoir compris, même au niveau du savoir  $S_i$ , le fonctionnement dans un environnement de géométrie dynamique, à savoir la résistance au déplacement d'une figure dans Cabri, malgré le fait qu'ils aient suivi les séances de formation « Initiation Cabri » ; alors que le formateur était essentiellement dans l'objectif de traiter cette résistance au déplacement au niveau du savoir  $S_{d-i}$  par rapport aux apports de Cabri pour les apprentissages chez les élèves.

*« **Stagiaire a** : oui... mais est-ce que c'est vraiment une tangente ?... »*

***Stagiaire b** : Ah mais si ! Regarde ! Si on agrandit ça...*

***Formateur** : Ah ! Bien...*

***Stagiaire a** : D'accord, mais pour montrer ça à l'élève.... C'est un peu...*

***Formateur** : Ben l'élève, il voit bien que c'est pas la tangente puisque ça touche pas ! Et il va comprendre que le procédé qu'il a utilisé ne marche pas... c'est ça l'idée... est-ce que ça marche dans tous les cas ? c'est ça l'idée de la géométrie dynamique... c'est ça la notion de propriété. Alors, il va pas forcément comprendre immédiatement la notion de propriété, mais il va comprendre que dans ce cas là.... C'est pas l'enseignant qui dit que c'est faux, c'est la situation. Donc, il va chercher à faire... faire une tangente qui résiste au déplacement*

***Stagiaire a** : Mais qu'est-ce qui lui dit que euh... comme ça, ça marche et comme ça non ?!*

***Formateur** : Oui mais... ici, dans... Cabri... c'est un environnement de géométrie dynamique ! Donc, il faut toujours construire pour que ça résiste euh... ça résiste au déplacement. Donc, on change d'environnement et en changeant d'environnement on change en quelque sorte le degré du (...) pour le tracé du dessin.*

***Stagiaire a** : D'accord. »*

Or, le formateur revient plusieurs fois, dans son discours, sur ce contrat de résistance au déplacement, surtout au niveau du savoir  $S_{d-i}$  :

« **Formateur** : c'est pas parce que vous avez juste fait cet exercice que les élèves vont comprendre que euh... on va raisonner sur l'ensemble des cas. Simplement, vous les mettez... vous leur dites 'oui maintenant ce qu'on veut faire, c'est trouver une construction qui reste valable' ... c'est pour ça que je parle d'un nouveau contrat... on va leur dire 'quand on travaille en géométrie dynamique, eh ben, le nouveau contrat c'est de faire des constructions qui restent valables même quand on bouge. On va chercher ce type de constructions'. Et, c'est un nouveau contrat. »

Ainsi, le formateur utilise cette activité pour souligner l'importance de l'introduction du nouveau contrat de résistance au déplacement, pour le travail dans un environnement de géométrie dynamique.

A travers le contrat de résistance au déplacement, le formateur traite l'invalidation dans Cabri du tracé perceptif de l'élève. Comme nous l'avions prévu dans l'analyse du document écrit, le formateur utilise cette activité pour mener une comparaison entre l'environnement papier-crayon et l'environnement Cabri. Ainsi, concernant cette activité, le formateur essaye de montrer aux stagiaires le manque de rétroaction pour indiquer à l'élève que son procédé de construction n'est pas celui attendu. On voit alors l'intention du formateur de montrer aux stagiaires qu'en papier-crayon, un élève peut aboutir à un dessin correct en utilisant des connaissances de nature non mathématique à travers un procédé de construction erroné qui donne un dessin recevable. « ... le dessin est correct, c'est le procédé qui ne l'est pas ».

Le formateur justifie et met en clair ainsi, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , l'apport de l'usage du déplacement dans Cabri pour cette activité par le manque de rétroactions dans l'environnement papier-crayon, afin d'indiquer son erreur à l'élève. Il fait ainsi une comparaison entre l'environnement papier-crayon, où le tracé perceptif de l'élève est rejeté par l'enseignant par un jugement d'autorité, et l'environnement Cabri, où Cabri permet une invalidation par le déplacement du tracé perceptif de l'élève.

« **Formateur** : nous avons de élèves qui tracent une tangente perceptivement en papier crayon... et en papier crayon, comme le tracé... en fait les élèves sont bien meilleur que moi, il est assez joli, vous n'avez aucun moyen de dire aux élèves que leur construction est erronée sauf par un jugement d'autorité... leur dire que c'est faux... alors l'élève comprend pas ! parce que c'est pas vraiment faux, parce que le dessin est correct mais ce qui est faux c'est le procédé pour arriver à la tangente... d'où l'idée d'utiliser la géométrie dynamique et dire quelle est la dimension qui importante dans la géométrie dynamique et... qui là justement servir à invalider euh... qui sert à invalider le tracé perceptif ! Alors, je vais... dans... une construction de géométrie dynamique, elle doit résister au déplacement... c'est-à-dire, qu'elle doit toujours être valable même quand on déplace les points qui ont servi ... à la faire la construction. »



En plus de l'importance du déplacement le formateur insiste, à travers cette activité, sur l'aspect construction dans un environnement de géométrie dynamique au niveau des savoirs  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$ . Il explique ainsi que quand l'enseignant donne une tâche de construction à l'élève, ce n'est pas le dessin comme tracé final qui l'intéresse, mais l'usage des propriétés géométriques par l'élève dans le procédé de construction. Le formateur explicite alors l'apport de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$  par le fait que Cabri permet de travailler sur le procédé de construction.

« **Formateur** : ... la géométrie dynamique, ce qu'elle introduit... ce qu'elle permet, c'est de travailler sur le procédé de construction (elle écrit). Ça c'est important !... parce que les tâches de construction... les tâches de... les tâches de construction qui sont données au collège et même peut-être après au lycée, quand le prof de mathématiques donne des constructions à faire... il est pas intéressé vraiment au dessin qui est fourni ! Les mathématiques, c'est pas du dessin hein ! ce qui intéresse le professeur de mathématiques quand il donne des tâches de construction, c'est que les élèves élaborent un procédé de construction qui repose sur des propriétés mathématiques , c'est ça qui intéresse le professeur de mathématiques... »

Le formateur met également en avant la spécificité « Construction » de Cabri par le fait qu'un dessin en papier-crayon peut ne pas posséder les propriétés géométriques qu'il a l'air de posséder et que le manque de contrôle - à part un contrôle perceptif dans l'environnement papier-crayon - est explicité par le formateur au niveau du savoir  $S_{d-m}$ . Et le formateur utilise ce type de manque d'un environnement traditionnel pour remonter jusqu'au niveau du savoir  $S_{d-i}$  et pour montrer aux stagiaires l'apport de Cabri concernant l'invalidation d'une construction n'utilisant pas les propriétés géométriques.

« **Formateur** : Donc, ça c'est une ... une spécificité de la géométrie dynamique qui est très importante, c'est le déplacement... (elle écrit) Donc, le déplacement, permet d'invalider des constructions qui sont faites à l'œil ou au jugé. Parce que c'est une difficulté très importante au niveau du collège, de comprendre, de passer du perceptif aux propriétés mathématiques... ça c'est un passage qui est lent et qui demande du travail ! Donc, ici l'idée c'est que, au lieu que ça soit l'enseignant qui dise que ce que tu fais ça va pas et que l'élève ne comprenne pas trop pourquoi... c'est l'environnement qui renvoie à l'élève le fait que ça marche pas... parce que tous les élèves, une fois qu'ils bougent, ils sont convaincus que ça marche pas... il n'y a aucun problème, ils voient bien que ça reste pas tangente et ils comprennent qu'il va falloir qu'ils se débrouille pour trouver un moyen pour construire une droite qui reste une tangente... ça veut pas dire qu'ils ont compris la notion de propriété immédiatement hein ! mais simplement on commence hein, à installer on pourrait dire un nouveau contrat, un contrat dans lequel et bien il faut travailler avec des propriétés pour assurer que la construction va résister au déplacement. Donc, il y a... en fait, l'introduction... (elle écrit) d'un nouveau contrat... »

Ainsi, le formateur explicite l'apport du déplacement pour valider comme pour permettre à l'élève de passer du perceptif au géométrique puisque, dans le contrat de l'environnement Cabri, l'élève est contraint d'utiliser des propriétés géométriques dans sa construction, pour s'assurer que sa construction résiste au déplacement.

Le formateur introduit également au niveau du savoir  $S_{d-m}$  le fait qu'il existe deux référents en géométrie : spatial et géométrique. Il explique la difficulté des élèves pour faire le passage du perceptif au géométrique et pour faire le choix des propriétés spatiales lues sur le dessin pertinentes du point de vue géométrique. L'erreur de lecture des élèves sur le dessin est introduite par le formateur comme les informations spatiales prises sur le dessin, mais non pertinentes du point de vue géométrique.

Le formateur donne également l'exemple de l'importance, chez les élèves, de la position du dessin dans la feuille et de la non-reconnaissance par eux d'un carré quand ses côtés ne sont pas parallèles aux bords de la feuille ; et ce, à cause du fait que les élèves prennent des informations spatiales sur le dessin pour cette reconnaissance. A travers cet exemple, le formateur cite la notion de « dessin prototypique » comme le spécimen d'une figure ; ce qui fait qu'il y a de « bons carrés » ou de « bons parallélogrammes » pour des élèves, par rapport au dessin donné en papier-crayon.

Au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , l'apport de la géométrie dynamique pour la difficulté des élèves sur l'usage des propriétés spatiales et non des propriétés géométriques, est alors explicité par le formateur par le fait que les propriétés géométriques données à une figure dans sa construction soient conservées avec le déplacement ; la position du dessin dans la feuille n'est plus alors une propriété spatiale utilisable par l'élève dans l'environnement Cabri à cause du contrat de résistance d'une figure au déplacement

Par ce qui précède, nous pouvons dire que l'objectif principal du formateur concernant cette activité était de montrer aux stagiaires le nouveau contrat dans Cabri, qui est de construire des figures résistantes au déplacement.

De plus, le formateur utilise principalement cette activité pour mener une comparaison entre l'environnement papier-crayon et l'environnement Cabri, par rapport à l'usage des connaissances spatiales et leur validation ou invalidation dans les deux environnements. Ainsi, le formateur met en avant l'aspect « construction » dans Cabri, par le fait que le contrat de résistance au déplacement force l'apprenant à utiliser des procédés de construction basés sur des propriétés géométriques.

L'activité sert également au formateur à montrer aux stagiaires le manque de rétroactions dans l'environnement papier-crayon pour la situation où le dessin fourni par l'élève est correct, mais où le procédé de construction par lequel il passe ne l'est pas, car il utilise des informations spatio-graphiques. Le formateur met alors en clair l'apport de Cabri pour cette activité, où les rétroactions dans Cabri avec le déplacement sont suffisantes pour indiquer à l'élève son erreur sans que l'enseignant intervienne par un jugement d'autorité.

Nous pouvons dès lors supposer que les interventions du formateur à l'issue de cette activité concernant la validation ou l'invalidation d'un tracé en utilisant le déplacement dans Cabri, semblent être suffisantes pour que les stagiaires comprennent l'importance du déplacement et de la résistance au déplacement. Nous allons essayer de repérer si cela est le cas pendant notre expérimentation.

## Activité I-2.4

### I-2.4 Activité « boîte noire » dans Cabri (fichier « Points inconnus »)

Reconstruire le gros point rouge dans le triangle vide de façon à ce que le point reconstruit ait le même comportement que celui du point donné quand on bouge un des sommets du triangle.

Le faire pour chaque point rouge.

#### Questions :

1. Choisir un des points rouges. Décrire les étapes et essais dans votre recherche d'identification.
2. Quel est l'apport de la géométrie dynamique dans cette tâche ?

### Activité I-2.4 Document écrit/Réponses des stagiaires versus Discours du formateur

Spécificités		Déplacement	Cercle	Triangle	Droite	Droite perpendiculaire	Médiatrice	Milieu	Cacher Montrer	Boîte Noire	Construction/ Dépendance entre les objets	Autre	
<b>S<sub>i</sub></b>	Explicite	Déplacement3								Boîte Noire1	Const/Dépen3		
	Implicite	Déplacement1 Déplacement2	X	X	X	X	X	X	X	Boîte Noire2	Const/Dépen1		
<b>Réponses des stagiaires</b> 10 binômes		Déplacement1 (?) Déplacement2 (4) Déplacement3 (1)	3	3		7	5			3	Boîte Noire1 (4) Boîte Noire2 (7)	Const/Dépen1 (1) Const/Dépen3 (1)	Oracle des questions (1)
<b>Discours du Formateur</b>		Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3							X		Boîte Noire1 Boîte Noire2	Const/Dépen1 Const/Dépen3	Macro-constr.
<b>S<sub>d-i</sub></b>	Explicite												
	Implicite	Déplacement2 Déplacement3		X							Boîte Noire1 Boîte Noire2	Const/Dépen1 Const/Dépen3	
<b>Réponses des stagiaires</b> 10 binômes		Déplacement2 (3)									Boîte Noire2 (4)	Const/Dépen3 (1)	
<b>Discours du Formateur</b>		Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3		X					X		Boîte Noire1 Boîte Noire2	Const/Dépen1 Const/Dépen3	Macro-constr.

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Boîte Noire 1 : Reproduction d'une figure dans Cabri dont on ne sait pas comment elle a été construite

Boîte Noire 2 : Emettre des hypothèses sur une configuration et les valider ou invalider soit avec le déplacement soit avec des constructions

Par ce tableau nous remarquons, comme pour l'activité précédente, que le formateur fait le choix de ne pas traiter « les outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri » dans son discours oral. Il insiste davantage dans son discours sur les spécificités « Déplacement » et Construction/ Dépendance entre les objets », sur les activités de type « boîte noire » et sur les macro-constructions qui font partie des « spécificités de Cabri plutôt à vocation didactique au service de l'enseignant ».

L'usage du déplacement pour constater les liens de dépendance entre le triangle et le point remarquable, est introduit par le formateur au niveau du savoir  $S_i$  à travers les questions posées aux stagiaires liées à la dépendance entre les objets.

« **Formateur** : ... vous avez des triangles avec des gros points rouges... ? C'est ça que vous avez ? Et, quand vous bougez les triangles, qu'est-ce qui se passe ?

**Stg x** : Le point rouge se déplace.

**Formateur** : Le point rouge se déplace... et le point rouge, vous pouvez le déplacer ?... tout seul, directement ?... No. D'accord ... »

La tâche pour les stagiaires est présentée par le formateur comme l'identification de comment la figure fournie dans Cabri a été construite pour ensuite pouvoir la reconstruire.

« **Formateur** : D'accord... donc, votre tâche... c'est d'identifier... c'est prendre un point rouge... d'identifier comment il a été construit et de le... en fait... de construire un triangle nouveau à côté et de reconstruire le même point rouge avec le triangle nouveau à côté. »

L'usage du déplacement pour faire des conjectures sur les points remarquables est également traité par le formateur à l'issue de cette activité au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_m$ .

« **Formateur** : ... Quand je bouge un des sommets... vous voyez ?... il y en a qui on trouvé comme ça parce qu'ils ont bougé et ils ont vu que le point pouvait passer à l'extérieur et que quand... au moment où il allait passer à l'extérieur, il était sur un des sommets, qu'on avait bien l'impression qu'un des angles était droit hein ! Donc, c'est les façons de conjecturer ou de... spéculer que, peut-être, ce point, c'est l'intersection des hauteurs... »

En outre, face aux procédés de résolution n'utilisant pas le déplacement, proposés par les stagiaires, le formateur indique, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , la nécessité pour les élèves de l'usage du déplacement pour pouvoir résoudre l'activité, et que contrairement aux stagiaires il n'est pas évident pour les élèves de trouver de quel point remarquable il s'agit.

« **Formateur** : ... comment vous avez trouvé ?... D'autres euh... façons de trouver ?...

**Stg x** : ben, ça se voyait.

**Formateur** : Voilà, ça se voyait... alors, c'est intéressant... c'est très intéressant parce que c'était un exemple de propriété géométrique dont je voulais vous montrer que elle se voit pas forcément pour les élèves. Vous, elle se voit parce que vous avez déjà une longue pratique. Mais pour les élèves... les élèves, ils voient pas au départ que c'est l'orthocentre. ... ils diront pas immédiatement que c'est l'orthocentre. »

Ainsi, le procédé de résolution sans l'usage du déplacement est rejeté par le formateur en faisant référence aux connaissances de l'élève au niveau du savoir  $S_m$ , pour qui il n'est pas possible de trouver de quel point il s'agit sans effectuer des déplacements.

Nous pouvons alors dire que les stagiaires sont en position d'étudiants quand ils résolvent la tâche, alors que le formateur donne des arguments qui révèlent de la position d'enseignant. Ainsi, même si les stagiaires arrivent à résoudre la tâche sans le déplacement, le formateur essaye de mettre les stagiaires en position d'enseignant et les pousse à réfléchir sur les procédés de résolution des élèves, ainsi que sur leurs difficultés en prenant en compte leurs connaissances mathématiques.

L'apport de la géométrie dynamique au niveau du savoir  $S_{d-i}$  est alors explicité par le formateur dans son discours oral, en particulier concernant la spécificité « Déplacement » de Cabri :

« **Formateur** : ...Alors, là, la géométrie dynamique, qu'est-ce qu'elle apporte ? ... Qu'est-ce qu'ils vont pouvoir faire les élèves, parce que les élèves, pour eux, c'est une tâche qui n'est pas facile... ils vont pas être comme vous et trouver tout de suite... qu'est-ce qu'elle apporte ?

**Stg x** : le fait de bouger...

**Formateur** : oui. Elle apporte le fait qu'on va bouger et qu'on va ce même...

effectivement, ce même point, on va mettre le triangle dans des cas particuliers pour avoir une idée de ce que peut être ce point. Alors, ici... quand le point vient sur le sommet, on remarque que c'est un angle droit... et, on essaye de se dire, dans quel cas on va avoir un point qui va se retrouver confondu avec un sommet. »

Ainsi le formateur explicite l'apport du déplacement dans cette activité, par le fait que le déplacement permet de faire des conjectures sur les points remarquables ; mais aussi par le fait que le déplacement permet de valider ou d'invalider les hypothèses émises sur les points remarquables.

Concernant les apports de Cabri dans cette activité, le formateur insiste également dans son discours sur le fait que Cabri permet une interprétation des positions spatio-graphiques des points remarquables en termes géométriques, où il s'agit pour les élèves d'établir un lien entre spatial et géométrique puisqu'en déplaçant les objets ils interpréteront les positions spatiales des points particuliers à travers leurs connaissances sur les objets géométriques.

« **Formateur** : ... ici l'apport c'est que, on va travailler justement le lien entre position spatiale et puis propriété géométrique... et puis, on va utiliser et c'est là ce qui manquait un petit peu... c'est qu'on va utiliser des connaissances qu'on a... c'est-à-dire, des connaissances sur les objets géométriques... position spatiale d'objets géométriques. C'est-à-dire que quand dans un triangle on bouge un des côtés et que le centre du cercle circonscrit vient sur un côté, il va être au milieu. Ça, ça va permettre de reconnaître le centre du cercle circonscrit. »

En outre, comme nous l'avons prévu dans l'analyse du document écrit, le formateur utilise cette activité pour présenter aux stagiaires les activités de type « Boîte Noire » dans Cabri.

« **Formateur** : ... donc, on utilise une propriété qui est le centre du cercle circonscrit, il est sur les médiatrices... que la médiatrice, elle passe par les milieux... donc, il y a un cas particulier où le centre, il va être confondu avec le milieu. C'est ce type de raisonnement

*aussi que met en œuvre ce... ce types de boîtes noires. On appelle ça une boîte noire parce que c'est comme une boîte noire au début, on sait pas comment ça a été fait. Et la tâche est de trouver comment elle a été faite. »*

Ainsi, le formateur explicite que dans une boîte noire, il s'agit de rechercher comment une figure donnée dans Cabri a été construite à travers l'usage du déplacement et de l'interprétation des positions spatiales en termes géométriques avec une recherche des cas particuliers.

En outre, en plus de ce que nous avons prévu dans l'analyse du document écrit de travail, le formateur introduit également la spécificité « macro-construction » de Cabri à l'issue de cette activité. Au niveau du savoir  $S_i$ , il montre aux stagiaires comment créer une macro-construction dans Cabri.

Au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , la non-visibilité des objets cachés quand on utilise l'outil « Cacher/Montrer » dans une activité de type boîte noire, est explicitée par le formateur comme étant un apport de Cabri au niveau didactique par rapport aux tâches de type boîte noire, puisqu'on ne voudrait pas que l'élève ait accès aux éléments ayant servi à la construction.

De plus, le formateur pointe également la possibilité de perdre tout l'intérêt d'une tâche de type « boîte noire » si l'enseignant ne pense pas à construire la figure dans Cabri en utilisant une macro-construction, et que les élèves résolvent le problème non pas en utilisant le déplacement mais en utilisant l'outil « Cacher/Montrer » qui va leur montrer les éléments intermédiaires qui ont servi à la construction de la configuration.

Le formateur relie, par ailleurs, ce dernier aux difficultés d'intégration où il faut que l'enseignant prévoie ce type de procédé de résolution d'élèves dans la conception d'une tâche qui risque d'être transformée pour l'élève en un problème différent de celui prévu par l'enseignant ou même en une tâche de nature non-mathématique.

Ainsi, le formateur insiste sur l'importance du fait que la tâche que l'enseignant voudrait que l'élève résolve soit véritablement celle qu'il résout.

En revanche, contrairement à ce que nous avons prévu dans l'analyse du document écrit de travail, le formateur pas à l'issue de cette activité ne traite la différence entre un Cabri-dessin et un dessin. Ceci, d'une part peut être parce qu'il voulait plus précisément insister sur la spécificité « Boîte Noire » de Cabri et sur la place du déplacement dans les activités de type « boîte noire » ; et d'autre part, parce qu'il estimait peut-être suffisante son intervention sur ce sujet à l'issue de l'activité précédente.

Par ce qui précède, nous pouvons penser qu'au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , l'objectif du formateur à travers cette activité était surtout de traiter le déplacement pour conjecturer (Déplacement 2), et aussi les activités de type « boîte noire ».

Nous allons alors essayer de repérer dans notre expérimentation l'impact des interventions du formateur concernant le déplacement et les activités de type boîte noire chez les stagiaires.

### Activité I-3.1.1

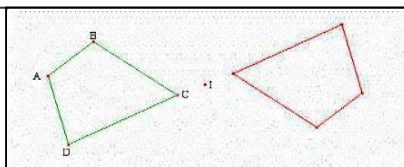
#### I-3.1.1 Tâche dans Cabri

Ouvrir une nouvelle feuille de dessin.

Construire un quadrilatère ABCD.

Créer un point O.

Obtenir l'image du quadrilatère ABCD par la symétrie centrale de centre I.



#### Questions :

- Comment reconnaître l'image de A ? La nommer A'. Faire de même avec celles de B, C, et D.

- A quelle condition ce quadrilatère est-il invariant dans la symétrie centrale de centre I ?

### Activité I-3.1.1 Document écrit/Réponses des stagiaires versus Discours du formateur

Spécificités		Déplacement	Polygone	Segment	Droite	Symétrie Centrale	Nommer	Oracle des questions	Construction/ Dépendance entre les objets	Autre
S <sub>i</sub>	Explicite					X	X			
	Implicite	Déplacement2 Déplacement3	X	X	X			X	Const/Dépen1	
Réponses des stgs 10 binômes		Déplacement2 (3) Déplacement3 (6)	9	3	3	9	9	1	Const/Dépen1 (6)	Milieu (1)
Discours du Formateur		Déplacement2 Déplacement3			X	X			Const/Dépen1	
S <sub>d-i</sub>	Explicite									
	Implicite									
Réponses des stagiaires										
Discours du Formateur		Déplacement2 Déplacement3				X			Const/Dépen1	

Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

Concernant la résolution de l'activité au niveau du savoir S<sub>m</sub>, deux types de procédés de résolution sont traités par le formateur dans son discours.

Le premier procédé de résolution consiste à tracer la droite passant par le point-objet et le centre de symétrie ; le point-image est alors celui par lequel la droite tracée passe. Le formateur traite ce procédé comme étant un procédé commun aux deux environnements (Cabri et papier-crayon)

« **Formateur** : ... Ça c'est quelque chose qu'on peut faire... en papier crayon. D'accord... donc, ça utilise la euh... une partie de la définition de la symétrie, c'est très bien... mais... donc, c'est un procédé qui est valable dans les deux environnements. »

Le deuxième procédé de résolution concerne l'usage du déplacement pour constater (Déplacement 3) - en déplaçant le sommet objet pour constater quel point dépend de lui dans le déplacement - ; et il est traité par le formateur comme étant un procédé spécifique à l'environnement Cabri.

Le formateur utilise cette activité pour expliquer aux stagiaires, au niveau du savoir  $S_i$ , les points libres et les degrés de liberté des objets dans Cabri.

Au niveau du savoir  $S_{d-m}$ , le formateur explique que cette dépendance entre les objets dans une transformation est très difficile à comprendre par les élèves.

Ainsi, le formateur introduit, à travers cette activité, l'apport du déplacement dans Cabri par le fait que le déplacement dans Cabri permet de mettre en évidence la dépendance entre la figure-objet et la figure-image. Il explique ainsi que ce sont les degrés de liberté des objets dans Cabri qui permettent de mettre en évidence cette dépendance à travers le déplacement.

Nous constatons en outre, que concernant la recherche des quadrilatères invariants dans une symétrie centrale, le formateur traite, dans son discours, le procédé de résolution qui utilise directement les propriétés géométriques sans passer par le déplacement pour faire des conjectures, procédé qui est plutôt conforme à un raisonnement du contrat habituel de l'environnement papier-crayon. Nous avons remarqué ce procédé dans les réponses des stagiaires. Le formateur le traite en faisant référence aux connaissances mathématiques des élèves.

La différence entre les connaissances mathématiques des stagiaires et les connaissances mathématiques des élèves est alors encore une fois rappelée par le formateur, à savoir qu'il est très facile pour les stagiaires de trouver la solution à cette tâche alors que pour les élèves, ce n'est pas le cas. Car les stagiaires savent qu'il faut que les diagonales se coupent en leur milieu pour que le quadrilatère ait un centre de symétrie, alors que les élèves n'ont pas forcément cette connaissance.

*« **Formateur** : ...vous, je pense que il y en a beaucoup qui ont trouvé le parallélogramme parce qu'ils s'attendaient à trouver le parallélogramme. Donc, vous avez bougé de façon à obtenir le parallélogramme. C'est pas vrai ? hein ? vous vous disiez il faut que les diagonales se coupent en leurs milieux... et donc, vous avez essayé de le faire. Les élèves c'est pas ce... c'est pas forcément ce qui va se passer. Donc... la géométrie... on voit que... il y a un champ d'exploration qui est plus grand... il y a un champ d'exploration qui est plus grand que dans papier-crayon. »*

L'apport de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$  est alors introduit par le formateur par le fait que Cabri permet de créer un champ d'exploration plus grand que l'environnement papier-crayon.

Nous remarquons alors que le formateur utilise cette activité pour montrer aux stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , l'apport de la géométrie dynamique : un champ d'expérimentation pour rechercher les quadrilatères invariants dans une symétrie centrale à travers l'usage du déplacement pour conjecturer sur les propriétés géométriques.

De plus, le formateur intervient également, à l'issue de cette activité, sur l'apport de Cabri concernant l'usage du déplacement pour mettre en évidence la dépendance entre une figure-objet et une figure-image.



### Activité I-3.1.2

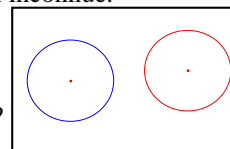
#### I-3.1.2 Tâche dans Cabri

Ouvrir le fichier « Cercles ». Le cercle rouge est image du bleu dans une transformation inconnue.

A vous de la déterminer.

#### Questions :

- Décrire votre recherche ci-dessous.
- Quelles connaissances sont mises en jeu dans cette identification de la transformation ?
- Quelles validations apporte le logiciel ?



### Activité I-3.1.2 Document écrit/Réponses des stagiaires versus Discours du formateur

Spécificités		Déplacement	Cercle	Droite	Droite perpendiculaire	Vecteur	Médiatrice	Rotation	Translation	Symétrie Centrale	Symétrie Axiale	Mesure d'angle	Trace	Boîte Noire	Construction/ Dépendance entre les objets	Autre
<b>S<sub>i</sub></b>	Explicite															
	Implicite	Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Boîte Noire1 Boîte Noire2	Const/ Dépen1	
<b>Réponses des stagiaires</b> 10 binômes		Déplacement1 (2)+(?) Déplacement2 (8) Déplacement3 (6)	6	1		1	7	1	1	2	2	2		Boîte Noire1 (2) Boîte Noire2 (9)	Const/ Dépen1 (3)	Compas (1) Segment (4) Milieu (1)
<b>Discours du Formateur</b>		Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3						X			X		X	Boîte Noire2	Const/ Dépen1	Compas Report de mesure Distance & Long.
<b>S<sub>d-i</sub></b>	Explicite															
	Implicite	Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3						X	X	X	X	X	X	Boîte Noire2	Const/ Dépen1	
<b>Réponses des stagiaires</b> 2 binômes							1	2								
<b>Discours du Formateur</b>		Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3						X			X		X	Boîte Noire2	Const/ Dépen1	Lieu

**Déplacement 1 :** Déplacer pour valider ou invalider

**Déplacement 2 :** Déplacer pour conjecturer

**Déplacement 3 :** Déplacer pour constater

**Constr/Dépend 1 :** Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement

**Boîte Noire 1 :** Reproduction d'une figure dans Cabri dont on ne sait pas comment elle a été construite

**Boîte Noire 2 :** Emettre des hypothèses sur une configuration et les valider ou invalider soit avec le déplacement soit avec des constructions

En ce qui concerne l'activité I-3.1.2, le formateur explicite dans son discours qu'il s'agit dans cette activité de la caractérisation d'une transformation à partir de ses invariants.

L'apport de Cabri est alors indiqué par l'usage du déplacement pour caractériser les invariants d'une configuration par les formateur. Ainsi, l'usage du déplacement pour faire des conjectures est mis en avant par le formateur dans cette recherche des invariants

Au sujet de la recherche de l'identification de la transformation, le formateur indique dans son discours il s'agit d'utiliser le déplacement pour constater que les deux rayons ont la même longueur, afin d'en conclure qu'il s'agit d'une isométrie.

De plus, l'usage de l'outil « Distance&Longueur » est également proposé par le formateur, pour confirmer numériquement l'information visuelle sur l'égalité des deux rayons constatée à travers le déplacement.

*« **Formateur** : ... Si je bouge... si je change la taille du cercle bleu, la taille du cercle image change. On a l'impression qu'ils ont toujours le même rayon et on peut le vérifier avec la mesure. Donc on se dit, c'est une isométrie... puis que ça va conserver la longueur. »*

En outre, concernant déjà la recherche, au niveau du savoir  $S_m$ , d'identification de la transformation par les stagiaires qui est inconnue de ceux-ci, le formateur met l'accent sur le fait que Cabri permet de créer un champ d'expérimentation où il est possible de faire des expérimentations en s'appuyant sur des connaissances mathématiques.

*« **Formateur** : ... c'est-à-dire qu'on fait des expérimentations mais en ayant des connaissances mathématiques. C'est ça qui est important. On fait des essais dans l'environnement mais avec en tête des connaissances. »*

Il utilise ensuite le déplacement pour rechercher s'il existe une droite invariante. N'ayant pas trouvé de droite invariante, il en conclut qu'il ne s'agit probablement pas d'une symétrie axiale. Alors il continue sa recherche en essayant de trouver un point invariant dans le déplacement.

*« **Formateur** : ... Donc, vous voyez, en fait, on réalise en faisant ça... on... on... on travaille complètement je dirais de façon euh... on bouge sur le logiciel, on travaille de façon empirique mais en même temps, on fait une expérimentation c'est-à-dire que... on sait que si on trouve une droite de points invariants, ça va être une réflexion... »*

Le formateur explicite dans son discours qu'il s'agit ici d'émettre des hypothèses sur la transformation inconnue et de les valider ou de les invalider en utilisant le déplacement. Le formateur concrétise cet aspect à travers l'exemple de la symétrie axiale. Il explicite ainsi la possibilité que la transformation soit une symétrie axiale.

En outre, bien que cela ne soit pas indiqué dans l'énoncé, le formateur insiste dans son discours sur le fait qu'il s'agit d'une activité de type « boîte noire ».

Comme nous l'avons précisé dans l'analyse du document écrit, le formateur met en avant la possibilité de pouvoir présenter une transformation comme une « boîte noire », dans Cabri, où c'est aux élèves de trouver les caractéristiques de la transformation en question au lieu que

l'enseignant donne sa définition comme cela se fait en général dans l'environnement papier-crayon.

Les activités de type « boîte noire » sont donc présentées par le formateur comme donnant accès à une démarche expérimentale, où il s'agit pour cette activité d'identifier une transformation à travers ses propriétés, à l'aide des connaissances existantes de l'apprenant.

En outre, le formateur explicite encore une fois qu'il s'agit d'une interprétation géométrique des phénomènes spatiaux observés sur l'écran à travers le déplacement.

Le formateur donne également une justification institutionnelle à cette démarche expérimentale, offerte par l'environnement Cabri en faisant référence à la volonté d'introduire dans les programmes une démarche expérimentale en mathématiques à travers les environnements informatiques.

*« **Formateur** : ... Et... les programmes des mathématiques... vous devez connaître un peu les programmes de mathématiques... les programmes des mathématiques disent que les environnements informatiques sont intéressants parce qu'ils changent la démarche et qu'ils introduisent une démarche de type expérimental en mathématiques. C'est particulièrement affirmé dans les programmes de seconde... vous avez dû le voir... que les mathématiques deviennent expérimentales par l'introduction de l'environnement informatique. »*

En outre, comme nous avons prévu dans l'analyse du document de travail, le formateur utilise cette activité pour présenter aux stagiaires les tâches spécifiques aux environnements de géométrie dynamique qui ne peuvent pas exister dans l'environnement papier-crayon. Le formateur met en avant les problèmes qui n'existent que s'ils sont posés dans un environnement de géométrie dynamique.

*« **Formateur** : ... le problème est posé par le fait que c'est sur l'ordinateur ; ici le problème, il existe parce qu'on peut bouger. Si on ne pouvait pas bouger, le problème, il n'existerait pas... »*

Ces types de tâches, spécifiques aux environnements de géométrie dynamique, sont présentés par le formateur comme un apport au niveau didactique ; mais aussi comme une cause de la réticence de l'enseignant à l'intégration, parce qu'il faut re-concevoir des tâches et ne pas se contenter simplement de sélectionner un exercice dans un manuel et de le donner à résoudre sur l'ordinateur. Ainsi, l'existence dans les manuels des tâches conçues pour l'environnement informatique (accompagnées de fiches informatiques) est explicitée par le formateur comme étant l'un des points importants de l'intégration.

En outre, conformément à ce que nous attendions dans l'analyse du document écrit et dans l'analyse des réponses des stagiaires, le formateur introduit l'outil « Trace » dans son discours à l'issue de cette activité. Au niveau du savoir  $S_i$ , le formateur explicite le schéma d'usage visé.

L'usage de l'outil « Trace » est abordé par le formateur pour visualiser le centre de rotation comme étant l'intersection de toutes les médiatrices. Comme nous l'avons prévu dans l'analyse du document de travail, l'apport de l'usage de l'outil « Trace » au niveau du savoir

$S_{d-i}$  est traité par le formateur par le fait qu'il permet de mettre en évidence auprès des élèves l'invariant dans la configuration, qui est le centre de rotation.

De plus, le formateur évoque brièvement la possibilité de l'usage de l'outil « Trace » pour visualiser la trajectoire d'un point.

Le formateur traite également la différence entre l'outil « Trace » et l'outil « Lieu » au niveau du savoir didactique. Il explique alors le fait que les élèves arrivent à mieux comprendre l'usage de l'outil « Trace » pour rechercher l'image d'une figure dans une transformation par rapport à l'outil « Lieu ». Ainsi, l'outil « Lieu » est traité par le formateur comme étant moins accessible aux élèves que l'outil « Trace ». La raison donnée par le formateur est que les élèves arrivent à travers l'outil « Trace » à visualiser la figure-objet comme une trajectoire, alors que l'outil « Lieu » fournit une configuration immédiatement et automatiquement.

L'apport de l'usage de l'outil « Trace » pour une approche ponctuelle des transformations est alors explicité par le formateur par la possibilité d'obtenir, dans Cabri, la figure image comme la trajectoire d'un point image quand le point objet se déplace sur la figure objet. Ainsi, le formateur souligne la fonctionnalité de l'outil « Trace » comme un intermédiaire entre l'image d'un point et l'image d'une figure, dans une approche ponctuelle des transformations. L'apport de l'outil « Trace » est alors indiqué par le formateur comme l'outil aidant à faire le passage des transformations de figures vers les transformations ponctuelles, et puis à voir une figure comme un ensemble de points.

Nous constatons, de plus, dans le discours du formateur qu'au niveau du savoir  $S_{d-m}$  il tient à préciser qu'il est très difficile pour l'élève de passer d'une conception globale d'une figure à une conception ponctuelle, et de voir la figure comme une trajectoire de point.

Dans notre expérimentation, nous allons alors essayer de repérer d'une part, si les activités de type « boîte noire » sont envisagées par les stagiaires, et si les stagiaires font la différence entre une tâche spécifique à l'environnement Cabri et une tâche qui peut exister dans les deux environnements (Cabri et papier-crayon), par rapport aux apports de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$  ; et d'autre part, si les stagiaires cherchent à utiliser l'outil « Trace » du point de vue de son apport, explicité par le formateur, concernant une approche ponctuelle des transformations au niveau du savoir didactique.

## Activité I-4.1

### I-4.1 Parallèle sans parallèle

Créer un point P et une droite d ne passant pas par P. Construire une droite parallèle à d passant par P sans utiliser l'outil perpendiculaire, ni parallèle.

#### Questions :

- Quelles connaissances font intervenir ces stratégies de solution ?
- Dans quel type de tâches en papier crayon peut-on retrouver ces connaissances ?

### Activité I-4.1 Document écrit/Réponses des stagiaires versus Discours du formateur

Spécificités		Déplacement	Cercle	Droite	Segment	Vecteur	Médiatrice	Translation	Symétrie Centrale	Milieu	Compas	Oracle des questions	Construction/ Dépendance entre les objets	Autre
<b>S<sub>i</sub></b>	Explicite			X										
	Implicite	Déplacement1	X		X	X	X	X	X	X	X	X	Const/ Dépen3	
<b>Réponses des stagiaires</b> 10 binômes / 19 figures		Déplacement1 (?)	8	19	9	5	2	3	5	7	3	6		Somme de 2 vecteurs (2) Nombre (1) Homothétie (1)
<b>Discours du Formateur</b>		Déplacement1	X					X	X		X		Const/ Dépen3	Config. des outils
<b>S<sub>d-i</sub></b>	Explicite													
	Implicite	Déplacement1						X	X		X		Const/ Dépen3	
<b>Réponses des stagiaires</b> 6 binômes								1					Const/D épend3 (4)	Somme de 2 vecteurs
<b>Discours du Formateur</b>		Déplacement1						X	X				Const/ Dépen3	Config. des outils

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Pendant les mises en commun concernant cette activité, le formateur explicite que ce qui l'intéresse, ce sont les stratégies de solution différentes de celles en papier-crayon pour tracer une droite parallèle. Ainsi, nous avons constaté que le formateur ne traite pas dans son discours les stratégies de solution faisant intervenir les propriétés du parallélogramme communes aux deux environnements (Cabri et papier-crayon).

Au niveau du savoir S<sub>i</sub>, le formateur explicite dans son discours l'usage du déplacement pour valider la construction de la droite parallèle concernant cette activité. Le formateur indique, de plus, qu'il s'agit d'une validation perceptive à travers l'usage du déplacement.

En outre, au niveau du savoir  $S_i$ , le formateur explicite l'usage de la « configuration des outils » dans Cabri. Il propose alors aux stagiaires d'enlever l'outil « droite parallèle » des menus de Cabri au moment où ils proposeront cette activité aux élèves. Il explique alors l'apport de Cabri par le fait que la possibilité d'enlever des outils du menu de Cabri permet de contraindre les élèves à ne pas utiliser certains outils non parce que l'enseignant dit de ne pas les utiliser mais simplement parce qu'ils n'existent pas dans les menus.

Comme nous l'avons prévu dans l'analyse du document écrit, le formateur insiste, à l'issue de l'activité I-4.1, sur la possibilité dans Cabri de l'usage des transformations pour construire une parallèle ou une perpendiculaire.

Le formateur fait alors une comparaison entre l'environnement papier-crayon et l'environnement Cabri, par rapport à la possibilité de l'usage des transformations dans des constructions géométriques. Il indique alors l'impossibilité, en papier-crayon, de l'usage des transformations pour obtenir une droite parallèle puisqu'en papier-crayon, on ne peut obtenir l'image des transformations qu'à travers des relations fondamentales qui sont données comme parallèles ou perpendiculaires.

Cette possibilité de l'usage des propriétés des transformations pour faire des constructions comme celle d'une droite parallèle, est alors introduit par le formateur comme un apport de Cabri pour des tâches de construction par rapport à l'environnement papier-crayon ; conformément à ce que nous avons prévu dans l'analyse du document de travail.

L'apport de Cabri est alors explicité par le formateur par le fait que Cabri permet l'usage des propriétés dans des constructions qu'habituellement en papier-crayon on n'utilise pas, car on ne peut pas les utiliser.

De plus, conformément à ce que nous avons prévu dans l'analyse du document écrit, le formateur à l'issue de cette activité, traite la différence dans les connaissances utilisées dans les deux environnements (Cabri et papier-crayon) pour la résolution du même problème.

En outre, le formateur utilise cette activité pour montrer aux stagiaires l'apport de Cabri au niveau du savoir didactique pour les démonstrations. En effet, le formateur explique que les propriétés des transformations sont directement utilisées dans les démonstrations dans l'environnement papier-crayon ; alors que Cabri offre la possibilité de l'usage des propriétés des transformations pour faire des constructions (« dans l'action »), avant de les utiliser dans des démonstrations.

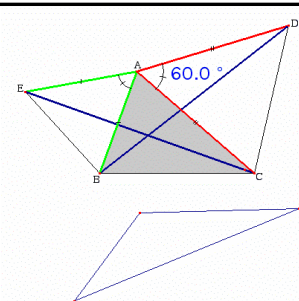
## Activité I-5

### I-5. Cas d'isométrie et transformations en Seconde

Construire un triangle ABC. Construire les triangles équilatéraux EBA et ACD de sens direct. Un exercice classique de Seconde consiste à montrer que l'angle des droites (EC) et (BD) est de  $60^\circ$ .

Cabri-Géomètre permet de construire un triangle TUV direct isométrique au triangle AEC qui sert de gabarit. Il est tel que l'on peut déplacer en translation par l'un de ses sommets T. On peut de plus faire tourner un de ses côtés autour de T. Pour le construire, créer un point T dans l'écran puis construire le côté TU isométrique à AE. Terminer ensuite le triangle TUV.

**Question** : quel usage faire de ce gabarit dans l'apprentissage de la résolution du problème cité ci-dessus ?



### Activité I-5

### Document écrit/Réponses des stagiaires versus Discours du formateur

Spécificités		Déplacement	Cercle	Triangle	Segment	Compas	Rotation	Nommer	Marquer un angle	Mesure d'angle	Cacher Montrer	Construction/ Dépendance entre les objets	Autre
<b>S<sub>i</sub></b>	Explicite	Déplacement3		X				X					
	Implicite	Déplacement1	X		X	X			X	X	X	Const/ Dépen3	
<b>Réponses des stagiaires</b> 9 binômes		Déplacement1 (?) Déplacement3 (?)	9	9	3	9		9	2	1	9		Droite (8) Médiatrice (1) Polygone (2) Distance/ Longueur (1)
<b>Discours du Formateur</b>		Déplacement3										Const/ Dépen3	
<b>S<sub>d-i</sub></b>	Explicite												
	Implicite	Déplacement1 Déplacement2					X			X			
<b>Réponses des stagiaires</b> 5 binômes		Déplacement2 (4)					5			5			
<b>Discours du Formateur</b>		Déplacement1 Déplacement2					X			X		Const/ Dépen3	

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Par le tableau nous constatons encore une fois que « les outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri » sont absents du discours du formateur, aussi bien au niveau du savoir  $S_i$  qu'au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Nous pouvons alors penser que ce qui intéresse le formateur pour que les stagiaires les retiennent à l'issue de cette activité (et peut-être plus généralement à l'issue des séances de Géométrie Dynamique), ce sont plutôt les spécificités « Déplacement » et « Construction/Dépendance » de Cabri.

Le formateur explique au niveau du savoir  $S_{d-m}$  que les démonstrations utilisant les propriétés des transformations sont très difficiles pour les élèves, car il faut arriver à identifier les points-objets et les points-images.

Ainsi, le formateur présente l'activité comme permettant de relier les cas d'isométries des triangles (qui est une notion qui ne présente pas de difficulté particulière auprès des élèves) aux transformations (rotation dans cette activité), raisonnement très difficile à intégrer par les élèves.

« **Formateur** : ... le raisonnement sur des transformation, en général, est plus difficile... de dire tel point a tel image etc. donc ici c'est l'idée d'aider à la démonstration en construisant... on construit un gabarit qui est isométrique au triangle EAC. »

« **Formateur** : Donc, le gabarit, en fait, vous aide à relier les cas d'isométrie des triangles à la rotation. Parce que le gabarit, il a été fondé sur les cas d'isométrie... »

L'apport de Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon dans cette activité est explicité par le formateur par le fait que dans Cabri, le gabarit est valable non pour un dessin, mais pour un ensemble de dessins qu'on obtient avec le déplacement.

« **Formateur** : voilà, il est variable ! exactement. Ce que j'ai fait, c'est un gabarit variable qui sera valable pour tous les cas de figures, quel que soit le triangle ABC... c'est exactement ça. C'est toujours cette même idée que, en fait on travaille pas avec un dessin mais on travaille avec tout un ensemble de dessins... avec une classe de dessins. Et ça, c'est très important ! ce gabarit-là, si je change le triangle ABC... vous voyez que le gabarit, il change... c'est plus le même. Il s'adapte, comme vous avez dit, il s'adapte toujours de façon à être isométrique à EAC. Et ça c'est quelque chose de justement... de... de caractéristique de la géométrie dynamique. »

En outre, comme nous l'avions prévu dans l'analyse du document écrit, le formateur explicite également que la tâche n'est pas spécifique à l'environnement Cabri et qu'elle peut exister dans les deux environnements (Cabri et papier-crayon) avec les mêmes procédés.



## Activité II-1

### II-1. A l'aide du théorème de Thalès

Afficher les axes. Créer le point d'abscisse 1 sur l'axe Ox, le point d'abscisse 1 sur l'axe Oy. Créer un point variable sur l'axe Ox d'abscisse x.

4) Comment construire le point d'ordonnée x sur l'axe Oy en utilisant le théorème de Thalès ?

5) Avec l'outil Trace ou Lieu, obtenir le graphe de la fonction  $y = x$ .

6) Soit a un nombre réel donné. Obtenir le graphe de la fonction  $y = a/x$  en utilisant le théorème de Thalès.

Intérêts de l'usage de Cabri

### Activité II-1

### Document écrit/Réponses des stagiaires vs. Discours du formateur

Spécificités		Déplacement	Droite	Cercle	Droite perpendiculaire	Droite parallèle	Compas	Report de mesure	Lieu	Coord. ou équation	Nombre	Trace	Axes	Cacher / Montrer	Construction/ Dépendance entre les objets	Autre
S <sub>i</sub>	Explicite								X			X	X			
	Implicite		X	X	X	X	X	X		X	X			X	Const/ Dépen.1 Const/ Dépen.3	
Réponses des stagiaires 10 binômes		(?)	10		4	10		7	9	4	7	?	10	6	Const/ Dépen.1 (?)	Milieu (2) Conique (4) Texte (1)
Discours du Formateur										X					Const/ Dépen.1	
S <sub>d-i</sub>	Explicite															
	Implicite	Déplacement3						X	X	X		X			Const/ Dépen.1 Const/ Dépen.3	
Réponses des stagiaires 10 binômes		Déplacement3 (5)							4	1		2			Const/ Dépen1 (5)	Conique (1)
Discours du Formateur		Déplacement3							X			X			Const/ Dépen.1 Const/ Dépen.3	

Déplacement 3 : Déplacer pour constater.

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Nous remarquons par l'analyse du discours du formateur qu'il commence à traiter directement l'activité II-1 au niveau du savoir S<sub>d-i</sub>, en posant aux stagiaires la question de l'apport de Cabri pour cette activité. Nous pouvons alors penser que pour le formateur, d'une part, l'objectif essentiel de la formation de Géométrie Dynamique portant sur le savoir S<sub>d-i</sub>, le formateur fait le choix de traiter l'activité plutôt sur le plan du savoir didactique, et d'autre

part le formateur estime peut-être que l'usage des outils de Cabri ne doit plus poser de problème particulier aux stagiaires.

En effet, le seul outil de Cabri dans ce que le formateur traite au niveau du savoir  $S_i$  parmi « les outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri » est l'outil « Coord.&Equation », où il indique la possibilité dans Cabri de demander l'équation du lieu obtenu dans cette activité.

Concernant la première question posée aux stagiaires, le formateur fait une comparaison entre l'environnement papier-crayon et l'environnement Cabri, et indique qu'au niveau de la construction du point d'ordonnée  $x$  sur l'axe  $Oy$  en utilisant le théorème de Thalès, il n'y a pas beaucoup de différence par rapport à la construction effectuée concernant les apports de Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon.

Au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , le formateur explicite, comme nous l'avions prévu dans l'analyse du document écrit, l'apport de Cabri à travers le déplacement qui permet de mettre en évidence la dépendance dans la variation de  $x$  et de  $y$ .

Le formateur explique ainsi la difficulté des élèves à voir cette dépendance dans l'environnement papier-crayon où il s'agit, pour l'élève, des couples de nombre  $(x,y)$  qui seront reportés comme étant des coordonnées.

*« **Formateur** : ... donc, effectivement, on leur fait construire le graphe de la fonction comme un ensemble de points. Et non pas comme des points particuliers hein, sur lesquels on reporte  $x$  d'un côté,  $y$  de l'autre et puis après on joint. Ça c'est véritablement... le graphe est véritablement un ensemble de points... et donc, l'activité, elle permet d'une part de remarquer que quand  $x$  varie,  $f(x)$  varie. Quand vous bougez le  $x$  sur l'axe des ... sur l'axe des  $x$ , le  $y$  il varie. Or, pour beaucoup d'élèves c'est pas évident parce qu'ils se contentent de reporter en papier-crayon. Ils voient pas la variation. Ils ont des couples, et ils reportent des couples... ils voient un point repéré par ces coordonnées mais ils voient pas la variation de  $y$  qui dépend de la variation de  $x$ . et ça, avec la géométrie dynamique, on le voit bien. Donc, c'est un premier aspect. »*

De plus, le formateur indique au niveau du savoir  $S_{d-m}$  que les élèves ne conçoivent pas le graphe d'une fonction comme un ensemble de points, parce qu'en papier-crayon ils ne font que joindre des points obtenus en donnant des valeurs aux variables de la fonction.

Le formateur explicite alors l'apport de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , comme favorisant une approche ponctuelle du graphe d'une fonction, parce que Cabri permet d'obtenir le graphe d'une fonction comme une trajectoire de point qui bouge ou comme un ensemble de points.

*« **Formateur** : ... Et le deuxième aspect, c'est le graphe comme ensemble de points, c'est-à-dire que ça permet de faire l'articulation entre graphe et courbe. Une fonction... Le graphe d'une fonction, tous les élèves savent le faire... ils mettent quelques points, ils joignent... ils savent pas pourquoi, ils joignent pas un trait continu, et ils ont aucune idée de la signification de ce trait continue qui joint les points. Parce qu'ils ne conçoivent pas comme un ensemble de points qui est obtenu comme la trace, justement, de ce point variable dont l'abscisse  $x$  varie. Et ça, conceptuellement, donc, c'est quelque chose de*

*très... de très important hein. De voir... d'obtenir le graphe d'une fonction comme une trajectoire de point qui bouge... ou encore comme un ensemble de points. »*

Par conséquent, nous pouvons dire que le formateur utilise cette activité pour montrer aux stagiaires l'apport de Cabri pour une approche ponctuelle du graphe d'une fonction, à travers l'usage de l'outil « Trace » et du « Déplacement » pour obtenir un graphe comme la trajectoire d'un point. Un autre objectif du formateur apparemment est de faire prendre conscience aux stagiaires de la difficulté des élèves à comprendre la dépendance entre x et y dans le graphe d'une fonction, et ainsi de leur montrer l'apport du déplacement dans Cabri pour mettre en évidence la dépendance entre la variation de x et celle de y.

Dans notre expérimentation, nous allons alors essayer de repérer dans quelle mesure les stagiaires penseront à mettre en œuvre cet apport de Cabri, à travers les outils « Trace » et « Lieu » et à travers la spécificité « Déplacement », pour une approche ponctuelle des transformations.

### **Activité III-1**

#### **III-1. Losange**

Construire un losange à partir de deux sommets consécutifs A et B en utilisant uniquement l'outil "cercle". Observer le comportement du losange en déplaçant les points déplaçables.

#### **Activité III-1**

#### **Document écrit/Réponses des stagiaires versus Discours du formateur**

Spécificités		Déplacement	Segment	Polygone	Cercle	Nommer	Cacher Montrer	Construction/ Dépendance entre les objets	Autre
<b>S<sub>i</sub></b>	Explicite	Déplacement3			X	X			
	Implicite	Déplacement1	X	X			X	Const/Dépen.1	
<b>Réponses des stagiaires</b> 10 binômes / 5 figures		Déplacement3 (9) Déplacement1 (4)	2	4	5	4	2	Const/Dépen.1 (6)	Droite (1) Distance/ Long (1)
<b>Discours du Formateur</b>									

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider.

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

En ce qui concerne l'activité III-1, activité qui se situe uniquement au niveau du savoir S<sub>i</sub>, le formateur préfère traiter cette activité plutôt en intervenant individuellement auprès des binômes sur les questions posées par eux.

Aucun traitement commun et aucune institutionnalisation n'ont alors été effectués par le formateur à l'issue de cette activité.

Nous pouvons alors penser que l'objectif du formateur dans cette activité, était de pouvoir intervenir auprès de chaque binôme sur des questions personnelles posées par les stagiaires et concernant les difficultés personnelles rencontrées par ces derniers.

De plus, nous remarquons encore une fois que l'activité, et la question posée aux stagiaires, concernent essentiellement la spécificité « Déplacement » de Cabri. Nous pouvons alors penser que le formateur porte une attention particulière à cette spécificité et qu'il avait comme objectif qu'à l'issue des séances de Géométrie Dynamique, la spécificité « Déplacement » de Cabri soit bien installée chez les stagiaires.

Pendant notre expérimentation, nous verrons à travers notre analyse si cela est le cas pour les stagiaires.

## **II.6. Résultats de l'analyse du discours du formateur**

Le tableau suivant synthétise de l'analyse du discours du formateur, par rapport au traitement des spécificités « Déplacement », « Construction/Dépendance entre les objets » et « les outils à destination didactique » de Cabri au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ , ainsi que leur potentialité dans le document écrit et leur apparition dans les réponses des stagiaires.

**DOCUMENT ECRIT /REPONSES DES STAGIAIRES versus  
DISCOURS DU FORMATEUR**

Géométrie Dynamique - PLC2		Document écrit d'activités		Réponses des stagiaires	Discours du formateur	Document écrit d'activités		Réponses des stagiaires	Discours du formateur
Spécificités	Activité No	S <sub>i</sub>		S <sub>i</sub> * nombre de binômes	S <sub>i</sub>	S <sub>d-i</sub>		S <sub>d-i</sub> * nombre de binômes	S <sub>d-i</sub>
		Explicite	Implicite			Explicite	Implicite		
Déplacement	Activité I-2.1 & I-2.2	Déplace.1		Déplace.1	<b>Déplace.1</b>	Déplace.1		Déplace.1 (4) / 7	<b>Déplace.1</b>
	Activité I-2.4	Déplace.3	Déplace.1 Déplace.2	Déplace.1 Déplace.2 (4) / 10 Déplace.3 (1) / 10	<b>Déplace.1</b> <b>Déplace.2</b> <b>Déplace.3</b>	Déplace.2 Déplace.3		Déplace.2 (3) / 10	<b>Déplace.1</b> <b>Déplace.2</b> <b>Déplace.3</b>
	Activité I-3.1.1	Déplace.2 Déplace.3		Déplace.2 (3) / 10 Déplace.3 (6) / 10	<b>Déplace.2</b> <b>Déplace.3</b>				<b>Déplace.2</b> <b>Déplace.3</b>
	Activité I-3.1.2	Déplace.1 Déplace.2 Déplace.3		Déplace.1 (2) Déplace.2 (8) / 10 Déplace.3 (6) / 10	<b>Déplace.1</b> <b>Déplace.2</b> <b>Déplace.3</b>	Déplace.1 Déplace.2 Déplace.3		0 / 2	<b>Déplace.1</b> <b>Déplace.2</b> <b>Déplace.3</b>
	Activité I-4.1	Déplace.1		Déplace.1	<b>Déplace.1</b>	Déplace.1		0 / 6	<b>Déplace.1</b>
	Activité I-5	Déplace.3	Déplace.1	Déplace.1 Déplace.3	<b>Déplace.3</b>	Déplace.1 Déplace.2		Déplace.2 (4) / 5	<b>Déplace.1</b> <b>Déplace.2</b>
	Activité II-1					Déplace.3		Déplace.3 (5) / 10	<b>Déplace.3</b>
	Activité III-1	Déplace.3	Déplace.1	Déplace.1 (4) / 10 Déplace.3 (9) / 10					
Construction/ Dépendance entre les objets	Activité I-2.1 & I-2.2	Constr/ Dépen3		Constr/ Dépen3	<b>Constr/ Dépen3</b>	Constr/ Dépen3		Const/ Dépen3 (5) / 7	<b>Constr/ Dépen3</b>
	Activité I-2.4	Const/ Dépen3	Const/ Dépen1	Const/ Dépen1 (1)+(?) / 10 Const/ Dépen3 (1)+(?) / 10	<b>Const/ Dépen1</b> <b>Const/ Dépen3</b>	Const/ Dépen1 Const/ Dépen3		Const/ Dépen3 (1) / 10	<b>Const/ Dépen1</b> <b>Const/ Dépen3</b>

	Activité I-3.1.1		Const/ Dépen1	Const/ Dépen1 (6) / 10	<b>Const/ Dépen1</b>			<b>Const/ Dépen1</b>
	Activité I-3.1.2		Const/ Dépen1	Const/ Dépen1 (3)+(?)/10		Const/ Dépen1	0 / 2	
	Activité I-4.1		Constr/ Dépen3	Constr/ Dépen3	<b>Constr/ Dépen3</b>	Constr/ Dépen3	Constr/ Dépen3 (4) / 6	<b>Constr/ Dépen3</b>
	Activité I-5		Constr/ Dépen3		<b>Constr/ Dépen3</b>			<b>Constr/ Dépen3</b>
	Activité II-1		Const/ Dépen1 Const/ Dépen3	Const/ Dépen1	<b>Const/ Dépen1</b>	Const/ Dépen1 Const/ Dépen3	Const/ Dépen1 (5) / 10	<b>Const/ Dépen1 Const/ Dépen3</b>
	Activité III-1		Const/ Dépen1	Const/ Dépen1 (6)				
Macro	Activité I-2.4				<b>X</b>			<b>X</b>
Revoir la construction								
Config. des outils	Activité I-4.1				<b>X</b>			<b>X</b>
Boîte Noire	Activité I-2.4	Boîte Noire1	Boîte Noire2	Boîte Noire1 (4) / 10 Boîte Noire2 (7) / 10	<b>Boîte Noire1 Boîte Noire2</b>	Boîte Noire1 Boîte Noire2	Boîte Noire2 (4) / 10	<b>Boîte Noire1 Boîte Noire2</b>
	Activité I-3.1.2		Boîte Noire1 Boîte Noire2	Boîte Noire1 (2) / 10 Boîte Noire2 (9) / 10	<b>Boîte Noire2</b>	Boîte Noire2	0 / 2	<b>Boîte Noire2</b>

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement

Constr/Dépend 2 : Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Boîte Noire 1 : Reproduction d'une figure dans Cabri dont on ne sait pas comment elle a été construite

Boîte Noire 2 : Emettre des hypothèses sur une configuration et les valider ou invalider soit avec le déplacement soit avec des constructions

Nous remarquons dans le tableau que le formateur donne beaucoup d'importance dans son discours au « Déplacement » et à la « Construction/ Dépendance entre les objets ».

En effet, le formateur insiste pour toutes les activités, aussi bien au niveau du savoir  $S_i$  qu'au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , sur les différents types d'usage du déplacement ainsi que sur la spécificité « construction et dépendance entre les objets » de Cabri. Nous constatons alors que le formateur donne une importance particulière au « Déplacement » et à la « Construction/Dépendance entre les objets » dans Cabri.

Nous pouvons alors faire l'hypothèse que pour les stagiaires, ces deux spécificités de Cabri doivent être bien installées à l'issue des séances de formation de « Géométrie Dynamique ». Ainsi, on peut s'attendre pendant notre expérimentation à l'usage de ces deux spécificités de Cabri par les stagiaires d'abord au niveau du savoir  $S_i$ , pour leur propre constructions dans Cabri. Mais au niveau du savoir  $S_{d-i}$  aussi l'on peut s'attendre à ce que les stagiaires donnent de l'importance au déplacement et à la construction dans Cabri, concernant l'analyse didactique des tâches mathématiques du point de vue des apports de Cabri.

Le tableau nous montre également que « les spécificités de Cabri plutôt à destination didactique au service de l'enseignant » (Macro construction, Configuration des outils, Revoir la construction et Boîtes Noires) sont elles aussi traitées dans le discours du formateur, malgré leur absence dans le document écrit. Par contre, parmi les « spécificités de Cabri plutôt à destination didactique au service de l'enseignant » le formateur n'introduit pas l'outil « Revoir la construction ». La raison en est peut-être, d'une part, qu'il voulait plutôt insister sur la spécificité « boîte noire » de Cabri. Ainsi, il a peut-être fait le choix de traiter les spécificités « Macro construction » et « Configuration des outils » qui sont des spécificités liées à la construction d'une tâche de type « boîte noire » par les stagiaires. Et d'autre part, à la différence des autres spécificités de Cabri plutôt à destination didactique au service de l'enseignant, l'outil « Revoir la construction » n'est généralement pas utilisé dans la conception des tâches, mais il est plutôt utilisé par l'enseignant pour comprendre comment l'élève à effectué une construction dans Cabri (ceci n'étant pas l'unique usage de cet outil, mais le plus courant).

En outre, nous remarquons que le formateur traite très peu d'outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri, dans son discours oral pendant les mises en commun. En effet, les outils qui sont traités par le formateur uniquement au niveau du savoir  $S_i$ , sont : Cercle, Compas, Report de mesure, Distance & Longueur et Coord. & Equation. Les outils traités uniquement au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , est : Mesure d'angle. Et les outils de Cabri qui sont traité par le formateur au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , sont : Trace, Lieu, Symétrie Centrale, Symétrie axiale, Rotation, Translation et Cacher/Montrer.

Nous pouvons alors dire que les outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri ne faisaient généralement pas partie des objectifs principaux du formateur dans la formation de « Géométrie Dynamique ». En effet, nous remarquons que parmi les outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri, le formateur traite au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$  les outils concernant les transformations, « Lieu » et « Trace », et l'outil « Cacher/Montrer ». Nous pouvons alors penser que ce sont ces outils, qui étaient importants pour le formateur. En effet, les outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri



traités dans son discours par le formateur au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$  sont tous des outils spécifiques à l'environnement Cabri et qui n'existent pas dans l'environnement papier-crayon. Par conséquent, le fait que le formateur choisisse de traiter des outils spécifiques à l'environnement Cabri peut être interprété par le fait que le formateur avait comme objectif, d'insister dans son discours, sur les différences entre l'environnement Cabri et l'environnement papier-crayon concernant les apports de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Nous allons alors essayer de repérer dans notre expérimentation si les stagiaires penseront à utiliser ces outils spécifiques à l'environnement Cabri, et s'ils vont faire une analyse didactique en termes d'apports de l'usage de ces outils au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Le tableau suivante indique les potentialités et les objectifs des activités du document écrit de travail que nous avons repérés dans l'analyse du document écrit ainsi que la place de ces potentialités dans le discours du formateur.

Nous avons indiqué en gris les potentialités et les objectifs que nous avons repérés dans l'analyse du document écrit mais qui ne se sont pas manifestés dans le discours du formateur.

Nous avons utilisé la police normale pour les potentialités et les objectifs que nous avons repérés dans l'analyse du document écrit et que l'on a également retrouvés dans le discours du formateur.

Et nous avons indiqué en gras les potentialités et les objectifs que nous n'avons pas prévus dans l'analyse du document écrit mais que nous avons repérés dans le discours du formateur.

**Potentialités et objectifs des activités proposées dans le document écrit et leur place dans le discours du formateur**

<b>Potentialités (principales) des questions posées aux stagiaires et leurs pris en compte dans le discours du formateur</b>					Objectif principal du formateur	Autres remarques concernant l'activité
	$S_m$	$S_i$	$S_{d-m}$	$S_{d-i}$		
<b>Activité I-2.1&amp;I-2.2</b>	Propriétés géométriques définissant une droite tangente permettant de construire la tangente à un cercle  ---	Résistance d'une figure au déplacement dans Cabri	- Procédé de construction utilisant des informations spatio-graphiques pouvant aboutir à un dessin recevable en papier-crayon - Manque de rétroaction en papier-crayon pour indiquer son erreur à l'élève <b>- Deux référents en géométrie : spatial et géométrique</b> <b>- Difficulté des élèves pour faire le passage du spatial au géométrique</b>	- Procédé de construction utilisant des informations spatio-graphiques rejeté par l'environnement à travers la non-résistance au déplacement - Rétroactions dans Cabri suffisantes pour indiquer à l'élève son erreur et pour lui permettre d'avancer <b>- Apport de Cabri pour faire le passage du spatial au géométrique, où les constructions utilisant des informations spatiales sont invalidées par le déplacement.</b>	- Montrer aux stagiaires le nouveau contrat dans Cabri qui est de construire des figures résistantes au déplacement - Mener une comparaison entre l'environnement papier-crayon et l'environnement Cabri par rapport à l'usage des connaissances spatiales et à leur validation/ invalidation.	
<b>Activité I-2.4</b>	Points remarquables d'un triangle  ---	Activités de type « boîte noire » <b>- Macro-constructions</b> <b>- Usage du déplacement pour faire des conjectures</b> <b>- Usage du déplacement pour constater les liens de dépendance</b>	Interprétation des positions spatio-graphiques des points remarquables en termes géométriques	- Usage du déplacement pour faire des conjectures sur les points remarquables - Usage du déplacement pour valider/invalider les hypothèses émises sur les points - Usage du déplacement pour constater les liens de dépendance entre le triangle et le point remarquable <b>- Usage des macro-constructions dans une activité de type « boîte noire » pour que les élèves n'aient pas accès aux objets cachés qui ont servi à la construction</b>	- Différence entre un Cabri-dessin et un dessin papier-crayon.  - Activités de type « boîte noire » dans Cabri.	Rupture de contrat par rapport à la lecture des informations spatiales sur le dessin (pour les interpréter géométriquement)

<p><b>Activité I-3.1.1</b></p>	<p>- Dépendance de la figure-image de la figure-objet dans une transformation - Quadrilatères possédant un centre de symétrie</p>	<p>- Usage du déplacement pour faire des conjectures <b>-Points libres</b> <b>- Degré de liberté</b></p>	<p>- Apprentissage de la dépendance entre un point et son image dans une transformation - Apprentissage des quadrilatères invariants dans une symétrie centrale</p>	<p>- Usage du déplacement pour mettre en évidence cette dépendance entre un point et son image. - Cabri constituant un champ d'expérimentation pour rechercher les quadrilatères invariants dans une symétrie centrale</p>	<p>- Usage du déplacement dans Cabri pour conjecturer sur des propriétés géométriques - Changement de contrat entre Cabri et papier-crayon par la possibilité dans Cabri d'utiliser des phénomènes spatio-graphiques pour arriver à des propriétés géométriques</p>	<p>Rupture de contrat : le travail de l'élève se situe purement au niveau perceptive en utilisant le déplacement (pas de construction en utilisant des propriétés géométriques)</p>
<p><b>Activité I-3.1.2</b></p>	<p>Invariants d'une transformation</p>	<p>- Usage du déplacement pour faire des conjectures - Usage du déplacement pour constater les invariants d'une configuration</p>	<p>- Identification d'une transformation à partir de ses invariants <b>- Difficulté des élèves concernant la conception d'une figure comme un ensemble de points</b></p>	<p>- Présentation d'une transformation comme une boîte noire <b>- Cabri constituant un champ d'expérimentation pour rechercher la transformation inconnue</b> <b>- Apport de l'outil « Trace » pour voir une figure comme un ensemble de points et pour faire le passage aux transformations ponctuelles</b></p>	<p>-Présentation d'une tâche spécifique à l'environnement Cabri où le déplacement est le seul moyen de résoudre la tâche -Présentation d'une transformation comme une « boîte noire ».</p>	
<p><b>Activité I-4.1</b></p>	<p>Construction d'une droite parallèle</p>	<p>- Usage des macros pour construire une parallèle <b>- Déplacer pour valider ou invalider une construction</b> <b>«Configuration des outils» pour enlever certains outils du menu</b></p>	<p>- Usage par l'élève des propriétés géométriques pour construire une parallèle - Usage des connaissances liées aux propriétés du parallélogramme en papier-crayon.</p>	<p>-Possibilité de l'usage non coûteux par l'élève des transformations pour construire une parallèle dans Cabri. - Usage des connaissances liées aux propriétés des transformations dans Cabri <b>- Enlever du menu de Cabri des outils qu'on ne souhaite pas que l'élève utilise pour la résolution de la tâche</b></p>	<p>-Proposer le même problème dans deux environnements différents pouvant impliquer l'usage de connaissances différentes pour la résolution du problème par l'élève <b>- Possibilité dans Cabri de l'usage des propriétés des transformations pour des constructions qu'en papier-crayon, on utilise seulement dans des démonstrations</b></p>	

<p><b>Activité I-5</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cas d'isométrie des triangles</li> <li>- Rotation</li> </ul>	<p>Construction d'une figure dont le comportement dynamique est donné</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permettre aux élèves de relier les cas d'isométrie des triangles et la rotation</li> <li><b>- Difficultés des élèves dans des raisonnements sur les transformations</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Configuration valable sur un ensemble de dessins à travers le déplacement</li> <li>- Possibilité d'effectuer une validation à travers l'usage de la rotation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La même tâche peut exister dans les 2 environnements avec les mêmes objectifs d'apprentissages et les mêmes procédés de résolution</li> <li><b>- Gabarit permettant d'aider les élèves concernant le raisonnement sur des transformations, pour des démonstrations utilisant les propriétés des transformations</b></li> </ul>	
<p><b>Activité II-1</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Graphe comme lieu de points</li> <li>- Graphe comme trajectoire d'un point</li> <li>- Dépendance de la variation de x et de y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usages des outils « Trace » et « Lieu » pour tracer le graphe d'une fonction</li> <li>- Usage du déplacement pour constater la dépendance entre les objets</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction du graphe d'une fonction comme lieu de points</li> <li>- Difficulté des élèves pour concevoir le graphe d'une fonction comme un ensemble de points</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser l'outil « Trace » pour tracer le graphe d'une fonction permettant d'envisager le graphe comme trajectoire d'un point</li> <li>- Utiliser l'outil « Lieu » pour tracer le graphe d'une fonction permettant d'envisager le graphe comme lieu des points</li> <li>- Utiliser le déplacement pour mettre en évidence la dépendance de x et de y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Montrer l'apport de Cabri pour une approche ponctuelle du graphe d'une fonction, à travers l'usage de l'outil « trace » et le déplacement pour obtenir un graphe comme la trajectoire d'un point ; et l'usage de l'outil « Lieu » pour obtenir un graphe comme un lieu de points</li> <li>- Montrer l'apport du déplacement dans Cabri pour mettre en évidence la dépendance entre la variation de x et la variation de y</li> </ul>	
<p><b>Activité III-1</b></p>	<p>Construction d'un losange</p>	<p>Comportement dynamique des objets d'une configuration</p>	<p>-</p>	<p>-</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déplacement dans Cabri, Dépendance entre les objets <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Objets libres</li> <li>&gt; Objets dépendants d'un autre objet</li> <li>&gt; Objets non déplaçables</li> <li>&gt; Degré de liberté</li> </ul> </li> </ul>	

Nous remarquons dans le tableau que le formateur ne fait aucun discours sur le savoir mathématique.

Ceci est sûrement dû à ce que les activités sur lesquelles les stagiaires ont travaillé sont au niveau du lycée ou du collège. Les connaissances des stagiaires au niveau du savoir mathématique étaient alors suffisantes pour le formateur, pour la résolution du problème mathématique, et ainsi il a peut-être estimé non nécessaire d'intervenir à l'issue des activités du document écrit au niveau du savoir  $S_m$ .

En outre, nous constatons que le formateur, au niveau du savoir  $S_i$ , intervient davantage pour les premières activités de la formation. En ce qui concerne les dernières activités des séances de formation, le formateur fait le choix d'insister plus fortement sur le plan du savoir didactique, et de montrer aux stagiaires les apports de Cabri, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , par rapport à l'environnement papier-crayon.

De plus, la place du déplacement au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$  est très importante dans le discours du formateur. Le formateur intervient, dans toutes les activités, sur l'importance du déplacement dans un environnement de géométrie dynamique. Nous pouvons alors confirmer que le formateur avait l'objectif de traiter de manière importante la spécificité « Déplacement » de Cabri dans la formation de Géométrie Dynamique, puisque le déplacement était fortement présente à la fois dans le discours du formateur et dans les potentialités des activités du document écrit sur lesquelles les stagiaires avaient travaillé.

En outre, à travers le déplacement pour faire des conjectures (Déplacement 2), le formateur traite également plusieurs fois le fait que Cabri constitue un champ d'expérimentation pour faire des recherches comme dans les sciences expérimentales où il s'agit d'interprétation des phénomènes observés sur l'écran en termes géométriques.

Par contre, nous remarquons que le formateur n'intervient pas, concernant les ruptures de contrat par rapport à l'usage des informations spatiales et à leur interprétation en termes géométriques dans le champ d'expérimentation de l'environnement Cabri.

Ainsi, la différence entre d'une part les constructions effectuées dans Cabri, résistantes au déplacement où l'usage des propriétés spatiales est invalidé par le déplacement du fait qu'il y a un contrat de résistance au déplacement dans Cabri et d'autre part, l'aspect « expérimentation » dans Cabri où les phénomènes spatiaux sont interprétés en termes géométriques, qui crée une rupture de contrat par rapport à l'usage des informations spatiales dans un travail géométrique, cette différence n'est pas explicitée par le formateur dans son discours.

Ceci peut être parce que le formateur voulait avant tout insister sur le nouveau contrat de résistance au déplacement ; mais aussi parce que ce qui l'intéressait en proposant des activités de type boîte noire, c'était de faire prendre conscience aux stagiaires de la possibilité de l'usage du déplacement pour faire des conjectures, et pour valider ou invalider les hypothèses émises dans le champ d'expérimentation fourni par l'environnement Cabri.

Ainsi, nous constatons que le formateur insiste beaucoup sur le fait qu'une construction dans Cabri doit résister au déplacement, et aussi sur l'invalidation, par le déplacement, d'une construction qui utilise des informations spatiales et non des propriétés géométriques, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , comme un apport de Cabri pour faire le passage du spatial au géométrique. Ce passage du spatial au géométrique est indiqué par le formateur au niveau du savoir  $S_{d-m}$  comme une difficulté importante des élèves.

De ce fait, conformément à ce que nous avons repéré au niveau de la conception par le formateur du document de travail, le passage de l'usage des propriétés spatio-graphiques à l'usage des propriétés géométriques a également une place importante, au niveau du savoir didactique, dans le discours du formateur.

Nous pouvons également dire que les activités de type « boîte noire » faisaient partie de ce que le formateur voulait voir retenir par les stagiaires, à l'issue des séances de formation de Géométrie Dynamique.

En effet, le formateur traite les tâches spécifiques à l'environnement Cabri, et qui ne peuvent exister dans l'environnement papier-crayon à travers les activités de type « boîte noire », où il insiste sur l'exemple où une transformation est présentée comme une « boîte noire », dans lequel le déplacement est le seul procédé à travers lequel on puisse effectuer la résolution.

En dernier lieu, nous constatons que le formateur insiste également sur l'outil « Trace » dans son discours, mais uniquement au niveau du savoir didactique. En effet cet outil est présenté par le formateur comme permettant de concevoir le graphe d'une fonction comme la trajectoire d'un point. Ainsi, l'apport de Cabri est traité par le fait que l'outil « Trace » est un moyen pour les élèves de pouvoir faire le passage aux transformations ponctuelles et à la conception d'une figure comme un ensemble de points.

Par conséquent, nous pouvons dire que le formateur avait comme objectif essentiel de traiter les spécificités « Déplacement », « Construction/Dépendance entre les objets » et les tâches de type « boîte noire » pendant les séances de formation de Géométrie Dynamique. En effet, ces trois spécificités tiennent une place très importante aussi bien dans le document écrit de travail que dans le discours du formateur, aux niveaux du savoir  $S_i$  et du savoir  $S_{d-i}$ .

Le contrat de résistance au déplacement est, semble-t-il également, l'un des objectifs principaux du formateur à mettre en place auprès des stagiaires, par la formation « Géométrie Dynamique », concernant aussi bien les propres constructions des stagiaires dans Cabri, que la conception et l'analyse des activités proposées dans Cabri, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

### III. Conclusion

L'analyse des séances de formation « Géométrie Dynamique » nous montre que :

- La place de la spécificité « Déplacement » de Cabri est très importante dans la formation. Le déplacement est présent dans toutes les activités du document écrit, et le formateur, dans son discours oral, intervient sur l'importance du déplacement dans un environnement de géométrie dynamique, à l'issue de chaque activité.

Le déplacement est présenté comme la caractéristique la plus importante d'un environnement de géométrie dynamique. Bien que l'analyse des réponses des stagiaires ait montré un faible usage du déplacement au niveau du savoir  $S_i$  mais essentiellement au niveau du savoir  $S_{d-i}$  - par le fait que le déplacement soit objet de formation dans toutes les situations proposées aux stagiaires pendant la formation et que le déplacement soit au premier plan dans le discours du formateur aussi bien au niveau du savoir  $S_i$  qu'au niveau du savoir  $S_{d-i}$  - on peut s'attendre à ce que la spécificité déplacement et le contrat de résistance au déplacement dans Cabri, soient installés chez les stagiaires à l'issue des séances de formation Géométrie Dynamique.

Nous nous attacherons alors pendant notre expérimentation à repérer, d'une part l'usage du déplacement par les stagiaires au niveau du savoir  $S_i$  pour leurs propres constructions dans Cabri, et d'autre part cet usage concernant les réponses des stagiaires aux questions posées au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

- Une autre spécificité de Cabri tenant une place importante dans la formation de Géométrie Dynamique, ce sont les activités de type « boîte noire ». En effet, parmi les « spécificités de Cabri plutôt à destination didactique au service de l'enseignant » (Boîtes Noires, Macro construction, Configuration des outils, Revoir la construction), nous constatons la place centrale des activités de types « boîte noire » dans la formation de Géométrie Dynamique.

L'analyse des réponses des stagiaires nous avait montré que les stagiaires arrivaient à mener des réflexions sur les activités de type « boîte noire » au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_m$ , mais qu'ils ne faisaient pas, ou très peu, de réflexion au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . En revanche, le formateur revient plusieurs fois sur les activités de type « boîte noire » dans son discours oral, surtout au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , en utilisant les activités de type « boîte noire » proposées dans document écrit.

En effet, les spécificités « Macro construction » et « Configuration des outils » de Cabri sont introduites par le formateur en lien avec, et concernant la conception des activités de type « boîte noire » au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ . Par contre, parmi les spécificités de Cabri plutôt à destination didactique au service de l'enseignant, l'outil « Revoir la construction » se révèle absent de la formation.

- La spécificité « Construction/Dépendance entre les objets » est également une spécificité qui est objet de formation dans la majorité des activités des cours de Géométrie Dynamique. Dans le document écrit de travail, cette spécificité est potentiellement présente dans la plupart des activités au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ . Les résultats de l'analyse des réponses des stagiaires montrent, de plus, qu'ils n'avaient pas de problème concernant les constructions à travers les propriétés géométriques effectuées dans Cabri, au niveau du savoir  $S_i$ . Et concernant leurs

réponses aux questions didactiques, cette spécificité de Cabri faisait partie des spécificités les plus souvent exprimées au niveau du savoir  $S_{d-i}$  et en termes d'apports de l'environnement Cabri. De plus, le formateur intervient dans son discours sur la spécificité « Construction/Dépendance entre les objets », surtout au niveau du savoir  $S_{d-i}$  concernant les apports de Cabri par rapport à l'usage des propriétés géométriques pour une construction, et par rapport à la dépendance entre les objets d'une configuration dans le déplacement. Nous pouvons alors penser que la spécificité « Construction/Dépendance entre les objets » de Cabri soit établie par les stagiaires à l'issue des séances de formation de Géométrie Dynamique. Nous allons essayer de repérer si cela est le cas, concernant le niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ , pendant notre expérimentation.

- En ce qui concerne « les outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri », nous avons remarqué que bien que leur usage soit très peu explicité dans le document, les stagiaires n'y rencontrent aucune difficulté concernant l'usage des outils de constructions dans les menus pour effectuer des constructions dans Cabri. Ainsi, le formateur ne traite pas, au niveau du savoir  $S_i$ , les outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri. Au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , le formateur dans son discours insiste essentiellement sur les outils « Trace », « Lieu » et les transformations.

Pour notre expérimentation, nous allons alors essayer de repérer dans quelle mesure les stagiaires utilisent les spécificités « Déplacement », « Construction/Dépendance entre les objets » et « les outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri » concernant leur propre construction dans Cabri, afin de repérer l'impact des séances de formation de Géométrie Dynamique au niveau du savoir  $S_i$ .

Nous allons en outre analyser le contrat de résistance au déplacement dans Cabri pour voir s'il est effectivement installé chez les stagiaires à l'issue des séances de formation de Géométrie Dynamique.

Nous allons également considérer, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , l'impact du discours du formateur, et celui des activités sur lesquelles les stagiaires ont travaillé, concernant les réponses de ceux-ci aux questions didactiques ; et concernant aussi leur réflexion au niveau du savoir  $S_{d-i}$  relatif aux spécificités « Déplacement », « Construction/Dépendance entre les objets », « les outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri » et aux « spécificités de Cabri plutôt à destination didactique au service de l'enseignant ».



## **PARTIE C**

### **ANALYSE DES EXPERIMENTATIONS**



# PARTIE C

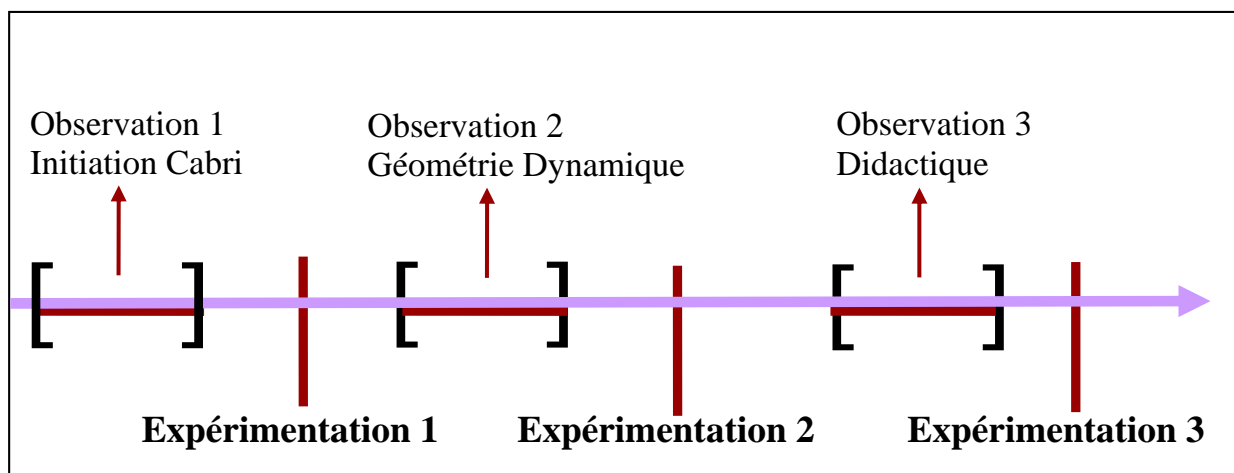
## CHAPITRE C1

### ANALYSE DES EXPERIMENTATIONS

Dans cette partie nous effectuons l'analyse des expérimentations réalisées auprès des PLC2. L'objectif essentiel de ces analyses est de repérer l'impact des séances de formation qu'ils ont reçues à l'IUFM, en identifiant les connaissances des stagiaires à l'IUFM au niveau des différents types de savoirs et en particulier au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$  avant et après chaque module de formation.

#### Introduction et méthodologie générale des expérimentations

Nous avons mis en place trois suites d'expérimentations dont nous effectuons les analyses dans cette partie. Suite à chaque module de formation (Initiation Cabri, Géométrie Dynamique et Didactique) portant chacun essentiellement sur différents types de savoirs développés précédemment ( $S_i$ ,  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$ ), nous avons mis en place une expérimentation



Notre première expérimentation a été réalisée juste après les séances de formation « Initiation Cabri », qui est un module obligatoire à l'IUFM de Grenoble pour tous les PLC2 en mathématiques et qui portait essentiellement sur le savoir  $S_i$ , mais aussi sur le savoir  $S_{d-i}$ .

L'expérimentation 1 est construite en trois temps, qui portent respectivement sur les savoirs  $S_m$ ,  $S_i$  et  $S_{d-i} / S_{d-m}$ .

Dans un premier temps nous essayons de repérer les connaissances des stagiaires sur la symétrie orthogonale au niveau du savoir  $S_m$ .

Dans un deuxième temps, nous essayons de repérer le rapport des stagiaires au savoir  $S_i$  en leur proposant des tâches de construction dans Cabri. Notre objectif est d'une part, d'analyser l'usage par les stagiaires des spécificités de Cabri pour faire des mathématiques ; et d'autre part, de repérer l'impact au niveau du savoir  $S_i$ , de la formation « Initiation Cabri » chez les stagiaires.

Et, dans un troisième temps, nous leur proposons des tâches d'analyse des situations dans l'environnement papier-crayon pour les élèves, et d'adaptation de ces situations dans l'environnement Cabri. Notre objectif est d'une part de repérer les éléments du savoir  $S_{d-m}$  présents chez les stagiaires face à une situation didactique proposée dans l'environnement papier-crayon ; et d'autre part, nous allons essayer d'évaluer le rapport des stagiaires au savoir  $S_{d-i}$  ainsi que l'impact de la formation d'Initiation Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Nous avons mis en place une deuxième expérimentation juste après les séances de formation Géométrie Dynamique qui est un module optionnel à l'IUFM de Grenoble pour les PLC2 en mathématiques. Ce module de formation porte essentiellement sur le savoir  $S_{d-i}$  ; mais on y rencontre également des éléments relevant des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-m}$ .

Notre deuxième expérimentation a pour objectif essentiel de repérer le rapport des stagiaires au savoir  $S_{d-i}$ , et l'impact des séances de formation de Géométrie Dynamique dans la conception des situations didactiques intégrant Cabri. Mais également d'obtenir des éléments sur le rapport des stagiaires au savoir  $S_{d-m}$  avant qu'ils ne reçoivent une formation sur le savoir didactique sur la symétrie axiale.

A la fin de l'année scolaire, nous avons mis en place une dernière expérimentation après les séances de formation en didactique sur la symétrie orthogonale. Cette formation ne porte que sur le savoir  $S_{d-m}$ . Ainsi, pour notre dernière expérimentation, les stagiaires avaient des connaissances au niveau des quatre types de savoirs qui nous font objet d'étude ( $S_m$ ,  $S_i$ ,  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$ ) du fait d'avoir suivi les séances de formation (Initiation Cabri, Géométrie Dynamique, séance de formation en didactique sur la symétrie orthogonale) à l'IUFM.

L'objectif de l'expérimentation 3 était d'analyser dans quelle mesure les stagiaires, à la fin d'une année de formation à l'IUFM, arrivent à concevoir des situations didactiques dans l'environnement Cabri en prenant en compte des éléments relevant des savoirs  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$  et à effectuer une analyse au niveau du savoir  $S_{d-m}$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$  de la situation didactique qu'ils ont conçu ; ainsi que l'impact de l'ensemble des formations qui nous font objet d'étude au niveau des savoirs  $S_m$ ,  $S_i$ ,  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$ .

## CHAPITRE C2

### ANALYSE DE L'EXPERIMENTATION 1

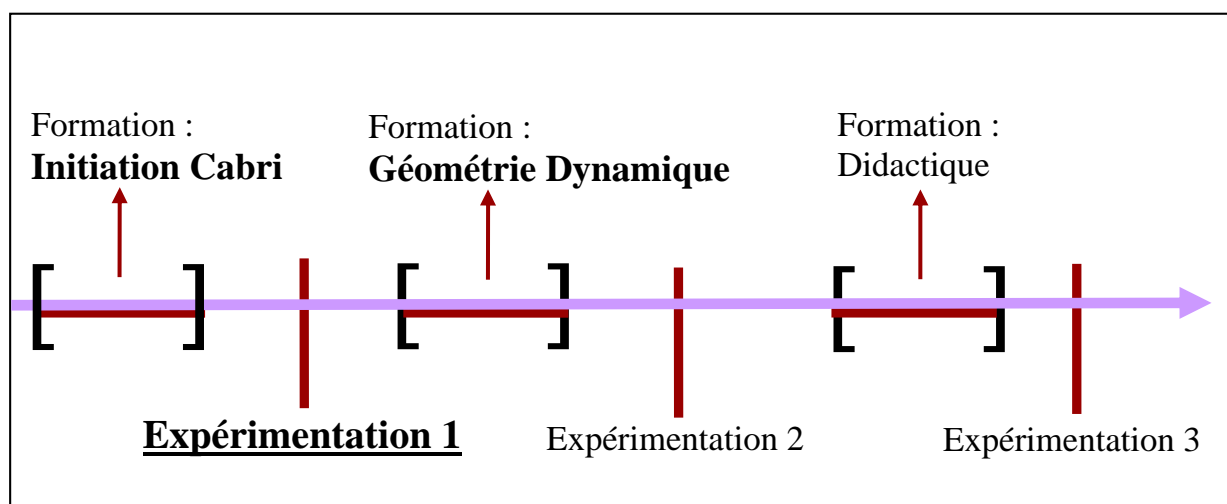
#### I. Présentation générale

##### I.1. Rappel de l'objectif de l'expérimentation 1

Notre première expérimentation s'est réalisée juste après les séances de formation « Initiation Cabri », module obligatoire à l'IUFM de Grenoble pour tous les PLC2 en mathématiques portant essentiellement sur le savoir  $S_i$ , mais aussi sur le savoir  $S_{d-i}$ .

Nous avons construit l'expérimentation 1 en trois temps. Il s'agit, dans chacune de ces trois parties de l'expérimentation, d'identifier le fonctionnement d'un savoir différent : la partie 1 concerne le savoir  $S_m$ , la partie 2 concerne principalement le savoir  $S_i$  et dans la partie 3 il s'agit essentiellement du savoir  $S_{d-i}$  mais également du savoir  $S_{d-m}$ . Nous analyserons chacune de ces trois parties par rapport aux différents types de savoirs qui sont concernés.

L'objectif de l'expérimentation 1 est de repérer les différents savoirs qui ont été construits grâce à la formation « Initiation Cabri ». Notre objectif est alors de repérer l'état des connaissances des PLC2 après une initiation à Cabri.



Les stagiaires avaient donc des connaissances sur le logiciel Cabri-Géomètre (au niveau du savoir  $S_i$  et du savoir  $S_{d-i}$ ). Mais ces connaissances n'étaient probablement pas suffisantes pour une intégration réelle de Cabri dans des situations didactiques.

## **I.2. Recueil de données**

Notre première expérimentation est réalisée avec quatre binômes de stagiaires PLC2 à l'IUFM de Grenoble.

Les binômes qui ont participé à notre expérimentation étaient volontaires. La constitution des binômes a été faite au hasard, plutôt par rapport à la disponibilité temporaire des stagiaires.

Chaque binôme disposait d'un ordinateur et du logiciel « Cabri-Géomètre » pendant l'expérimentation.

Nous avons enregistré la conversation de chaque binôme ainsi que leurs figures construites dans Cabri. Nous avons, ainsi, analysé les protocoles (cf. annexes) transcrites à travers ces enregistrements.

## **II. Analyse a priori des activités de l'expérimentation 1**

### **II.1. Choix Globaux**

L'expérimentation 1 est construite en trois parties qui portent sur les savoirs  $S_m$ ,  $S_i$ ,  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$ .

Dans la première partie, nous essayons de repérer les connaissances des stagiaires sur la symétrie orthogonale au niveau du savoir  $S_m$ . La première partie de l'expérimentation 1 est alors construite dans le but de faire apparaître les conceptions erronées des stagiaires sur la symétrie axiale.

Dans un deuxième temps, nous essayons de repérer le rapport des stagiaires au savoir  $S_i$  en leur proposant des tâches de construction dans Cabri. Notre objectif est d'une part, d'analyser l'usage par les stagiaires des spécificités de Cabri pour faire des mathématiques ; et d'autre part, de repérer l'impact, au niveau du savoir  $S_i$ , de la formation d'Initiation Cabri chez les stagiaires.

Et, dans un troisième temps, nous leur proposons des tâches d'analyse de situations dans l'environnement papier-crayon pour les élèves et d'adaptation de ces situations dans l'environnement Cabri. Notre objectif est d'une part, de repérer les éléments du savoir  $S_{d-m}$  présents chez les stagiaires pour une situation didactique proposée dans l'environnement papier-crayon ; et d'autre part, nous allons essayer d'évaluer le rapport des stagiaires au savoir  $S_{d-i}$  ainsi que l'impact de la formation d'Initiation Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Nous effectuons, ci-dessous, l'analyse de ces trois parties :

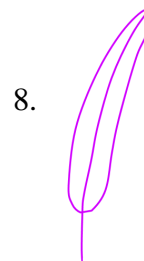
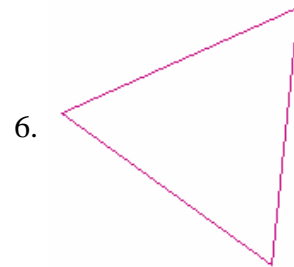
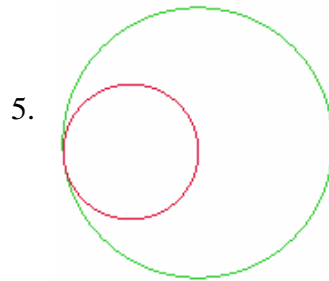
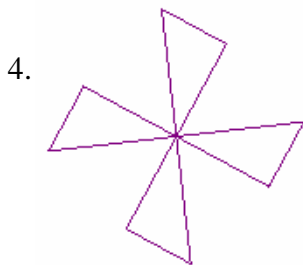
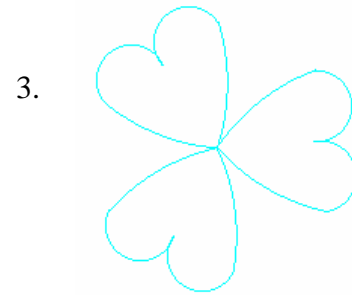
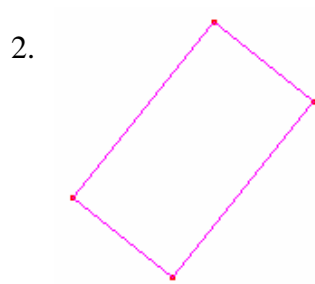
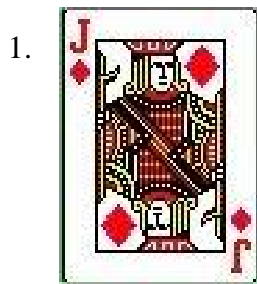
## II.2. Analyse a priori de la Partie I de l'expérimentation 1

### EXPERIMENTATION 1

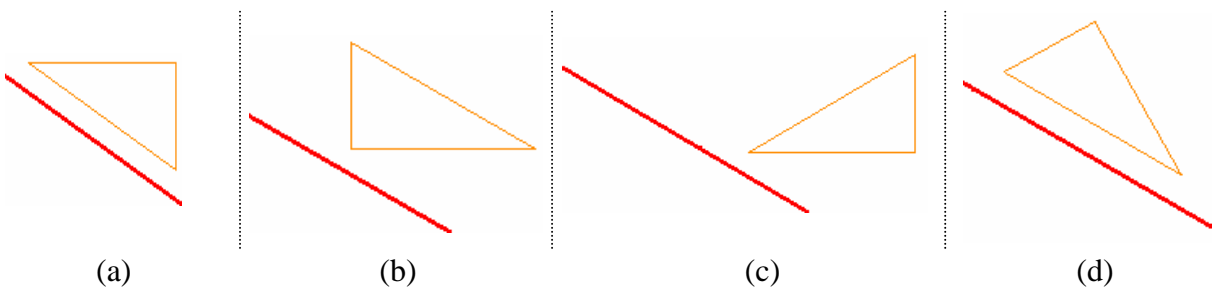
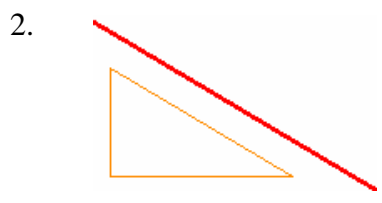
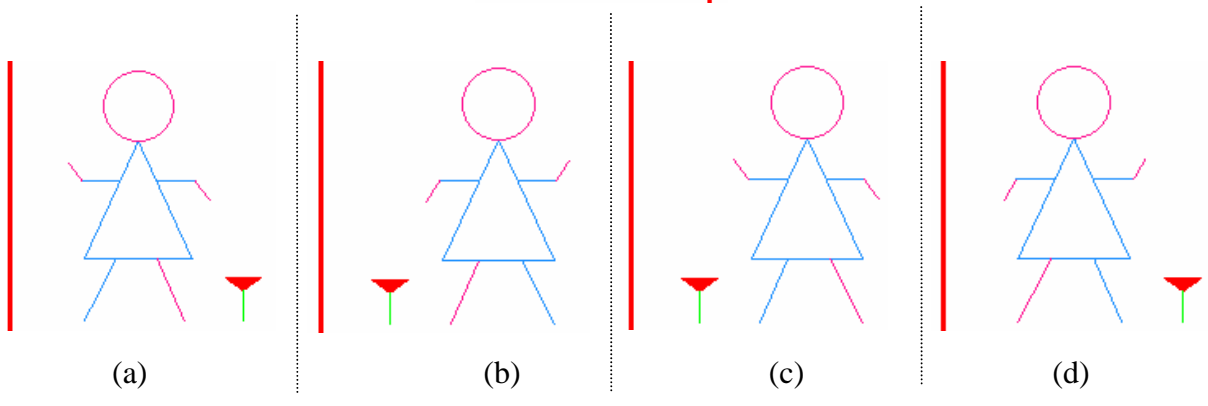
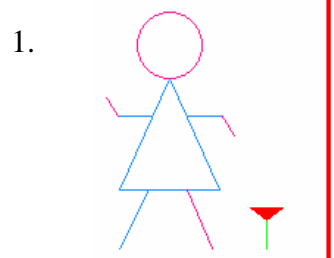
---

#### PARTIE 1 :

I. Parmi les figures suivantes lesquelles ont au moins un axe de symétrie ? (Dessinez à main levée l'axe si vous le trouvez)



II. Choisir le symétrique de la figure ci-dessous par rapport à l'axe dessiné en rouge parmi les figures proposées.





III. Dessiner à main levée, le symétrique du segment par rapport à l'axe (d).

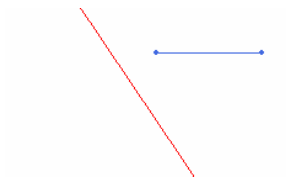
1.



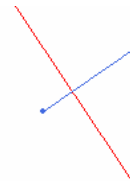
2.



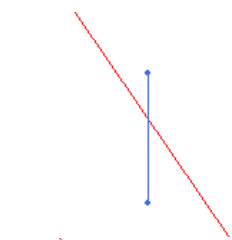
3.



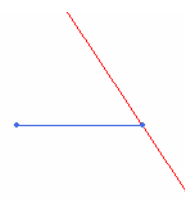
4.



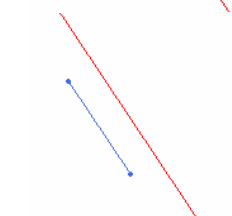
5.



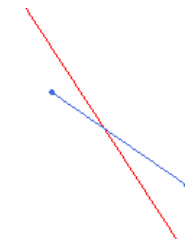
6.



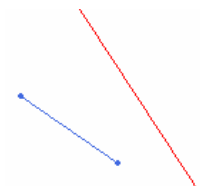
7.



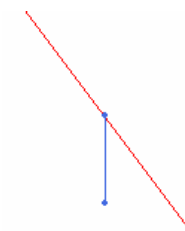
8.



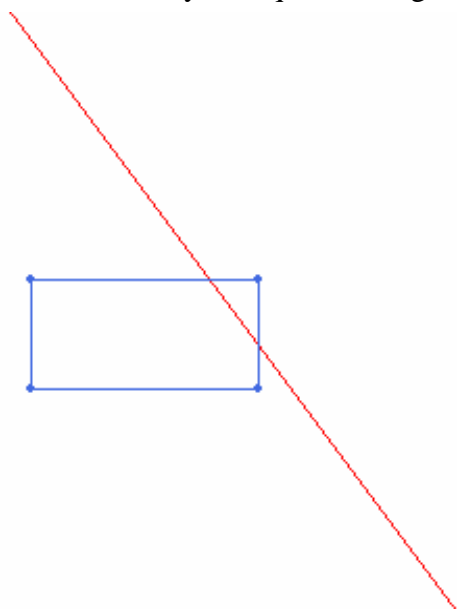
9.



10.



IV. Dessiner à main levée le symétrique de la figure donnée par rapport à l'axe (d).



Nous avons construit la partie 1 en nous appuyant sur des recherches antérieures en didactique des mathématiques sur la symétrie orthogonale (essentiellement sur les travaux de Grenier et Tahri).

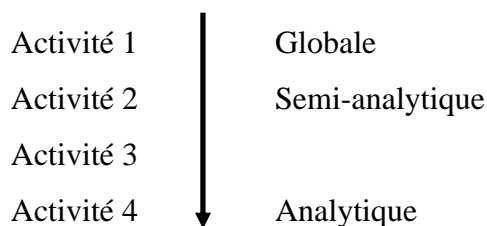
Cette première partie de l'expérimentation 1 est construite dans le but de faire apparaître les conceptions erronées des stagiaires sur la symétrie axiale. Les stagiaires dont il s'agit étant des PLC2 et le fait que les PLC2 aient un niveau de connaissances assez élevé au niveau du savoir mathématique, nous laisse supposer qu'ils réussiront dans toutes les tâches de cette première partie.

Nous avons construit la partie 1 de l'expérimentation 1 de façon à ce qu'il y ait une évolution dans les activités vers une approche analytique. En effet, les recherches antérieures sur les transformations montrent qu'une approche analytique de la figure est un facteur de réussite dans les tâches de construction de symétries de figures.

Ainsi, dans l'activité 1 de la partie 1, il s'agit d'abord de favoriser une approche globale de la figure quand la tâche est de trouver les figures qui admettent un axe de symétrie. Or, ensuite, il est demandé aux stagiaires de tracer l'axe dans le cas où ils affirment qu'une figure admet un axe de symétrie. Le stagiaire doit donc décider par quels éléments de la figure va passer l'axe en se détachant d'une approche globale de la figure.

Concernant les activités 2 et 3 de la partie 1, le stagiaire peut trouver le tracé soit avec une approche globale de la figure, soit par une approche plus analytique. Compte tenu des connaissances mathématiques des stagiaires PLC2, nous pensons qu'ils traiteront les activités 2 et 3 par une approche analytique.

En ce qui concerne l'activité 4, le procédé de résolution utilisant une approche analytique de la figure étant favorisé, nous pensons qu'une approche globale de la figure semble très peu probable à apparaître dans les réponses des stagiaires.

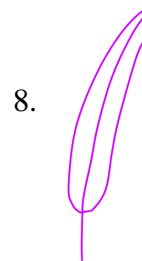
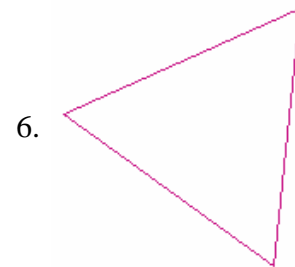
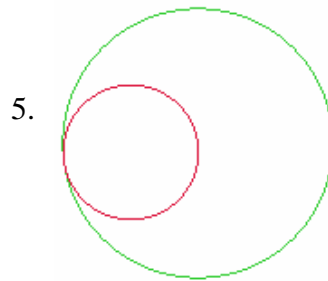
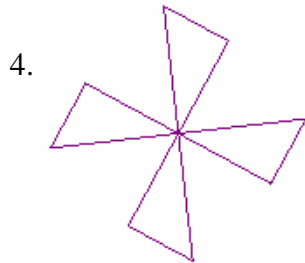
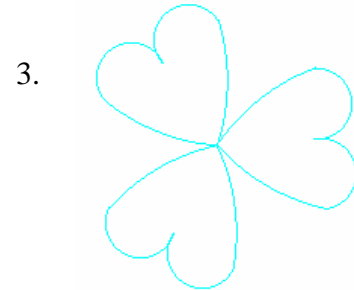
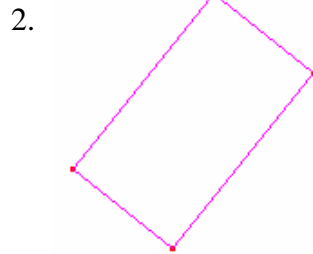
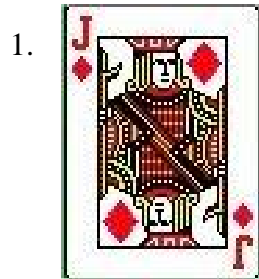


Nous analysons ci-après chacune de ces activités plus finement :

## PARTIE I

### Activité I :

I. Parmi les figures suivantes lesquelles ont au moins un axe de symétrie ? (Dessinez à main levée l'axe si vous le trouvez)



Dans l'activité 1 de la partie 1, il s'agit d'une tâche de reconnaissance et de tracé de la droite de symétrie d'une figure. Nous avons proposé aux stagiaires 8 figures. Et nous avons utilisé les travaux de Grenier (1988) pour le choix de ces figures.

Même si les PLC2 ont un savoir mathématique  $S_m$  très avancé par rapport à celui des élèves de collège, nous avons retenu les variables dégagées par Grenier pour la reconnaissance d'axe de symétrie. Nous cherchons à repérer si les PLC2 sont encore influencés par la perception.

Pour ces figures, l'approche perceptive joue un rôle important. Car, d'une part, on a tendance à voir la figure dans sa globalité (et non analytiquement) (règles de la perception de Duval) et d'autre part, la droite de symétrie peut être perçue comme une droite qui partage la figure en deux parties identiques mais non symétriques.

En effet, les stagiaires risquent d'être influencés par la perception pendant la phase du choix des figures qui possèdent un axe de symétrie : « Parmi les figures suivantes lesquelles ont au

*moins un axe de symétrie ?* ». Mais ensuite, il leur est demandé de tracer l'axe : « *Dessinez à main levée l'axe si vous le trouvez* » ; nous faisons alors l'hypothèse que les stagiaires seront obligés d'analyser la figure plus analytiquement pour décider par quels points passe l'axe.

Grenier (1988) analyse les variables pouvant intervenir dans la reconnaissance d'un axe de symétrie dans une figure :

- La complexité de la figure
- La position de la figure dans la feuille, c'est-à-dire la position de ses éléments par rapport à la verticale et à l'horizontale, ou la direction des droites de symétrie de la figure par rapport aux bords de la feuille.

En effet, Grenier (1988) montre dans sa thèse que la prédominance chez l'apprenant de la direction privilégiée, verticale et horizontale, peut induire l'idée de l'existence d'une droite de symétrie dans une figure qui n'en admet pas, ou peut nuire à la reconnaissance des droites de symétrie dans une figure.

- La régularité de la figure, qui peut également conduire l'apprenant à penser qu'une figure admet un axe de symétrie. En effet, les propriétés géométriques comme « La figure admet un centre de symétrie ou une symétrie de rotation d'ordre  $n$ , ou encore comporte des parties translattées l'une de l'autre ou présente une symétrie glissée » donnent à la figure une certaine régularité. (Grenier, 1988)
- Le nombre de droites de symétrie de la figure
- La parité du nombre d'éléments identiques dans la figure.

L'analyse des huit figures nous a permis de construire le tableau suivant qui indique les valeurs de ses variables définies par Grenier pour les figures que nous avons proposées aux stagiaires :

<i>Variables</i>	<b>Propriétés de la figure</b>					<b>Position de la figure</b>	
	<i>Complexité</i>	<i>Propriétés géométriques</i>	<i>Centre de symétrie ou de rotation déjà existant</i>	<i>Nombre de droites de symétrie</i>	<i>Parité</i>	<i>Position axe</i>	<i>Position figure</i>
<b>1</b>	+	Symétrie Centrale Rotation	-	0	+		V, H
<b>2</b>	-	Symétrie Axiale Symétrie Centrale Rotation	-	2	+	O	O
<b>3</b>	-	Symétrie Axiale Rotation	+	3	-	O	
<b>4</b>	-	Rotation Symétrie Centrale	+	0	+		V, H
<b>5</b>	-	Symétrie Axiale		1	-	H	
<b>6</b>	-	Symétrie Axiale Rotation	-	3	-	O	O
<b>7</b>	-	Rotation Symétrie Centrale	-	0	+		H
<b>8</b>	-			0	-		

Par le tableau ci-dessus, nous pouvons regrouper les huit figures par rapport à la régularité offerte par les propriétés géométriques qu'elles possèdent, dans trois catégories :

- Figures admettant au moins un axe de symétrie
  - dont l'axe est oblique : figures 2, 3 et 6
  - dont l'axe est horizontal ou vertical : figure 5
- Figures admettant au moins un axe de symétrie
  - avec une régularité : figures 2, 3 et 6
  - sans régularité : figure 5
- Figures n'admettant pas d'axe de symétrie
  - mais admettant une symétrie centrale : figures 1, 4 et 7
  - mais admettant une rotation : figures 4 et 7
  - n'admettant pas de régularité : figure 8

Par ce qui précède, nous pouvons penser que la reconnaissance par les stagiaires de l'axe de symétrie pour la figure 5 est plus probable que pour les figures 2, 3 et 6. Car la figure 5 non seulement admet un axe de symétrie horizontal mais en plus elle ne possède pas de régularité. Or les figures 2, 3 et 6 admettant un axe de symétrie oblique, possèdent une régularité en plus de la symétrie axiale.

De plus, en ce qui concerne la figure 2, un tracé erroné d'une droite verticale ou horizontale comme axe de symétrie, nous paraît probable chez les stagiaires. En effet, la figure 2 est un rectangle dont les côtés ne sont pas parallèles aux bords de la feuille, mais dont les diagonales le sont ; par conséquent, le tracé de la droite qui passe par les deux sommets opposés (c'est-à-dire la droite à laquelle la diagonale appartient) comme axe de symétrie, est favorisé. En effet, cette droite partage la figure en deux parties identiques mais non symétriques.

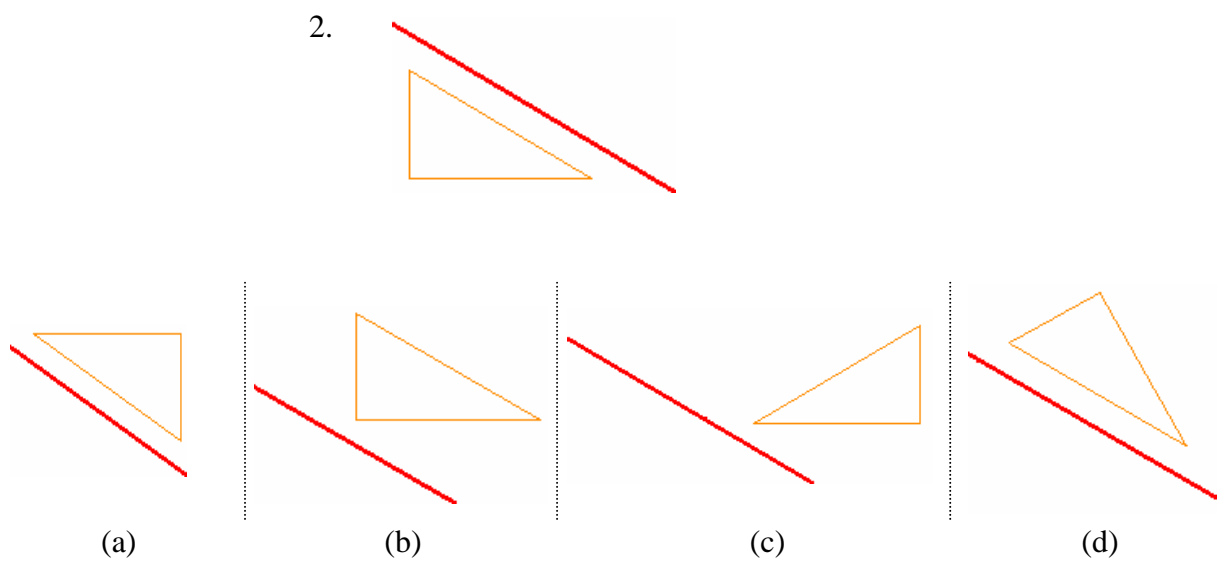
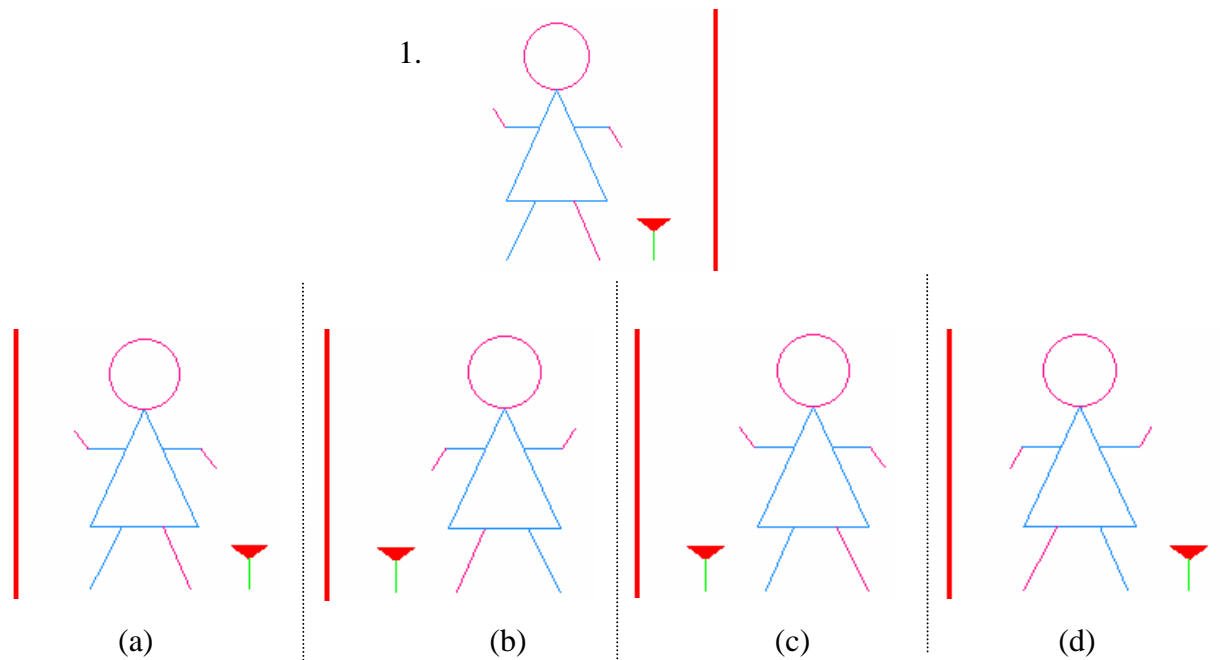
En outre, il est probable que le stagiaire reconnaisse un axe de symétrie qui n'existe pas pour les figures 4 et 7. En effet, ces deux figures n'admettant pas d'axe de symétrie, possèdent une symétrie centrale et une rotation ; mais elles ont également un nombre pair d'éléments.

Par contre, pour la figure 8, nous n'attendons pas de réponse erronée ; car d'une part, elle ne possède aucune régularité et d'autre part, elle n'a pas de partie identique. En effet la figure 8 met en jeu le fait que l'axe de symétrie est forcément une droite et non un arc de cercle ; mais nous pensons que les stagiaires ont déjà un rapport suffisamment approfondi au savoir  $S_m$ .

## PARTIE I

### Activité 2

II. Choisir le symétrique de la figure ci-dessous par rapport à l'axe dessiné en rouge parmi les figures proposées.



Il s'agit, dans cette activité, de trouver dans une liste de choix possibles le symétrique d'une figure composée par rapport à un axe donné.

Deux stratégies de réponses sont possibles :

- Choisir une des propositions en fonction des propriétés de la figure image
- Construire le symétrique de la figure objet et choisir la réponse identique à la figure image obtenue

Nous essayerons, par cette activité qui comporte 2 figures différentes, de repérer soit les propriétés de la symétrie utilisées pour le choix, soit les procédures utilisées par les stagiaires pour la construction du symétrique d'une figure composée.

Concernant l'activité 2, nous distinguons trois types de procédure : globale, semi analytique et analytique. Ainsi, nous avons choisi de proposer des choix multiples dans le but de renforcer les procédures de type global ou semi analytique. En effet, le fait d'avoir la figure-image déjà dessinée peut amener le stagiaire à s'éloigner d'une approche analytique de la figure en regardant la figure objet dans sa globalité et en cherchant son image parmi les choix.

En effet, pour la première figure, il s'agit d'une figure complexe comportant plusieurs éléments où l'anticipation mentale est difficile. Nous pensons donc qu'une approche globale de la figure pour choisir l'image semble être moins probable, puisque le stagiaire commencera très probablement à résoudre la tâche par un élément de la figure, afin de trouver la bonne réponse.

Or, pour la figure 2, qui est un triangle rectangle dont l'hypoténuse est parallèle à l'axe, une procédure de type global semble être plus probable. En effet, la figure est d'une part une figure non complexe et d'autre part, c'est une figure bien connue des stagiaires. Le fait que l'hypoténuse soit parallèle à l'axe et que le triangle soit proche de l'axe, favorise les procédures de type « parallélisme » ou « prolongement ». Les réponses à cette activité regroupent différentes procédures :

- Pour la réponse a) les procédures sont : « parallélisme » pour l'hypoténuse, « rappel horizontal » et « rappel vertical » pour les côtés formant l'angle droit (procédure erronée).
- Pour la réponse b), la figure-image est translatée de la figure-objet (procédure erronée).
- Pour la réponse c), les procédures sont le « prolongement » pour la base du triangle et « rappel horizontal » pour l'autre côté de l'angle droit (procédure erronée).
- La réponse d) est la réponse correcte..

Pour ce qui est de la figure 1, l'axe de symétrie étant vertical, les procédures de type « rappel horizontal » ou « rappel vertical » sont dans leurs domaines de validité. Cette tâche ne permet donc pas de repérer les procédures erronées de types « rappel horizontal » ou « rappel vertical ». Mais nous pouvons avancer que si le stagiaire coche la réponse a), il fait une translation de la figure objet pour trouver la figure image ; s'il coche la réponse b), il utilise la symétrie orthogonale pour les éléments de la figure objet pour trouver la figure image ; s'il coche la réponse c) ou la réponse d), il se sert de deux procédures différentes qui sont la symétrie orthogonale et la translation, pour trouver la figure objet.

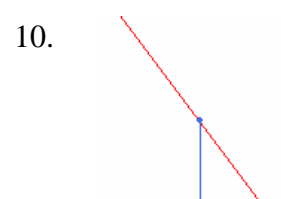
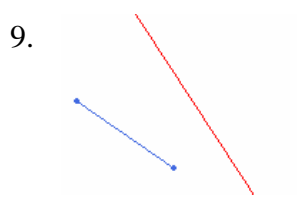
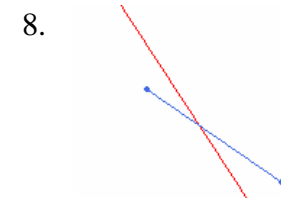
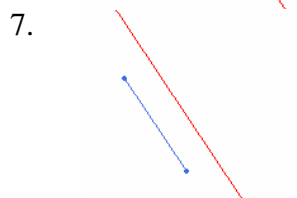
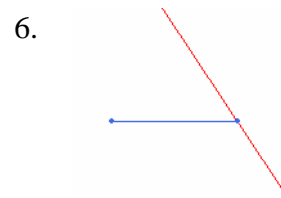
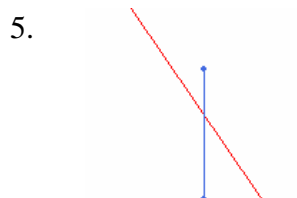
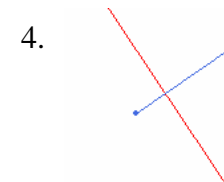
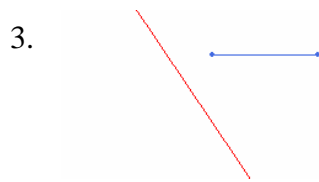


## PARTIE I

### Activité 3 :

---

III. Dessiner à main levée, le symétrique du segment par rapport à l'axe (d).



---

L'activité 3 est issue des travaux de recherche de S. Tahri et D. Grenier. Il s'agit d'une tâche de construction à main levée, où il est demandé de tracer le symétrique d'un segment donné par rapport à un axe donné. En effet, nous cherchons à repérer d'éventuelles procédures erronées chez les PLC2.

Grenier (1988, p. 62-64) montre que les variables didactiques d'une telle tâche sont :

- Orientation de l'axe : horizontale, verticale ou oblique
- Orientation du segment : horizontale, verticale ou oblique
- Angle entre l'axe et le segment :  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  ou  $\alpha$  (quelconque)
- Intersection entre l'axe et le segment : vide, se coupent, se touchent, le segment est sur l'axe

Tahri (1993) montre que par la combinaison de ces variables on obtient 81 figures, dont 30 sont réalisables (cf. annexes). Salima Tahri (1993, p. 71) considère également, dans sa thèse, les possibilités d'apparition des procédures erronées par rapport à ces 30 types de problèmes. Nous avons analysé les résultats de Tahri par rapport aux procédures erronées et aux domaines de validité de chaque procédure erronée.

Nous avons également, pour chaque problème et chaque procédure erronée, analysé pour voir si la figure image obtenue par la procédure erronée est la même que celle obtenue avec la procédure symétrie orthogonale. Et finalement, nous avons effectué une analyse pour repérer si la figure image obtenue par une procédure erronée était la même que celle obtenue par une autre procédure erronée (la colonne droite du tableau ci-dessous représente cette dernière).

Ces analyses nous ont permis de dégager 10 problèmes, qui nous ont paru les plus intéressants par rapport à la probabilité des procédures erronées et par rapport aux domaines de validité de ces procédures erronées. Ainsi, nous avons proposé aux stagiaires ces dix problèmes, dont l'analyse est présentée dans le tableau ci-dessous.

Domaine de validité de la procédure	(V,x,y,z)	(H,x,y,z)	(x,y,90°,z)	(x,y,0°,nc)	dépend de la procédure utilisée pour construire les deux parties du segment	x, y, z sont des variables
Procédures erronées (Axe, Seg, Ang, Int) Pb.no	<b>RH</b> Rappel Horizontal	<b>RV</b> Rappel Vertical	<b>PR</b> Prolongement	<b>PA</b> Parallélisme	<b>DS</b> Demi-symétrie	<b>Figure image obtenue</b>
(H,O,á,nc) <b>8</b>		x	x	x		
(V,V,0,c) <b>12</b>						
(O,H,á,t) <b>18</b>	x	x	x	x		RH = PR RV = PA
(O,H,á,nc) <b>19</b>	x	x	x	x		RH = PR RV = PA
(O,V,á,t) <b>20</b>	x	x	x	x		RH = PA RV = PR
(O,V,á,c) <b>21</b>	x	x	x	x	x	RH = PA RV = PR
(O,O,0°,nc) <b>24</b>	x	x		x		
(O,O,90°,c) <b>25</b>	x	x	x		x	
(O,O,á,c) <b>29</b>	x	x	x		x	
(O,O,á,nc) <b>30</b>	x	x	x	x		

: La figure image obtenue est la même que celle obtenue avec la procédure symétrie orthogonale.  
**x** : Procédure probable  
**x** : Procédure pas très probable

A travers l'activité 3, nous allons d'abord repérer si les stagiaires utilisent une approche analytique, semi-analytique ou globale pour tracer, à main levée, le symétrique d'un segment par rapport à un axe donné.

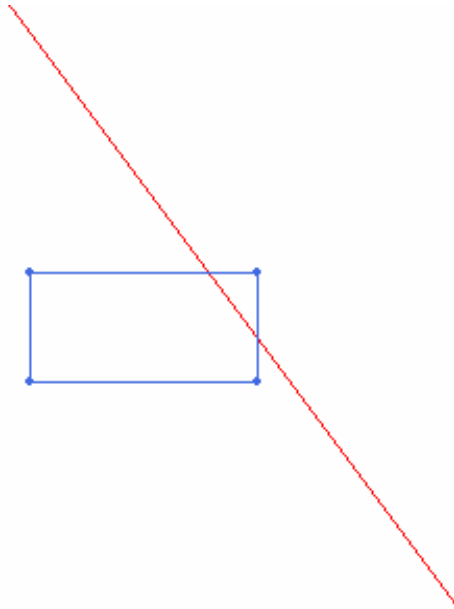
En effet, nous n'attendons pas de réponses erronées de la part des stagiaires pour cette activité-là et de plus, nous attendons de tous les stagiaires qu'ils tracent le symétrique du segment à travers une approche analytique, puisqu'il s'agit de PLC2 ayant des connaissances assez approfondies au niveau du savoir  $S_m$ .

## PARTIE I

### Activité 4 :

---

IV. Dessiner à main levée le symétrique de la figure donnée par rapport à l'axe (d).



---

L'activité 4 est la combinaison des quatre figures du tableau réalisé à partir des résultats des travaux de Tahri (1993) donné en annexes :

- figure 20 (O, V,  $\alpha$ , c)
- figure 17 (O, H,  $\alpha$ , c)
- figure 19 (O, H,  $\alpha$ , nc)
- figure 22 (O, V,  $\alpha$ , nc)

Nous avons décidé de proposer cette activité à la suite de l'activité 3, car nous avons voulu voir si le stagiaire pouvait décomposer une figure géométrique (telle que le rectangle) en ses éléments de base (tels que les sommets du rectangle) pour trouver la figure objet.

En effet, les recherches antérieures montrent qu'un élève peut être capable de trouver le symétrique d'un point, mais qu'il peut se référer à une procédure erronée pour trouver le symétrique d'un segment ; ou encore, il peut tracer le symétrique d'un segment mais il ne pourra pas trouver le symétrique d'une figure plus complexe.

En effet, l'anticipation mentale de la figure objet joue un rôle essentiel pour les problèmes de symétrie. Pour un segment, il n'est pas très difficile d'anticiper le segment image, mais pour une figure plus complexe, l'anticipation devient plus difficile.

Si, de plus, la figure objet coupe l'axe et possède des éléments loin de l'axe, l'anticipation mentale risque de ne pas fonctionner du tout. Dans ce cas-là, on est amené par le problème à passer par une approche analytique où l'on n'analysera plus la figure dans sa globalité, mais où l'on l'analysera par une approche plus analytique.

A travers cette quatrième activité nous essayerons donc de repérer si le stagiaire peut faire une analyse d'une figure complexe qui coupe l'axe pour tracer son symétrique.

Ainsi, à travers les quatre activités de la partie 1 construites en nous appuyant sur des recherches antérieures, nous allons essayer de repérer les conceptions des stagiaires sur la symétrie axiale au niveau du savoir  $S_m$ .

Nous pensons a priori que les stagiaires auront des réponses correctes. Nous avons cependant retenu les variables dégagées par Tahri et Grenier, car il est important pour nous d'avoir une connaissance précise du savoir  $S_m$  des stagiaires.

## **II.3. Analyse a priori de la Partie II de l'expérimentation 1**

---

### **EXPERIMENTATION 1**

#### **PARTIE 2 :**

##### **Partie 2.a**

Créez un point ; nommez le A.  
Créez une droite passant par A ; nommez la (d) ; déplacer (d).  
Créez le triangle ABC avec B et C quelconque ; déplacer le triangle ABC.  
Créez un cercle de centre O ; déplacer le cercle.  
Créez un point P sur le cercle de centre O.  
Créez le segment [PC] ; déplacer le segment [PC] ; effacer le segment [PC].  
Cachez le point P.

Créez la droite passant par O perpendiculaire à (d) ; nommez la (d').  
Vérifiez que (d) est bien perpendiculaire à (d').  
Créez la médiatrice du côté [AB] du triangle ABC ; cachez cette médiatrice.  
Mesurez la distance du point O à la droite (d).  
Mesurez la circonférence du cercle de centre O.  
Prenez le symétrique du triangle ABC par rapport à (d).

##### **Partie 2.b**

Ouvrir une nouvelle page.  
Créez une droite (d) passant par un point I.  
Créez le triangle ABC dont I est le milieu du côté AC.

##### **Partie 2.c**

Fermez toutes les fenêtres.  
Ouvrir le fichier « sym\_pts.men ».  
Ouvrir la figure « tri\_angle.fig ».  
Construire le symétrique du triangle ABC par rapport à la droite (d).  
Fermez la figure.  
Ouvrir le fichier « non\_sym.men ».  
Ouvrir la figure « tri\_angle.fig ».  
Construire le symétrique du triangle ABC par rapport à la droite (d).

---

La partie 2 de l'expérimentation 1 a pour but d'évaluer les connaissances des stagiaires sur l'usage de l'artefact au niveau du savoir  $S_i$ , juste après qu'ils aient suivi les séances de formation « Initiation Cabri », formation portant essentiellement sur le savoir  $S_i$  ayant lieu avant qu'ils reçoivent une formation approfondie portant sur le savoir  $S_{d-i}$ . Alors, nous allons également essayer de repérer l'impact des séances de formation Initiation Cabri au niveau du savoir  $S_i$  chez les stagiaires.

Nous avons construit la partie 2 de l'expérimentation 1 en trois sous-activités, où nous essaierons de repérer les schèmes d'usage mis en œuvre par les stagiaires :

Dans un premier temps, la partie 2.a, il s'agit d'une simple utilisation des menus du logiciel Cabri-Géomètre. La première partie encadrée concerne l'utilisation des menus de création, et la deuxième partie encadrée concerne l'utilisation des menus de construction de Cabri.

Pendant l'expérimentation, nous allons observer si les stagiaires sont capables de retrouver les outils de Cabri dont il s'agit, s'ils ont des difficultés pour utiliser ces outils, à quel point la connaissance sur la manipulation des objets est acquise par les stagiaires ... etc. C'est donc un premier niveau de savoir sur l'usage de l'artefact qui est en jeu. Cela nous permettra de repérer si les stagiaires connaissent les outils et s'ils savent les utiliser.

Nous allons plus précisément observer si :

Dans le menu de création :

Créez un point ; nommez le A.  
Créez une droite passant par A ; nommez le (d) ; déplacer (d).  
Créez le triangle ABC avec B et C quelconque ; déplacer le triangle ABC.  
Créez un cercle de centre O ; déplacer le cercle.  
Créez un point P sur le cercle de centre O.  
Créez le segment [PC] ; déplacer le segment [PC] ; effacer le segment [PC].  
Cachez le point P.

- Les stagiaires, sont-ils capables de trouver et d'utiliser les outils : Point, Nommer, Droite, Cercle, Triangle et Cacher/Montrer ?
- Comment manipulent-ils les objets à l'aide de la souris ; sont-ils à l'aise pour déplacer les objets ? Quelle est leur réaction pour un objet non déplaçable ?

Dans le menu de construction :

Créez la droite passant par O perpendiculaire à (d) ; nommez la (d').  
Vérifiez que (d) est bien perpendiculaire à (d').  
Créez la médiatrice du côté [AB] du triangle ABC ; cachez cette médiatrice.  
Mesurez la distance du point O à la droite (d).  
Mesurez la circonférence du cercle de centre O.  
Prenez le symétrique du triangle ABC par rapport à (d).

- Quels sont les différents types de déplacements utilisés par les stagiaires ? (translation, déformation etc.)
- Les stagiaires savent-ils utiliser les outils « Droite perpendiculaire », « Médiatrice » et « Distance et longueur » ?
- La vérification d'une perpendicularité, se fait-elle uniquement par le déplacement, uniquement par l'outil « Perpendiculaire ? » ou à la fois par le déplacement et l'outil « Perpendiculaire ? » ?
- Connaissent-ils l'outil « Symétrie axiale » ; savent-ils l'utiliser ? Cette utilisation, est-elle faite par une approche globale de la figure ou par une approche ponctuelle ?

Nous allons alors essayer de repérer d’abord si certaines spécificités de Cabri existent pour les stagiaires, autrement dit s’ils ont un rapport à ces spécificités. Ainsi, nous allons considérer les éléments existants de ce rapport à travers les interrogations citées ci-dessus ; mais nous allons également confronter les résultats de l’analyse de l’usage des spécificités de Cabri au niveau du savoir  $S_i$  pendant notre expérimentation, avec les résultats de l’analyse des séances de formation « Initiation Cabri », afin de repérer l’impact de ces séances sur l’usage, au niveau du savoir  $S_i$ , des spécificités de Cabri par les stagiaires.

Le tableau ci-dessous indique les spécificités de Cabri dont l’usage est attendu au niveau du savoir  $S_i$  de la part des stagiaires, pendant la partie 2.a de notre expérimentation ; ainsi que la place de ces spécificités dans la formation « Initiation Cabri », dans le discours oral du formateur et dans le document écrit de travail.

	<u>Expé 1</u>	<u>Initiation Cabri</u>			<u>Expé 1</u>	
	<u>A priori</u>	<u>Discours du formateur</u>		<u>Document écrit de travail</u>		<u>A posteriori</u>
<b>Partie2.a</b>	<b><math>S_i</math></b>	<b><math>S_i</math></b>	<b><math>S_{d-i}</math></b>	<b><math>S_i</math> Explicite</b>	<b><math>S_i</math> Implicite</b>	<b><math>S_i</math></b>
Déplacement	<b>Déplacement1</b>	Déplacement 1	Déplacement 1	X	Déplacement1	
Construction / Dépendance entre les objets	<b>Constr/Dép 1</b>	Constr/Dép 1	Constr/Dép 1		Constr/Dép 1	
Point	<b>X</b>	X		X	X	
Cercle	<b>X</b>	X	X	X	X	
Triangle	<b>X</b>	X	X	X	X	
Droite	<b>X</b>				X	
Droite perpendiculaire	<b>X</b>	X			X	
Médiatrice	<b>X</b>		X	X		
Symétrie Axiale	<b>X</b>	-X-				
Distance/ Longueur	<b>X</b>	X			X	
Oracle			X			
Nommer	<b>X</b>			X		
Cacher/Montrer	<b>X</b>	X	X	X	X	

**Déplacement 1 :** Déplacer pour valider ou invalider.

**Déplacement 3 :** Déplacer pour constater

**Constr/Dépend 1 :** Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

Dans les réponses des stagiaires pour la partie 2.a, nous n'attendons pas de spécificités de Cabri dont l'usage puisse poser un problème aux stagiaires au niveau du savoir  $S_i$ .

En effet, concernant les spécificités « Déplacement » et « Construction / Dépendance entre les objets » dont l'usage par les stagiaires est attendu dans cette activité, nous constatons qu'elles ont été traitées dans le discours du formateur au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d_i}$ ; elles ont été présentes potentiellement dans les activités, dans le document écrit de travail (présent implicitement) et leur usage a été favorisé. Ainsi, nous nous attendons à l'usage de ces deux spécificités de Cabri par les stagiaires au niveau du savoir  $S_i$ .

En ce qui concerne « les outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri », pour les outils qui étaient présents explicitement dans le document écrit de travail (Point, Cercle, Triangle, Nommer, Cacher Montrer), nous faisons l'hypothèse que les stagiaires ont construit un rapport à ces outils pendant les séances de formation, qui leur permettra de les utiliser au niveau du savoir  $S_i$  pour effectuer des constructions.

Quant aux « outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri » qui ont été absents du document écrit mais présents dans le discours du formateur (Droite perpendiculaire, Symétrie Axiale, Distance ou longueur, Oracle des questions), on peut penser que les stagiaires n'ont pas construit les schèmes d'usage les plus basiques pour ces outils, mais qu'ils sont au courant de l'existence de ces outils dans Cabri. Nous faisons en effet l'hypothèse que l'usage de ces outils pour effectuer des constructions simples au niveau du savoir  $S_i$  ne va pas être difficile pour les stagiaires, car il s'agit d'outils dont l'usage au niveau du savoir  $S_i$  ne pose pas de difficultés aux utilisateurs.



Dans un deuxième temps, la partie 2.b concerne un deuxième niveau de savoir sur l'artefact. On demande aux stagiaires de faire une construction dans Cabri, mais c'est à eux de trouver les outils convenables pour cette construction.

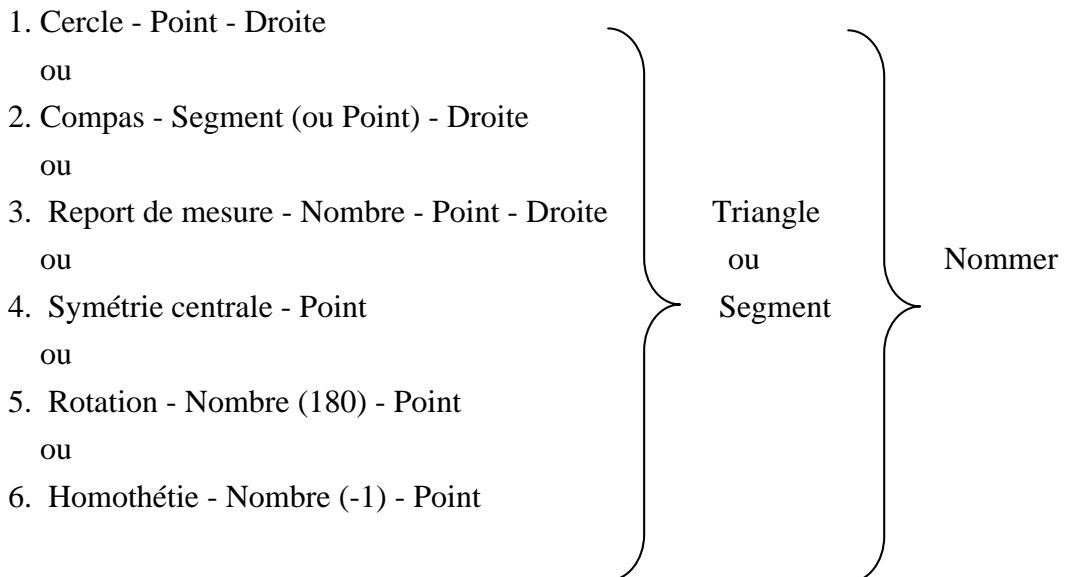
Ouvrir une nouvelle page.  
 Créez une droite (d) passant par un point I.  
 Créez le triangle ABC dont I est le milieu du côté AC.

La tâche est celle de la construction d'un triangle dont le milieu d'un côté est donné. Dans cette activité les outils de Cabri pour effectuer la construction sont :

Ouvrir une nouvelle page à Fichier - Nouveau

Créez une droite (d) passant par un point I à (Point) - Droite - Nommer

Créez le triangle ABC dont I est le milieu du côté AC à



Nous allons donc observer si le contrat sur le déplacement dans Cabri est bien compris par les stagiaires ; notamment, s'ils cherchent à construire une figure résistante au déplacement ; quelle est leur réaction face à un élément qui n'est pas résistant au déplacement ; et s'ils essayent de valider leur figure avec le déplacement.

Le tableau suivant indique les spécificités de Cabri dont on peut attendre l'usage au niveau du savoir  $S_i$  de la part des stagiaires pendant la partie 2.b de notre expérimentation ; ainsi que la place dans la formation « Initiation Cabri » de ces spécificités, dans le discours oral du formateur et dans le document écrit de travail.

	<u>Expé 1</u>	<u>Initiation Cabri</u>				<u>Expé 1</u>
	<u>A priori</u>	<u>Discours du formateur</u>		<u>Document écrit de travail</u>		<u>A posteriori</u>
<b>Partie2.b</b>	<b>S<sub>i</sub></b>	<b>S<sub>i</sub></b>	<b>S<sub>d-i</sub></b>	<b>S<sub>i</sub></b> Explicite	<b>S<sub>i</sub></b> Implicite	<b>S<sub>i</sub></b>
Déplacement	<b>Déplacement1</b>	Déplacement 1	Déplacement 1	X	Déplacement1	
Construction / Dépendance entre les objets	<b>Constr/Dép 1</b> <b>Constr/Dép 3</b>	Constr/Dép 1 Constr/Dép 3	Constr/Dép 1 Constr/Dép 3		Constr/Dép 1 Constr/Dép 3	
Point	<b>X</b>	X		X	X	
Segment	<b>X</b>					
Cercle	<b>X</b>	X	X	X	X	
Triangle	<b>X</b>	X	X	X	X	
Droite	<b>X</b>				X	
Report de mesure	<b>X</b>		X			
Symétrie centrale	<b>X</b>					
Rotation	<b>X</b>				X	
Homothétie	<b>X</b>	X	X			
Compas	<b>X</b>					
Nombre	<b>X</b>				X	
Nommer	<b>X</b>			X		
Cacher / Montrer		X	X	X	X	

**Déplacement 1 :** Déplacer pour valider ou invalider.

**Constr/Dépend 1 :** Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

**Constr/Dépend 3 :** Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

En ce qui concerne les réponses des stagiaires dans la partie 2.b, comme dans la partie précédente 2.a, pour les spécificités « Déplacement » et « Construction / Dépendance entre les objets » dont on attend l'usage par les stagiaires dans cette activité, nous constatons qu'elles ont été traitées dans le discours du formateur au niveau du savoir S<sub>i</sub> et au niveau du savoir S<sub>d-i</sub> ; et qu'elles ont été présentes potentiellement dans les activités, dans le document écrit de travail, par une sollicitation de leur usage (présent implicitement). Ainsi, nous ne nous

attendons pas à ce que l'usage de ces deux spécificités de Cabri pose un problème aux stagiaires au niveau du savoir  $S_i$ .

En ce qui concerne « les outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri », nous constatons que les outils présents explicitement dans le document écrit de travail sont : Point, Cercle, Triangle, Nommer et Cacher/Montrer. Ainsi, nous faisons l'hypothèse que les stagiaires passeront plus par le premier procédé de construction – en utilisant les outils Cercle, Point et Droite – pour effectuer leur construction. De plus, on s'attend à un usage de l'outil « Cacher/Montrer » par les stagiaires, pour cacher les objets intermédiaires ayant servi à la construction, bien que l'usage de cet outil ne soit pas demandé dans l'énoncé car en effet, l'outil « Cacher/Montrer » était fortement présent dans la formation « Initiation Cabri », dans le document écrit et dans le discours du formateur.

En revanche, la place des transformations dans la formation « Initiation Cabri » n'étant pas importante, nous pouvons penser que leur usage sera plus faible dans les réponses des stagiaires. Ainsi, nous pensons que les outils « Symétrie Centrale », « Rotation » et « Homothétie » apparaîtront faiblement (ou peut-être même pas du tout) dans les constructions des stagiaires.

De plus, l'outil « compas » étant complètement absent de la formation « Initiation Cabri », nous faisons l'hypothèse qu'il n'apparaîtra pas dans les réponses des stagiaires.

Dans un troisième temps, la partie 2.c, nous avons proposé aux stagiaires des activités pour essayer de voir comment ils utilisaient leurs connaissances mathématiques sur la symétrie axiale pour une tâche de construction dans l'environnement Cabri.

Fermez toutes les fenêtres.  
Ouvrir le fichier « sym\_pts.men ».  
Ouvrir la figure « tri\_angle.fig ».  
Construire le symétrique du triangle ABC par rapport à la droite (d).  
  
Fermez la figure.  
Ouvrir le fichier « non\_sym.men ».  
Ouvrir la figure « tri\_angle.fig ».  
Construire le symétrique du triangle ABC par rapport à la droite (d).

Pendant l'activité sur le menu de construction de Cabri, les stagiaires avaient déjà utilisé l'outil « Symétrie axiale » de Cabri pour demander le symétrique d'un triangle par rapport à une droite donnée.

Nous avons pensé tout d'abord modifier cet outil, puis l'enlever, dans le but d'observer l'influence des connaissances mathématiques des stagiaires sur les tâches de construction de symétrie dans Cabri.

La modification que nous avons apportée sur le menu de Cabri était de remplacer l'outil « Symétrie axiale » par une macro construction nommée toujours « Symétrie Axiale », mais avec laquelle on ne peut plus obtenir le symétrique d'une figure mais uniquement le symétrique d'un point. La figure dont il est demandé de construire le symétrique est un triangle qui coupe l'axe. Le nouvel outil « Symétrie Axiale », avec lequel on est obligé de montrer les sommets du triangle-objet afin de construire les sommets du triangle-image, nous permettra d'observer dans quelle mesure les stagiaires sont capables d'appréhender la symétrie axiale par une approche ponctuelle en utilisant Cabri.

En outre, il faut souligner que dans un environnement de géométrie dynamique, le fait que la figure coupe l'axe ou non, n'a pas beaucoup d'importance pour un utilisateur conscient du fait que chaque construction doit être validée (ou invalidée) par le déplacement.

Dans un deuxième temps, nous demandons aux stagiaires d'ouvrir un nouveau menu, où l'outil « Symétrie axiale » n'existe pas du tout. Par cette activité, nous allons, premièrement, repérer si les stagiaires peuvent, en utilisant les outils de Cabri, construire le symétrique d'une figure sans disposer d'un outil spécifique qui leur fournisse la solution ; deuxièmement, nous allons essayer de repérer quels outils de Cabri les stagiaires utilisent pendant leurs constructions et dans quel but ils utilisent ces outils. En effet, les recherches montrent par exemple que les élèves non habitués à travailler dans l'environnement Cabri utilisent l'outil « Cercle » uniquement pour dessiner des cercles, ils ne l'utilisent pas pour effectuer des reports de longueur par constructions avec des arcs de cercles dont ils ont l'habitude dans l'environnement papier-crayon.

Le tableau ci-dessous indique les spécificités de Cabri dont on peut attendre l'usage au niveau du savoir  $S_i$ , de la part des stagiaires pendant la partie 2.c de notre expérimentation ; ainsi que la place dans la formation « Initiation Cabri » de ces spécificités, dans le discours oral du formateur et dans le document écrit de travail.

	<u>Expé 1</u>	<u>Initiation Cabri</u>			<u>Expé 1</u>	
	<u>A priori</u>	<u>Discours du formateur</u>		<u>Document écrit de travail</u>		<u>A posteriori</u>
<b>Partie2.c</b>	<b><math>S_i</math></b>	<b><math>S_i</math></b>	<b><math>S_{d-i}</math></b>	<b><math>S_i</math> Explicite</b>	<b><math>S_i</math> Implicite</b>	<b><math>S_i</math></b>
Déplacement	<b>Déplacement1</b>	Déplacement 1	Déplacement 1	X	Déplacement1	
Construction / Dépendance entre les objets	<b>Constr/Dép 1 Constr/Dép 3</b>	Constr/Dép 1 Constr/Dép 3	Constr/Dép 1 Constr/Dép 3		Constr/Dép 1 Constr/Dép 3	
Segment	<b>X</b>					
Cercle	<b>X</b>	X	X	X	X	
Triangle	<b>X</b>	X	X	X	X	
Droite					X	
Droite perpendiculaire	<b>X</b>	X			X	
Symétrie Axiale	<b>X</b>	-X-				
Compas						
Distance/ Longueur		X			X	
Cacher Montrer	<b>X</b>	X	X	X	X	
Macro- construction		X	X			
Configuration des outils		X	X			

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider.

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Dans les réponses des stagiaires pour la partie 2.c, concernant les spécificités « Déplacement » et « Construction / Dépendance entre les objets » dont on attend l'usage par les stagiaires, comme ces spécificités ont été traitées dans le discours du formateur au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$  ; et qu'elles ont été présentes potentiellement dans les activités, dans le document écrit de travail (présent implicitement), nous pensons que leur usage au niveau du savoir  $S_i$  ne va pas poser de problème aux stagiaires.

De plus, concernant les spécificités « Macro-construction » et « Configuration des outils », présentes uniquement dans le discours oral du formateur pendant les séances de formation « Initiation Cabri », absentes du document écrit : les stagiaires n'ont jamais eu à les manipuler pendant la formation.

Ainsi, dans nos analyses pour cette activité, nous allons essayer de repérer dans quelle mesure le discours oral du formateur a été pris en compte par les stagiaires en regardant d'une part, si les stagiaires se rendent compte que les menus de Cabri ont été modifiés et quelle est leur réaction ; et d'autre part, s'ils remarqueront le changement de comportement de l'outil « Symétrie Axiale » et s'ils relient ce changement de comportement à la présence d'une macro-construction mise à la place de l'outil original « Symétrie axiale ».

## II.4. Analyse a priori de la Partie III de l'expérimentation 1

---

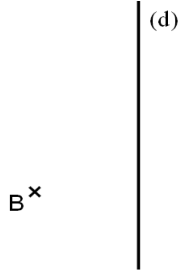
### EXPERIMENTATION 1

#### PARTIE 3 :

Vous avez ci-dessous une activité sur la symétrie orthogonale dans l'environnement papier-crayon. Est-ce que vous la proposeriez à vos élèves ?

Proposez une activité de ce type dans l'environnement Cabri

En quoi cette activité dans Cabri est-elle intéressante pour l'apprentissage de la symétrie orthogonale ?

<p>Construire un triangle ABC isocèle sachant que :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <math>AB = 5\text{cm}</math></li><li>- (d) est son axe de symétrie</li><li>- A est le sommet principal</li></ul>	<p>(d)</p> 
--	--

---

Cette troisième partie a pour but d'analyser le rapport des stagiaires au savoir  $S_{d-i}$  ainsi qu'au savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale.

Nous avons donné aux stagiaires une tâche en papier-crayon sur la symétrie axiale avec une consigne et un dessin qui illustre.

Faire travailler les stagiaires sur une adaptation d'une situation papier-crayon dans l'environnement informatique, nous permet de les placer dans leur situation professionnelle et de les confronter à une activité qu'ils auront à faire dans leur métier d'enseignant.

Il s'agit pour les stagiaires d'abord, d'analyser la tâche papier-crayon en répondant à la question « Est-ce que vous la proposeriez à vos élèves ? » et aussi, probablement, en exprimant au sein du binôme les raisons pour lesquelles ils pensent à la proposer ou pas.

Ensuite, nous leur demandons de préparer une activité de même type dans l'environnement Cabri. Il s'agit alors d'intégrer Cabri pour l'apprentissage de la symétrie axiale. Les stagiaires doivent mettre en interrelation leurs connaissances au niveau du savoir mathématique, du savoir sur l'artefact, du savoir didactique sur la symétrie axiale et du savoir didactique sur l'artefact. En effet, nous pensons qu'une telle mise en interrelation des différents types de savoirs sera difficile pour les stagiaires à ce stade de leur formation, et dès lors les stagiaires risquent de proposer peu de changements par rapport à l'activité papier-crayon.

En dernier lieu, il leur est demandé d'analyser l'activité qu'ils ont construite sur Cabri en exprimant les apports de Cabri. En effet, il manque aux stagiaires beaucoup de connaissances au niveau des différents types de savoirs pour parvenir à analyser l'intérêt d'une telle activité Cabri.

Une analyse didactique relevant de  $S_{d-m}$  donne à penser que pour la tâche en papier-crayon, même si l'élève n'utilise aucune propriété de la symétrie axiale, il peut fournir un tracé recevable dans l'environnement papier-crayon.

En effet, la tâche ne permet pas d'identifier si l'élève mobilise des connaissances sur la symétrie axiale, ou s'il mobilise des connaissances sur les propriétés du triangle isocèle comme la propriété de la médiatrice, sans qu'il fasse le lien entre la médiatrice et l'axe de symétrie d'un triangle isocèle ou encore l'égalité des longueurs des côtés.

De plus, la position verticale de l'axe implique que les procédures de type « rapport horizontal » et « rapport vertical » entrent dans leur domaine de validité, ce qui rend impossible le repérage de la procédure correcte « symétrie orthogonale ».

On peut s'attendre à ce qu'une telle analyse ne soit pas faite par les stagiaires. En effet, ils n'ont pas de connaissances au niveau du savoir  $S_{d-m}$  provenant d'une formation à l'IUFM permettant d'effectuer une analyse didactique.

La première question posée aux stagiaires (*Vous avez ci-dessous une activité sur la symétrie orthogonale dans l'environnement papier-crayon. Est-ce que vous la proposeriez à vos élèves ?*) concerne alors le savoir didactique  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale. Nous allons d'abord repérer si les stagiaires pensent que c'est une « bonne » activité ou non.

Nous allons considérer si l'activité, telle qu'elle est, est jugée proposable ou non par les stagiaires. Et nous allons regarder les raisons données par les stagiaires afin de dégager les caractéristiques de la tâche qu'ils prennent en compte. Nous allons également considérer si les stagiaires proposent des changements pour la tâche papier-crayon (Par exemple : changement de la direction de l'axe, suppression d'une ou plusieurs hypothèses, reformulation de l'énoncé etc.).

Nous allons également analyser pour voir comment les stagiaires procèdent pour l'analyse de la tâche : font-ils d'abord la construction eux-mêmes en se mettant à la place de l'élève ? ou alors pensent-ils à des constructions erronées d'élèves ? (peu probable)

En revanche, nous n'attendons pas des stagiaires qu'ils pensent au lien entre mobilisation des connaissances concernant les propriétés des triangles et mobilisation des connaissances sur la symétrie axiale par les élèves. En effet, contrairement aux enseignants en service, les stagiaires n'ont pas, ou peu, d'expérience des classes ; les connaissances qu'ils possèdent en didactique proviennent alors soit de leurs vécu en tant qu'élèves, soit des formations qu'ils suivent à l'IUFM, ou encore des livres sur l'enseignement qu'ils consultent.



PROPOSITIONS ATTENDUES DE LA PART LES STAGIAIRES (Expérimentation 1)									
Papier-crayon	Activité proposable	Analyse didactique en papier-crayon (S <sub>d-m</sub> )				Références données			
	Raisons	Procédures erronées	Connaissances de l'élève	Variables	Objectif didactique	Vécu	IUFM	Docu- mentation	Stages
Activité papier-crayon	Compatibilité avec les programmes Non-préférence des tâches de construction Tâche de construction trop difficile	-	Triangle isocèle  Axe de symétrie (Pliage  Orthogonalité + équidistance)	Direction de l'axe (peu probable)	Usage de la symétrie axiale pour la construction des figures qui possèdent un axe de symétrie	X	-	X	X

Ainsi concernant la première question posée aux stagiaires « *Est-ce que vous la proposeriez à vos élèves ?* » nous essayerons de repérer des connaissances au niveau du savoir S<sub>d-m</sub> en acte chez les stagiaires, dont les éléments sont indiqués dans le tableau ci-dessus.

Nous avons fait le choix de ne pas donner d'indication aux stagiaires sur les éléments de l'analyse attendue au niveau du savoir didactique. En effet, dans l'énoncé, nous n'explicitons pas que nous attendons des stagiaires une analyse didactique au niveau du savoir S<sub>d-m</sub>. Nous leur demandons simplement s'ils proposeraient l'activité à leurs élèves.

Notre objectif principal, dans ce choix, est de repérer dans quelle mesure les stagiaires arrivent à prendre en compte les objets relevant du savoir S<sub>d-m</sub> sans qu'ils reçoivent une formation portant sur le savoir didactique sur la symétrie orthogonale.

De plus, dans les échanges des stagiaires au sein du binôme, nous analyserons les références données par les stagiaires pour justifier leurs choix, leurs analyses. Nous avons défini quatre types de références que les stagiaires peuvent faire :

- Vécu : Le stagiaire donne référence à son vécu en tant qu'élève ou en tant qu'étudiant
- IUFM : Le stagiaire donne référence aux séances de formation qu'il a reçues à l'IUFM
- Documentation : Le stagiaire fait référence aux documentations (manuels, livres etc.) qu'il a consultées.
- Stages : Le stagiaire fait références aux stages ou à des cours privés qu'il a suivis.

Proposez une activité de ce type dans l'environnement Cabri.

En quoi cette activité dans Cabri est-elle intéressante pour l'apprentissage de symétrie orthogonale ?

En ce qui concerne les propositions attendues des stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , nous n'attendons pas d'eux qu'ils conçoivent une situation didactique complète dans Cabri puisqu'ils manquent de connaissances sur le plan  $S_{d-i}$  et qu'ils ont des lacunes sur le plan  $S_i$ .

Nous effectuons, ci-dessous, une analyse des propositions attendues par les stagiaires concernant l'adaptation et l'analyse didactique de la tâche au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . Nous avons ainsi regroupé les propositions attendues des stagiaires en trois catégories, du point de vue de l'usage des spécificités de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

### **1. Proposer l'activité dans Cabri telle qu'elle est dans l'environnement papier-crayon.**

Nous considérons que la proposition d'adaptation d'activité fournie par le stagiaire appartient à la catégorie 1, si le stagiaire transfère l'activité papier-crayon à l'environnement Cabri sans aucun changement mais également sans se questionner sur les apports, au niveau du savoir didactique, du fait de proposer la même activité papier-crayon dans Cabri. L'usage de l'environnement Cabri est alors justifié par le stagiaire avec des arguments plutôt pédagogiques, comme la motivation des élèves ou d'autres arguments non didactique comme des « jolies figures » plus esthétiques.

- L'usage d'aucune spécificité de Cabri n'est alors prévu par les stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

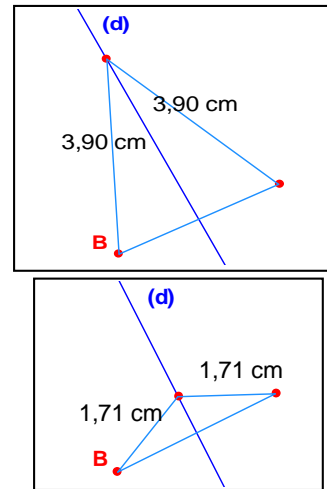
### **2. Proposer l'activité papier-crayon dans l'environnement Cabri en faisant une analyse des spécificités qui ont un apport concernant la tâche.**

Nous considérons que la proposition d'adaptation d'activité fournie par le stagiaire appartient à la catégorie 2, si le stagiaire transfère l'activité papier-crayon à l'environnement Cabri sans effectuer un changement, mais en essayant d'identifier les spécificités de Cabri intéressantes pour l'activité. Le stagiaire cherche alors l'apport du fait de proposer la même activité papier-crayon dans l'environnement Cabri, à travers l'apport de l'usage des différentes spécificités de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . L'usage de l'environnement Cabri est alors justifié par le stagiaire avec des arguments au niveau du savoir  $S_{d-i}$  en termes d'apports de Cabri.

Concernant l'activité dont nous demandons l'adaptation dans Cabri, les spécificités de Cabri sur lesquelles on peut s'attendre à une réflexion au niveau du savoir didactique que nous pouvons classer dans cette catégorie 2, peuvent être :

- L'usage du « Déplacement 1 » pour valider ou invalider la construction, est prévu par les stagiaires : Le stagiaire propose d'utiliser le déplacement dans Cabri pour invalider les tracés au jugé effectués par les élèves. L'apport de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$  est alors explicité par le stagiaire à travers le contrat de résistance au déplacement dans Cabri, où seules les constructions utilisant les propriétés géométriques seront validées par le déplacement.

- L'usage du « Déplacement 3 » pour constater que quelle que soit la position du point sommet sur la droite de symétrie, le triangle construit reste isocèle. L'apport du déplacement au niveau du savoir  $S_{d-i}$  peut alors être explicité par le stagiaire d'une part, par le fait que la construction dans Cabri permette de visualiser un ensemble de dessins et d'autre part, parce que le déplacement permet de faire prendre conscience à l'élève le fait que tous les points de l'axe de symétrie d'un point et son image sont équidistants du point objet et du point image.



- L'usage de la dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement (Constr./Dépend. 1) pour la dépendance entre le point image, le point objet et l'axe de symétrie. En effet, le point image construit à partir du point objet et de la droite de symétrie ne se déplacera qu'à travers le déplacement de l'axe de symétrie ou du point objet. On peut alors s'attendre à ce que le stagiaire mène une réflexion au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , pour montrer à l'élève cette dépendance entre les éléments d'une transformation à travers la dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement (Constr./Dépend. 1).

- L'usage de la dépendance entre les objets, avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui en dépendent (Constr./Dépend. 2) pour la dépendance entre le point image, le point objet et l'axe de symétrie. En effet, le point image construit à partir du point objet et de la droite de symétrie sera supprimé, quand on supprimera un des éléments desquels il dépend.

- L'usage des propriétés géométriques pour une construction dans Cabri (Constr./Dépend. 3), pour montrer que les propriétés spatio-graphiques utilisées pour une construction ne sont pas pertinentes et qu'il faut utiliser des propriétés géométriques pertinentes pour que la construction soit validée dans Cabri.

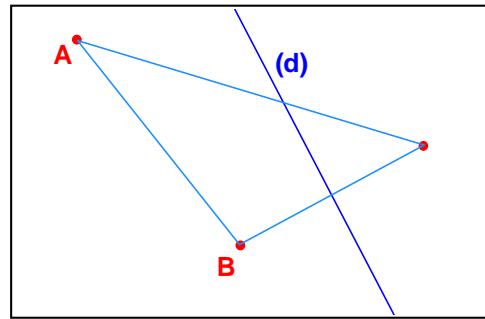
### 3. Proposer des changements dans l'activité pour mieux l'adapter à l'environnement Cabri

Nous considérons que la proposition d'adaptation d'activité fournie par le stagiaire appartient à la catégorie 3, si le stagiaire fait une réflexion au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$  avant d'adapter l'activité papier-crayon à l'environnement Cabri. Ainsi, le stagiaire essaye d'effectuer des changements dans l'activité papier-crayon pour qu'elle soit mieux adaptée à un environnement de géométrie dynamique. Ainsi, la situation dans Cabri proposée par le stagiaire peut ne pas exister dans l'environnement papier-crayon, parce qu'elle utilise des spécificités de Cabri qui n'ont pas d'équivalent dans l'environnement papier-crayon. L'usage de l'environnement Cabri est alors justifié par le stagiaire avec des arguments au niveau du savoir  $S_{d-i}$  en termes d'apports de Cabri.

Nous donnons ci-après l'analyse de deux exemples d'adaptation de l'activité papier-crayon, que nous pouvons considérer comme proposition d'adaptation appartenant à la catégorie 3.

**Exemple 1 : « Partir d'un triangle quelconque et rechercher les conditions pour qu'il devienne isocèle. »**

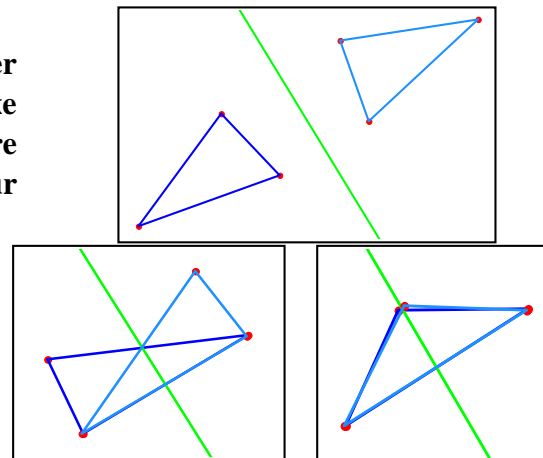
Pour une telle proposition d'activité on peut s'attendre à différentes réflexions menées par les stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , que nous analysons ci-dessous.



- Usage du « Déplacement 2 » pour faire des conjectures sur les conditions nécessaires pour que le triangle soit isocèle.
- Usage du « Déplacement 3 » pour constater que quelle que soit la position du point sommet sur la droite de symétrie, le triangle construit reste isocèle
- Usage de la dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement (Constr/Dépend 1), pour la dépendance du point image construit à partir du point image et de la droite de symétrie.
- Usage de la dépendance entre les objets, avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui en dépendent (Constr/Dépend 2) pour la dépendance du point image construit à partir du point objet et de la droite de symétrie (peu probable de le voir apparaître).

**Exemple 2 : « Essayer de faire se superposer un triangle et son image par rapport à un axe donné ; et dégager les propriétés et la nature du triangle qui a son image superposée sur lui-même. »**

Les réflexions au niveau du savoir  $S_{d-i}$  que nous pouvons attendre de la part des stagiaires pour une telle proposition d'activité, sont analysées ci-dessous.



- L'usage du « Déplacement 2 » pour faire des conjectures sur les conditions nécessaires pour que le triangle et son image soient superposés.
- L'usage du « Déplacement 3 » pour constater que quelle que soit la position du point sommet principal sur l'axe de symétrie, le triangle et son image restent superposés.
- L'usage de la dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement (Constr/Dépend 1) pour la dépendance des sommets du triangle image construit à partir du triangle objet et de l'axe de symétrie.
- Usage de la dépendance entre les objets, avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui en dépendent (Constr/Dépend 2) pour la

dépendance des éléments du triangle image construit à partir du triangle objet et de la droite de symétrie (peu probable).

- L'usage des propriétés géométriques pour la construction d'un triangle qui sera superposé avec son image symétrique par rapport à un axe de symétrie (Constr/Dépend 3).

Ainsi, en ce qui concerne les spécificités de Cabri dont on attend l'usage par les stagiaires, nous avons construit le tableau ci-dessous pour nos analyses. En effet, nous avons d'une part, pris en compte le traitement des spécificités de Cabri pendant les séances de formation « Initiation Cabri » dont nous avons effectué l'analyse dans le Chapitre B2 (Analyse des séances Initiation Cabri) ; et d'autre part, nous avons pris en compte les possibilités de l'usage de ces spécificités pour l'activité proposée aux stagiaires pendant notre expérimentation. Nous allons alors essayer de confronter les résultats des analyses de ces séances de formation « Initiation Cabri », avec les résultats des analyses de notre expérimentation par rapport à l'usage des spécificités de Cabri au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ .

		<u>Expé 1</u>		<u>Initiation Cabri</u>				<u>Expé 1</u>	
		<u>A priori</u>		<u>Discours du formateur</u>		<u>Document écrit de travail</u>		<u>A posteriori</u>	
<b>Partie 3</b>	$S_i$	$S_{d-i}$	$S_i$	$S_{d-i}$	$S_i$ Explicite	$S_i$ Implicite	$S_i$	$S_{d-i}$	
Déplacement	Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3	Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3	Déplacement 1	Déplacement1 Déplacement2 Déplacement3	X	Déplacement1 Déplacement3			
Construction Dépendance entre les objets	Constr/Dép 1 Constr/Dép 2 Constr/Dép 3	Constr/Dép 1 Constr/Dép 2 Constr/Dép 3	Constr/Dép 1 Constr/Dép 3	Constr/Dép 1 Constr/Dép 3	Constr/Dép2	Constr/Dép 1 Constr/Dép 2 Constr/Dép 3			
Symétrie Axiale	X	X	X						
Distance/ Longueur	X	X	X			X			
Trace	X	X	X	X	X				

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider  
Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer  
Déplacement 3 : Déplacer pour constater  
Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.  
Constr/Dépend 2 : Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de ceux-ci.  
Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Nous allons alors essayer de repérer, dans l'analyse des réponses des stagiaires aux questions relatives à notre expérimentation, dans quelle mesure les spécificités de Cabri traitées pendant la formation « Initiation Cabri » seront prises en compte par les stagiaires au niveau des différents types de savoirs, afin de repérer l'impact de cette formation.

## CHAPITRE C3

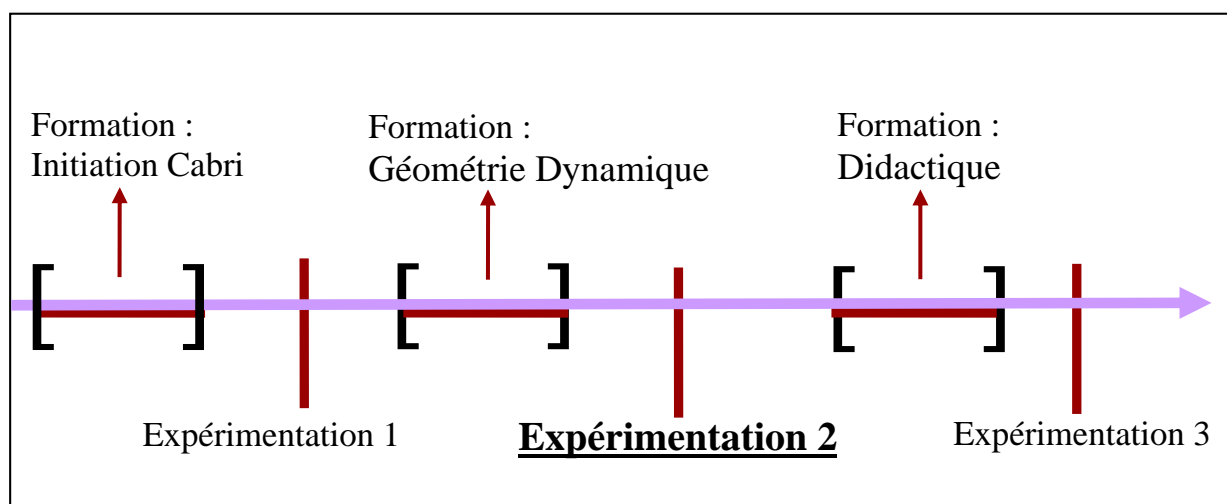
### ANALYSE DE L'EXPERIMENTATION 2

#### I. Présentation générale

##### I.1. Rappel de l'objectif de l'expérimentation 2

Notre deuxième expérimentation s'est réalisée juste après les séances de formation Géométrie Dynamique, qui est un module optionnel à l'IUFM de Grenoble pour les PLC2 en mathématiques. Ce module de formation portait essentiellement sur le savoir  $S_{d-i}$  ; mais on y rencontre également des éléments relevant des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-m}$ .

Notre deuxième expérimentation a pour objectif essentiel de repérer le rapport des stagiaires au savoir  $S_{d-i}$ , et l'impact des séances de formation « Géométrie Dynamique » dans la conception des situations didactiques intégrant Cabri ; mais également d'avoir des éléments sur le rapport personnel des stagiaires au savoir  $S_{d-m}$  avant qu'ils ne reçoivent une formation portant sur le savoir didactique.



Ainsi, au moment où nous avons mettions en place l'expérimentation 2, les PLC2 concernés avaient déjà suivi les séances de la formation intitulée « Initiation Cabri » en début d'année scolaire, et ils venaient de suivre les séances de la formation intitulée « Géométrie Dynamique » avant la réalisation de l'expérimentation 2.

Les stagiaires avaient donc des connaissances approfondies sur le logiciel Cabri-Géomètre (au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ ) au moment où nous mettions en place notre deuxième expérimentation. Ils avaient également quelques connaissances au niveau du savoir  $S_{d-m}$  sur des notions autres que la symétrie axiale ; en revanche ils n'avaient pas de connaissance au niveau du

savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale provenant des modules de formation de l'IUFM.

## **I.2. Recueil de données**

Notre deuxième expérimentation a été réalisée avec trois binômes de stagiaires PLC2 (au lieu de quatre) à l'IUFM de Grenoble. En effet, un binôme de PLC2 qui avait participé à notre première expérimentation a décidé de ne plus participer à notre suite d'expérimentations.

Chaque binôme disposait d'un ordinateur et du logiciel « Cabri-Géomètre » pendant l'expérimentation.

Nous avons enregistré la conversation de chaque binôme ainsi que leurs figures construites dans Cabri, et nous avons également filmé l'écran d'ordinateur. Nous avons ainsi analysé les protocoles (cf. annexes) transcrits à partir de ces enregistrements.

## **II. Analyse a priori des activités de l'expérimentation 2**

### **II.1. Choix Globaux**

L'expérimentation 2 est construite en trois parties, qui portent essentiellement sur les savoirs  $S_i$ ,  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$ .

La partie 1 de l'expérimentation 2 concerne le savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale. Ainsi, dans le but de repérer le rapport des stagiaires au savoir  $S_{d-m}$  avant une formation en didactique, nous avons demandé aux PLC2 de préparer une évaluation sur la symétrie axiale pour des élèves en début de cinquième, en leur fournissant un extrait des programmes de sixième avec les compétences et les commentaires, dans la partie 1 de notre deuxième expérimentation.

Dans les parties 2 et 3 de l'expérimentation 2, il s'agit essentiellement du savoir  $S_{d-i}$  mais également du savoir  $S_{d-m}$  et du savoir  $S_i$ .

Dans la partie 2 de l'expérimentation 2, nous avons proposé aux stagiaires un tracé erroné de l'axe de symétrie d'un parallélogramme, que nous leur avons demandé d'analyser. Nous trouverons ainsi des éléments du rapport des stagiaires au savoir  $S_{d-m}$ . Ensuite, nous leur demandons comment ils traiteraient cette difficulté de leurs élèves utilisant Cabri. Ainsi le stagiaire doit mettre en interrelation son rapport aux savoirs  $S_{d-m}$ ,  $S_i$  et  $S_{d-i}$ .

Il s'agit alors dans cette partie, d'une part, d'analyser une tâche en papier-crayon sur la symétrie axiale en relation avec l'analyse d'une copie d'élève en termes de difficultés et d'autre part, d'utiliser l'environnement Cabri pour la prise en compte de l'erreur de l'élève.

Nous allons essayer de repérer s'il existe des éléments relevant d'une analyse au niveau du savoir  $S_{d-m}$  que les stagiaires mettent en œuvre avant de recevoir une formation portant sur le savoir didactique sur la symétrie axiale.

En ce qui concerne la partie 3 de l'expérimentation 2, nous avons proposé aux PLC2 une tâche d'analyse de situations dans l'environnement papier-crayon pour les élèves et



d'adaptation de ces situations dans l'environnement Cabri afin d'évaluer le rapport des stagiaires aux savoirs  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale.

Notre objectif dans la partie 3 est d'une part d'évaluer dans quelle mesure les stagiaires arrivent à effectuer une analyse au niveau du savoir  $S_{d-m}$  d'une situation didactique proposée dans l'environnement papier-crayon ; et d'autre part, nous allons essayer l'impact de la formation de Géométrie Dynamique au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Nous analysons ci-dessous chacune de ces trois parties par rapport aux différents types de savoirs.

## **II.2. Analyse a priori de la Partie I de l'expérimentation 2**

---

### **EXPERIMENTATION 2**

#### **PARTIE 1 :**

#### **Extrait des programmes de 6<sup>ème</sup>**

#### **II - Progression des apprentissages et de l'enseignement**

##### **A - Travaux géométriques**

- utiliser quelques transformations géométriques simples, telles symétries ou translations, permettant au delà des comparaisons de figures géométriques d'envisager l'espace géométrique tout entier ;

#### **III - Explication des contenus**

##### **1 - Travaux géométriques**

De l'école élémentaire, les élèves apportent une expérience des figures les plus usuelles. L'objectif fondamental, en sixième, est encore la description et le tracé de figures simples. Au terme d'un processus progressif, le champ des figures étudiées est enrichi, le vocabulaire est précisé et les connaissances sont réorganisées à l'aide de nouveaux outils, notamment la symétrie orthogonale par rapport à une droite (symétrie axiale).

Les travaux géométriques prennent appui sur l'usage des instruments de dessin et de mesure, y compris dans un environnement informatique.

Contenu	Compétences exigibles	Commentaires
<p><b>1.4.</b> Dans le plan, transformation de figures par symétrie orthogonale par rapport à une droite (symétrie axiale).</p> <p>Construction d'images et mise en évidence de conservations.</p> <p>Construction de figures symétriques élémentaires et énoncé de leurs propriétés.</p>	<p>Tracer le ou les axes de symétrie des figures suivantes : triangle isocèle, triangle équilatéral, losange, rectangle, carré. Construire le symétrique d'un point, d'une droite, d'un segment, d'un cercle, que l'axe de la symétrie coupe ou non la figure.</p> <p>Utiliser la symétrie axiale pour construire un triangle isocèle, un losange, un rectangle et un carré. Construire, sans méthode imposée et sur papier blanc : la médiatrice d'un segment, la bissectrice d'un angle. Relier les propriétés de la symétrie axiale à celles des figures du programme.</p>	<p>L'effort portera d'abord sur un travail expérimental (pliage, papier calque) permettant d'obtenir un inventaire abondant de figures simples, à partir desquelles se dégageront de façon progressive les propriétés conservées par la symétrie axiale, ces propriétés prenant alors naturellement le relais dans les programmes de constructions.</p> <p>La symétrie axiale n'a ainsi, à aucun moment, à être présentée comme une application du plan dans lui-même. Suivant les cas, on mettra en évidence :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– l'action d'une symétrie axiale donnée sur une figure;</li> <li>– la présence d'un axe de symétrie dans une figure, c'est-à-dire d'une symétrie axiale la conservant.</li> </ul> <p>Ces travaux conduiront à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– la construction de l'image : d'un point, d'une figure simple ;</li> <li>– la mise en évidence de la conservation des distances, de l'alignement, des angles et des aires. Exemples d'utilisation de ces propriétés ;</li> <li>– la construction d'axes de symétrie (médiatrice, bissectrice...) ;</li> <li>– la construction de triangles isocèles, de quadrilatères possédant des axes de symétrie (rectangles, losanges...) ;</li> <li>– l'énoncé et l'utilisation de quelques propriétés caractéristiques des figures précédentes. On veillera à toujours formuler ces propriétés à l'aide de deux énoncés séparés.</li> </ul>

### PARTIE 1 : Niveau début 5ème

Imaginez que vous avez une classe de 5ème avec laquelle vous allez aborder la symétrie orthogonale. Mais avant vous voulez évaluer les connaissances des élèves acquises en classe de 6ème (voir l'extrait des programmes de 6ème).

Proposez une activité sur papier-crayon dans le but de repérer le niveau de vos élèves ainsi que leurs difficultés les plus fréquentes sur la symétrie orthogonale.

Dans la partie 1 de l'expérimentation 2, nous avons demandé aux PLC2 de préparer une évaluation sur la symétrie orthogonale pour des élèves en début de cinquième, en leur fournissant un extrait des programmes de sixième avec les compétences et les commentaires. Notre objectif principal est d'avoir des éléments du rapport personnel des stagiaires au savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale ; ce qui nous permettra de préciser l'état des connaissances des stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale, et ainsi d'obtenir des éléments sur l'influence de ces connaissances pour l'analyse et la conception des situations didactiques, dans un environnement de géométrie dynamique au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Nous attendons des stagiaires qu'ils se réfèrent à l'extrait des programmes de sixième, pour repérer les connaissances sur lesquelles doit porter l'évaluation.

Par contre, comme il leur est demandé de proposer une activité, l'évaluation qu'ils prépareront ne pourra pas porter sur tous les points indiqués dans les programmes. Les stagiaires seront donc amenés à privilégier certaines connaissances qui leur semblent les plus importantes.

Dans l'extrait des programmes que nous avons fourni aux stagiaires, les connaissances devant être acquises en classe de sixième peuvent être regroupées en deux catégories :

- Construction d'images et mise en évidence de conservations où il s'agit pour l'élève de pouvoir tracer le ou les axes de symétrie d'un triangle isocèle, d'un triangle équilatéral, d'un losange, d'un rectangle et d'un carré ; et de pouvoir construire le symétrique d'un point, d'une droite, d'un segment, d'un cercle que l'axe de symétrie coupe ou non la figure.
- Construction de figures symétriques élémentaires et énoncé de leurs propriétés où il s'agit d'utiliser la symétrie axiale pour construire un triangle isocèle, un losange, un rectangle et un carré ; de construire la médiatrice d'un segment, la bissectrice d'un angle.

Nous allons alors essayer de repérer des connaissances en actes au niveau du savoir  $S_{d-m}$  chez les stagiaires concernant les tâches que ceux-ci prépareront pour évaluer les connaissances de leurs élèves sur la symétrie axiale.

Plus précisément, nous allons considérer les points ci-dessous par rapport au type de tâche proposé par les stagiaires :

- Tâche : Tracer le ou les axes de symétrie d'une figure :

Il s'agit de la prise en compte ou non par les stagiaires, des variables liées à la position de la figure, à la position des axes de symétrie et au nombre d'axes de symétrie que la figure admet.

- Tâche : Construction du symétrique d'une figure :

Il s'agit de la prise en compte ou non par les stagiaires des variables liées à la nature de la figure, à la position de l'axe et à la position de la figure par rapport à l'axe.

- Tâche : Utilisation de la symétrie axiale pour construire une figure :

Il s'agit de la prise en compte ou non par les stagiaires des variables liées à la nature de la figure et à la propriété à utiliser pour la symétrie axiale.

- Tâche : Conservation des propriétés :

Il s'agit de la prise en compte ou non par les stagiaires des variables liées à la conservation des propriétés géométriques par la symétrie axiale.

- Tâche : Construction de la médiatrice ou de la bissectrice :

Il s'agit de la prise en compte ou non par les stagiaires des variables liées à la position de l'axe, à la position du segment dont la médiatrice est à construire, à la nature de l'angle dont la bissectrice est à construire.

Ainsi, à travers la prise en compte des points cités ci-dessus, nous essayerons de repérer des connaissances au niveau du savoir  $S_{d-m}$  en acte chez les stagiaires dont les éléments sont indiqués dans le tableau suivant.

**EXPERIMENTATION 2 - PARTIE 1**

**PROPOSITIONS ATTENDUES PAR LES STAGIAIRES au niveau du savoir  $S_{d-m}$**

<i>Tracer le ou les axes de symétrie d'une figure</i>				<i>Construction du symétrique d'une figure</i>			<i>Utilisation de la symétrie axiale pour construire une figure</i>		<i>Conservation des propriétés</i>							<i>Construction de la médiatrice ou de la bissectrice</i>				
Position de la figure	Position des axes de symétrie	Nature de la figure	Existence de l'axe	Nature de la figure	Position de l'axe	Position de la figure	Nature de la figure	Propriété à utiliser	longueurs	aires	parallélisme	nature de la figure	distances	alignement	angles	Position de l'axe	Position du segment	Longueur du segment	Nature de l'angle	Points déterminant l'angle
									<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>					

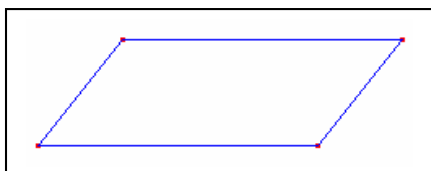
### II.3. Analyse a priori de la Partie II de l'expérimentation 2

---

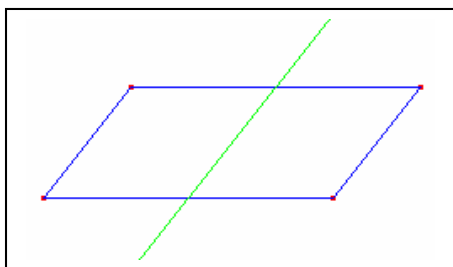
#### **EXPERIMENTATION 2**

#### **PARTIE 2 : Niveau 6ème**

Imaginez que vous travaillez sur les figures qui possèdent un axe de symétrie en classe de 6ème. Vous proposez à vos élèves la figure suivante :



La grande majorité de vos élèves trouvent un axe de symétrie et le construisent :



Que pensez vous d'une telle construction de l'axe ?

Quelle difficulté vous mettez derrière cette production ?

Comment traiteriez-vous cette difficulté de vos élèves en utilisant Cabri ?

---

Dans la deuxième partie de l'expérimentation 2, nous proposons aux stagiaires un tracé erroné de l'axe de symétrie d'un parallélogramme ; et nous leur demandons de l'analyser. Nous trouverons ainsi des éléments du rapport à  $S_{d-m}$ . (et même à l'objet « enseignement » à travers la position du stagiaire face à l'erreur, à son traitement etc.).

Ensuite, nous leur demandons comment ils traiteraient cette difficulté de leurs élèves en utilisant Cabri. Ainsi, le stagiaire doit mettre en interrelation son rapport aux savoirs  $S_{d-m}$ ,  $S_i$  et  $S_{d-i}$ .

Il s'agit alors, dans cette partie, d'une part d'analyser une tâche papier-crayon sur la symétrie axiale en relation avec l'analyse d'une copie d'élève en termes de difficultés et d'autre part, d'utiliser l'environnement Cabri pour la prise en compte de l'erreur de l'élève.

Nous allons essayer de repérer s'il existe des éléments relevant d'une analyse au niveau du savoir  $S_{d-m}$  que les stagiaires mettent en œuvre avant de recevoir une formation portant sur le savoir didactique sur la symétrie axiale

Plus précisément, nous allons considérer les éléments ci-dessous relevant du savoir  $S_{d-m}$ , même si nous n'attendons pas des stagiaires une formulation en termes didactiques avec un vocabulaire didactique :

- La position de la figure dans la feuille, c'est-à-dire la position de ses éléments par rapport à la verticale et à l'horizontale ou la direction des droites de symétrie de la figure par rapport aux bords de la feuille.
- La régularité de la figure : les propriétés géométriques comme « La figure admet un centre de symétrie ou une symétrie de rotation d'ordre n, ou encore, comporte des parties translattées l'une de l'autre, ou présente une symétrie glissée » donnent à la figure une certaine régularité, ce qui peut conduire l'apprenant à penser qu'une figure admet un axe de symétrie.
- Existence de l'axe de symétrie de la figure

<i>Analyse de la tâche papier-crayon (Tracer le ou les axes de symétrie d'une figure)</i>													
Prise en compte des variables par les stagiaires	Régularité				Position de la figure			Position des axes de symétrie			Existence de l'axe de symétrie		
	Rotation	Symétrie centrale	Symétrie axiale	Translation	Segments			Ver.	Hor.	Obl.	Un seul axe	Plusieurs ou infinité	Pas d'axe
					Ver.	Hor.	Obl.						
	X	X		X		X	X						X
<b>Attendu par les stagiaires</b>				<b>X</b>		<b>X</b>	<b>X</b>						<b>X</b>

Ainsi, la tâche papier-crayon étant le tracé de l'axe de symétrie d'un parallélogramme, nous pouvons attendre des stagiaires une réflexion sur les éléments suivants (même si la formulation n'est pas attendue en termes didactiques). Nous avons indiqué entre parenthèses les propositions qui sont peu attendues de la part des stagiaires.

- Le parallélogramme est prototypique avec deux côtés horizontaux ce qui :
  - renforce la conception parallélisme avec, de plus, les deux côtés obliques dans la position prototypique du parallélisme (Proposition peu attendue)
  - mobilise la procédure « rectangle incliné » ayant l'axe incliné. (Il s'agit de considérer le parallélogramme comme un rectangle dont les deux côtés sont inclinés, de manière à conserver l'axe de symétrie du rectangle pour le parallélogramme en inclinant l'axe comme ses côtés le sont.
- La figure possède une forte régularité avec une rotation et une symétrie centrale.  
 En effet, la plupart des propriétés de la symétrie axiale sont respectées avec un tel axe (équidistance à l'axe, conservation des longueurs, un segment parallèle à l'axe a comme image un segment parallèle) (Proposition peu attendue)
- Le seul moyen de contrôle qui peut mettre en cause cette construction est l'orthogonalité de l'axe à la droite qui joint un point et son image, ce qui implique que la droite tracée ne soit pas l'axe de symétrie de la figure.

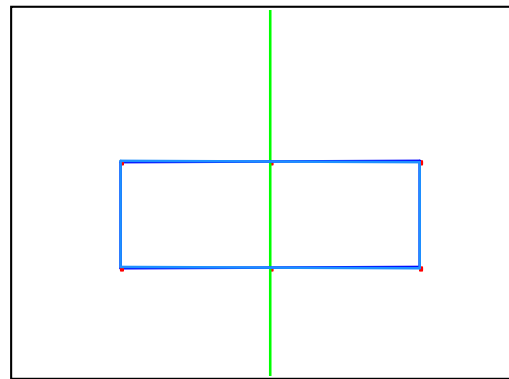
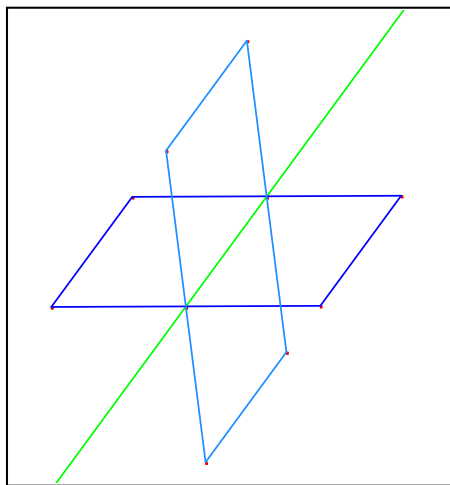
En effet, par rapport à l'analyse de la tâche en papier-crayon, nous n'attendons pas des stagiaires qu'ils arrivent à effectuer une analyse didactique en prenant en compte des variables, puisqu'ils manquent de connaissances au niveau du savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale. Mais nous pensons qu'ils arriveront peut-être à faire une réflexion sur les trois points cités ci-dessus, à travers des connaissances au niveau du savoir  $S_{d-m}$  en acte provenant soit de leur vécu, soit des documents qu'ils ont consultés ou encore des stages auxquels ils ont participé.

Références données par les stagiaires			
Vécu	IUFM	Documentation	Stages
X	-	X	X



En ce qui concerne le traitement de la difficulté de l'élève au niveau du savoir  $S_{d-i}$  dans l'environnement Cabri pour cette situation, nous donnons ci-dessous des propositions attendues de la part des stagiaires :

- ◆ Usage de l'outil « Symétrie axiale » pour invalider le tracé erroné de l'axe de symétrie et l'usage du déplacement pour faire des conjectures (Déplacement 2) à travers la superposition du parallélogramme avec son image sur les quadrilatères pour lesquels la droite ainsi tracée devient l'axe de symétrie.

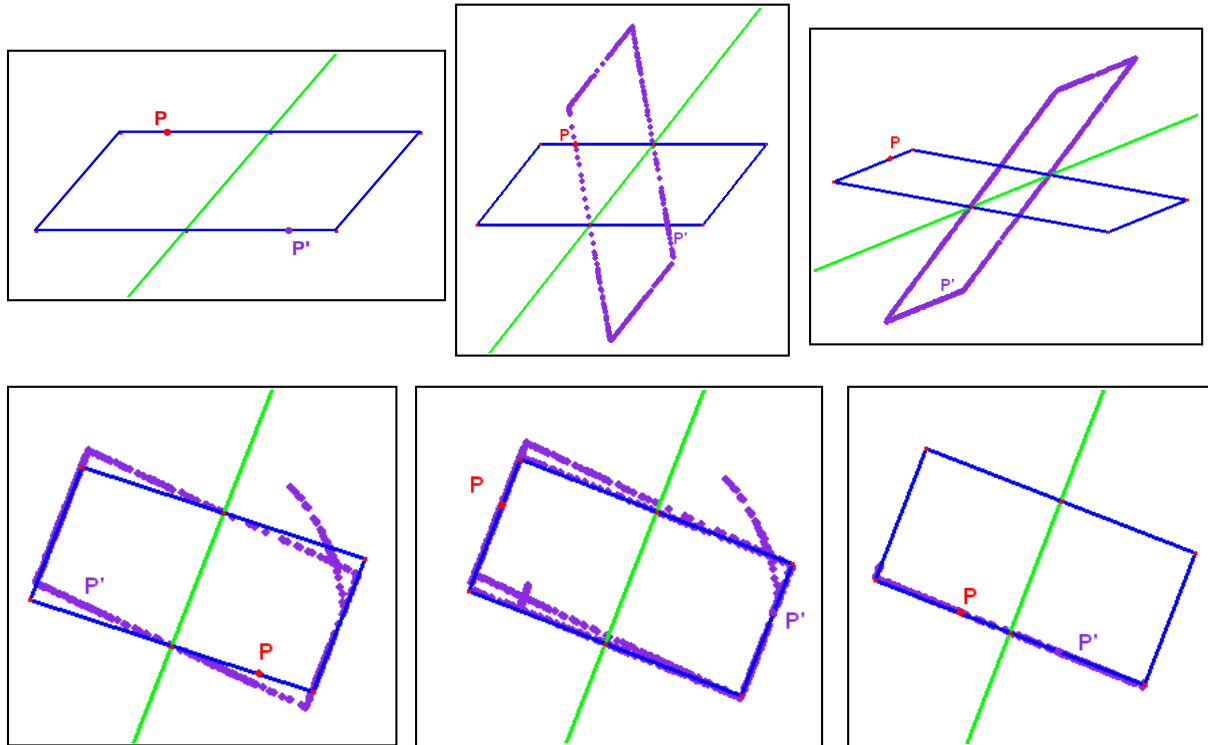


En effet, dans la formation « Géométrie Dynamique », la place de l'usage du déplacement pour faire des conjectures (Déplacement 2) était très importante. De plus, il existait une activité dans cette formation, où il s'agissait de la recherche des conditions pour qu'un quadrilatère reste invariant dans la symétrie centrale dans l'environnement Cabri, à travers la superposition du quadrilatère objet avec son image dans une symétrie centrale de centre donné.

Ainsi, nous nous attendons à ce que pendant notre expérimentation, les stagiaires fassent référence à l'activité traitée dans la formation « Géométrie Dynamique », et qu'ils essayent d'adapter, cette situation sur la symétrie centrale, qu'ils ont rencontré dans la formation.

◆ Utilisation de « Trace » du point symétrique d'un point du parallélogramme

Ainsi, il s'agit de l'usage du déplacement pour constater (Déplacement 3) la trajectoire du point image  $P'$ , quand le point objet  $P$  se déplace sur le parallélogramme à travers une approche ponctuelle. Ainsi, on peut penser que l'observation de la dépendance entre le point image  $P'$  et le point objet  $P$  à travers le déplacement, peut amener l'élève à se poser la question de l'orthogonalité en plus de l'égalité des distances pour le tracé de la droite de symétrie (Constr./Dépend. 1).



En effet, pendant les séances de formation « Géométrie Dynamique », le formateur avait amplement traité l'outil « Trace », d'une part au niveau du savoir  $S_{d-i}$  comme permettant de concevoir le graphe d'une fonction comme trajectoire d'un point, et d'autre part comme un moyen pour que les élèves puissent faire le passage aux transformations ponctuelles et à la conception d'une figure comme un ensemble de points.

Ainsi, nous nous attendons à ce que les stagiaires pensent à utiliser cet outil dans leur recherche d'activité au niveau du savoir  $S_{d-i}$  dans Cabri.

Nous synthétisons dans le tableau suivant les propositions attendues par les stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$  par rapport aux spécificités de Cabri dans la partie 2 de notre deuxième expérimentation ; ainsi que la place de ces spécificités dans la formation « Géométrie Dynamique », dans le discours oral du formateur et dans le document écrit de travail au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ .

		<u>Expé. 2</u>		<u>Géométrie Dynamique</u>						<u>Expé. 2</u>	
		<u>A priori</u>		<u>Discours du formateur</u>		<u>Document écrit de travail</u>				<u>A posteriori</u>	
<u>Partie 2</u>	<u>S<sub>i</sub></u>	<u>S<sub>d-i</sub></u>	<u>S<sub>i</sub></u>	<u>S<sub>d-i</sub></u>	<u>S<sub>i</sub></u> Explicite	<u>S<sub>i</sub></u> Implicite	<u>S<sub>d-i</sub></u> Explicite	<u>S<sub>d-i</sub></u> Implicite	<u>S<sub>i</sub></u>	<u>S<sub>d-i</sub></u>	
Déplacement	Déplace1	Déplace2 Déplace3	Déplace1 Déplace2 Déplace3	Déplace1 Déplace2 Déplace3	X Déplace3	Déplace1 Déplace2 Déplace3		Déplace1 Déplace2 Déplace3			
Construction /Dépendance entre les objets	Cons/Dép3	Cons/Dép1	Cons/Dép1 Cons/Dép3	Cons/Dép1 Cons/Dép3	Cons/Dép3	Cons/Dép1 Cons/Dép3		Cons/Dép1 Cons/Dép3			
Symétrie Axiale	X	X	X	X		X		X			
Trace	X	X	X	X	X	X		X			

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement

Constr/Dépend 2 : Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Comme nous pouvons également le constater sur le tableau ci-dessus, l'analyse des séances de formation « Géométrie Dynamique » (cf. chapitre B3) nous avait montré la place centrale de la spécificité « Déplacement » de Cabri dans cette formation, dans le document écrit et dans le discours du formateur. Le déplacement était, en fait, objet de formation dans toutes les situations proposées aux stagiaires pendant la formation et il était au premier plan dans le discours du formateur, aussi bien au niveau du savoir  $S_i$  qu'au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Nous nous attendons donc à ce que la spécificité « Déplacement » et le contrat de résistance au déplacement dans Cabri soient installés chez les stagiaires, au niveau du savoir  $S_i$ , au moment de notre deuxième expérimentation.

De plus, nous faisons l'hypothèse que les stagiaires proposeront des activités où il s'agira de l'usage du déplacement pour valider les constructions effectuées par les élèves dans Cabri (Déplacement 1).

En outre, nous pensons que les stagiaires arriveront à mener une réflexion didactique sur l'usage de la spécificité « Déplacement » de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . En effet, « Déplacement 2 » et « Déplacement 3 », dont nous attendons l'usage par les stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$  dans cette tâche, étaient également très fortement présents dans les séances de formation « Géométrie Dynamique », au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ .

En ce qui concerne la spécificité « Construction / Dépendance entre les objets », nous pensons qu'au niveau du savoir  $S_i$  tous les stagiaires utiliseront ou fabriqueront une tâche dans laquelle les élèves auront à utiliser des propriétés géométriques pour effectuer leurs constructions dans Cabri. En effet, l'analyse des séances de formation « Géométrie Dynamique » nous a montré que cette spécificité était objet de formation pour la majorité des activités de cette formation : elle est potentiellement présente dans la plupart des activités au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$  dans le document écrit de travail ; le formateur intervient également sur cette spécificité de Cabri dans son discours, surtout au niveau du savoir  $S_{d-i}$  concernant les apports de Cabri par rapport à l'usage des propriétés géométriques pour une construction, et par rapport à la dépendance entre les objets d'une configuration dans le déplacement. De plus, l'analyse des réponses des stagiaires pendant les séances de formation « Géométrie Dynamique » a montré que les stagiaires n'avaient pas de problème concernant les constructions à travers les propriétés géométriques effectuées dans Cabri au niveau du savoir  $S_i$ , mais également concernant leurs réponses aux questions didactiques, où cette spécificité de Cabri faisait partie des spécificités les plus exprimées au niveau du savoir  $S_{d-i}$  et en termes d'apports de l'environnement Cabri.

Ainsi, nous pensons que pour la partie 2 de notre expérimentation, les stagiaires vont sûrement utiliser les propriétés géométriques pour effectuer leurs constructions dans Cabri (Constr./Dépend.3). Mais également, nous pensons qu'au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , les stagiaires vont pouvoir intégrer cette spécificité de Cabri dans leurs propositions de tâches didactiques dans Cabri. En effet, la dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement (Constr/Dépend 1) a été fortement présente dans la formation « Géométrie Dynamique ». Et de plus, le formateur avait traité cette spécificité de Cabri dans son discours oral au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , pour faire prendre conscience aux élèves de la dépendance entre la figure objet et la figure image dans une transformation.

Concernant l'outil « Symétrie axiale », nous pensons que l'usage de cet outil pour effectuer des constructions dans Cabri au niveau du savoir  $S_i$  ne va pas poser de problème aux stagiaires. Car d'une part, ils avaient utilisé cet outil pendant les séances de formation et d'autre part, l'analyse des séances de formation « Géométrie Dynamique » nous a montré que les stagiaires ne rencontraient pas de difficulté particulière dans l'usage, au niveau du savoir  $S_i$ , des outils de construction dans les menus, pour effectuer des constructions dans Cabri. Au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , nous attendons également une proposition de la part des stagiaires concernant l'usage de l'outil « Symétrie axiale », au moins concernant la possibilité d'obtenir directement le transformé sans passer par des étapes de construction – c'est-à-dire par les propriétés géométriques qui définissent cette transformation. En effet, cette possibilité offerte par Cabri a été traitée au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , par le formateur dans son discours pendant les séances « Géométrie Dynamique ».

En outre, l'outil « Trace » se révèle fortement présent dans la formation « Géométrie Dynamique », au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . En effet, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , le formateur insiste tout particulièrement sur l'outil « Trace ». Nous faisons alors l'hypothèse que les stagiaires penseront à utiliser cet outil de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$  pour une approche ponctuelle de la symétrie axiale, pendant leur réflexion sur la partie 2 de notre expérimentation.

## II.4. Analyse a priori de la Partie III de l'expérimentation 2

---

### EXPERIMENTATION 2

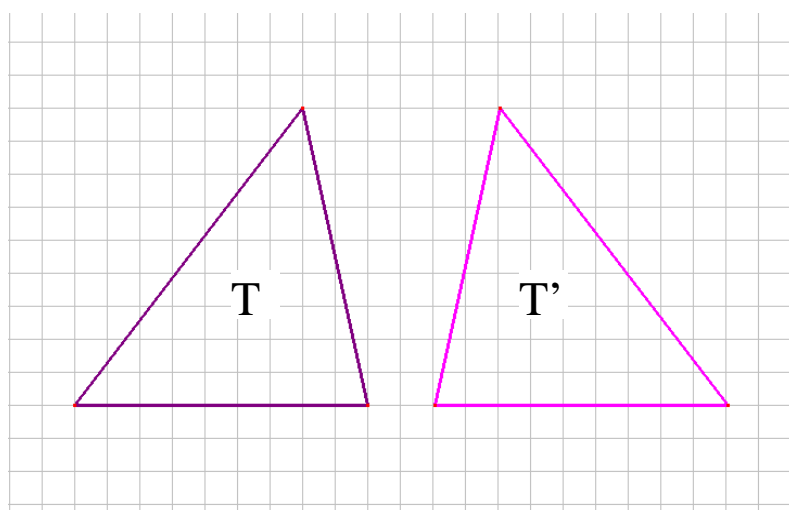
#### PARTIE 3 : Niveau début 6ème

Vous avez ci-dessous une situation sur l'apprentissage de la symétrie orthogonale dans l'environnement papier-crayon.

Est-ce que vous la proposeriez à vos élèves telle qu'elle est ?

Faites une analyse sur les utilisations éventuelles de l'environnement Cabri pour une telle situation.

Quels peuvent être les apports de la géométrie dynamique ?



Dans la figure ci-dessus, le triangle T' est le symétrique du triangle T. Tracer l'axe de symétrie qui transforme T en T'.

---

En ce qui concerne la partie 3 et dernière de l'expérimentation 2, nous avons proposé aux PLC2 une tâche d'analyse de situation dans l'environnement papier-crayon pour les élèves, et d'adaptation de ces situations dans l'environnement Cabri, afin d'évaluer le rapport des stagiaires au savoir  $S_{d-i}$  mais aussi au savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale.

En effet, le fait de faire travailler les stagiaires sur une adaptation d'une situation papier-crayon dans l'environnement informatique, nous permet de les placer dans leur situation professionnelle et dans une activité qu'ils auront à effectuer dans leur métier d'enseignant.

Nous avons donné aux stagiaires une activité élève dans l'environnement papier-crayon sur la symétrie axiale, avec une consigne et un dessin d'illustration.

Il s'agit pour les stagiaires d'abord, d'analyser la tâche papier-crayon en répondant à la question « Est-ce que vous la proposeriez à vos élèves telle qu'elle est ? » en exprimant les raisons pour lesquelles ils pensent la proposer ou pas ; et également en exprimant les changements qu'ils pensent y apporter pour rendre l'activité proposable à leurs élèves.

Ensuite, nous leur demandons d'effectuer une analyse sur les utilisations éventuelles de l'environnement Cabri pour une telle situation et en exprimant les apports de la géométrie dynamique. Ainsi, les stagiaires doivent mettre en interrelations leurs connaissances au niveau du savoir mathématique ( $S_m$ ), du savoir sur l'artefact ( $S_i$ ), du savoir didactique sur la symétrie axiale ( $S_{d-m}$ ) et du savoir didactique sur l'artefact ( $S_{d-i}$ ).

La première question posée aux stagiaires (*Est-ce que vous la proposeriez à vos élèves telle qu'elle est ?*) concerne le savoir didactique  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale.

Ainsi, concernant une analyse didactique de la tâche au niveau du savoir  $S_{d-m}$  qui peut être attendue des stagiaires, on peut dire que pour cette tâche, même si l'élève n'utilise pas de propriétés géométriques liées à la symétrie axiale pour effectuer sa construction, il peut fournir un tracé recevable. En effet, la tâche ne permet pas d'identifier si l'élève utilise les propriétés de la symétrie axiale ou s'il utilise des informations spatiales pour effectuer la construction. Car, l'axe de symétrie dont il est demandé à l'élève de faire la construction étant vertical, les procédures de types « rapport horizontal » et « rapport vertical » sont dans leur domaine de validité. De plus, on peut dire que le support (papier quadrillé) fournit non seulement la propriété d'orthogonalité de la symétrie axiale, mais renforce également les procédures erronées de types « rapport horizontal » et « rapport vertical » qui sont dans leur domaine de validité pour cette tâche.

Il s'agit donc de faire une analyse de la tâche papier-crayon et de proposer des changements dans l'activité pour la rendre plus intéressante dans l'environnement papier-crayon en jouant avec les variables didactiques.

Or, les stagiaires n'ayant pas encore suivi de formation portant sur le savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale, ils n'ont pas de connaissances didactiques sur la symétrie axiale pour pouvoir effectuer une analyse. Nous allons alors essayer de repérer dans les réponses des stagiaires les éléments du savoir didactique qu'ils arrivent à mettre en œuvre sans avoir reçu de formation sur le savoir  $S_{d-m}$ .

Dans nos analyses nous allons considérer si l'activité, telle qu'elle est, est jugée proposable ou non par les stagiaires, à travers leurs réponses à la question « Est-ce que vous la proposeriez à vos élèves telle qu'elle est ? »

- Dans le cas où le stagiaire répond qu'il proposerai l'activité telle qu'elle est, nous considérons que le stagiaire n'arrive à utiliser aucune connaissance au niveau du savoir didactique.
- Dans le cas où le stagiaire répond qu'il ne proposerai pas l'activité telle qu'elle est, conformément à ce que nous attendons, nous allons essayer de repérer, à travers les changement éventuels proposés, les connaissances au niveau du savoir didactique utilisées par les stagiaires dans cette situation sur la symétrie axiale avant d'avoir reçu une formation.

Nous donnons ci-dessous les propositions de changement dans l'activité élève que nous attendons des stagiaires :

- Enlever le quadrillage :

On peut penser que si le stagiaire propose d'enlever le quadrillage, il a pour objectif d'empêcher l'orthogonalité fournie par le papier quadrillé. Ainsi l'on peut dire qu'il prend en compte la propriété d'orthogonalité de la symétrie axiale par rapport à la construction de l'élève.

- Changer l'orientation de l'axe :

Nous pouvons interpréter une proposition de changement dans l'orientation de l'axe de symétrie comme intégrant une volonté des stagiaires d'empêcher l'horizontale ou la verticale comme support de construction pour l'élève. Ceci implique alors au niveau du savoir  $S_{d-m}$  le fait que l'axe n'étant plus vertical, les procédures erronées de types « rappel horizontal » ou « rappel vertical » ne seront pas dans leurs domaines de validité ; et il sera ainsi possible pour l'enseignant de repérer ces types de procédures erronées dans la construction de l'élève.

- Changer la position de la figure dans la feuille

Il est également probable que les stagiaires proposent de changer la position de la figure dans la feuille, c'est-à-dire la position des éléments de la figure par rapport à la verticale. En effet, au niveau du savoir  $S_{d-m}$ , une telle proposition par les stagiaires peut alors être interprétée comme une prise en compte de la variable de la position de la figure par rapport aux bord de la feuille, renforçant la prédominance chez l'apprenant de la direction privilégiée verticale et horizontale, comme le montre Grenier (1988) dans sa thèse (Proposition peu attendue).

- Changer l'intersection entre la figure-objet et la figure-image :

On peut penser que les stagiaires proposent de changer la valeur de l'intersection des côtés de la figure objet avec les côtés de la figure image. Cette intersection peut en effet prendre 4 valeurs à savoir : les côtés se coupent, un côté de la figure objet est superposé avec le côté image de la figure image, la figure objet et la figure image se touchent en un sommet, l'intersection entre la figure objet et la figure image est vide (Proposition peu attendue).

- Changer la forme de la figure :

On peut également s'attendre à une proposition de changement de la forme de la figure de la part des stagiaires, comme par exemple un triangle plus aigu dont la différence de mesure entre les côtés est plus remarquable. En effet, on peut penser qu'une telle proposition peut avoir pour but de mettre en évidence le renversement de la figure dans une symétrie axiale, et ainsi de faire en sorte que la procédure erronée de type « translation » avec laquelle on obtient une figure-image identique et égale à la figure-objet, ne soit pas dans son domaine de validité.

- Ajouter des noms aux sommets des triangles :

Nous pouvons également attendre des stagiaires qu'ils proposent de nommer les sommets du triangle objet et du triangle image. Ceci peut être justifié d'une part, pour faciliter les échanges oraux dans la classe d'autre part pour mettre en évidence le retournement de la figure image par rapport à la figure objet dans une symétrie axiale, et aussi de permettre une approche plus ponctuelle aux transformations.

- Nommer les figures avec les noms de leurs sommets au lieu de T et T' :

En lien avec le point précédent, on peut penser que les stagiaires peuvent également proposer de désigner les figures des noms de leurs sommets (comme ABC et A'B'C') au lieu de T et T' dans l'énoncé de l'activité élève. Ainsi, face à une telle proposition, on peut avancer que le stagiaire a pour but de favoriser une approche ponctuelle de la figure auprès des élèves. En effet, des noms comme T et T' donnés à la figure image et à la figure objet, favoriseront une approche plus globale.

Ainsi, concernant la première question posée aux stagiaires « *Est-ce que vous la proposeriez à vos élèves telle qu'elle est ?* » nous essayerons de repérer des connaissances au niveau du savoir  $S_{d-m}$  en acte chez les stagiaires. En revanche, comme pour notre première expérimentation, nous avons fait le choix de ne pas donner d'indication aux stagiaires sur les éléments de l'analyse didactique attendue. Notre objectif, dans ce choix, est de repérer dans quelle mesure les stagiaires arriveront à prendre en compte dans leurs analyses les objets relevant du savoir  $S_{d-m}$  sans avoir reçu de formation portant sur le savoir didactique concernant la symétrie axiale ; ce qui nous permettra d'avoir des éléments sur l'influence de ces connaissances didactiques sur l'analyse et la conception des situations didactiques dans l'environnement Cabri, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Dans les échanges des stagiaires au sein du binôme, nous allons également analyser les références données par les stagiaires, pour justifier leurs choix, leurs analyses. Nous avons défini quatre types de références que les stagiaires peuvent faire :

- Vécu : Le stagiaire renvoie à son vécu en tant qu'élève ou en tant qu'étudiant
- IUFM : Le stagiaire renvoie aux séances de formation reçues à l'IUFM
- Documentation : Le stagiaire fait référence aux documentations (manuels, livres etc.) qu'il a consultés.
- Stages : Le stagiaire fait références aux stages ou à des cours privés qu'il a effectués ou surtout à sa pratique de classe en tant que professeur stagiaire.

Nous donnons dans le tableau suivant les principaux éléments de notre analyse au niveau du savoir  $S_{d-m}$ , par rapport aux propositions attendues des stagiaires concernant la tâche en papier-crayon pour la partie 3 de notre expérimentation.



PROPOSITIONS ATTENDUES DE LA PART DES STAGIAIRES										
Papier-crayon	Activité proposable			Analyse didactique en papier-crayon (S <sub>d-m</sub> )			Références données			
	Raisons	Changements proposés		Procédures erronées	Connaissances de l'élève	Variables	Vécu	IUFM	Docu- mentation	Stages
		Figure	Enoncé							
Activité papier-crayon	Compatibilité avec les programmes Non-préférence des tâches de construction Tâche de construction trop difficile ou facile	X	X	Rappel vertical Rappel horizontal Translation	Pliage Orthogonalité Equidistance	Quadrillage Orientation de l'axe (peu probable) Position de la figure dans la feuille (peu probable) Intersection des côtés de la figure objet et de la figure image (peu probable)	X	-	X	X

*Faites une analyse sur les utilisations éventuelles de l'environnement Cabri pour une telle situation.*

*Quels peuvent être les apports de la géométrie dynamique ?*

En ce qui concerne l'usage de l'environnement Cabri, nous effectuons ci-dessous une analyse des propositions attendues de la part des stagiaires concernant l'adaptation et l'analyse didactique de la tâche au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . Nous avons ainsi regroupé les propositions attendues des stagiaires en trois catégories du point de vue de l'usage des spécificités de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

### **1. Proposer l'activité dans Cabri telle qu'elle est dans l'environnement papier-crayon.**

Nous considérons que la proposition de l'usage de Cabri fournie par le stagiaire appartient à la catégorie 1, si le stagiaire transfère l'activité papier-crayon à l'environnement Cabri sans aucun changement, mais également avec une conformité de l'activité dans Cabri à l'activité papier-crayon à travers une figure figée, sans qu'il y ait expression par le stagiaire d'un apport de l'usage de la géométrie dynamique au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . L'usage de l'environnement Cabri est alors justifié par des arguments plutôt pédagogiques, comme la motivation des élèves, ou par des arguments non didactiques comme de « jolies figures » plus esthétiques.

- L'usage d'aucune spécificité de Cabri n'est prévu par les stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

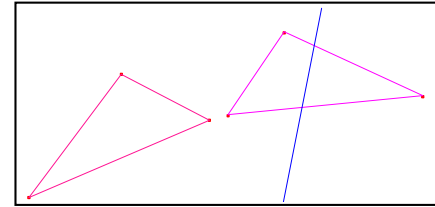
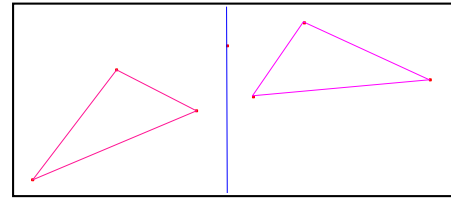
### **2. Proposer l'activité papier-crayon dans l'environnement Cabri, en faisant une analyse des spécificités qui ont un apport concernant la tâche.**

Nous considérons que la proposition d'usage de Cabri fournie par le stagiaire appartient à la catégorie 2, si le stagiaire transfère l'activité papier-crayon à l'environnement Cabri sans effectuer de changement mais qu'il essaye d'adapter les spécificités de Cabri à l'activité. Le stagiaire cherche alors l'apport du fait de proposer la même activité papier-crayon dans l'environnement Cabri, à travers l'apport de l'usage des différentes spécificités de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

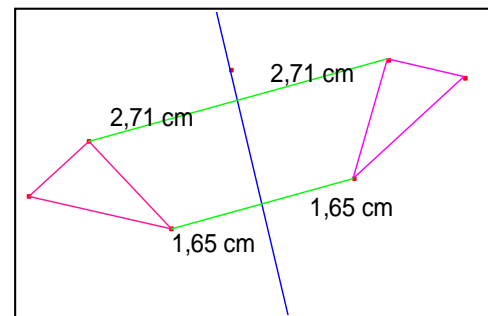
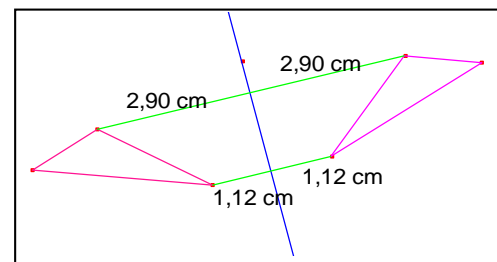
L'usage de l'environnement Cabri est alors justifié par le stagiaire avec des arguments au niveau du savoir  $S_{d-i}$  en termes d'apports de Cabri.

Nous analysons ci-après, les spécificités de Cabri sur lesquelles on peut attendre une réflexion au niveau du savoir didactique, et que nous classons dans cette catégorie 2

- Usage du « Déplacement 1 » pour valider ou invalider la construction : Le stagiaire propose d'utiliser le déplacement dans Cabri pour invalider les tracés au jugé des élèves. L'apport de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$  est alors explicité par le stagiaire à travers le contrat de résistance au déplacement dans Cabri, où seules les constructions utilisant les propriétés géométriques seront validées par le déplacement.



- Usage du « Déplacement 3 » pour constater les propriétés géométriques liées à la symétrie axiale. L'apport du déplacement dans l'environnement Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$  peut alors être explicité par le stagiaire, d'une part par le fait que le déplacement permet de faire constater à l'élève les propriétés d'équidistance du point objet et du point image à l'axe de symétrie et de l'orthogonalité à l'axe de symétrie, du segment qui joint le point image et le point objet ; et d'autre part par le fait que la construction dans Cabri permet de visualiser un ensemble de dessins à travers lesquels il est possible de dégager des propriétés géométriques qui restent invariantes par le déplacement.



- Usage de la dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement (Constr/Dépend 1) pour la dépendance entre les éléments du triangle objet, les éléments du triangle image et l'axe de symétrie.

En effet, le triangle image construit à partir du triangle objet et de la droite de symétrie, ne se déplacera qu'à travers le déplacement de l'axe de symétrie ou du triangle objet. On peut alors s'attendre à ce que le stagiaire cherche à montrer à l'élève cette dépendance entre les éléments d'une transformation à travers la dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement (Constr/Dépend 1). De plus, cette dépendance entre les objets peut également permettre de dégager les invariants de la symétrie axiale.

- Usage de la dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui en dépendent (Constr/Dépend 2), pour la dépendance entre les éléments du triangle image, les éléments du triangle objet et l'axe de symétrie. En effet, le triangle image construit à partir du triangle objet et de la droite de symétrie disparaît quand on supprime un des éléments dont il dépend (peu probable que cela apparaisse).

- Usage, d'une part, des propriétés géométriques pour la construction de l'axe de symétrie dans Cabri (Constr/Dépend 3) pour montrer que les propriétés spatio-graphiques utilisées pour une construction ne sont pas pertinentes, et qu'il faut utiliser des propriétés géométriques pertinentes pour que la construction soit validée dans Cabri ; et l'usage d'autre part du déplacement pour mettre en évidence les propriétés géométriques qui ont servi à la construction du triangle image symétrique.
  
- Usage de l'outil « Symétrie axiale » comme outil de validation, où l'élève demande le symétrique du triangle objet par rapport à l'axe tracé qu'il a tracé, afin de constater la différence entre le triangle-image donné par l'exercice et le triangle-image construit par l'outil « Symétrie axiale ».
  
- Usage de la spécificité « boîte noire » de Cabri comme élément de validation, où le stagiaire propose de construire une boîte noire qui donne l'axe de symétrie demandé dans l'activité à travers laquelle l'élève peut confronter son tracé avec le tracé fourni par la boîte noire, mais aussi où il observe les différences dans le comportement dynamique entre son tracé et le tracé donné par la boîte noire à l'aide du déplacement.

### **3. Proposer des changements dans l'activité pour mieux l'adapter à l'environnement Cabri**

Nous considérons que la proposition de l'usage de Cabri fournie par le stagiaire appartient à la catégorie 3, si le stagiaire procède à une réflexion au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$  avant d'adapter l'activité papier-crayon à l'environnement Cabri. Ainsi, le stagiaire essaie d'effectuer des changements dans l'activité papier-crayon, afin qu'elle soit plus adaptée à un environnement de géométrie dynamique. Ainsi la situation dans Cabri proposée par le stagiaire peut ne pas pouvoir exister dans l'environnement papier-crayon, parce qu'elle utilise des spécificités de Cabri qui n'ont pas d'équivalent dans l'environnement papier-crayon. L'usage de l'environnement Cabri est alors justifié par le stagiaire avec des arguments au niveau du savoir  $S_{d-i}$  en termes d'apports de Cabri.

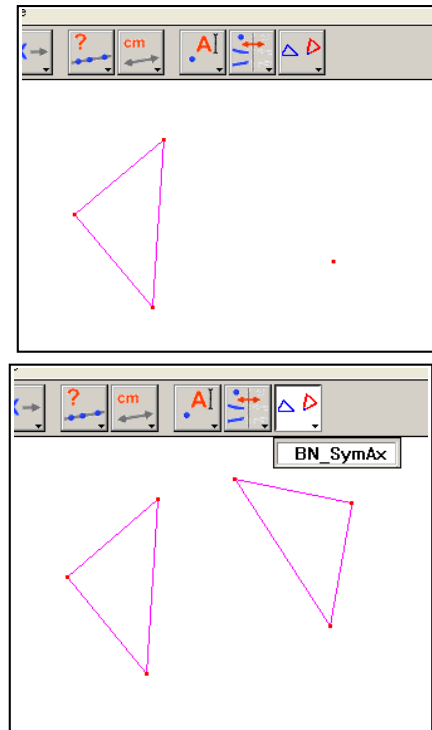
Nous donnons ci-après l'analyse d'un exemple de proposition d'activité, qui constitue une adaptation de l'activité papier-crayon à l'environnement Cabri et que l'on peut considérer comme relevant de la catégorie 3.

### Exemple : « Proposer une activité de type boîte noire »

On peut penser que les stagiaires peuvent proposer une activité de type « boîte noire », où il s'agit pour l'élève de rechercher les propriétés géométriques de la configuration fournie par la « boîte noire » et de reconstruire la figure donnée par la « boîte noire ».

La « boîte noire » que nous considérons, donne l'image d'un triangle que l'on sélectionne par rapport à un axe donné non visible. La tâche de l'élève est alors de pouvoir dégager les propriétés géométriques en utilisant le déplacement, afin de trouver comment le triangle image fourni par la « boîte noire » sera reconstruit dans Cabri.

Les réflexions au niveau du savoir  $S_{d-i}$  que nous pouvons attendre de la part des stagiaires pour une telle proposition d'activité, sont analysées ci-dessous :



- Usage du « Déplacement 1 » pour valider / invalider la construction

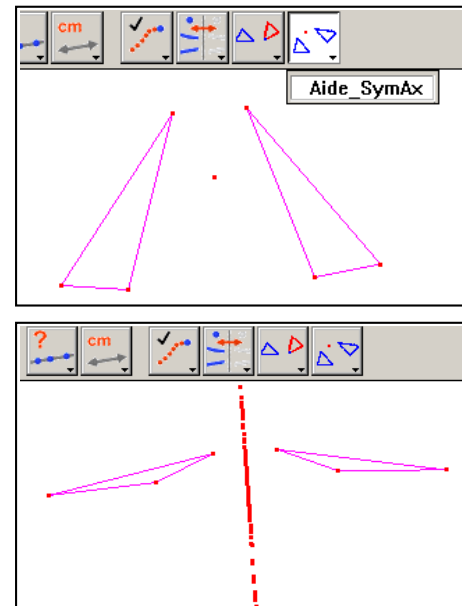
Le stagiaire propose d'utiliser le déplacement dans Cabri pour invalider les tracés erronés des élèves. En effet, dans une tâche de type « boîte noire », la construction de l'élève doit avoir le même comportement dynamique que celui de la configuration fournie par la « boîte noire ». La validation du tracé se fait alors à travers la conformité, dans le comportement dynamique, du tracé de l'élève avec le Cabri-dessin fourni par la « boîte noire ». L'apport du déplacement dans Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$  est alors explicité par le stagiaire, à travers la validation par la conformité dans le comportement dynamique.

- Usage du « Déplacement 2 » pour faire des conjectures sur les propriétés géométriques pertinentes, afin de trouver comment la figure fournie par la « boîte noire » a été construite en vue de la reproduire.
- Usage du « Déplacement 3 » pour constater les liens de dépendance entre le triangle objet et le triangle image, et également pour constater les objets qui restent invariants dans le déplacement.
- Usage de la dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement (Constr/Dépend 1), pour la dépendance des sommets du triangle image construit à partir du triangle objet à travers la « boîte noire ».
- Usage de la dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui en dépendent (Constr/Dépend 2), pour la

dépendance des éléments du triangle image construit à partir du triangle objet (peu probable que cela apparaisse).

- Usage des propriétés géométriques pour la construction du triangle donné par la « boîte noire », qui aura le même comportement dynamique, mais qui sera construit au moyen de propriétés géométriques liées à la symétrie axiale (Constr/Dépend 3).

- Usage de l'outil « Trace » comme aide à la résolution de la tâche de type « boîte noire ». En effet, il est possible de construire une macro-construction qui fournit à l'élève un point appartenant à l'axe de symétrie. Il s'agit alors de donner une indication à l'élève sur les étapes de construction qu'on attend de lui. L'élève bloqué dans sa recherche peut alors obtenir l'axe en demandant la trace du point fourni par la macro construction. Il s'agit alors pour l'élève de trouver comment construire la droite dont la trace est affichée sur l'écran en utilisant des propriétés géométriques permettant que la construction résiste au déplacement.



- Usage de la spécificité « Configuration des outils » pour ajouter des macro constructions dans la barre des menus.

Pour la Partie 3 de notre expérimentation, concernant les spécificités de Cabri dont on attend l'usage par les stagiaires, nous avons construit le tableau suivant pour nos analyses. En effet, nous avons d'une part, pris en compte le traitement des spécificités de Cabri, pendant les séances de formation « Géométrie Dynamique » dont nous avons effectué l'analyse dans le Chapitre B3 (Analyse des séances de Géométrie Dynamique) et d'autre part, les possibilités d'usage de ces spécificités pour la partie 3 de notre expérimentation. Nous allons essayer de confronter les résultats des analyses de ces séances de formation de « Géométrie Dynamique.» avec les résultats des analyses de notre expérimentation, par rapport à l'usage des spécificités de Cabri au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ .

	<u>Expé. 2</u>		<u>Géométrie Dynamique</u>						<u>Expé. 2</u>	
	<u>A priori</u>		<u>Discours du formateur</u>		<u>Document écrit de travail</u>				<u>A posteriori</u>	
<b>Partie 3</b>	<b>S<sub>i</sub></b>	<b>S<sub>d-i</sub></b>	<b>S<sub>i</sub></b>	<b>S<sub>d-i</sub></b>	<b>S<sub>i</sub></b> Explicite	<b>S<sub>i</sub></b> Implicite	<b>S<sub>d-i</sub></b> Explicite	<b>S<sub>d-i</sub></b> Implicite	<b>S<sub>i</sub></b>	<b>S<sub>d-i</sub></b>
Déplacement	Déplace1	Déplace1 Déplace2 Déplace3	Déplace1 Déplace2 Déplace3	Déplace1 Déplace2 Déplace3	X Déplace3	Déplace1 Déplace2 Déplace3		Déplace1 Déplace2 Déplace3		
Construction /Dépendance entre les objets	Cons/Dép3	Cons/Dép1 Cons/Dép2 Cons/Dép3	Cons/Dép1 Cons/Dép3	Cons/Dép1 Cons/Dép3	Cons/Dép3	Cons/Dép1 Cons/Dép3		Cons/Dép1 Cons/Dép3		
Symétrie Axiale	X	X	X	X		X		X		
Trace	X	X	X	X	X	X		X		
Config. des outils	X	X	X	X						
Macro construction	X	X	X	X						
Boîte noire	Boîte noire1	Boîte noire1 Boîte noire2	Boîte noire1 Boîte noire2	Boîte noire1 Boîte noire2	Boîte noire1	Boîte noire1 Boîte noire2		Boîte noire1 Boîte noire2		

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider  
Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer  
Déplacement 3 : Déplacer pour constater  
Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement  
Constr/Dépend 2 : Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci  
Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction  
Boîte Noire 1 : Reproduction d'une figure dans Cabri dont on ne sait pas comment elle a été construite  
Boîte Noire 2 : Emettre des hypothèses sur une configuration et les valider ou invalider soit avec le déplacement soit avec des constructions

Nous allons alors essayer de repérer, dans l'analyse des réponses des stagiaires aux questions de notre expérimentation, dans quelle mesure les spécificités de Cabri traitées pendant la formation « Géométrie Dynamique » seront prises en compte par les stagiaires au niveau des différents types de savoirs, afin de repérer l'impact de cette formation.





## CHAPITRE C4

### ANALYSE DE L'EXPERIMENTATION 3

#### I. Présentation générale

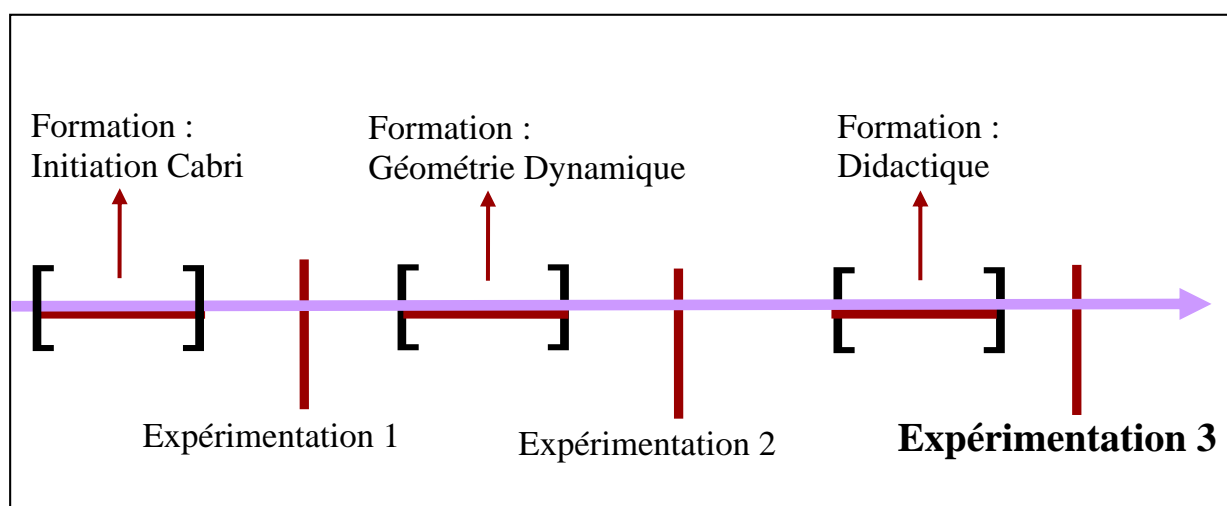
##### I.1. Rappel de l'objectif de l'expérimentation 3

Notre dernière expérimentation s'est réalisée, à la fin de l'année scolaire, juste après les séances de formation en didactique sur la symétrie axiale, qui est un module obligatoire à l'IUFM de Grenoble pour les PLC2 en mathématiques.

Les PLC2 avaient déjà suivi les séances de formation intitulées « Initiation Cabri » et « Géométrie Dynamique », et ils venaient de suivre les séances de formation en didactique sur la symétrie axiale avant la réalisation de l'expérimentation 3.

Nous rappelons que :

- les séances de formation « Initiation Cabri » portaient essentiellement sur le savoir  $S_i$ , mais aussi sur le savoir  $S_{d-i}$  ;
- le module de formation « Géométrie Dynamique » portait essentiellement sur le savoir  $S_{d-i}$  ; mais on y rencontre également des éléments relevant des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-m}$
- et les séances de formation en didactique portaient sur le savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale.



Ainsi, au moment où nous avons mis en place notre troisième expérimentation, les stagiaires avaient donc des connaissances approfondies sur le logiciel Cabri-Géomètre (au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$ ) ; et aussi des connaissances au niveau du savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale du fait d'avoir suivi les trois modules de formation qui font l'objet de notre étude : Initiation Cabri, Géométrie Dynamique, séance de formation en didactique sur la symétrie orthogonale.

L'objectif de notre dernière expérimentation est alors de repérer la mise en œuvre, par les stagiaires, des connaissances au niveau du savoir  $S_i$ ,  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$  acquises au cours d'une année de formation à l'IUFM, à travers différents modules de formation, pour la conception d'une situation didactique dans un environnement informatique ; ainsi que l'impact de ces modules de formations.

## **I.2. Recueil de données**

Notre troisième expérimentation s'est réalisée avec trois binômes de stagiaires PLC2 à l'IUFM de Grenoble.

Chaque binôme disposait d'un ordinateur et du logiciel « Cabri-Géomètre » pendant l'expérimentation.

Nous avons enregistré la conversation de chaque binôme, ainsi que leurs figures construites dans Cabri, et nous avons également filmé l'écran de l'ordinateur. Nous avons ainsi analysé les protocoles (cf. annexes) transcrits à partir de ces enregistrements.

## II. Analyse a priori des activités de l'expérimentation 3

### II.1. Choix globaux

L'expérimentation 3 est construite en une seule partie qui concerne essentiellement le savoir  $S_{d-i}$  – puisque c'est sur ce savoir que notre étude porte particulièrement – mais elle concerne également les savoirs  $S_{d-m}$  et  $S_i$ .

Dans notre dernière expérimentation il est demandé aux stagiaires de préparer une activité sur l'apprentissage de la symétrie axiale en classe de sixième, dans l'environnement Cabri-Géomètre. Pour la conception de cette activité, les stagiaires n'ont ni un point de départ pour la préparation de leur situation d'apprentissage ni un exemple d'utilisation de Cabri pour une situation sur la symétrie axiale. En revanche, ils ont des connaissances à mettre en œuvre, au niveau du savoir  $S_{d-i}$  et au niveau du savoir  $S_{d-m}$ , provenant des trois modules de formation qu'ils ont suivis.

La tâche des stagiaires ne concerne donc pas une adaptation de situation dans l'environnement papier-crayon à l'environnement Cabri. Mais elle concerne une conception de situation didactique dans l'environnement Cabri et une analyse didactique de la situation qu'ils ont conçue eux-mêmes.

Notre objectif, en demandant une tâche de conception de situation didactique dans l'environnement Cabri, est alors d'analyser pour voir dans quelle mesure les stagiaires, à la fin d'une année de formation à l'IUFM, arrivent à concevoir des situations didactiques à travers les connaissances qu'ils ont acquises en suivant des séances de formation portant sur l'outil au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ , et sur l'aspect didactique de la notion mathématique à enseigner au niveau du savoir  $S_{d-m}$ .

Nous allons de plus essayer de considérer si les stagiaires essayent de concevoir une situation d'apprentissage de la symétrie axiale dans l'environnement Cabri sans faire référence à une situation qu'ils ont déjà rencontrée ; ou s'il utilisent comme situation de référence des situations d'apprentissage rencontrées, afin de les adapter soit à l'environnement Cabri, soit à la notion mathématique : symétrie axiale.

Notre objectif dans l'expérimentation 3 est alors d'une part, d'évaluer dans quelle mesure les stagiaires arrivent à concevoir une situation didactique dans l'environnement Cabri en prenant en compte des éléments relevant des savoirs  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$ , et à effectuer une analyse au niveau du savoir  $S_{d-m}$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$  de la situation didactique qu'ils ont conçue ; et d'autre part, nous allons essayer de repérer l'impact de l'ensemble des formations qui font l'objet de notre étude au niveau des savoirs  $S_m$ ,  $S_i$ ,  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$ .

Nous analysons ci-après l'expérimentation 3, par rapport aux différents types de savoirs.

## II.2. Analyse de l'activité de l'expérimentation 3

---

La symétrie orthogonale est introduite dès l'école primaire par un travail global sur figure-image et figure-objet à l'aide du pliage, du quadrillage et manipulations sur papier-crayon.

De nombreuses recherches en didactique des mathématiques ont mis en évidence les difficultés des élèves sur quelques invariants. Une de ces difficultés de l'apprentissage de la symétrie orthogonale est l'orthogonalité.

Proposez une situation en classe de sixième dans l'environnement Cabri-Géomètre, pour permettre l'apprentissage la propriété d'orthogonalité (le segment qui rejoint un point et son image est perpendiculaire à l'axe) ainsi que pour permettre aux élèves de dépasser ses conceptions erronées.

.....

- Explicitiez quelle institutionnalisation vous prévoyez suite à cette activité.
  - Quels sont les apports d'environnement Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon pour cette activité ?
- 

Pour l'expérimentation 3, nous avons demandé aux PLC2 de préparer une situation dans l'environnement Cabri-Géomètre pour permettre l'apprentissage de la propriété d'orthogonalité de la symétrie axiale, afin d'analyser dans quelle mesure les stagiaires mettent en œuvre des connaissances au niveau des savoirs  $S_i$ ,  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$ , provenant des différents modules de formation qu'ils ont suivis au cours de l'année scolaire à l'IUFM ; et dans quelle mesure ils font référence aux situations d'apprentissages qu'ils ont étudiées pendant ces modules de formation.

Dans l'analyse de l'activité conçue par les stagiaires, nous considérons d'une part, l'usage des spécificités de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$  et d'autre part, la prise en compte par les stagiaires dans leur réflexion, des éléments relevant du savoir  $S_{d-m}$  concernant la symétrie axiale.

De plus, nous allons essayer de repérer si les stagiaires font référence à une situation didactique qu'ils ont rencontrée, dans la préparation de l'activité qui leur est demandée. Ainsi, par rapport à la situation de référence utilisée par les stagiaires, nous considérons trois grandes catégories :

- La situation de référence est une situation portant sur une notion mathématique autre que la symétrie axiale, dans un environnement informatique :

On peut penser que le stagiaire prend comme situation de référence une des activités des séances de formation « Géométrie Dynamique », ou une activité conçue pour l'environnement informatique qu'il a rencontrée. Il s'agit alors du choix par les stagiaires d'une situation sur laquelle ils ont au moins des connaissances au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , mais qui porte sur une notion mathématique autre que la symétrie axiale. Les stagiaires doivent alors pouvoir lier leurs connaissances au niveau du savoir

$S_{d-m}$  avec ses connaissances au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ , afin d'adapter la situation de référence à la notion mathématique, qui est la symétrie axiale.

- La situation de référence est une situation portant sur la symétrie axiale dans l'environnement papier-crayon :

On peut penser que les stagiaires prennent une situation didactique sur la symétrie axiale dans l'environnement papier-crayon qu'ils ont déjà rencontrée, et essayent de l'adapter à l'environnement Cabri. Les stagiaires doivent alors pouvoir lier leurs connaissances au niveau des savoirs  $S_{d-i}$  et  $S_i$  avec leurs connaissances au niveau du savoir  $S_{d-m}$ , afin d'adapter la situation en papier-crayon à l'environnement Cabri, avec une prise en compte des spécificités de Cabri.

- La situation de référence est une situation portant sur la symétrie axiale dans l'environnement informatique :

On peut également penser que les stagiaires prennent comme situation de référence une situation didactique sur la symétrie axiale dans un environnement de géométrie dynamique. En effet, une telle situation ne peut pas être issue des séances de formation « Géométrie Dynamique » ni des séances de formation « Initiation Cabri », puisqu'il n'y avait pas d'activité sur la symétrie axiale pendant ces formations.

Ainsi, à travers la situation de référence utilisée par les stagiaires, nous allons essayer de repérer l'impact des différents modules de formation chez les stagiaires pour la conception d'une situation didactique dans l'environnement Cabri, à travers le choix de la situation à partir des différentes formations et l'adaptation de cette situation à l'environnement Cabri, ou à la notion mathématique par rapport à la mise en œuvre des différents types de savoirs.

En outre, par rapport à l'usage des spécificités de Cabri, nous considérons trois catégories, qui correspondent aux trois catégories que nous avons définies pour les analyses a priori des expérimentations 1 et 2.

1. L'usage d'aucune spécificité de Cabri n'est prévu par les stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$  :

Nous considérons que la proposition de situation dans Cabri par les stagiaires appartient à la catégorie 1, si ceux-ci n'utilisent aucune spécificité de Cabri, et ainsi ne s'interrogent pas sur les apports de Cabri pour l'activité qu'ils ont proposée par rapport à la même activité proposée dans l'environnement papier-crayon.

L'usage de l'environnement Cabri est alors justifié par le stagiaire avec des arguments plutôt pédagogiques, comme la motivation des élèves, ou par des arguments non didactiques comme des « jolies figures » plus esthétiques, ou encore par la facilité et la précision par rapport à l'utilisation des outils de construction.

2. L'usage des spécificités de Cabri est prévu par les stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , par rapport à la même activité proposée dans l'environnement papier-crayon :

Nous considérons que la proposition de situation dans Cabri par les stagiaires appartient à la catégorie 2, si les stagiaires proposent une activité qui peut exister dans l'environnement Cabri et dans l'environnement papier-crayon, mais qu'ils effectuent une analyse des spécificités de Cabri qui ont un apport et qu'ils cherchent à identifier l'apport de l'usage des différentes spécificités de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$  par rapport à l'environnement papier-crayon.

L'usage de l'environnement Cabri est alors justifié par le stagiaire avec des arguments au niveau du savoir  $S_{d-i}$  en termes d'apports de Cabri, comme par exemple l'usage du déplacement pour valider/invalider une construction ; l'usage du déplacement pour constater ; affichage dynamique des longueurs, des mesures, des aires et des distances à travers la précision et la multitude de cas observés ; l'usage des propriétés géométriques pour la construction d'une figure et le contrat de résistance au déplacement ou encore l'usage de l'outil « symétrie axiale » comme moyen de validation.

3. L'usage des spécificités de Cabri est prévu par les stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , de sorte que l'activité proposée ne puisse exister que dans l'environnement Cabri :

Nous considérons que la proposition de situation dans Cabri par les stagiaires appartient à la catégorie 3, si les stagiaires cherchent à proposer une activité qui ne peut exister que dans l'environnement Cabri. Ainsi, la situation dans Cabri proposée par les stagiaires peut ne pas exister dans l'environnement papier-crayon, parce que sa résolution demande l'usage des spécificités de Cabri qui n'ont pas d'équivalent dans l'environnement papier-crayon.

L'usage de l'environnement Cabri est alors justifié par le stagiaire avec des arguments au niveau du savoir  $S_{d-i}$  en termes d'apports de Cabri, comme par exemple l'usage du déplacement pour faire des conjectures, l'usage de l'outil « Trace » pour favoriser une approche ponctuelle de la symétrie axiale, l'usage de la spécificité « boîte noire » de Cabri ou encore l'usage de l'outil « Symétrie axiale » comme une boîte noire.

Par rapport à ces trois catégories, nous n'attendons pas qu'il y ait des propositions de la part des stagiaires appartenant à la catégorie 1, puisque les stagiaires sont en fin de formation à l'IUFM. Ayant suivi des modules portant sur les savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$  et ayant eu en outre un recul par rapport aux connaissances acquises pendant ces modules de formation, nous pensons qu'ils concevront des situations dans Cabri ayant un apport par rapport à l'environnement papier-crayon et qu'ils mèneront une réflexion sur ces apports de Cabri.

En outre, concernant les spécificités de Cabri dont on attend l'usage par les stagiaires, nous avons construit le tableau suivant pour nos analyses, en considérant le traitement des spécificités de Cabri au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$  pendant les séances de formation « Initiation Cabri » et « Géométrie Dynamique ».

	<u>Expé. 3</u>	<u>Géométrie Dynamique</u>						<u>Initiation Cabri</u>				<u>Expé. 3</u>
	<u>A priori</u>	<u>Discours du formateur</u>		<u>Document écrit de travail</u>				<u>Discours du formateur</u>		<u>Document écrit de travail</u>		<u>A posteriori</u>
	$S_{d-i}$	$S_i$	$S_{d-i}$	$S_i$ Explicite	$S_i$ Implicite	$S_{d-i}$ Explicite	$S_{d-i}$ Implicite	$S_i$	$S_{d-i}$	$S_i$ Explicite	$S_i$ Implicite	$S_{d-i}$
Déplacement	Déplace1 Déplace2 Déplace3	Déplace1 Déplace2 Déplace3	Déplace1 Déplace2 Déplace3	X Déplace3	Déplace1 Déplace2 Déplace3		Déplace1 Déplace2 Déplace3	Déplace1	Déplace1 Déplace2 Déplace3	X	Déplace1 Déplace3	
Construction /Dépendance entre les objets	Cons/Dép1 Cons/Dép2 Cons/Dép3	Cons/Dép1 Cons/Dép3	Cons/Dép1 Cons/Dép3	Cons/Dépd3	Cons/Dépd1 Cons/Dépd3		Cons/Dépd1 Cons/Dépd3	Constr/Dépd1 Constr/Dépd3	Constr/Dépd 1 Constr/Dépd 3	Constr/Dépd2	Constr/Dépd1 Constr/Dépd2 Constr/Dépd3	
Symétrie Axiale	X	X	X		X		X	-X-				
Trace	X	X	X	X	X		X	X	X	X		
Config. des outils	X	X	X					X	X			
Macro construction	X	X	X					X	X			
Boîte noire	Boîte noire1 Boîte noire2	Boîte noire1 Boîte noire2	Boîte noire1 Boîte noire2	Boîte noire1	Boîte noire1 Boîte noire2		Boîte noire1 Boîte noire2					

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider.

Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

Constr/Dépend 2 : Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui en dépendent.

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Boîte Noire 1 : Reproduction d'une Cabri figure dont on ne sait pas comment elle a été construite

Boîte Noire 2 : Emettre des hypothèses sur une configuration et les valider ou invalider soit avec le déplacement soit avec des constructions

L'analyse des réponses des stagiaires par rapport à la catégorisation que nous avons construite va alors nous permettre d'une part, de repérer dans quelle mesure les stagiaires sont capables de concevoir une situation didactique intégrant Cabri et d'autre part, de repérer l'évolution chez les stagiaires par rapport à l'usage des spécificités de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$  ainsi que la prise en compte, pour la conception d'une situation didactique dans Cabri, des éléments du savoir  $S_{d-m}$  provenant du module de formation en didactique.

En outre, nous allons essayer de repérer dans quelle mesure les stagiaires prendront en compte les éléments du savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale, après une année de formation à l'IUFM.

Nous allons plus précisément considérer les éléments ci-dessous relevant du savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale :

- Les procédures erronées d'élèves : « rappel horizontal », « rappel vertical », « parallélisme », « prolongement ».
- La position de la figure, c'est-à-dire la position de ses éléments par rapport à la verticale et à l'horizontale, ou la position par rapport à la verticale et à l'horizontale.
- L'intersection entre la figure et l'axe de symétrie.
- La régularité de la figure : les propriétés géométriques comme « La figure admet un centre de symétrie ou une symétrie de rotation d'ordre  $n$  ou encore comporte des parties translattées l'une de l'autre ou présente une symétrie glissée »
- Le quadrillage

<b>Prise en compte par les stagiaires des variables liées à la symétrie axiale au niveau du savoir <math>S_{d-m}</math> et leur place dans les séances de formation en didactique</b>						
	<b>Procédures erronées d'élèves</b>	<b>Position de la figure</b>	<b>Position de l'axe</b>	<b>Intersection entre la figure et l'axe</b>	<b>Régularité de la figure</b>	<b>Quadrillage</b>
<b>Formation en didactique</b>	X	X	X	X		X
<b>Analyse A Priori</b>	X	X	X	X		X
<b>Analyse A Postériori</b>						



En effet, pendant les séances de formation en didactique, les procédures erronées d'élèves pour le tracé du symétrique d'une figure, ainsi que les variables liées à la position de la figure, à la position de l'axe et à l'intersection entre la figure et l'axe, ont été traitées. De plus, le renforcement du quadrillage des procédures erronées de type rappel horizontal et rappel vertical, a également été traité pendant cette formation.

Ainsi nous attendons que les stagiaires prennent en compte ces éléments au niveau du savoir  $S_{d-m}$  dans la conception de la situation didactique dans Cabri, et qu'ils mènent une réflexion au niveau du savoir  $S_{d-i}$  par rapport aux apports de Cabri.

Les apports de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$  par rapport à l'environnement papier-crayon auxquels nous pouvons nous attendre de la part des stagiaires concernant les éléments du savoir  $S_{d-m}$  que nous avons cités ci-dessus, peuvent alors être :

- Usage du déplacement pour invalider les procédés de construction utilisant des procédures erronées de type « rappel horizontal », « rappel vertical », « parallélisme » et « prolongement ». En effet, la spécificité « Déplacement » de Cabri fait en sorte que les procédures erronées ne soient plus dans leurs domaines de validité, à travers le déplacement des éléments de la figure construite par l'élève.
- Lié au premier point, l'élève doit utiliser la procédure de type « symétrie axiale » à travers l'usage des propriétés géométriques, pour obtenir une construction résistante au déplacement. Ainsi, les constructions utilisant des informations spatiales seront invalidées par le contrat de résistance au déplacement.
- En outre, l'environnement Cabri offre une possibilité de pouvoir plus facilement modifier les variables liées à la position de la figure, à la position de l'axe de symétrie et à l'intersection entre la figure et l'axe de symétrie.

En revanche, nous n'attendons pas de réflexion de la part des stagiaires sur la régularité de la figure qui n'a pas été traitée pendant les séances de formation en didactique.

De plus, nous analyserons dans les échanges des stagiaires au sein du binôme, les références données par les stagiaires pour justifier leurs choix, leurs analyses. Nous avons défini quatre types de références que les stagiaires peuvent faire :

- Vécu : Le stagiaire donne référence à son vécu en tant qu'élève ou en tant qu'étudiant
- IUFM : Le stagiaire donne référence aux séances de formation qu'il a reçues à l'IUFM
- Documentation : Le stagiaire fait référence aux documentations (manuels, livres etc.) qu'il a consultées.
- Stages : Le stagiaire fait références aux stages ou à des cours privés qu'il a suivis.

Références données par les stagiaires			
Vécu	IUFM	Documentation	Stages
X	X	X	X

Nous avons également fait le choix de poser la question de l'institutionnalisation aux stagiaires. En effet, nous pensons que le fait de discuter sur l'institutionnalisation de l'activité proposée par les stagiaires, va les amener à expliciter les points auxquels ils donnent de l'importance sur la symétrie axiale, mais aussi – et surtout – de repérer si les stagiaires prévoient une institutionnalisation qui fait référence à l'environnement Cabri, ou s'ils séparent la phase d'institutionnalisation du temps de travail dans l'environnement Cabri en ne citant aucun élément sur la résolution de la tâche par les élèves dans l'environnement Cabri.

## CHAPITRE C5

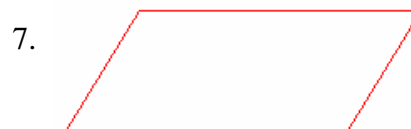
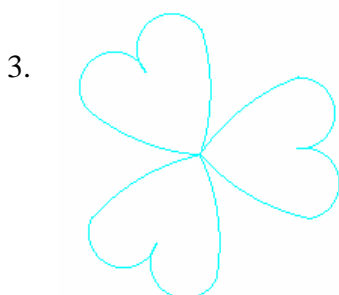
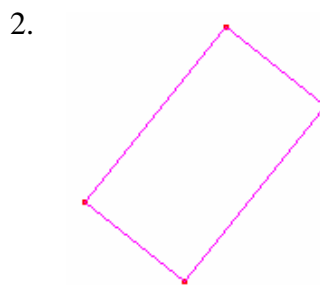
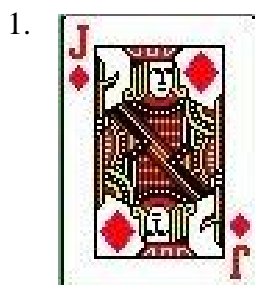
### ANALYSE DES RESULTATS L'EXPERIMENTATION 1

#### I. Analyse de la Partie I de l'expérimentation 1

L'objectif de la partie I de l'expérimentation 1 était surtout de repérer si les stagiaires étaient encore influencés par la perception, malgré leurs connaissances très avancées au niveau du savoir  $S_m$ , mais également de repérer d'éventuelles procédures erronées chez les PLC2 pour la construction des figures symétriques.

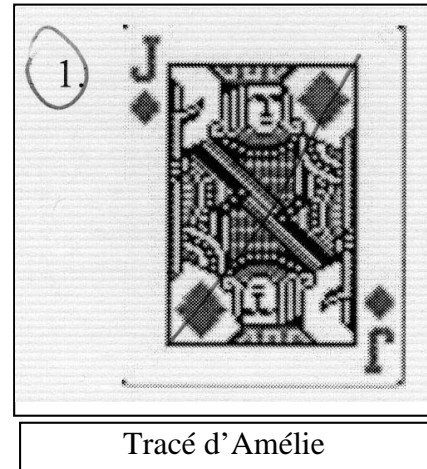
Nous analysons ci-dessous les réponses des stagiaires aux activités proposées dans la partie I :

Pour la première activité de la partie I, où il s'agit de la reconnaissance et du tracé de l'axe de symétrie de figures, nous constatons que 3 stagiaires sur 8 donnent au moins une réponse erronée. Les réponses erronées concernent les figures 1, 2, 3 et 7.



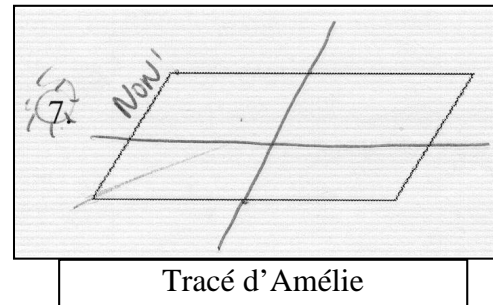
Dans l'analyse a priori de l'expérimentation 1, nous avons analysé et considéré ces quatre figures comme des figures susceptibles d'induire en erreur.

En effet, la figure 1 d'une part est une figure complexe, et d'autre part elle possède un nombre pair d'éléments. Elle a également comme propriété géométrique une rotation et une symétrie centrale qui lui donne une régularité. Nous pensons alors que toutes ces propriétés géométriques de la figure 1 a induit une stagiaire PLC2 (Amélie) à la reconnaissance et au tracé d'un axe de symétrie qui n'existe pas pour cette configuration. Le tracé erroné du stagiaire est donné ci-contre, où la stagiaire non seulement entoure le numéro de la figure pour indiquer que la figure admet, d'après elle, un axe de symétrie, mais également elle le trace.



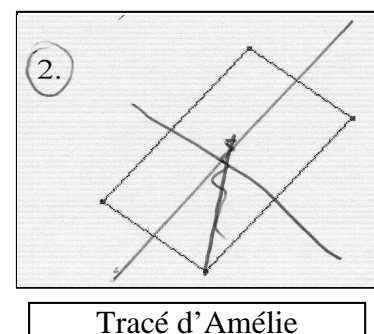
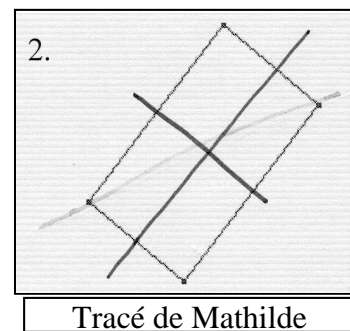
En ce qui concerne la figure 3 où une stagiaire (Esther) ne reconnaît pas d'axe de symétrie existant, alors que la figure en possède trois, on peut penser que la stagiaire a été essentiellement influencée par le fait que la figure possède un nombre impair d'éléments (trois éléments), mais aussi par le fait que la figure admet une symétrie centrale avec un centre existant.

La figure 7 est une autre figure où une stagiaire (Amélie) effectue un tracé erroné, en reconnaissant des axes de symétrie qui n'existent pas. En effet, nous constatons qu'Amélie trace pour la figure 7 les droites passant par les milieux des deux côtés opposés du parallélogramme comme étant des axes de symétrie, parce qu'elle considère probablement que c'est une droite qui partage la figure en deux sous-figures identiques.



C'est une fois que la stagiaire a effectué son tracé qu'elle se rend compte alors de son tracé erroné et le corrige.

Nous avons constaté un retour sur leur production après une première réflexion perceptive, dans les réponses de deux stagiaires (Mathilde et Amélie) pour le tracé de la droite de symétrie de la figure 2. En effet, par une première approche perceptive, Mathilde trace la droite à laquelle la diagonale du rectangle appartient comme étant un axe de symétrie, et Amélie commence à tracer une diagonale du rectangle. Mais les deux stagiaires se rendent compte qu'elles effectuent un tracé erroné de l'axe et corrigent leurs réponses. Ces tracés erronés de la droite partageant la figure en deux parties identiques mais non-symétriques, nous fait encore une fois noter l'influence de la perception chez les stagiaires. Nous pouvons alors penser que la mobilisation des connaissances au niveau du savoir  $S_m$  vient après une première approche perceptive de la figure, comme un moyen de contrôle, pour ces deux stagiaires.



En ce qui concerne l'activité 2 de la partie I, il s'agissait de trouver dans une liste de choix possibles, le symétrique d'une figure composée par rapport à un axe donné.

Nous constatons pour cette activité que tous les stagiaires choisissent une des propositions en fonction des propriétés de la figure image en relation avec celles de la figure objet, mais qu'aucun stagiaire ne procède par la construction du symétrique de la figure objet afin de choisir la réponse identique à la figure image obtenue

Pour la première figure de l'activité 2, comme nous l'avions prévu dans l'analyse a priori, tous les stagiaires trouvent la bonne réponse et aucun stagiaire ne procède par une approche globale de la figure.

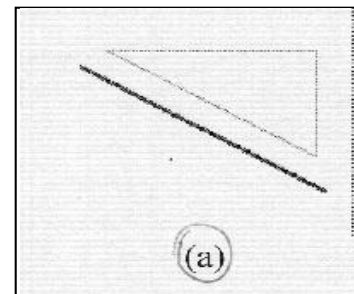
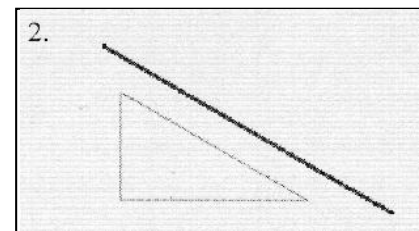
Or, pour la deuxième question de l'activité 2, où il s'agit de trouver le symétrique d'un triangle rectangle dont l'hypoténuse est parallèle à l'axe, contrairement à ce que nous avons prévu dans l'analyse à priori, une stagiaire (Amélie) choisit la réponse erronée a) comme étant le symétrique du triangle donné.

Ainsi, on peut d'une part penser que la stagiaire utilise une procédure globale pour le choix de sa réponse et coche la figure qui complète la figure image en un rectangle comme réponse; on peut d'autre part penser qu'elle utilise les procédures erronées « rappel horizontal » et « rappel vertical » pour les côtés formant l'angle droit.

Nous pouvons alors avancer que l'influence de la perception est très importante pour cette stagiaire.

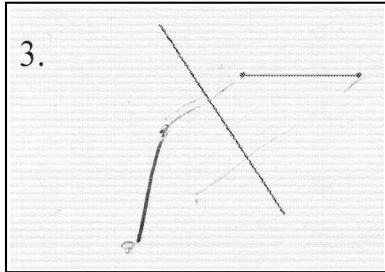
En effet, la même stagiaire avait commencé à tracer la diagonale du rectangle dans la figure 2 de l'activité 1 comme étant son axe de symétrie ; elle s'était rendue compte de son erreur et elle avait corrigé son tracé. Or, malgré son erreur concernant l'axe de symétrie d'un rectangle, qu'elle a corrigée elle-même, la stagiaire choisit comme réponse dans cette question, la configuration qui complète le triangle rectangle-objet donné en un rectangle. Ainsi, non seulement elle passe par une approche globale pour le choix de sa réponse mais, elle n'utilise également aucun contrôle qui fera intervenir une procédure analytique après avoir effectué son choix.

Pour l'activité III de la partie I, nous ne constatons aucune réponse erronée chez les stagiaires, conformément à notre analyse a priori. En effet, pour cette activité, tous les stagiaires utilisent une procédure analytique pour tracer le segment image : ils tracent tous d'abord, le symétrique des deux extrémités du segment image puis ils joignent ces deux points pour obtenir le segment-image. De plus, nous constatons chez trois stagiaires (Ezéchiél, Céline et Valentine) qu'ils tracent également les droites perpendiculaires à l'axe pour trouver l'extrémité-image concernant les questions 3, 5, 6 et 10. Nous donnons ci-après quelques exemples des tracés de ces trois stagiaires.

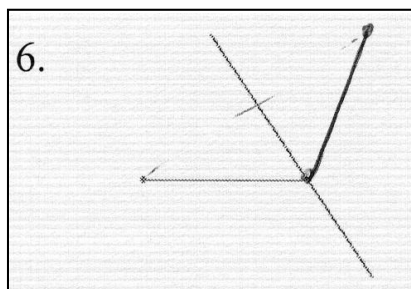
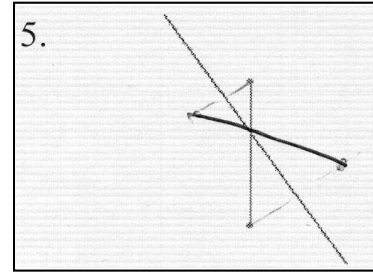


Réponse d'Amélie

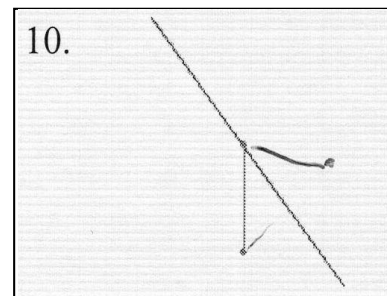
En effet, nous avons constaté que le tracé du point image était perceptif si le point objet n'était pas trop éloigné de l'axe de symétrie ; sinon, nous avons constaté chez trois stagiaires un recours à la perpendicularité.



Tracés de Valentine



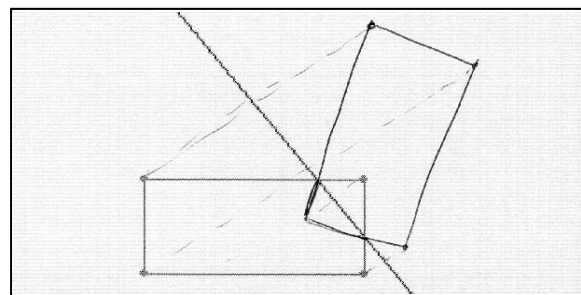
Tracé d'Ezéchiël



Tracé de Céline

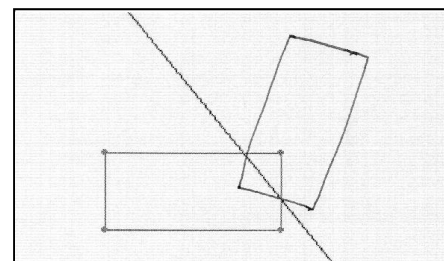
En ce qui concerne la dernière activité (Activité IV) de la Partie I, nous avons constaté que tous les stagiaires fournissaient un tracé plus ou moins recevable.

En revanche, nous avons constaté que seuls trois stagiaires (Valentine, Céline et Esther) ont fait recours à un procédé de construction analytique, construisant un par un l'image par symétrie des sommets du rectangle objet en passant par les droites perpendiculaires.



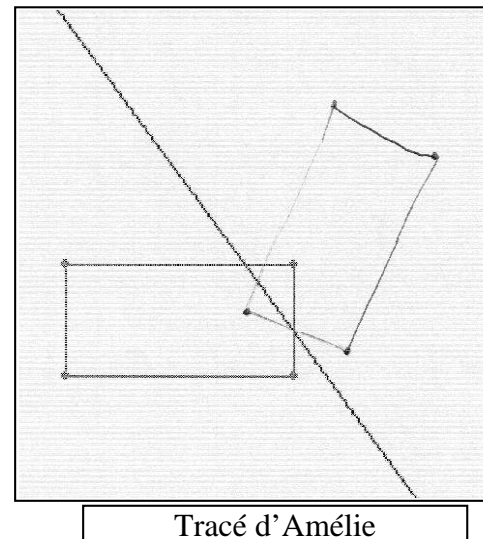
Tracé de Valentine

Or, l'analyse des réponses des stagiaires nous montre que quatre stagiaires (Nathan, Mathilde, Gilles et Ezéchiël) procèdent par une approche semi-analytique pour le tracé de la figure-image. Ils construisent, en effet, l'image par la symétrie axiale du côté du rectangle qui coupe l'axe, et ils complètent la figure-image de façon à ce qu'elle soit un rectangle en respectant la conservation des longueurs de ses côtés, et en respectant l'invariance du point d'intersection avec l'axe de symétrie.



Tracé de Mathilde

De plus, nous avons constaté chez une stagiaire (Amélie) l'existence d'une procédure analytique qui n'effectue pas son tracé en passant par les propriétés géométriques. En effet, la stagiaire construit l'image par la symétrie des sommets du rectangle, mais pour cette construction elle ne respecte pas la propriété d'invariance des points de l'axe et elle n'utilise que la perception pour trouver l'emplacement des sommets-image. Ce non-respect de la propriété d'invariance des points de l'axe peut être constaté dans le dessin ci-contre fourni par la stagiaire où la propriété « l'image d'un point sur l'axe, c'est lui-même » n'est pas prise en compte par la stagiaire pour sa construction.



## Conclusion de la Partie I de l'Expérimentation 1

Par les réponses erronées des stagiaires, qui sont apparues dans cette Partie I qui concerne le savoir  $S_m$  et que nous n'attendions pas dans notre analyse a priori, nous pouvons penser que les stagiaires, malgré leurs connaissances très avancées au niveau du savoir  $S_m$ , sont toujours influencés par la perception concernant le tracé d'axes de symétrie des figures et la construction de figures symétriques.

En effet, l'accumulation des réponses erronées aux activités I et II et le fait que pour ces deux activités tous les stagiaires aient procédé, dans leurs réponses, par une approche globale, nous fait avancer que si les PLC2 ne procèdent pas par une approche analytique de la figure, ils sont induits en erreur concernant la reconnaissance et le tracé de l'axe de symétrie et concernant la reconnaissance de figures symétriques.

En effet, nous sommes tout à fait conscients du niveau très avancé des stagiaires PLC2 concernant le savoir  $S_m$ . Nous ne pouvons donc pas relier les erreurs des stagiaires dans la Partie I à un manque de connaissances au niveau du savoir  $S_m$  sur la symétrie axiale.

Nous pouvons, par contre, dire que la perception joue un rôle très important quand le stagiaire PLC2 considère la figure par une approche globale.

De plus, nous pensons que la consigne « à main levée » a renforcé l'importance des procédures fondées sur la perception.

Nous pouvons alors affirmer que les variables concernant les problèmes de reconnaissance et de tracé d'axe de symétrie, et les variables concernant les problèmes de construction d'image par la symétrie axiale dégagées par Grenier pour les élèves, sont également valables pour les stagiaires PLC2 lorsqu'ils procèdent par une approche globale de la figure.

Nous pouvons alors conclure par l'analyse de la Partie I, que les stagiaires PLC2 sont toujours influencés par la perception pour la reconnaissance d'axe de symétrie des figures et qu'il peut exister des stagiaires qui négligent certaines propriétés liées à la symétrie axiale dans la construction d'images symétriques.

## II. Analyse de la Partie II de l'expérimentation 1

L'objectif de la partie II de l'expérimentation 1 avait l'objectif d'évaluer les connaissances des stagiaires sur l'usage de l'artefact ( $S_i$ ) juste après les séances d'Initiation Cabri et de repérer l'impact des séances de formation Initiation Cabri au niveau du savoir  $S_i$  chez les stagiaires.

La partie 2 de l'expérimentation 1 a été construite en trois sous-activités :

- la partie 2.a, où il s'agit d'un simple usage des menus de création et des menus de construction de Cabri. A travers la partie 2.a, notre but était de repérer si les stagiaires connaissaient certains outils et s'ils savaient les utiliser à un premier niveau de savoir sur l'usage de l'artefact.
- la partie 2.b, qui concerne un deuxième niveau de savoir sur l'artefact où les stagiaires décident eux-mêmes au sujet des outils convenables pour réaliser la construction demandée. A travers la partie 2.a, notre but était d'une part de repérer l'impact de la formation « Initiation Cabri » sur le choix et l'usage des spécificités de Cabri concernant les constructions propres des stagiaires, et d'autre part de déterminer si le contrat de résistance au déplacement est bien présent chez les stagiaires au niveau du savoir  $S_i$ , après une initiation à Cabri.
- la partie 2.c, où notre objectif était de repérer d'une part l'utilisation des connaissances mathématiques sur la symétrie orthogonale, par les stagiaires, pour une tâche de construction dans l'environnement Cabri ; et d'autre part, dans quelle mesure les spécificités « Macro-construction » et « Configuration des outils » qui sont des « spécificités de Cabri plutôt à destination didactique au service de l'enseignant », sont connues par les stagiaires.

Nous analysons ci-dessous les résultats de ces trois sous activités de la partie 2 :

### **Partie 2.a**

Créez un point ; nommez le A.  
Créez une droite passant par A ; nommez le (d) ; déplacer (d).  
Créez le triangle ABC avec B et C quelconque ; déplacer le triangle ABC.  
Créez un cercle de centre O ; déplacer le cercle.  
Créez un point P sur le cercle de centre O.  
Créez le segment [PC] ; déplacer le segment [PC] ; effacer le segment [PC].  
Cachez le point P.

Créez la droite passant par O perpendiculaire à (d) ; nommez la (d').  
Vérifiez que (d) est bien perpendiculaire à (d').  
Créez la médiatrice du côté [AB] du triangle ABC ; cachez cette médiatrice.  
Mesurez la distance du point O à la droite (d).  
Mesurez la circonférence du cercle de centre O.  
Prenez le symétrique du triangle ABC par rapport à (d).



Nous avons indiqué dans le tableau ci-dessous l'apparition, pour chaque binôme, des spécificités de Cabri au niveau du savoir  $S_i$  pendant la partie 2a de notre expérimentation. Nous avons également indiqué dans le tableau l'usage attendu de ces spécificités de la part des stagiaires dans notre analyse a priori, ainsi que leur place au niveau du savoir  $S_i$  dans la formation « Initiation Cabri ».

Nous donnons donc les analyses et commentons le tableau ci-dessous :

		<u>Expé 1</u>				<u>Expé 1</u>	<u>Initiation Cabri</u>			
		<u>A posteriori</u>				<u>A priori</u>	<u>Discours du formateur</u>		<u>Document écrit de travail</u>	
<u>Partie2.a</u>	<u><math>S_i</math></u>				<u><math>S_i</math></u>	<u><math>S_i</math></u>	<u><math>S_{d-i}</math></u>	<u><math>S_i</math> Explicite</u>	<u><math>S_i</math> Implicite</u>	
	Valentine & Amélie	Esther & Céline	Gilles & Ezéchiél	Mathilde & Nathan						
Déplacement					Déplace1	Déplace1	Déplace1	X	Déplace1	
Construction/Dépendance entre les objets	Cons/Dép1	Cons/Dép1	Cons/Dép1	Cons/Dép1	Cons/Dép1	Cons/Dép1	Cons/Dép1		Cons/Dép1	
Point	X	X	X	X	X	X		X	X	
Cercle	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Triangle	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Droite	X	X	X	X	X				X	
Droite perpendiculaire	X	X	X	X	X	X			X	
Médiatrice	X	X	X	X	X		X	X		
Symétrie Axiale	X	X	X	X	X	-X-				
Distance/Longueur	X*	X*	X*	X*	X	X			X	
Mesure d'angle			X	X			X	X		
Oracle	X	X					X			
Nommer	X	X	X	X	X			X		
Cacher Montrer	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

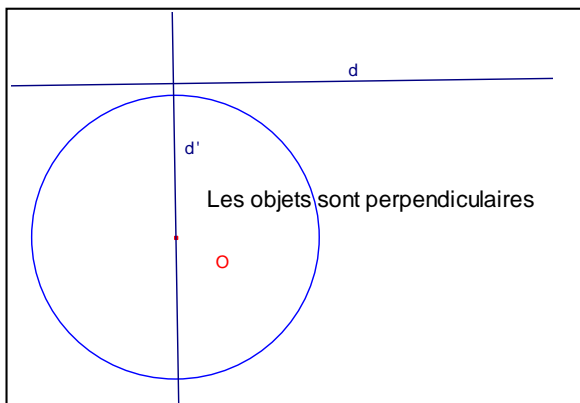
Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement

Contrairement à ce que nous attendions dans l'analyse a priori, nous avons constaté à travers l'analyse des réponses des stagiaires et à travers les transcriptions, que l'usage de la spécificité « Déplacement » se révèle très faible chez les stagiaires, malgré les séances de formation « Initiation Cabri » où cette spécificité a été traitée dans le discours du formateur au niveau du savoir  $S_i$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$  ; elle a été présente potentiellement, dans les activités, dans le document écrit de travail (présent implicitement) et son usage a été favorisé.

À propos de la spécificité « Déplacement » de Cabri, l'usage du déplacement pour la vérification d'une propriété géométrique se révèle quasi-nul chez les stagiaires.

En effet concernant la vérification de si une droite est perpendiculaire à une autre, les stagiaires utilisent les outils « Perpendiculaire ? » ou « Mesure d'angle » sans effectuer de déplacement. Ainsi, nous constatons que les stagiaires ignorent la possibilité que les droites tracées dans Cabri soient perpendiculaires pour une position donnée des droites et reconnues comme telles par l'oracle pour cette position, et que cette perpendicularité puisse être invalidée par le déplacement.

Nous donnons ci-dessous l'exemple du binôme « Esther & Céline », dont le procédé n'est pas très différent des autres binômes mais où la figure construite est plus intéressante.

<p>« <b>Esther</b> : vérifiez que c'est bien perpendiculaire... alors... ça...</p> <p><b>Céline</b> : c'est dans les questions, non ?</p> <p><b>Esther</b> : perpendiculaire... cette droite... cette droite... eh, oui ?...</p> <p><b>Céline</b> : et là, il faut que tu mettes la réponse.</p> <p><b>Esther</b> : Les objets sont perpendiculaires. D'accord. »</p>	
---	---

Nos analyses pour les questions de la Partie 1 de notre expérimentation nous ont alors montré que l'usage du déplacement pour vérifier les propriétés géométriques données à une figure n'est pas instauré chez les stagiaires.

Concernant la spécificité « Déplacement », nous avons également remarqué que pour les stagiaires, « Déplacer » un objet était différent de faire « Bouger » un objet. En effet, « déplacer » se référait pour tous les stagiaires à un déplacement par translation, alors que « bouger » faisait référence à un déplacement par déformation.

Comme l'exemple des binômes « Amélie & Valentine » et « Mathilde & Nathan » le montre ci-après, les stagiaires affirment pouvoir déplacer le cercle à travers le déplacement de son centre (un déplacement par translation), mais ils affirment ne pas pouvoir déplacer le triangle alors qu'ils effectuent un déplacement par déformation.

« **Amélie** : Alors... créez un cercle de centre O... Déplacez ce cercle...  
Mais non ! je voulais le déplacer, je voulais pas le bouger !  
**Valentine** : Il faut peut-être que tu déplaces le point O... Voilà ! »

« **Mathilde** : Déplacer le cercle...  
Ah tu... ouais...  
**Nathan** : Tu ne le déplaces pas oui... Tu...  
Tu ne le déplaces pas là !  
(ils changent le rayon du cercle avec le déplacement)  
**Mathilde** : Oui... Pour déplacer le cercle ; il faut qu'on déplace le centre en fait.  
**Nathan** : Ah oui, oui. Tout à fait oui t'as raison.  
**Mathilde** : Par contre le triangle, c'est pas possible de le déplacer.  
**Nathan** : Ben non, parce tu vas avoir tout le temps un point qui est...  
**Mathilde** : A moins que...  
**Nathan** : On fixe...  
**Mathilde** : Qu'on crée, style... euh...  
**Nathan** : avec les angles...  
**Mathilde** : Voilà...  
**Nathan** : Oui parce qu'effectivement là... oui.  
Il faudrait le construire...  
Oui parce que tu l'as construit en mettant triangle !  
**Mathilde** : Oui.  
**Nathan** : Je suis sûr que si tu construis peut-être euh... ah non, remarque.  
**Mathilde** : Non... tu fais par exemple le centre de gravité tu déplaces le centre de gravité et...  
**Nathan** : Oui voilà. »

En effet, dans le cas de Mathilde et Nathan, puisque les stagiaires arrivent à « déplacer » le cercle par translation, mais qu'ils n'arrivent pas à « déplacer » le triangle par translation, ils cherchent les raisons pour lesquelles ils ne peuvent pas déplacer le triangle par translation. Ainsi, ils avancent qu'ils ne peuvent pas déplacer le triangle par translation, car ils l'ont créé en utilisant l'outil « Triangle » ; et que pour pouvoir le déplacer, il fallait qu'ils construisent le triangle dépendant d'un point qui sera un point de base, et que le déplacement du point de base déplacera les éléments du triangle qui dépendent du point de base à partir duquel ils ont été construits. Or, la raison pour laquelle ils ne peuvent pas déplacer le triangle par translation vient simplement du fait qu'un des sommets du triangle dépend d'un autre objet, qui est la droite.

Ainsi, on peut penser que le schème d'usage pour le déplacement du cercle est étendu au triangle, par les stagiaires qui cherchent à construire un centre dans le triangle pour que celui-ci puisse se déplacer par translation, comme pour un cercle dans Cabri qui se déplace par translation à travers le déplacement de son centre.

Concernant la spécificité « Construction / Dépendance entre les objets », nos analyses nous ont montré que les stagiaires arrivaient à faire une analyse de la dépendance des éléments construits à partir des points de base dans le déplacement, quand il s'agissait d'un objet non déplaçable dépendant de deux autres objets.

« **Ezéchiël** : Déplacer le segment.  
Euh... ouais... En fait il faut déplacer les extrémités pour déplacer le segment.  
**Gilles** : Ouais, je sais pas... ouais, parce que là, on peut pas.  
**Ezéchiël** : Ah oui, parce que vu qu'il dépend du point P et du point C euh...  
On peut pas déplacer le segment sans tout déplacer quoi. »

En effet, nous avons constaté que cette dépendance entre les objets était souvent exprimée par les stagiaires selon un ordre de construction des objets dans le temps.

« **Amélie** : Si tu bouges A, lui, il va bouger comment ? Okay... bon, très bien... C'est bizarre que la droite elle bouge avec. Parce que normalement c'est la droite qui est maître.  
**Valentine** : Ah !  
**Amélie** : Il faudrait qu'il bouge sur la droite...  
Ah mais non ! On a fait le point en premier ! »

« **Mathilde** : Déplacer d... donc, on la fait tourner autour de A.  
**Nathan** : Oui et donc... c'est A qui bouge pas... c'est normal.  
**Mathilde** : Oui ben oui, parce qu'on l'a fait avant !  
**Nathan** : Oui, c'est parce qu'on l'a fait avant, oui. »

En ce qui concerne les « outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri », comme nous l'avions prévu dans notre analyse a priori, nous avons remarqué que l'usage de ces outils pour effectuer des constructions simples au niveau du savoir  $S_i$  ne posait pas de difficulté chez les stagiaires, même s'il s'agissait d'un outil qui n'a pas été traité au niveau du savoir  $S_i$  pendant la formation « Initiation Cabri ».

De plus, pendant notre expérimentation, quand il était demandé aux stagiaires de créer ou de construire un objet, ils pensaient que l'outil pour effectuer directement la construction demandée existait dans les menus de Cabri. Alors, pour les constructions, ils déroulaient les menus et cherchaient l'outil correspondant.

« **Céline** : On peut faire triangle directement sans passer par des points, non ?  
**Esther** : Ouais... mais c'est où ?  
**Céline** : Je sais pas essaye de...  
**Esther** : Non, il n'y a pas.  
**Céline** : Dans cercle peut-être...  
**Esther** : Non.  
**Céline** : Ah non !  
**Esther** : Voilà ! Triangle !  
**Céline** : triangle... »

Nous pensons que ceci peut être dû à un contrat créé par les questions de la partie 2.a de notre expérimentation où effectivement, pour toutes les constructions demandées il y avait un outil dans les menus de Cabri pour effectuer directement la construction.

En outre, concernant l'outil « Distance ou Longueur », il est apparu que les stagiaires utilisaient sans aucune difficulté cet outil pour mesurer la distance d'un point à une droite, mais qu'ils ne pensaient pas spontanément à utiliser cet outil pour obtenir la circonférence d'un cercle. On peut avancer que ceci peut être dû au nom de l'outil, qui englobe la notion de distance au niveau du savoir  $S_m$  (il s'agit donc d'une distance ou d'une longueur qui se mesure) mais non la notion de circonférence qui, la plupart du temps, est calculée et non mesurée.

Nous avons également constaté que tous les stagiaires utilisaient directement l'outil « Distance ou Longueur » pour la distance d'un point à une droite, sans passer par des constructions intermédiaires utilisant les droites perpendiculaires. Nous pensons que la raison de cet usage de l'outil « Distance ou Longueur » vient des messages affichés au pointeur quand ils s'approchent de la droite et du point : « Distance de ce point », « A cette droite ».

En effet, nous avons observé le même comportement pour l'outil « Médiatrice » dans la construction de la médiatrice d'un côté d'un triangle, où tous les stagiaires utilisent cet outil en demandant directement la médiatrice du côté du triangle, et non en demandant la médiatrice des sommets formant le côté dont on veut obtenir la médiatrice. Nous pensons également que cet usage de l'outil « Médiatrice » est provoqué par les messages du pointeur quand cet outil est actif : « Médiatrice de ce côté du triangle ».

En outre, concernant l'usage de l'outil « Nommer », tous les stagiaires préfèrent nommer les objets immédiatement après leur création, et ils sont tous au courant qu'il existe un outil dans les menus pour nommer les objets, mais ils ne savent pas dans quel menu l'outil « Nommer » se trouve.

On peut alors penser que ce comportement commun à tous les stagiaires peut être dû au fait que la formation « Initiation Cabri » favorisait davantage le fait de nommer les objets immédiatement après leur création, que l'usage de l'outil « Nommer ». Mais, on peut penser également que les stagiaires ont préféré retenir cet usage pour nommer les objets, puisqu'il est plus facile et plus économique en termes d'actions effectuées.

## **Partie 2.b**

Ouvrir une nouvelle page.  
Créer une droite (d) passant par un point I.  
Créer le triangle ABC dont I est le milieu du côté AC.

La partie 2.b concernait un deuxième niveau d'usage de l'artefact où l'on demande aux stagiaires de faire une construction dans Cabri, mais c'est à eux de trouver les outils convenables pour cette construction

Nous avons indiqué dans le tableau suivant l'apparition, pour chaque binôme, des spécificités de Cabri au niveau du savoir  $S_i$  pendant la partie 2b de notre expérimentation. Nous avons également indiqué dans le tableau l'usage attendu de ces spécificités de la part des stagiaires dans notre analyse a priori, ainsi que leur place au niveau du savoir  $S_i$  dans la formation « Initiation Cabri ».

Dans ce qui suit, nous donnons les analyses et commentons le tableau ci-après :

		<u>Expé 1</u>				<u>Expé 1</u>	<u>Initiation Cabri</u>			
		<u>A posteriori</u>				<u>A priori</u>	<u>Discours du formateur</u>		<u>Document écrit de travail</u>	
<b>Partie2.b</b>	<b>S<sub>i</sub></b>				<b>S<sub>i</sub></b>	<b>S<sub>i</sub></b>	<b>S<sub>d-i</sub></b>	<b>S<sub>i</sub></b> Explicite	<b>S<sub>i</sub></b> Implicite	
	Valentine & Amélie	Esther & Céline	Gilles & Ezéchiel	Mathilde & Nathan						
Déplacement				Déplace1	Déplace1	Déplace1	Déplace1	X	Déplace1	
Construction /Dépendance entre les objets	Constr/Dép3	Constr/Dép3	Constr/Dép3	Constr/Dép1 Constr/Dép3	Constr/Dép1 Constr/Dép3	Constr/Dép1 Constr/Dép3	Constr/Dép1 Constr/Dép3		Constr/Dép1 Constr/Dép3	
Point	X	X	X	X	X	X		X	X	
Segment					X					
Cercle					X	X	X	X	X	
Triangle	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Droite	X	X	X	X	X				X	
Report de mesure							X			
Symétrie centrale	X	X	X	X						
Rotation									X	
Homothétie						X	X			
Compas										
Nombre					X				X	
Nommer	X	X	X	X	X			X		
Cacher Montrer	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

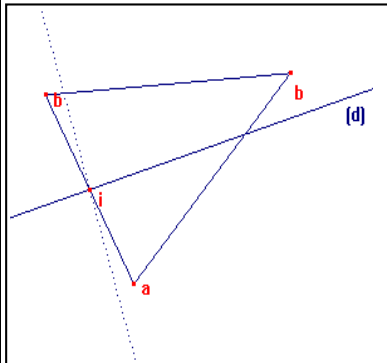
Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Concernant la partie 2.b de notre expérimentation, contrairement à ce que nous avons prévu dans notre analyse a priori, le déplacement pour valider ou invalider une construction (Déplacement1) et l'usage du déplacement pour la dépendance des éléments construits des points de base (Constr/Dépend 1), se révèlent toujours très faibles chez les stagiaires.

En effet, nous constatons que seul le binôme « Mathilde & Nathan » utilise le déplacement pour constater la dépendance des éléments construits des points de base, et pour valider leur construction dans Cabri.

<p>« <b>Mathilde</b> : C'est pas très...</p> <p><b>Nathan</b> : C'est pas très clair... et là bouge...</p> <p><b>Mathilde</b> : Et bien bougeons...</p> <p><b>Nathan</b> : Ben oui... là, tu peux faire bouger comme tu veux oui.</p> <p>Là, tu as toujours ton point I qui est fixe ; qui est normal.</p> <p><b>Mathilde</b> : Ouh là ! J'ai bougé le nom en fait.</p> <p><b>Nathan</b> : D'accord... »</p>	
--	--

De plus, pour effectuer leurs constructions, tous les stagiaires effectuent la construction en passant par le procédé utilisant l'outil « Symétrie Centrale » (n° : 4) alors que dans notre analyse a priori nous avons dégagé l'usage de 6 outils différents de Cabri.

Ouvrir une nouvelle page → Fichier - Nouveau		
Créer une droite (d) passant par un point I → (Point) - Droite - Nommer		
Créer le triangle ABC dont I est le milieu du côté AC →		
1. Cercle - Point - Droite	} Triangle ou Segment }	} Nommer
<u>ou</u>		
2. Compas - Segment (ou Point) - Droite		
<u>ou</u>		
3. Report de mesure - Nombre - Point - Droite		
<u>ou</u>		
4. Symétrie centrale - Point		
<u>ou</u>		
5. Rotation - Nombre (180) - Point		
<u>ou</u>		
6. Homothétie - Nombre (-1) - Point		

En effet, dans notre analyse a priori, nous avons avancé que l'usage des outils « Symétrie centrale », « Rotation » et « Homothétie » apparaîtrait faiblement dans les constructions des stagiaires du fait que la place des transformations dans la formation « Initiation Cabri » n'était pas importante dans ces séances de formation.

En effet, l'usage des transformations pour effectuer des constructions géométriques est spécifique à l'environnement informatique, qui donne la possibilité d'utiliser directement les transformations sans passer par des étapes de construction, et donc sans utiliser les propriétés de base qui servent à construire la figure image.

Nous pouvons interpréter cet usage - spécifique à l'environnement informatique - non attendu de la symétrie centrale par les stagiaires d'une part, par le fait que le procédé de construction utilisant l'outil « Symétrie centrale » est le plus économique en termes d'actions effectuées ; mais d'autre part, il se peut que le contexte de notre expérimentation qui est la symétrie axiale, ait favorisé chez les stagiaires un raisonnement sur la symétrie et les ait donc influencés dans l'usage de la symétrie centrale.

### **Partie 2.c**

Fermez toutes les fenêtres.  
Ouvrir le fichier « sym\_pts.men ».  
Ouvrir la figure « tri\_angle.fig ».  
Construire le symétrique du triangle ABC par rapport à la droite (d).  
  
Fermez la figure.  
Ouvrir le fichier « non\_sym.men ».  
Ouvrir la figure « tri\_angle.fig ».  
Construire le symétrique du triangle ABC par rapport à la droite (d).

La Partie 2.c concernait l'usage de Cabri, avec des menus modifiés. Dans un premier temps, il est demandé aux stagiaires de charger un fichier menu dans Cabri, où il s'agit de faire la construction du symétrique d'une figure à travers un outil nommé « Symétrie Axiale » mais qui, différemment de l'outil original dans Cabri, ne prend que le symétrique d'un point.

Dans un deuxième temps, il s'agit de réaliser la construction du symétrique de la même figure, mais les stagiaires chargent un autre fichier menu de Cabri où il n'existe pas d'outil « Symétrie Axiale ».

Nous avons indiqué dans le tableau suivant l'apparition, pour chaque binôme, des spécificités de Cabri au niveau du savoir  $S_i$  pendant la partie 2c de notre expérimentation. Nous avons également indiqué dans le tableau l'usage attendu de ces spécificités de la part des stagiaires dans notre analyse a priori, ainsi que leur place au niveau du savoir  $S_i$  dans la formation « Initiation Cabri ».

Dans ce qui suit, nous donnons les analyses et commentons le tableau ci-dessous :



<u>Expé 1</u>					<u>Expé 1</u>	<u>Initiation Cabri</u>			
<u>A posteriori</u>					<u>A priori</u>	<u>Discours du formateur</u>		<u>Document écrit de travail</u>	
<b>Partie2.c</b>	<b>S<sub>i</sub></b>				<b>S<sub>i</sub></b>	<b>S<sub>i</sub></b>	<b>S<sub>d-i</sub></b>	<b>S<sub>i</sub></b> Explicite	<b>S<sub>i</sub></b> Implicite
	Valentine & Amélie	Esther & Céline	Gilles & Ezéchiel	Mathilde & Nathan					
Déplacement				Déplace1	Déplace1	Déplace1	Déplace1	X	Déplace1
Construction / Dépendance entre les objets	Cons/Dép3	Cons/Dép3	Cons/Dép1 Cons/Dép3	Cons/Dép1 Cons/Dép3	Cons/Dép1 Cons/Dép3	Cons/Dép1 Cons/Dép3	Cons/Dép1 Cons/Dép3		Cons/Dép1 Cons/Dép3
Segment					X				
Cercle	X				X	X	X	X	X
Triangle	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Droite									X
Droite perpendiculaire	X	X	X	X	X	X			X
Symétrie Axiale		X	X	X	X	-X-			
Symétrie centrale		X	X	X					
Compas									
Report de mesure				X			X		
Distance/ Longueur				X		X			X
Cacher Montrer	X	X	X		X	X	X	X	X
Macro- construction						X	X		
Configuration des outils		X*				X	X		

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Les échanges entre les stagiaires concernant les spécificités « Macro-construction » et « Configuration des outils », nous ont montré qu'ils ne connaissaient pas ces spécificités de Cabri.

En effet, les spécificités « Macro-construction » et « Configuration des outils » étaient présentes uniquement dans le discours oral du formateur pendant les séances de formation « Initiation Cabri », et elles étaient absentes du document écrit. Les stagiaires n'avaient donc jamais eu à manipuler ces spécificités pendant la formation.

Nous avons en effet observé que les stagiaires étaient au courant de la possibilité de modification des menus, mais ils n'avaient pas retenu quelles spécificités permettent de modifier les menus.

Concernant les fichiers de menus de Cabri, les stagiaires ne connaissent pas l'existence des fichiers « .men ».

Le premier réflexe de tous les stagiaires face à un fichier de menu est : « ça marche pas ! ». Ils croient en fait que le fichier « .men » n'est pas ouvert.

**Valentine** : Alors... ouvrir le fichier... C'est celui-là hein ?  
**Amélie** : oui.  
**Valentine** : ça marche pas !...  
**Amélie** : Quoi ?  
**Valentine** : ça marche pas... il ne l'ouvre pas !  
**Amélie** : Vas-y !...  
**Valentine** : Non...  
**Amélie** : Essaie encore.  
**Valentine** : Non.  
**Amélie** : Je sais pas...  
**Valentine** : Qu'est-ce qu'on fait, ça marche pas ?  
**Obs.** : Il a ouvert le fichier, vous pouvez ouvrir la figure maintenant.  
**Valentine** : Ah bon ! D'accord... Alors... construire le symétrique du triangle ABC ...

**Ezéchiél** : Ouvrir le fichier sym\_pts. Euh...  
**Gilles** : T'as fait quoi ?  
**Ezéchiél** : Ben, j'ai glissé dessus... mais... il n'a rien ouvert !  
**Gilles** : Je sais pas !  
**Obs.** : Si, c'est ouvert.  
**Ezéchiél** : Mais, il n'y a rien là ! je vais réessayer...  
**Obs.** : Il faut ouvrir la figure après...  
**Ezéchiél** : Non mais là, ça marche pas !  
**Gilles** : Peut-être qu'on ouvre avec... euh... là...  
**Ezéchiél** : Oui... on va l'ouvrir avec des moyens plus standard alors... euh... non !  
Qu'est-ce qu'on fait ?...  
**Gilles** : Je sais pas... Qu'est-ce qu'on fait ?...  
**Obs.** : Non mais, le fichier sym\_pts est ouvert là.  
**Ezéchiél** : Oui mais, où est-ce qu'il est alors ?  
**Obs.** : Après, il faut que vous ouvriez la figure.

En effet, les stagiaires ne connaissent pas les différents types de fichiers dans Cabri. Pour eux, un fichier de Cabri, c'est un fichier de figure où ils obtiendront une figure quand ils vont l'ouvrir. Ils ne savent donc pas que l'on peut enregistrer et charger des menus avec Cabri. Nous pensons que ceci est dû au fait que dans la formation « Initiation Cabri », seuls les fichiers de figures ont été traités. Les différents types de fichier dans Cabri et l'enregistrement d'un menu étant absents de la formation, les réactions des stagiaires face au chargement d'un fichier « .men » ne semblent pas loin de ce qu'on aurait pu attendre.

En ce qui concerne le changement de comportement de l'outil « Symétrie Axiale » que les stagiaires ont dans le menu pour cette activité, par rapport à l'outil original de Cabri avec lequel ils ont effectué des constructions dans l'activité précédente, nous donnons ci-dessous nos analyses pour chaque binôme :

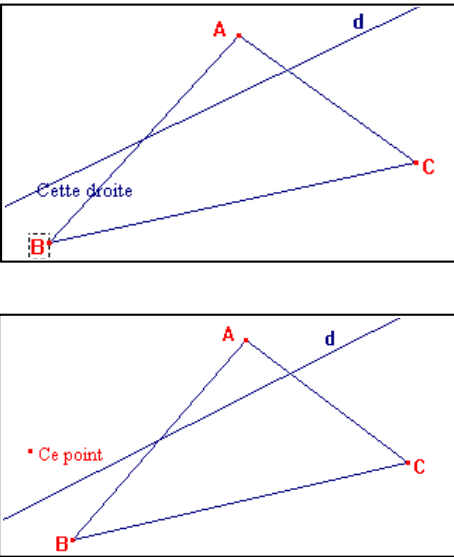
Pour le binôme « Esther & Céline », le changement de comportement de l'outil « Symétrie Axiale » est d'abord interprété par la possibilité de modification des menus. Par contre, ensuite, les stagiaires se mettent d'accord pour dire que l'outil est bien le même outil, mais c'est parce que le triangle dont elles veulent prendre le symétrique a été construit différemment du triangle de l'activité précédente, que l'outil se comporte différemment et qu'elles ne peuvent pas prendre le symétrique de l'objet « triangle » comme elles l'avaient fait dans l'activité précédente.

Pour le binôme « Gilles & Ezéchiél », les stagiaires font la comparaison par rapport au changement de comportement, entre l'outil « Symétrie axiale » original qu'ils ont utilisé dans l'activité précédente, et l'outil « Symétrie Axiale » modifié.

C'est le fait que le logiciel reconnaisse le triangle comme un triangle à travers l'affichage du message « *ce triangle* » qui conduit les stagiaires à conclure que la différence dans le comportement de l'outil « Symétrie Axiale » ne vient pas de la figure, mais que cela peut venir de la modification des menus.

En effet, « Gilles & Ezéchiél » est le seul binôme qui arrive à comprendre et à exprimer que l'outil « Symétrie Axiale » modifié l'a été pour prendre seulement le symétrique d'un point différemment de l'outil « Symétrie axiale » original, qui prend le symétrique des points et des objets géométriques comme le triangle.

Concernant le binôme « Valentine & Amélie », les stagiaires essayent d'utiliser l'outil « Symétrie Axiale » modifié, mais elles abandonnent l'usage de cet outil et décident d'effectuer la construction en utilisant les droites perpendiculaires. La raison du refus des stagiaires de l'usage de l'outil « Symétrie Axiale » modifié, est liée aux messages affichés du pointeur.

<p>« <b>Valentine</b> : de ce point... (<i>montre B</i>)  <b>Amélie</b> : Ben non ! Il met pas par rapport à !  Normalement il met par rapport à cette droite...  <b>Valentine</b> : cette droite ! (<i>montre d</i>)  On a bien pris symétrie axiale...  <b>Amélie</b> : symétrie axiale...  <b>Valentine</b> : Alors, ça se trouve t'as raison...  De... ce point...  et si je fais cette droite, ça fait quoi ?  Qu'est-ce que c'est ce point ? (<i>point image obtenu</i>)  <b>Amélie</b> : ça doit être le point par lequel  passe la droite.  <b>Valentine</b> : Bizarre ! Eh ben... euh...  Et pourquoi on ferait pas... euh... la droite...  <b>Amélie</b> : perpendiculaire  <b>Valentine</b> : perpendiculaire ... passant par A et  puis...  <b>Amélie</b> : et puis la distance. Ben oui, il y a que ça  hein ! »</p>	
---	--

En effet, les stagiaires interprètent la différence dans les messages du pointeur comme un dysfonctionnement de l'outil. Nous constatons, en fait, que les stagiaires savent qu'avec l'outil « Symétrie axiale » original, le message du pointeur, quand elles s'approchent de la droite par rapport à laquelle elles veulent prendre le symétrique d'un objet, doit être « *par rapport à cette droite* ». Alors qu'avec l'outil « Symétrie Axiale » modifié, elles visualisent le message « *cette droite* ».

Les stagiaires tentent quand même d'utiliser l'outil « Symétrie Axiale » modifié, en pointant un sommet du triangle et la droite ; en revanche, elles n'interprètent pas le point ainsi obtenu comme étant le point symétrique du sommet du triangle.

On peut penser que la raison du fait que les stagiaires ne se rendent pas compte que le point qu'elles ont obtenu en utilisant l'outil « Symétrie Axiale » modifié, est bien le point image, peut provenir du fait qu'elles n'effectuent aucun déplacement qui puisse leur montrer la dépendance entre le point image et le point objet et qu'ainsi qu'elles pourront dégager les propriétés géométriques données à la figure ; ce qui leur permettrait sûrement de conclure qu'il s'agit bien du point symétrique qu'elles ont obtenu.

Le binôme « Mathilde & Nathan » ne fait aucun commentaire sur le fait qu'ils ne puissent pas prendre le symétrique de l'objet triangle. Ils effectuent leur construction en prenant le symétrique des sommets du triangle. Le binôme ne fait donc pas de réflexion sur le changement de comportement de l'outil, ni sur le changement dans l'affichage des messages du pointeur.

En ce qui concerne le deuxième fichier menu que les stagiaires chargent où l'outil « Symétrie axiale » n'existe pas, les stagiaires se rendent compte que le menu a été modifié puisqu'ils cherchent, et ne trouvent pas l'outil « Symétrie axiale ».

En effet, les stagiaires sont au courant de l'existence d'une spécificité dans Cabri avec laquelle il est possible de modifier les menus en enlevant certains outils, mais aucun stagiaire

n'effectue une quelconque explicitation sur la spécificité de Cabri dont il s'agit pour la modification des menus.

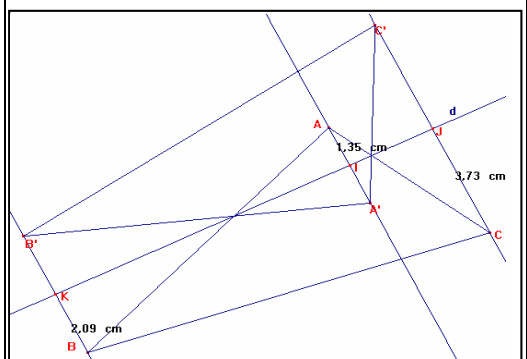
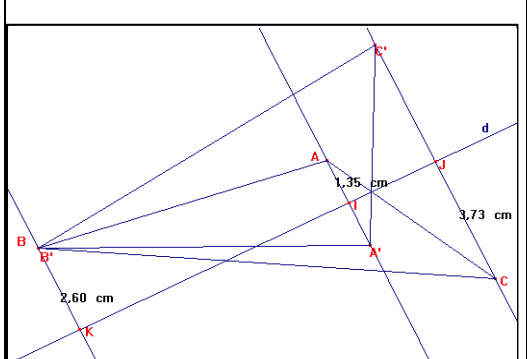
En ce qui concerne la construction du symétrique de la figure par rapport à une droite, tous les binômes utilisent l'outil « Droite Perpendiculaire » et puis l'outil « Symétrie Centrale » pour effectuer leur construction.

Comme nous l'avons dit précédemment, cet usage de l'outil « Symétrie centrale » peut d'une part venir par l'économie dans les actions qu'offre cet outil et d'autre part il peut être provoqué par le contexte de notre expérimentation qui est la symétrie axiale.

Par contre, seul le binôme « Mathilde & Nathan », avant de faire la construction utilisant l'outil « Symétrie Centrale », essaye d'abord d'autres procédés de construction.

En effet, nous avons constaté que seul le binôme « Mathilde & Nathan » veut d'abord utiliser les outils dont les noms correspondent à ceux qu'ils utiliseront dans l'environnement papier-crayon ; ces outils sont « Compas » et « Droite perpendiculaire ». Par contre, les stagiaires n'arrivent pas à utiliser l'outil « Compas », ils cherchent dans les menus et décident alors d'utiliser l'outil « Report de mesure ».

Un usage incomplet de l'outil « Report de mesure » par Mathilde et Nathan, nous a montré pendant l'expérimentation que l'usage du déplacement pour valider une construction était absent chez les stagiaires.

<p><b>Nathan</b> : Oui mais à mon avis, ils sont pas sur la droite là ! (<i>sur les droites perpendiculaire à l'axe</i>)</p> <p><b>Mathilde</b> : Ces points-là ?</p> <p><b>Nathan</b> : Oui ben regarde, c'est pas droit.</p> <p><b>Mathilde</b> : Oui mais, là aussi, regarde ! ben oui mais c'est peut-être à cause des pixels du...</p> <p><b>Nathan</b> : Ah oui t'as raison !</p> <p>Tout à fait ! T'as raison</p> <p><b>Mathilde</b> : Alors... ce point comme sommet... et ce sommet... et ce sommet. (<i>construisent le triangle A'B'C'</i>)</p> <p><b>Nathan</b> : Voilà. Et essaye de déplacer pour voir...</p> <p><b>Mathilde</b> : Oui, bonne remarque.</p> <p>Oui. D'accord.</p> <p><b>Nathan</b> : C'est symétrique ! ... Ouh là !</p> <p><b>Mathilde</b> : Ouh là ! Attends !</p> <p><b>Nathan</b> : Non ! C'est pas symétrique là ! (<i>Figure B</i>)</p> <p>Ah oui ! Tu sais pourquoi ?</p> <p><b>Mathilde</b> : Pourquoi ?</p> <p><b>Nathan</b> : A cause de signe, je suis sur !</p> <p><b>Mathilde</b> : Ah oui ! Ah oui mince ! On peut pas faire un truc du style dist...</p> <p>Ben non ! Attends mais symétrique...</p> <p><b>Nathan</b> : C'est à cause du...</p> <p><b>Mathilde</b> : Mais non mais attends si on fait symétrie centrale...</p>	 <p style="text-align: center;">Figure A</p>  <p style="text-align: center;">Figure B</p>
---	---

En effet, dans la construction effectuée par les stagiaires, les points image  $A'$ ,  $B'$  et  $C'$  ne sont effectivement pas définis comme étant sur la droite perpendiculaire à l'axe de symétrie, comme le remarque Nathan.

De plus, comme les stagiaires ne déplacent que les points  $A$ ,  $B$  et  $C$  ; et qu'ils ne déplacent pas les points  $A'$ ,  $B'$ ,  $C'$  pour valider si les points  $A'$ ,  $B'$  et  $C'$  sont sur les droites ou non ; au début, ils ne se rendent pas compte qu'ils ont effectué une construction non résistante au déplacement concernant les points images  $A'$ ,  $B'$  et  $C'$ .

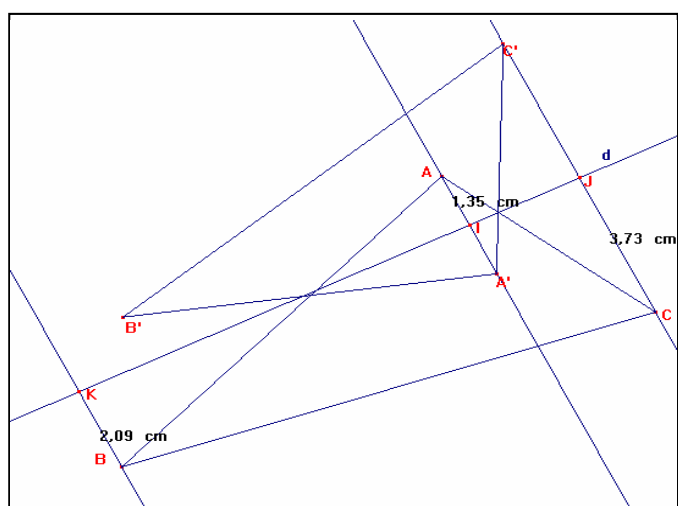
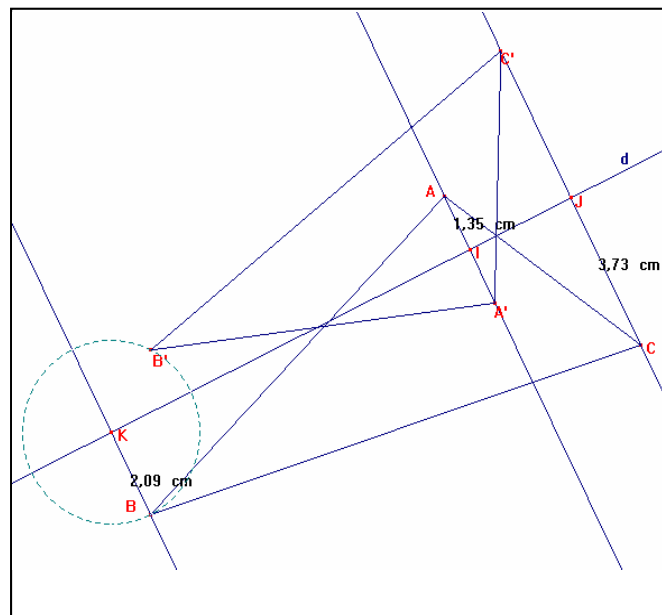
Les stagiaires, suite à l'insistance de Nathan, se rendent compte en déplaçant le point  $B$  de façon à le changer de demi-plan par rapport à la droite  $d$ , que leur figure ne résiste pas au déplacement.

Les stagiaires concluent que cette non-résistance au déplacement vient d'un problème de signe provenant du logiciel, et ils ne pensent même pas que cette non-résistance au déplacement puisse venir d'une erreur qu'ils ont faite dans la construction de leur figure.

Et effet, leur construction ne résiste pas au déplacement, car les points images  $A'$ ,  $B'$  et  $C'$  sont construits avec l'outil report de mesure et sont définis comme étant sur les cercles de rayon  $BK$ ,  $AI$  et  $CJ$ . En effet, les stagiaires auraient dû prendre les points d'intersection de ces cercles avec les droites perpendiculaires à l'axe pour que les point images soient définis comme étant sur ces droites.

Alors que les stagiaires placent les points image au jugé sur les droites perpendiculaires à l'axe de symétrie. Le point image  $B'$ , par exemple, appartient donc au cercle de centre  $K$  et de rayon  $BK$  mais il n'appartient pas à la droite perpendiculaire.

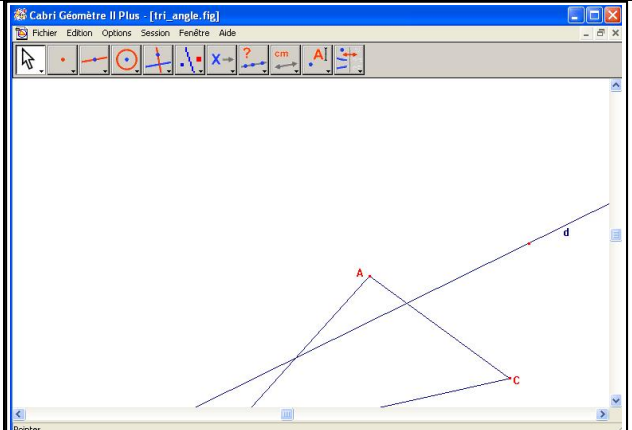
En effet, les stagiaires ne tentent même pas de déplacer les points images, même après avoir constaté qu'il y avait un problème dans leur construction qui ne résiste pas au déplacement. En effet, s'ils essayaient de déplacer les points images, qui normalement ne doivent pas être déplaçables directement, ils pourraient peut-être se rendre compte que l'erreur vient de leur construction et non d'un problème de signe lié au logiciel.



On peut alors penser que la résistance au déplacement et le schème d'usage pour le Déplacement 1 pour valider ou invalider une construction, n'est pas construit chez « Mathilde & Nathan » qui ne déplacent que les points objets et qui ne pensent même pas à déplacer les points images pour confirmer que leur figure est une figure qui résiste au déplacement et si ce n'est pas le cas, pour rechercher les raisons de la non résistance au déplacement.

En effet, concernant la spécificité « Déplacement » de Cabri, le cas de « Mathilde & Nathan » semble être bien moins grave que les autres binômes qui n'utilisent pas du tout le déplacement, ou qui n'utilisent le déplacement que pour des raisons esthétiques comme l'emplacement des noms des objets.

Nous donnons ci-dessous l'exemple de Céline et Esther qui, à l'ouverture de la figure, se retrouvent face à une figure dont une partie reste en dehors de la feuille.

<p><b>Céline</b> : Construire le symétrique...</p> <p><b>Esther</b> : On va peut-être les déplacer non, les trucs ?</p> <p><b>Céline</b> : On doit pouvoir faire un zoom.</p> <p><b>Esther</b> : Alors ça, je sais pas.</p> <p><b>Céline</b> : Option...</p> <p><b>Esther</b> : Là ?... non.</p> <p><b>Céline</b> : Ben, on déplace alors...</p> <p><b>Esther</b> : Oui mais, je peux pas déplacer... les points... euh...</p> <p><b>Céline</b> : Il y a les ascenseurs là.</p> <p><b>Esther</b> : Oui ! ...</p>	
--	---

En effet, nous avons observé que la première action de « Céline et Esther » est de chercher dans les menus un outil qui leur permettra de changer la vue de la figure.

Nous avons en effet constaté dans quelle mesure l'usage du déplacement est faible chez ces stagiaires, par le fait qu'elles essayent de déplacer un sommet du triangle et qu'elles ne font même pas une tentative pour déplacer le triangle en entier. Les stagiaires trouvent finalement une solution qui n'utilise pas le déplacement, concernant la partie du triangle qui reste en dehors de la feuille, à savoir l'usage des ascenseurs.

## Conclusion de la Partie 2 de l'Expérimentation 1

Dans l'ensemble de la Partie 2 de notre expérimentation, le déplacement est très peu utilisé par les stagiaires. Plus spécifiquement, le « Déplacement 1 » pour valider une construction dans Cabri n'est pas utilisé par les stagiaires, même au niveau du savoir  $S_i$ .

Ce non-usage du « Déplacement 1 » chez les stagiaires peut être lié aux connaissances mathématiques très approfondies des stagiaires. En effet, puisqu'ils savent qu'ils ont construit une figure en utilisant les propriétés géométriques, ils jugent peut-être non nécessaire l'usage du déplacement pour valider leur propre construction.

Or, d'une part, il suffit que le stagiaire, lors de sa construction, fasse une erreur liée à la manipulation pour qu'il obtienne une figure non résistante au déplacement ; d'autre part, il peut y avoir des situations où le stagiaire pense avoir utilisé la propriété géométrique appropriée mais obtient une figure non résistante au déplacement, car la propriété géométrique qu'il a utilisée n'est pas vraiment appropriée.

Nous pensons alors qu'il est nécessaire d'insérer dans la formation aux TICE de telles tâches de construction, qui induiront le stagiaire en erreur pendant la construction de la figure et qui aboutiront donc à une figure non résistante au déplacement, pour que le stagiaire ressente la nécessité du déplacement pour valider sa construction dans Cabri, et pour que le contrat de résistance au déplacement dans Cabri au niveau du savoir  $S_i$  soit établi chez les stagiaires. En effet, notre expérimentation nous montre que ce contrat de résistance au déplacement au niveau du savoir  $S_i$  ne s'établit pas à travers le discours magistral du formateur, ni à travers de « pseudo situations problèmes » pour les stagiaires.

En outre, concernant les « outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri », les résultats de nos analyses montrent que l'instrumentation au niveau du savoir  $S_i$  pour ces outils se fait très vite, chez les stagiaires.

En effet, pour la plupart des « outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri », même s'il s'agit d'un outil non traité au niveau du savoir  $S_i$  pendant les séances de formation à l'IUFM, les stagiaires ne rencontrent pas de difficulté pour son usage.

Par exemple pour l'outil « Droite » qui n'a pas été du tout traité dans la formation, nous constatons qu'aucun stagiaire n'a rencontré de difficulté pour son usage.

Nos analyses nous ont, en revanche, montré qu'il pouvait exister deux types de source de difficulté pour les « outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri » :

- Le nom de l'outil n'englobe pas le savoir  $S_m$  :

Nous avons observé ce type de difficulté pour l'outil « Distance ou Longueur », où les stagiaires mesuraient sans problème la distance d'un point à un objet, ou pour mesurer une longueur, mais qu'ils ne pensaient pas à utiliser cet outil pour obtenir la circonférence d'un cercle.



- La fonctionnalité de l'outil dans Cabri est plus réduite que l'outil correspondant dans l'environnement papier-crayon :

Nous avons observé ce type de difficulté pour l'outil « Compas » avec lequel, dans Cabri, on ne peut reporter que des longueurs à travers des segments, et non des longueurs à travers des nombres. Or, en papier-crayon, il est possible de reporter une longueur en écartant le compas sur une règle graduée.

En effet, nous avons constaté que dans le cas où il s'agit de reporter une longueur à travers des nombres, les stagiaires, au lieu de chercher un autre outil dans Cabri qui permet de reporter des longueurs à travers des nombres, ils restent sur l'outil « Compas » et essaient de trouver un moyen pour que l'outil « Compas » fonctionne également avec des nombres.

Nous pensons que cette difficulté des stagiaires peut provenir d'une conception de puissance de l'informatique par rapport à l'environnement papier-crayon. On peut penser que les stagiaires acceptent plus difficilement l'usage des outils de Cabri qui ont une fonctionnalité plus réduite que leur correspondant dans l'environnement papier-crayon.

En outre, concernant les constructions où les stagiaires ne sont pas guidés par l'énoncé mais sont laissés libres dans le choix des outils pour effectuer la construction, il est apparu dans nos analyses que les stagiaires préféreraient utiliser la symétrie centrale pour effectuer des constructions plutôt que des outils dans les menus de création de Cabri.

Plus précisément, nous avons observé chez tous les stagiaires l'usage de l'outil « Symétrie centrale » pour reporter des longueurs sur une même droite et l'absence d'usage de l'outil « Cercle » pour ce faire.

En effet, dans l'environnement papier-crayon, on peut utiliser des arcs de cercle pour reporter une longueur, mais on ne peut pas utiliser directement une symétrie centrale.

On peut interpréter cet usage, par les stagiaires, de la symétrie centrale - qui est spécifique à l'environnement informatique - d'une part, par l'économie dans les actions qu'offre cet outil par rapport à l'usage de l'outil « Cercle » ; et d'autre part, par le contexte de notre expérimentation (la symétrie axiale) qui a peut-être influencé les stagiaires en favorisant spécialement l'usage de la symétrie.

### III. Analyse de la Partie III de l'expérimentation 1

L'objectif de la partie III de l'expérimentation 1 était surtout d'analyser le rapport des stagiaires au savoir  $S_{d-i}$  ainsi qu'au savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale ; mais également de repérer dans quelle mesure les spécificités de Cabri traitées pendant la formation « Initiation Cabri » sont prises en compte, notamment au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , par les stagiaires afin de repérer l'impact de cette formation.

Nous analysons ci-dessous les réponses des stagiaires aux activités proposées dans la partie III :

---

#### **PARTIE 3 :**

Vous avez ci-dessous une activité sur la symétrie orthogonale dans l'environnement papier-crayon. Est-ce que vous la proposeriez à vos élèves ?

Proposez une activité de ce type dans l'environnement Cabri

En quoi cette activité dans Cabri est-elle intéressante pour l'apprentissage de la symétrie orthogonale ?

Construire un triangle ABC isocèle sachant que :

- $AB = 5\text{cm}$
- (d) est son axe de symétrie
- A est le sommet principal

B<sup>x</sup>

(d)

---

#### **III.1. Analyse des réponses des stagiaires concernant la tâche en papier-crayon**

Nous analysons ci-après les réponses de chaque binôme de stagiaires concernant la question « Vous avez ci-dessous une activité sur la symétrie orthogonale dans l'environnement papier-crayon. Est-ce que vous la proposeriez à vos élèves ? ».

Il s'agit essentiellement de repérer des connaissances au niveau du savoir  $S_{d-m}$  en acte chez les stagiaires.

### *Le binôme « Valentine & Amélie »*

Nos analyses nous montrent que les stagiaires cherchent d'abord à trouver quelles connaissances sont mobilisées chez l'élève à travers la résolution de l'activité papier-crayon.

**Amélie** : ça utilise la propriété de... droite particulière... du triangle isocèle... axe de symétrie... le fait que A soit sur la droite...

En effet, pour repérer les connaissances mobilisées chez l'élève, les stagiaires essaient de dégager les procédures d'élèves pour résoudre la tâche.

**Valentine** : Parce qu'après... remarque... comment ils peuvent penser que A, c'est sur la droite ?...

**Amélie** : Hein ?!

**Valentine** : Non mais... je sais pas quel est le cheminement ?...

On remarque dans cette recherche des procédures d'élèves par les stagiaires, qu'elles ne pensent pas du tout à dégager les procédures erronées. Elles se contentent en effet de trouver une procédure de résolution de l'activité, cette procédure étant une procédure correcte.

Les stagiaires décident, après une courte réflexion sur la mobilisation des connaissances et sur les procédures (correctes) d'élèves, qu'elles ne proposeraient pas l'activité à leurs élèves. La raison donnée par les stagiaires est autre que ce que nous avons prévu dans notre analyse a priori, elle concerne le niveau du savoir  $S_{d-m}$ .

Les stagiaires jugent l'activité non-proposable parce qu'elle ne permet pas un apprentissage relatif à la symétrie axiale.

En effet, nos analyses nous montrent que pour les stagiaires, un apprentissage sur la symétrie axiale concerne un apprentissage sur le tracé des figures symétriques par rapport à un axe donné, mais moins un apprentissage des figures qui possèdent un axe de symétrie.

La première interprétation de cela peut être liée à une non/méconnaissance des programmes de collège où « les figures possédant un axe de symétrie » et « Utiliser la symétrie axiale pour construire un triangle isocèle » font partie des compétences exigibles des programmes de sixième.

En effet, les deux stagiaires avouent faire leurs stages en classe de Seconde, il est donc tout à fait possible qu'elle ne connaissent pas suffisamment les programmes de collège.

La deuxième interprétation possible est relative à un manque de connaissances des stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-m}$ .

**Amélie** : Ben déjà... (d) est l'axe de symétrie... d'accord ?...

**Valentine** : ouais...

**Amélie** : donc, ils savent qu'il y aura... normalement, ils peuvent savoir qu'il y a un point à l'autre côté de (d)... symétrique de B.

**Valentine** : Voilà...

**Amélie** : Ensuite, il faut qu'ils pensent que c'est C et pas A.

**Valentine** : Voilà. Parce que A est le sommet principal.

**Amélie** : D'accord...

**Amélie** : oui. Et en fait pour la symétrie orthogonale, il y a juste A est sur la droite et... C est le symétrique de B quoi.

Les stagiaires semblent ignorer les difficultés des élèves de collège concernant la symétrie axiale et concernant aussi l'axe de symétrie des figures. En effet, elles raisonnent comme si le tracé d'un triangle isocèle dont l'axe est donné était évident pour l'élève, et de ce fait la tâche ne contribue pas à un apprentissage.

Cette ignorance des difficultés des élèves est certainement liée au fait que les stagiaires n'ont pas de référence lié à l'enseignement/apprentissage de la symétrie axiale au collège.

En effet, on peut penser que :

- les stagiaires n'ont pas de référence dans leur vécu, car cela fait partie d'un vécu très loin dans le temps ; donc elles ne se souviennent pas de leurs propres difficultés en tant qu'élève.
- les stagiaires n'ont pas de référence dans l'IUFM, puisqu'elles n'ont pas reçu de formation portant sur le savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale.
- les stagiaires n'ont pas de référence dans leurs stages, puisqu'elles font leurs stages au lycée en classe de seconde.
- Notre expérimentation ne nous permet pas de préciser si les stagiaires ont une référence dans la documentation qu'elles ont réalisée mais on peut penser, par le fait qu'elles n'évoquent jamais les documentations, qu'elles n'ont pas de référence non plus liée à la documentation concernant l'enseignement de la symétrie axiale au collège.

### *Le binôme « Gilles & Ezéchiel »*

Dans le binôme « Gilles & Ezéchiel », ils n'arrivent pas à se mettre d'accord sur le fait de proposer l'activité à leurs élèves ou non.

En effet, Gilles insiste sur le fait qu'elle proposerait l'activité à ses élèves, mais elle n'arrive pas à expliquer pourquoi.

Alors qu'Ezéchiel affirme qu'il ne la proposerait pas, en donnant comme raison essentielle le fait que cette activité soit très difficile pour les élèves de collège. De plus, Ezéchiel mène une réflexion sur la direction de l'axe de symétrie de la figure en papier-crayon au niveau du savoir  $S_{d-m}$ .

**Ezéchiel** : ... Parce que là, la droite, elle est quand même bien verticale, alors que ce qui pourrait être bien c'est être penchée quoi !

En effet, Ezéchiel n'évoque ni raison ni référence pour lesquelles il pense que la direction de la droite est importante.

Nous pouvons penser alors que cela fait partie des connaissances en acte du stagiaire.

***Les binômes « Esther & Céline » et « Nathan & Mathilde »***

Les stagiaires affirment qu'ils proposeraient l'activité papier-crayon à leurs élèves mais ils n'expliquent pourquoi ils pensent que l'activité est proposable.

En effet, les stagiaires se contentent de lire l'énoncé de l'activité et de juger cette activité (peut-être) intuitivement comme proposable. Aucune analyse n'est alors effectuée par les stagiaires concernant l'activité papier-crayon.

Nous synthétisons dans le tableau suivant les éléments de notre analyse sur les connaissances au niveau du savoir  $S_{d-m}$  en acte, chez les stagiaires que nous avons pu repérer, dans leurs réponses concernant la tâche dans l'environnement papier-crayon.

Expérimentation 1 – Partie III – Activité papier-crayon			Confrontation des résultats de l'analyse des réponses des stagiaires avec l'analyse a priori				
Propositions Possibles pour l'analyse didactique de l'activité en papier-crayon			Propositions Attendues par les Stagiaires Analyse A priori	Propositions des stagiaires Analyse A-Posteriori			
				Valentine & Amélie	Esther & Céline	Gilles & Ezéchiel	Mathilde & Nathan
Activité en papier-crayon	Proposable	Oui	X		X	X	X
		Non	X	X		X	
	Raisons (non) proposabilité	Compatibilité avec les programmes	X				
		Non-préférence des tâches de construction	X				
		Tâche de construction trop difficile	X			X	
		Autre (non prévu)		Ne permet pas un apprentissage sur la symétrie axiale.			
Analyse didactique en papier-crayon (S <sub>d-m</sub> )	Procédures erronées	Rappel Horizontal					
	Connaissances de l'élève	Triangle isocèle	X	X	X		
		Axe de symétrie (Pliage)					
		Axe de symétrie (Orthogonalité + équidistance)	X				

		Autre (non prévu)					
Variables		Direction de l'axe				X	
		L'angle du sommet principal					
		Autre (non prévu)					
Objectif didactique		Usage de la symétrie axiale pour la construction des figures qui possèdent un axe de symétrie	X				
		Lien entre médiatrice et axe de symétrie dans un triangle isocèle					
		Autre (non prévu)					
Références données		Vécu					
		IUFM					
		Documentation	X				
		Stages	X				
		Autre (non prévu)					

Comme l'indique le tableau précédent, concernant la question « activité proposable ou non aux élèves dans l'environnement papier-crayon ? », 2 binômes (Céline & Esther et Mathilde & Nathan) affirment qu'ils proposeraient l'activité ; 1 binôme (Amélie & Valentine) juge l'activité non proposable et 1 binôme (Gilles & Ezéchiél) n'arrivent pas à trouver un accord.

En effet, les stagiaires qui affirment qu'ils proposeraient l'activité à leurs élèves ne mènent aucune réflexion ce pourquoi ils proposeraient cette activité dans leur classe. Ainsi, l'on peut penser que les décisions des stagiaires concernant les activités à proposer dans leurs classes se prennent presque intuitivement, sans qu'ils cherchent un argument sur les raisons de proposer l'activité aux élèves.

En ce qui concerne le rejet de l'activité, dans un binôme les stagiaires affirment qu'ils ne proposeraient pas l'activité à leurs élèves car ils la jugent inapte à favoriser l'apprentissage sur la symétrie axiale. En effet, nous avons constaté pour ce binôme qu'un apprentissage portant sur la symétrie axiale concerne forcément le tracé de figures symétriques par rapport à un axe donné. Cette conception sur l'apprentissage de la symétrie axiale, chez les stagiaires peut d'une part, venir du fait qu'une transformation est en général traitée et introduite à travers une figure objet et une figure image et d'autre part, d'une méconnaissance chez les stagiaires des programmes de collège.

En outre, nous avons constaté que les stagiaires n'effectuaient pas d'analyse au niveau du savoir didactique sur les objectifs de l'activité, ni sur les procédés erronés d'élèves, ni sur les variables.

En effet, dans notre analyse a priori, nous avons prévu ce manque d'analyse chez les stagiaires, qui n'ont en effet pas reçu de formation sur le savoir didactique.

En revanche, nous nous attendions quand même, avec optimisme, à ce que les stagiaires essayent au moins de citer quelques mots sur les objectifs didactiques de l'activité puisque pour décider de proposer une activité dans la classe, l'apparition d'une réflexion sur les objectifs didactiques nous semblait probable du fait qu'il s'agit de futurs enseignants à l'IUFM ; même s'ils sont en début de formation, ils sont quand même dans le contexte de l'enseignement de notions mathématiques, à travers des situations qui ont forcément un objectif didactique.

Or, nous avons constaté par notre analyse a posteriori que les stagiaires ne cherchaient à mener aucune réflexion sur les objectifs didactiques de l'activité qu'ils proposeraient dans leur classe.

Nous pouvons voir alors que dans le cadre d'une formation à l'IUFM, il est nécessaire de traiter les objets didactiques qui paraissent les plus évidents à mettre en œuvre par un enseignant et qui, pourtant, sont essentiels pour l'enseignement et l'apprentissage (comme les objectifs didactiques d'une situation proposée dans la classe), puisque sans une formation, les stagiaires ne cherchent pas eux-mêmes à repérer les objectifs didactiques d'une situation.



### III.2. Analyse des réponses des stagiaires concernant l'adaptation de la tâche dans Cabri

Nous analysons ci-dessous les réponses de chaque binôme de stagiaires concernant la question :

« Proposez une activité de ce type dans l'environnement Cabri

En quoi cette activité dans Cabri est-elle intéressante pour l'apprentissage de symétrie orthogonale ? »

Il s'agit essentiellement de repérer dans quelle mesure les stagiaires prennent en compte les spécificités de l'environnement Cabri dans leurs propositions d'adaptation de l'activité papier-crayon à l'environnement Cabri. Mais également de repérer l'impact des séances de formation « Initiation Cabri » sur l'adaptation d'une situation papier-crayon à l'environnement Cabri, et sur l'analyse de cette situation au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

#### *Le binôme « Valentine & Amélie »*

Nous constatons que les stagiaires essayent d'abord de faire la construction, dans Cabri, de l'activité en papier-crayon telle qu'elle est, sans effectuer aucun changement.

Lors de la construction dans Cabri, en utilisant l'outil « Report de mesurer pour fixer la contrainte de 5cm, une possibilité de l'usage du déplacement au niveau du savoir  $S_{d-i}$  s'offre à elles, mais elles ne la remarquent pas.

**Valentine** : Alors, fais Report de mesure pour voir parce que j'ai jamais vu.

**Amélie** : Alors... ce point...

**Valentine** : oui...

**Amélie** : ce nombre... alors ?... ah ! Et puis je place mon point où je veux

**Valentine** : D'accord ! Eh ben, sur la droite.

**Amélie** : tu veux le mettre sur la droite ?

**Valentine** : Ben, il faut.

**Amélie** : Euh... ben, de toute façon on peut le déplacer ; il va rester à 5 cm vu qu'il est défini comme ça. Pourquoi il...

**Valentine** : parce que d, il est axe de symétrie... et... ABC est isocèle en A.

**Amélie** : oui mais A, il est pas... Ah oui ! Pardon. Alors... nommer... mais non !

Les stagiaires passent à côté de la possibilité de l'usage du déplacement au niveau du savoir  $S_{d-i}$  pour traiter le fait qu'un triangle de 5 cm de côté ne devient isocèle que quand le sommet principal est sur l'axe de symétrie.

Ceci est peut être dû au fait que les stagiaires veulent absolument effectuer la construction proposée dans l'activité papier-crayon, sans penser au changement que provoque l'environnement Cabri.

En outre, bien que les stagiaires aient effectué la construction, dans Cabri, de l'activité papier-crayon, elles raisonnent sur la figure statique pour l'adaptation et l'analyse de la situation dans l'environnement Cabri.

Les stagiaires ne proposent en effet l'usage d'aucune spécificité de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$  concernant leur proposition d'adaptation de l'activité papier-crayon dans Cabri.

En effet, dans leur réflexion, Valentine et Amélie donnent comme référence la partie 2.c de notre expérimentation, où elles avaient effectué la construction de l'image d'un triangle par rapport à un axe donné avec des menus modifiés de Cabri.

Elles proposent alors de faire faire aux élèves la construction de l'activité papier-crayon dans l'environnement Cabri, sans aucun changement dans l'activité, mais de proposer l'activité aux élèves en deux temps : dans un premier temps avec le menu original de Cabri, et dans un deuxième temps en enlevant l'outil « Symétrie axiale ».

En revanche, les stagiaires n'effectuent aucune analyse concernant les apports de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , malgré la question « En quoi cette activité dans Cabri est-elle intéressante pour l'apprentissage de symétrie orthogonale ? » qui leur est posée.

Nous considérons, alors, que la proposition d'adaptation des stagiaires fait partie de la catégorie 1 (Proposer l'activité dans Cabri telle qu'elle est dans l'environnement papier-crayon) parmi les trois catégories définies dans notre analyse a priori.

Car d'une part, les stagiaires transfèrent l'activité papier-crayon à l'environnement Cabri sans aucun changement effectué et d'autre part, elles ne se questionnent pas sur les apports, au niveau du savoir didactique, du fait de proposer la même activité papier-crayon dans Cabri.

De plus, comme nous ne constatons aucune justification (didactique, pédagogique, esthétique ou quelconque) de l'usage de l'environnement Cabri pour l'activité que les stagiaires ont proposée, on peut d'une part, penser qu'elles ne cherchaient pas de justification (interne) pour l'usage de Cabri concernant l'activité qu'elles ont proposée mais qu'elles cherchaient à fournir une réponse à la question « Proposez une activité de ce type dans l'environnement Cabri ? » de notre expérimentation sans qu'elles se questionnent sur la mise en œuvre, auprès des élèves, de l'activité Cabri qu'elles ont proposée ; mais, d'autre part, on peut également penser que les stagiaires n'ont pas vraiment pris conscience de l'importance et de l'utilité, pour l'enseignant, d'effectuer une analyse au niveau du savoir  $S_{d-i}$  d'une situation dans Cabri qu'elles pensent utiliser dans leurs classes en la proposant à leurs élèves.

### *Le binôme « Esther & Céline »*

Comme tous les stagiaires, Esther et Céline construisent d'abord l'activité dans Cabri, telle qu'elle est dans l'environnement papier-crayon.

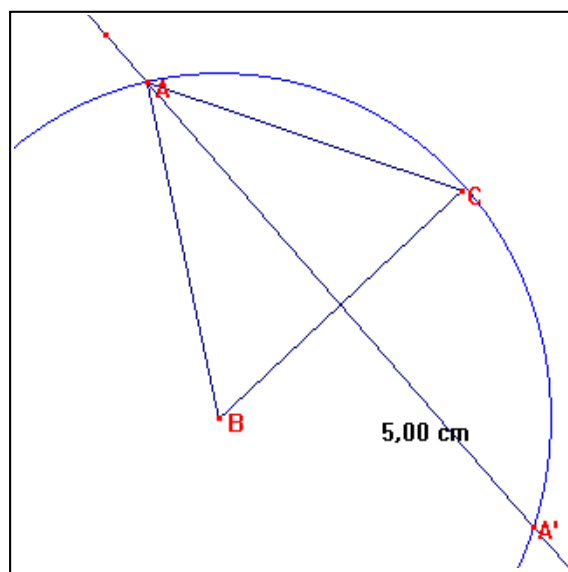
Concernant la proposition d'adaptation de la tâche dans l'environnement Cabri, les stagiaires proposent, dans Cabri, l'activité papier-crayon telle qu'elle est sans aucun changement.

En effet, dans leur proposition d'activité, les stagiaires veulent conserver la contrainte de 5 cm du côté AB du triangle ; mais elles n'arrivent pas à utiliser l'outil « Report de mesure ». Elles construisent alors un cercle et ajustent son rayon de façon à ce qu'il soit de 5 cm à travers l'affichage fourni par l'outil « Distance ou longueur ». Elles ajoutent que A doit normalement rester fixe, dans l'activité qu'elles proposeraient.

En revanche, malgré le fait que les stagiaires prennent la même activité papier-crayon et la transfèrent dans Cabri sans effectuer aucun changement, nous constatons qu'elles cherchent à identifier l'apport de l'usage de la spécificité « Déplacement » de Cabri pour l'activité.

Comme les stagiaires proposent dans Cabri exactement la même activité papier-crayon et qu'elles veulent que le point A soit non déplaçable, le seul point déplaçable de leur construction est le point B.

Elles proposent alors de déplacer le point B pour constater que quelle que soit la position du point B, le triangle ABC reste isocèle. De plus, elles proposent de faire constater à l'élève, à travers le déplacement, que le point B et son symétrique sont toujours à la même distance de l'axe (Déplacement 3).



Par ce qui précède, nous considérons que la proposition d'adaptation des stagiaires appartient à un premier niveau de la catégorie 2 (Proposer l'activité papier-crayon dans l'environnement Cabri en faisant une analyse des spécificités qui ont un apport concernant la tâche) parmi les trois catégories définies dans notre analyse a priori.

En effet, les stagiaires restent d'une part, restreintes par l'activité papier-crayon (et ainsi, par le fait que le point A soit non déplaçable) ; et d'autre part, elles n'explorent pas toutes les possibilités de déplacement qui peuvent être effectuées.

Elles pensent en effet à faire déplacer à l'élève, uniquement le point B mais, elles-mêmes, elles ne déplacent jamais la droite (d) qui est également l'un des éléments déplaçables de la figure.

Le fait que les stagiaires ne déplacent jamais la droite (d) peut avoir deux explications :

- soit elles voulaient que la droite (d) soit non-déplaçable, mais elles ne savaient pas que l'on pouvait la punaiser dans Cabri (donc elles ont fait comme si elle était punaisée).
- soit elles n'ont pas pensé à la possibilité du déplacement de la droite (d). On peut dire, dans ce cas-là, qu'elles n'ont donc pas mené de réflexion au niveau du savoir  $S_{d-i}$  par rapport aux possibilités de déplacement que l'élève peut effectuer avec Cabri, ou peut être pensaient-elles indiquer dans la consigne de déplacer uniquement le point B (peu probable).

### ***Le binôme « Gilles & Ezéchiél »***

Comme tous les binômes, Gilles et Ezéchiél construisent d'abord l'activité dans Cabri telle qu'elle est dans l'environnement papier-crayon.

En revanche, les stagiaires expriment plusieurs fois, dans la partie III de notre expérimentation, qu'ils refusent d'utiliser l'outil « Symétrie axiale » pour faire faire la construction de la figure à leurs élèves.

***Ezéchiél*** : Donc on rappelle qu'on refuse d'utiliser l'outil Symétrie.  
***Gilles*** : Oui on n'aime pas ça.

En effet, les stagiaires proposent d'enlever l'outil « Symétrie axiale » en faisant référence à la partie 2.c de notre expérimentation. La raison donnée par les stagiaires pour l'enlèvement de l'outil « Symétrie Axiale du menu de Cabri est : sans l'outil « Symétrie axiale », les élèves vont mieux comprendre la symétrie axiale en étant forcés d'utiliser la perpendicularité et l'équidistance.

On peut alors penser que l'outil « Symétrie Axiale » est considéré par les stagiaires comme un outil « magique », qui donne directement la solution.

Nos analyses nous montrent alors que l'outil « Symétrie axiale » est un outil de trop, non souhaité par les stagiaires concernant l'enseignement de la symétrie axiale au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . Les stagiaires ne peuvent en effet voir aucune utilité à cet outil.

Concernant la proposition d'adaptation de la tâche dans l'environnement Cabri, les stagiaires proposent, dans Cabri, l'activité papier-crayon telle qu'elle est, sans aucun changement.

Par contre, les stagiaires explorent toutes les possibilités de déplacement qu'ils pensent faire construire à l'élève.

En effet, Ezéchiél fait référence aux séances de formation « Initiation Cabri », pour expliquer pourquoi il cherche à déplacer tous les objets qui sont déplaçables.

***Ezéchiél*** : Quelque part on respecte le contrat Cabri. Enfin, en initiation, c'est ce qu'on nous a dit hein. On doit tout pouvoir bouger en même temps et... tout ce qu'on veut... et tout ce qui est dépendant doit bouger en même temps et respecter les mêmes... euh...

Nous constatons alors l'influence des séances d'Initiation Cabri sur les stagiaires qui, étant conscients du contrat de résistance au déplacement dans Cabri, ressentent le besoin de

déplacer pour valider leur construction, et aussi le besoin de proposer une activité qui respecte bien le contrat de résistance au déplacement.

Donc, nous considérons que la proposition d'adaptation des stagiaires appartient à la catégorie 2 (Proposer l'activité papier-crayon dans l'environnement Cabri en faisant une analyse des spécificités qui ont un apport concernant la tâche) parmi les trois catégories que nous avons définies dans notre analyse a priori.

En effet, les stagiaires proposent de transférer dans Cabri la même activité papier-crayon sans effectuer aucun changement dans l'activité. En revanche, ils cherchent à identifier l'apport de la spécificité « Déplacement » pour l'activité dans Cabri. Ils explorent toutes les possibilités de déplacement que l'on peut effectuer en menant, à chaque fois, une réflexion sur les apports de Cabri.

Les apports de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$  sont ainsi exprimés par les stagiaires :

- Cabri permet de mettre en évidence les propriétés données à une figure dans sa construction (Construction/Dépendance 3).

**Ezéchiél** : Ben moi, ce que je trouve déjà intéressant c'est que euh... ben, le fait qu'on puisse bouger. Ça permet de voir que les propriétés euh... parce que là, on aurait une droite toujours droite... enfin verticale... et là, au moins on peut voir que le symétrique eh ben... euh... c'est perpendiculaire.

Les stagiaires expriment alors l'apport de Cabri par le fait que l'orthogonalité de la droite qui joint un point et son symétrique soit conservée – et donc visualisée par l'élève – lors du déplacement ; contrairement à un dessin papier-crayon avec un axe vertical. On peut, en effet, interpréter cette réflexion des stagiaires comme une réflexion sur la visualisation par l'élève des propriétés géométriques dans Cabri, contrairement à l'environnement papier-crayon où l'élève peut visualiser des propriétés spatiales.

- Cabri permet d'invalider les constructions effectuées au jugé sans l'usage des propriétés géométriques (Déplacement 1).

**Ezéchiél** : Ben je pense que l'avantage de Cabri, c'est de pouvoir déplacer la droite  $d$  pour voir si le triangle, il respecte encore les propriétés.

Les stagiaires expriment alors l'apport de Cabri par le fait que les élèves sont amenés à utiliser les propriétés géométriques dans Cabri, pour que leur construction résiste au déplacement.

De plus, nos analyses nous ont montré que les stagiaires ont des connaissances en acte au niveau du savoir  $S_{d-m}$ , concernant les procédures erronées de construction de symétrique des élèves et concernant les variables des tâches de construction de symétrique de figures.

**Ezéchiël** : Et en plus si tu le fais comme ça avec Cabri, ça risque de leur faire faire des erreurs qu'ils ne feraient pas si ça a été penché.

**Gilles** : ouais...

**Ezéchiël** : Et après justement, toi, tu arrives et tu bouges ta droite en plein dans la séance et là « Oh ! il y a plus rien qui bouge ! » ... « Oh ben ! le point C, il est un peu bizarre ! »

En effet, les stagiaires considèrent que le fait que l'axe soit vertical peut favoriser chez les élèves l'apparition des constructions au jugé, sans qu'ils puissent aller plus loin dans leur réflexion au niveau du savoir  $S_{d-m}$ .

L'apport de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-1}$  est alors exprimé par les stagiaires comme permettant d'invalider les constructions au jugé des élèves.

### *Le binôme « Nathan & Mathilde »*

Comme tous les binômes, Nathan et Mathilde construisent d'abord l'activité dans Cabri, telle qu'elle est dans l'environnement papier-crayon.

Concernant la proposition d'adaptation de la tâche dans l'environnement Cabri, les stagiaires proposent d'abord de transférer la même activité papier-crayon dans Cabri, mais en utilisant l'outil « Symétrie axiale » pour la construction du symétrique du point B.

En revanche, les stagiaires se questionnent ensuite sur l'apport de Cabri sur l'apprentissage de la notion d'orthogonalité concernant l'activité qu'ils ont transférée dans Cabri.

**Nathan** : Mais est-ce que c'est bien quand même ?

Est-ce que grâce à ça ils vont mieux comprendre la... euh... le côté orthogonal ?

**Mathilde** : Euh... bonne question !...

**Nathan** : Quel est l'avantage de Cabri là ?

Les stagiaires décident d'enlever l'outil « Symétrie axiale » du menu de Cabri. La raison donnée pour l'enlèvement de l'outil « Symétrie axiale » du menu de Cabri ressemble à la raison exprimée par le binôme « Gilles & Ezéchiël ».

**Nathan** : Par contre, si les élèves, ils savent pas ce que c'est une symétrie orthogonale et tu veux leur faire tracer... euh... comment... euh... pas appliquer mais tu veux les... euh... leur faire dessiner la symétrie orthogonale de cette figure ; je trouve que ça leur donne un peu tout de suite la figure faite quoi. C'est comme si on disait vas-y t'as un bouton qui trace la symétrie orthogonale de cette figure-là. Et hop, ça la trace tout de suite. Parce que... ils ont... ou alors, il faudra enlever peut-être ; ce qui serait intéressant, c'est justement là... il faudrait enlever le truc symétrie là. Parce que là, ils sont obligés de voir qu'il faut tracer la perpendiculaire... ils la tracent pas mais ils savent que c'est perpendiculaire. Mais je trouve que le bouton symétrie, peut être que des fois, il est de trop.

En effet, comme le binôme « Gilles & Ezéchiël », Nathan et Mathilde voient également l'outil « Symétrie axiale » comme un bouton magique qui fournit directement le symétrique d'un objet. Les stagiaires explicitent de plus que cet outil est « de trop ».

En outre, les stagiaires jugent Cabri comme moins approprié par rapport à l'environnement papier-crayon pour l'apprentissage de la symétrie axiale. En effet, les stagiaires voient comme un désavantage le fait que la fenêtre de Cabri soit une feuille blanche sans les carreaux ni les lignes.

**Nathan** : Je ne suis pas sûr que là ça les aide plus que sur le cahier quoi. D'ailleurs, et même, sur le cahier, au moins t'as des lignes. C'est-à-dire tu vois vraiment que là, il y a un angle droit.  
Alors si tu demandes la symétrie orthogonale, bon ben, il va faire un truc comme ça mais...  
... Parce que finalement t'as pas les lignes, tu vois ?

Nos analyses nous permettent alors de repérer l'influence du manque de connaissances au niveau du savoir  $S_{d-m}$  chez les stagiaires, qui avancent que les lignes dans l'environnement papier-crayon permettent de mieux visualiser l'orthogonalité.

Ceci est probablement dû au fait que les stagiaires ne connaissent pas les procédures de type « rappel horizontal » et « rappel vertical » au niveau du savoir  $S_{d-m}$  ; et de plus, au fait qu'ils raisonnent sur un axe vertical.

Finalement, les stagiaires concluent que Cabri est non utilisable pour l'apprentissage de la symétrie axiale, à cause de la non existence des lignes et de la règle dans l'environnement Cabri.

**Nathan** : Mais si c'est pour leur faire découvrir la symétrie orthogonale grâce à Cabri, si c'est la première séance, peut-être que ça peut être un peu faussé Cabri. euh... Est-ce qu'on perd pas le côté un peu perpendiculaire avec la règle, les lignes etc. Mais... euh... donc pour faire apprendre la symétrie orthogonale ... euh... Cabri... euh... non...

Nous pouvons penser qu'un manque de connaissances au niveau du savoir  $S_{d-m}$  chez Mathilde et Nathan concernant le quadrillage de l'environnement papier-crayon, implique leur rejet de Cabri pour l'enseignement de toute une notion mathématique dans l'environnement Cabri qui n'a pas le support quadrillé de l'environnement papier-crayon.

Nous synthétisons dans le tableau suivant la confrontation des résultats de l'analyse des réponses des stagiaires pour la Partie III de l'Expérimentation 1, avec l'analyse a priori par rapport à l'apparition des spécificités de Cabri, ainsi que la place de ces spécificités dans les séances de formations « Initiation Cabri ».

## Apparition des spécificités de Cabri

<b>Apparition des spécificités de Cabri</b>																
<b><u>Expé 1</u></b>			<b><u>Initiation Cabri</u></b>				<b><u>Expé 1</u></b>									
<b><u>A priori</u></b>			<b><u>Discours du formateur</u></b>		<b><u>Document écrit de travail</u></b>		<b><u>A posteriori</u></b>									
<b>Partie 3</b>	<b>S<sub>i</sub></b>		<b>S<sub>d-i</sub></b>		<b>S<sub>i</sub></b>		<b>S<sub>i</sub></b>		Valentine & Amélie		Esther & Céline		Gilles & Ezéchiél		Mathilde & Nathan	
	<b>S<sub>i</sub></b>	<b>S<sub>d-i</sub></b>	<b>S<sub>i</sub></b>	<b>S<sub>d-i</sub></b>	Explicite	Implicite	<b>S<sub>i</sub></b>	<b>S<sub>d-i</sub></b>	<b>S<sub>i</sub></b>	<b>S<sub>d-i</sub></b>	<b>S<sub>i</sub></b>	<b>S<sub>d-i</sub></b>	<b>S<sub>i</sub></b>	<b>S<sub>d-i</sub></b>	<b>S<sub>i</sub></b>	<b>S<sub>d-i</sub></b>
Déplacement	Déplace.1 Déplace.2 Déplace.3	Déplace.1 Déplace.2 Déplace.3	Déplace.1 Déplace.2 Déplace.3	Déplace.1 Déplace.2 Déplace.3	X	Déplace.1 Déplace.3			<b>Déplace.1</b>		<b>Déplace.1</b>	<b>Déplace.1</b>				
Construction Dépendance entre les objets	Cons/Dép1 Cons/Dép2 Cons/Dép3	Cons/Dép 1 Cons/Dép 2 Cons/Dép 3	Cons/Dép1 Cons/Dép3	Cons/Dép1 Cons/Dép3	Cons/Dép2	Cons/Dép 1 Cons/Dép 2 Cons/Dép 3	<b>Cons/Dép3</b>		<b>Cons/Dép3</b>	<b>Cons/Dép3</b>	<b>Cons/Dép3</b>	<b>Cons/Dép 3</b>	<b>Cons/Dép 3</b>	<b>Cons/Dép 3</b>		
Symétrie axiale	X	X	X				X							X		
Distance/ Longueur	X	X	X			X			X							
Trace	X	X	X	X	X											
Config. des outils			X	X					X				X			X

**Déplacement 1 :** Déplacer pour valider ou invalider

**Déplacement 2 :** Déplacer pour conjecturer

**Déplacement 3 :** Déplacer pour constater

**Constr/Dépend 1 :** Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement

**Constr/Dépend 2 :** Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci

**Constr/Dépend 3 :** Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction



Comme le tableau le montre, pour la partie III de l'expérimentation, l'usage du « Déplacement » dans Cabri se révèle très faible chez les stagiaires, tant au niveau du savoir  $S_i$  qu'au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

En effet, l'usage du déplacement pour valider/invalidier la construction effectuée par l'élève au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , est cité par un seul binôme.

De plus, le déplacement dans Cabri au niveau du savoir  $S_i$  concernant les constructions propres des stagiaires, n'est utilisé que par deux binômes qui déplacent les objets pour la validation de leurs constructions dans Cabri.

Les deux autres binômes en effet n'effectuent pas de déplacement dans Cabri ni au niveau du savoir  $S_i$ , ni ils proposent l'usage du déplacement au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . Les stagiaires essaient alors d'adapter une situation papier-crayon à l'environnement Cabri sans prendre en compte l'usage de la spécificité « Déplacement » de Cabri, qui est quand même la plus importante spécificités d'un environnement de géométrie dynamique.

En outre, concernant la spécificité « Construction/Dépendance entre les objets » de Cabri, nous constatons une forte apparition de Constr/Dépend 3 (Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction). En effet, cette spécificité de Cabri est la plus proche de l'environnement papier-crayon, par rapport à l'usage des propriétés géométriques dans une construction géométrique.

Une autre spécificité qui apparaît fortement dans les réponses des stagiaires uniquement au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , est la « Configuration des outils ». Les stagiaires proposent d'enlever l'outil « Symétrie axiale » des menus de Cabri. En effet, pour cette proposition les stagiaires font référence à la partie 2.c de l'expérimentation 1, où ils avaient travaillé avec un menu sans l'outil « Symétrie axiale ». Ainsi, sachant qu'il y a la possibilité dans Cabri, d'enlever un outil des menus de Cabri, ils arrivent à mener une réflexion au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , mais ils ne mettent pas en œuvre cette proposition au niveau du savoir  $S_i$  en enlevant l'outil des menus, probablement parce qu'ils ne savent pas comment le faire, par manque de connaissances au niveau du savoir  $S_i$ .

## IV. Conclusion de l'analyse des résultats de l'expérimentation 1

Notre première expérimentation portait essentiellement sur les savoir  $S_m$  et  $S_i$ ; et nous cherchions également des éléments relevant des savoir  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$  chez les stagiaires avant qu'ils reçoivent une formation sur ces deux types de savoirs.

L'analyse des résultats de l'expérimentation 1 nous a montré qu'au niveau du savoir  $S_m$ , pour la reconnaissance des axes de symétrie d'une figure et pour le tracé de figures symétriques à main levée, les stagiaires étaient toujours influencés par la perception, malgré leur niveau très avancé concernant le savoir  $S_m$ .

En effet, nos analyses nous ont montré que les variables dégagées par Grenier pour les élèves concernant les tâches de reconnaissance et de tracé de figures symétriques sont également valables pour les PLC2, quand ils procèdent par une approche globale.

Au niveau du savoir  $S_i$ , nos analyses nous montrent qu'à l'issue des séances de formation « Initiation Cabri », la spécificité « Déplacement » de Cabri est très peu utilisée par les stagiaires et ce, surtout pour le déplacement pour valider / invalider une construction dans Cabri.

En effet, nous pensons que ce non usage du déplacement dans Cabri est lié au fait que les situations sur lesquelles les stagiaires ont travaillé pendant les séances de formation « Initiation Cabri », n'étaient pas de vraies situations problèmes pour les stagiaires, par rapport à leurs connaissances très avancées au niveau du savoir  $S_m$ . Les stagiaires n'ont alors pas ressenti le besoin de l'usage du déplacement pour la validation d'une construction dans Cabri.

Il nous paraît donc important, dans une formation d'initiation à Cabri (qui est quand même le seul module obligatoire portant sur l'intégration des TICE), d'insérer des tâches de construction qui induiront les stagiaires en erreur et qui aboutiront donc à une figure non résistante au déplacement, pour que les stagiaires ressentent une justification interne concernant le contrat de résistance au déplacement et concernant le déplacement pour valider une construction dans Cabri.

En effet, l'expérimentation 1 nous a montré que ce contrat de résistance au déplacement ne s'établit pas, chez les stagiaires, à l'issue d'une initiation à Cabri à travers le discours magistral du formateur, ni à travers de « pseudo situations problèmes » proposées aux stagiaires.

Un autre point important qui ressort de l'analyse des résultats de l'expérimentation 1 concerne le choix, au niveau du savoir  $S_{d-m}$ , par les stagiaires, d'une situation à proposer aux élèves dans l'environnement papier-crayon.

En effet, nous avons constaté que la plupart des stagiaires choisissaient intuitivement une situation qu'ils traiteront dans la classe, sans qu'ils donnent de raison sur le choix de la situation.

Nous pouvons dire par l'analyse des résultats de l'expérimentation 1, qu'une formation au niveau du savoir  $S_{d-m}$  portant sur l'analyse d'une situation didactique par rapport aux choix et aux objectifs didactiques, est nécessaire pour les stagiaires, très tôt dans l'année scolaire de formation, afin qu'ils puissent bénéficier au mieux d'autres modules de formations portant sur le savoir  $S_{d-i}$  sur l'intégration des TICE.

En ce qui concerne le niveau du savoir  $S_{d-i}$ , pour une tâche d'adaptation d'une situation papier-crayon à l'environnement Cabri, nous avons constaté que tous les stagiaires proposaient la même situation papier-crayon construite dans Cabri comme proposition d'adaptation.

La plupart des stagiaires en effet ne se posent pas la question, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , de l'apport de Cabri par rapport à la même activité proposée dans l'environnement papier-crayon.

En effet, comme c'est le cas pour le niveau du savoir  $S_i$ , les stagiaires ne cherchent pas non plus à proposer l'usage du déplacement au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , concernant leurs propositions de situations didactiques dans Cabri. Un seul binôme cite, en effet, l'usage du déplacement au niveau du savoir  $S_{d-i}$  pour l'invalidation du tracé erroné de l'élève. Les autres binômes essaient d'adapter une situation papier-crayon à l'environnement Cabri, sans prendre en compte la spécificité la plus importante d'un environnement de géométrie dynamique, qui est le déplacement.

Nous pouvons alors dire qu'à l'issue des séances de formation « Initiation Cabri », les stagiaires ne sont pas capables de prendre en compte les spécificités de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , pour une tâche d'adaptation de situation papier-crayon à l'environnement Cabri, ni qu'ils se posent la question de l'apport de Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon pour leur proposition de situation d'adaptation dans Cabri.



## CHAPITRE C6

### ANALYSE DES RESULTATS L'EXPERIMENTATION 2

#### I. Analyse de la Partie I de l'expérimentation 2

La partie I de l'expérimentation 2 concerne le savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie orthogonale. L'objectif de la partie I de l'expérimentation 2 était de repérer si l'état des connaissances des stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale avant qu'ils reçoivent une formation en didactique. Nous avons demandé aux PLC2 de préparer une évaluation sur la symétrie orthogonale pour des élèves de début cinquième, en leur fournissant un extrait des programmes de sixième avec les compétences et les commentaires.

##### PARTIE 1 : Niveau début 5ème

Imaginez que vous avez une classe de 5eme avec laquelle vous allez aborder la symétrie orthogonale. Mais avant vous voulez évaluer les connaissances des élèves acquises en classe de 6eme (voir l'extrait des programmes de 6eme).

Proposez une activité sur papier-crayon dans le but de repérer le niveau de vos élèves ainsi que leurs difficultés les plus fréquentes sur la symétrie orthogonale.

Nous analysons ci-dessous les propositions de chaque binôme de stagiaires, où il s'agit essentiellement de repérer des connaissances au niveau du savoir  $S_{d-m}$  en actes chez les stagiaires

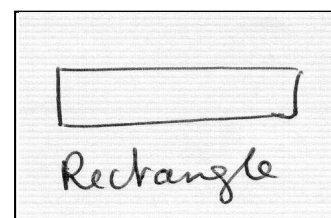
##### *Le binôme « Amélie & Valentine »*

Les stagiaires proposent une première activité où elles demandent de tracer les axes de symétrie des figures.

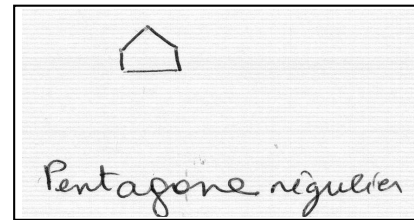
Elles proposent deux figures dont l'une est un rectangle, et l'autre un pentagone régulier.

Le choix, par les stagiaires, des figures dont il s'agit de trouver l'axe de symétrie se fait uniquement par le fait que les figures proposées soient connues ou non des élèves.

Les stagiaires proposent d'abord le rectangle car d'après elles, puisque c'est une figure connue des élèves il est facile de trouver l'axe de symétrie.



Le binôme propose ensuite un pentagone régulier et explicite qu'il sera difficile pour les élèves de trouver l'axe de symétrie du pentagone pour l'unique raison que le pentagone est une figure non connue des élèves.



Nous constatons alors au niveau du savoir  $S_{d-m}$ , qu'aucun variable lié au tracé de l'axe de symétrie d'une figure n'est pris en compte par les stagiaires.

En effet pour les deux figures que les stagiaires proposent :

- les figures sont telles que la position des éléments de la figure est sur la verticale ou sur l'horizontale
- l'orientation des axes de symétrie à trouver est sur l'horizontale ou sur la verticale
- le nombre d'axes de symétrie à trouver n'est pas du tout pris en compte par les stagiaires.

Le binôme propose une autre activité de construction de symétriques de figures.

Desiner les symétriques de objets suivants par rapport à la droite d

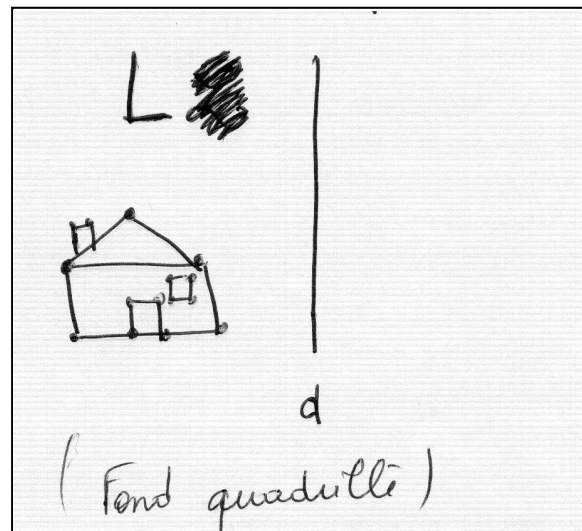
Dans cette proposition d'activité, les stagiaires tracent tout de suite un axe vertical sans se questionner sur les possibilités de l'orientation de l'axe de symétrie.

Concernant les figures proposées par les stagiaires, nous constatons qu'elles ne mènent pas de réflexion sur la position de la figure dans la feuille.

En effet, la première figure proposée par les stagiaires est la lettre «L» avec des segments verticale et horizontale.

La deuxième figure proposée par le binôme est une maison.

Par l'analyse de cette figure, nous constatons que les stagiaires prennent en compte la propriété de « retournement » de la symétrie axiale du fait qu'elles ajoutent des éléments (cheminée et fenêtre) à la figure, qui font que la figure n'admet pas d'axe de symétrie. Par contre, la position de la figure dans la feuille n'est pas prise en compte.



Les stagiaires proposent, de plus, que la figure soit sur du papier quadrillé. En effet, la justification par les stagiaires de l'usage du papier quadrillé est d'une part, pour faciliter la tâche de l'élève et d'autre part, pour la précision des longueurs des segments de la configuration.

En outre, Valentine propose d'ajouter dans la configuration les points qui relient les segments. En effet, malgré le fait que l'ajout de ces points favorise une approche ponctuelle de la figure, la stagiaire n'explique rien au niveau du savoir  $S_{d-m}$ . Le fait qu'elle mette les points sommets en gros est justifié par la stagiaire uniquement par le fait que les points se voient mieux sur papier quadrillé.

**Valentine** : Alors, les points je les fais en plus gros... ça voit sur des carreaux.

En outre, nous constatons encore une fois que le choix de la figure à proposer repose sur le fait que les figures soient habituelles / connues ou non des élèves. Ainsi, la première figure étant jugée comme une figure habituelle, les stagiaires expriment qu'il sera facile pour les élèves de trouver le symétrique. Or, la deuxième figure est jugée par les stagiaires comme étant une figure non habituelle pour les élèves. Nous constatons que d'après les stagiaires, le fait que les élèves arrivent à trouver le symétrique d'une figure non habituelle permettra à l'enseignant si les élèves savent prendre le symétrique de figures.

**Valentine** : ...Parce que ça, tu vois, ça c'est... un truc traditionnel en 6ème, et puis ça c'est pour qu'on puisse voir s'ils ont une véritable idée de ce que c'est la symétrie axiale. Voilà !

En outre, comme nous l'avons analysé dans notre analyse a priori, les programmes de 6<sup>ème</sup> que nous avons fournis aux stagiaires portent sur quatre types de tâches au sujet de la symétrie axiale : « tracer le ou les axes de symétrie d'une figure », « construction de symétrique d'une figure », « utilisation de la symétrie axiale pour construire une figure » et « construction de la médiatrice et de la bissectrice ». Parmi ces quatre types de tâches, les stagiaires choisissent de proposer deux activités qui concernent le tracé du ou des axes de symétrie d'une figure, et la construction du symétrique d'une figure.

On peut alors penser que pour les stagiaires, ces deux types de tâches sont les plus importants à retenir par les élèves concernant la symétrie axiale.

De plus, nous pouvons dire que les stagiaires n'arrivent pas à prendre en compte les variables explicitées dans l'extrait des programmes que nous leur avons fourni.

**Construire le symétrique d'un point, d'une droite, d'un segment, d'un cercle, que l'axe de la symétrie coupe ou non la figure.**

En effet, dans l'extrait des programmes fournis aux stagiaires, la variable de l'intersection entre l'axe de symétrie et la figure est clairement explicitée. Or les stagiaires ne préparent aucune activité où la figure objet coupe l'axe de symétrie.

On peut alors dire que malgré le fait qu'elles aient lu les programmes, elles n'y ont pas porté attention. Ceci est peut-être dû au fait que pour elles, le fait que la figure coupe ou non l'axe de symétrie n'était pas très important.

Ainsi, bien que dans la consigne, nous précisons qu'il s'agit de proposer des activités pour repérer le niveau et les difficultés les plus fréquentes des élèves, les propositions des stagiaires ne prennent en compte ni les procédures d'élèves ni les variables d'une tâche de construction de symétrique de figures ou d'une tâche de tracé de l'axe de symétrie d'une figure.

### *Le binôme « Gilles & Ezéchiél »*

Comme le binôme « Amélie & Valentine », Gilles et Ezéchiél choisissent également de proposer deux activités qui concernent « le tracé du ou des axes de symétrie d'une figure » et « la construction du symétrique d'une figure » parmi les quatre types de tâches cités dans les programmes de 6<sup>ème</sup> précisés dans notre analyse a priori (Tracer le ou les axes de symétrie d'une figure, Construction de symétrique d'une figure, Utilisation de la symétrie axiale pour construire une figure et Construction de la médiatrice et de la bissectrice ).

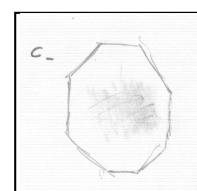
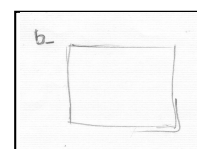
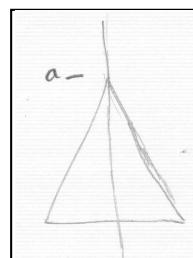
On peut alors dire que pour Gilles et Ezéchiél aussi, ces deux types de tâches étaient les plus importants et ainsi qu'ils tenaient à vérifier, à l'issue de la classe de 6<sup>ème</sup>, si les élèves savaient tracer les axes de symétrie d'une figure et s'ils savaient construire le symétrique d'une figure par rapport à un axe donné.

Concernant la tâche de tracé de l'axe de symétrie d'une figure, les stagiaires proposent cinq configurations que nous analysons dans deux catégories :

#### 1. Les configurations possédant au moins un axe de symétrie :

Les stagiaires proposent trois configurations qui possèdent au moins un axe de symétrie. Pour ces trois configurations nous constatons que la position de la figure dans la feuille est telle que les éléments de la figure soient sur l'horizontale ou sur la verticale ; et l'axe de symétrie à trouver est également horizontal ou vertical.

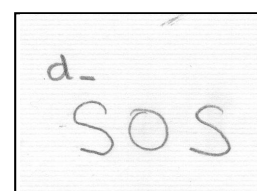
La variable de la position de la figure dans la feuille et la variable de l'orientation de l'axe de symétrie ne sont alors pas prises en compte.



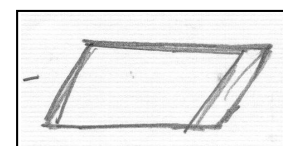
#### 2. Les configurations qui ne possèdent pas d'axe de symétrie :

Les stagiaires proposent également deux figures qui n'admettent pas d'axe de symétrie. Ils explicitent, en fait, qu'ils proposent ces deux figures pour induire en erreur les élèves qui cherchent absolument un axe de symétrie.

En effet, nous constatons que pour la première configuration proposée par les stagiaires (un SOS), il s'agit de la prise en compte de la propriété de « retournement » de la symétrie axiale. En revanche, les stagiaires ne font pas de commentaire sur les réponses erronées éventuelles des élèves.



Concernant la deuxième figure qui est un parallélogramme, les stagiaires cherchent une figure qui possède un centre de symétrie, et qui, donne donc l'impression qu'elle admet un axe de symétrie alors qu'elle n'en admet pas.





**Gilles** : Sinon, pour... là pour les piéger... attends... on pourrait mettre un...  
**Ezéchiël** : Un parallélogramme ou une figure justement... on a l'impression que c'est...  
**Gilles** : Ouais, on est tenté de dire parce qu'il y a un centre...  
**Ezéchiël** : Ah oui, une figure qui a un centre de symétrie mais pas d'axe.

Nous pouvons alors dire que les stagiaires prennent en compte l'existence de l'axe de symétrie dans une figure pour leur proposition d'activités.

De plus concernant les figures qui n'admettent pas d'axe de symétrie, les stagiaires arrivent à mener une réflexion par rapport à la régularité de la figure à travers une recherche de figures qui admettent un centre de symétrie mais qui n'admettent pas d'axe de symétrie.

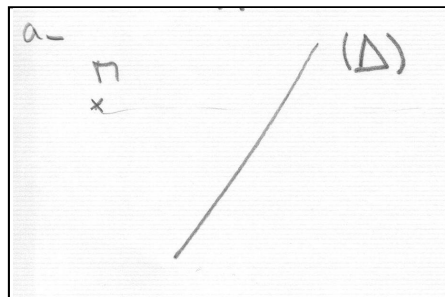
En revanche, nous constatons que ni la position de la figure dans feuille, ni l'orientation des axes de symétrie n'est prise en compte par les stagiaires concernant leurs propositions de tâches de tracé des axes de symétrie de figures.

La deuxième proposition d'activité des stagiaires concerne la construction du symétrique de figures par rapport à un axe donné.

Contrairement à la tâche de tracé des axes de symétrie de figures proposée par les stagiaires où les axes de symétrie à trouver étaient horizontaux ou sur verticaux, nous constatons que, pour la proposition de tâches de construction de symétrique de figures par rapport à un axe donné, les stagiaires proposent des axes qui sont obliques.

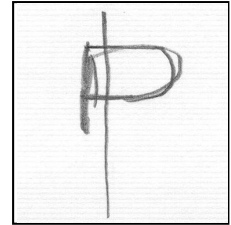
En effet, c'est Gilles qui propose de fournir une configuration à l'élève, avec un axe oblique. On peut penser que cette prise en compte de la position de l'axe de symétrie par Gilles peut venir du fait qu'elle fait son stage au collège et qu'elle a peut être rencontré des situations sur la symétrie axiale avec un axe oblique. Ezéchiël mène par la suite une réflexion au niveau du savoir  $S_{d-m}$  concernant le procédé erroné d'élève « rappel horizontal », même si sa formulation n'est pas faite en termes didactiques.

**Ezéchiël** : Alors, je ne commencerais peut-être pas par un truc... un axe penché, quand même !  
**Gilles** : Ah oui !  
**Ezéchiël** : Ah, ou alors si. Ou alors...  
**Gilles** : Ou alors c'est...  
**Ezéchiël** : Si, c'est pas mal parce que ça permet de détecter justement... le but c'est quoi ? c'est... difficultés les plus fréquentes. Donc là, ça permet bien de détecter... s'ils le foutent là, c'est qu'il y a un problème, quoi.  
**Gilles** : Ben oui.  
**Ezéchiël** : D'accord. Alors laisse comme ça.



Nous pouvons penser qu'il s'agit, chez Ezéchiël, d'une connaissance en acte liée au procédé erroné « rappel horizontal ».

En outre, nous constatons que les stagiaires proposent une figure où l'intersection de l'axe et de la figure n'est pas vide. Ceci nous permet de dire que les stagiaires prennent en compte la variable de l'intersection entre la figure et l'axe de symétrie pour les tâches de construction de symétrique d'une figure par rapport à un axe donné, même s'ils n'ont pas reçu de formation à l'IUFM au niveau du savoir  $S_{d-m}$ .



En revanche, les stagiaires n'explicitent rien sur leur référence concernant la proposition d'un axe de symétrie qui coupe la figure objet ni sur la raison pour laquelle ils proposent un axe dont l'intersection avec la figure n'est pas vide. Nous ne sommes donc pas capable de repérer leur référence à travers les conversations des stagiaires.

En outre, nous constatons également dans les propositions des stagiaires la prise en compte de la propriété de « retournement » d'une figure dans une symétrie axiale. En effet, les stagiaires proposent d'abord comme figure objet la lettre « **A** ». Or, en suite, Ezéchiel met en cause le retournement d'une figure dans une symétrie axiale et il remarque qu'avec un « **A** », qui est lui-même une figure admettant un axe de symétrie, la tâche de construction du symétrique ne permet pas de repérer si l'élève translate la figure objet pour obtenir la figure image, ou s'il utilise la symétrie axiale.

**Ezéchiel** : Il y a juste un autre truc qui m'embête, dans celui-là.

**Gilles** : Oui, c'est quoi ?

**Ezéchiel** : C'est que l'image d'un A, ça va être un autre A, en fait. Alors que l'image d'un P, même si on le met là, ben ça va pas être un P.

**Gilles** : Il est pas obligé de conserver l'alphabet hein la symétrie !

**Ezéchiel** : Non, mais c'est pas ça. Mais c'est que... le problème c'est qu'il voit pas que... c'est comme si c'était dans un miroir là. A la limite, ils peuvent se dire là, on déplace le A comme ça.

**Gilles** : T'as raison ! ils peuvent croire à une translation. Alors on met un F...

**Ezéchiel** : Ouais, plus ou moins. Un F, voilà très bien, un F. Okay...

Ainsi les stagiaires changent la lettre « **A** » en la lettre « **F** » qui est une configuration qui n'admet pas d'axe de symétrie et qui met en évidence le retournement de la figure objet dans une symétrie axiale.

En conclusion, nous pouvons dire que concernant les tâches de tracé des axes de symétrie d'une figure, les stagiaires ne prennent pas en compte les variables liées à la position de la figure et à la position de l'axe.

Or, concernant les tâches de construction de symétrique d'une figure par rapport à un axe donné, malgré le fait que les stagiaires ne prennent toujours pas en compte les variables liées à la position de la figure dans la feuille, nos analyses nous montrent que le binôme « Gilles & Ezéchiel » propose des tâches de construction de symétrique de figures où l'axe de symétrie n'est pas horizontal ou vertical.

Nous pouvons alors dire que les stagiaires arrivent à préparer des tâches de construction de symétrique de figures par rapport à un axe donné en prenant en compte la variable de la position de l'axe dans la feuille.

### *Le binôme « Mathilde & Nathan »*

Comme pour les binômes « Amélie & Valentine » et « Gilles & Ezéchiél », Mathilde et Nathan choisissent construisent également deux activités en choisissant les deux types de tâches qui concernent le tracé du ou des axes de symétrie d'une figure et la construction du symétrique d'une figure parmi les quatre types de tâches cités dans les programmes de 6<sup>ème</sup> que nous avons précisés dans notre analyse a priori (tracer le ou les axes de symétrie d'une figure, construction de symétrique d'une figure, utilisation de la symétrie axiale pour construire une figure et construction de la médiatrice et de la bissectrice ).

Nos analyses nous montrent que le binôme « Mathilde et Nathan » est celui qui se reporte le plus aux programmes pour la préparation des activités.

En revanche, au niveau du savoir  $S_{d-m}$  concernant les transformations, les stagiaires avancent qu'il est plus difficile pour un élève de prendre le symétrique d'un point que le symétrique d'un segment. Or, les recherches en didactique montrent, comme nous l'avons précisé, qu'un élève peut être capable de prendre le symétrique d'un point mais il peut utiliser un procédé erroné pour prendre le symétrique d'un segment.

<p><b>Nathan</b> : ...on fait point. Peut-être le... Je suis sûr c'est plus difficile le point que le segment. On peut essayer de faire un segment d'abord, parce que le segment t'as plus... ben oui... c'est plus facile... c'est ça, oui... alors qu'un point... tu vois...</p> <p><b>Mathilde</b> : Ouais donc là, ça c'est bien. (<i>elle parle d'un segment</i>) Je sais pas, le point... ça peut être un peu...</p> <p><b>Nathan</b> : ça pourrait être pour après, pour voir s'ils ont compris ce qui se passait.</p>
---

Nous constatons, en effet, par l'analyse des conversations des stagiaires, qu'ils pensent que si un élève arrive à prendre le symétrique d'un point, alors il sera capable de prendre le symétrique d'une figure. On peut alors penser que les stagiaires ignorent une approche globale de la figure par les élèves et raisonnent comme si l'élève procédait par une approche ponctuelle, comme eux, ils le font.

En revanche, nous constatons que le binôme « Mathilde & Nathan » arrive à mener une réflexion assez approfondie au niveau du savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale. En effet, les stagiaires (surtout Nathan) arrivent à effectuer une analyse en termes de variables d'une tâche de construction de symétrique d'une figure.

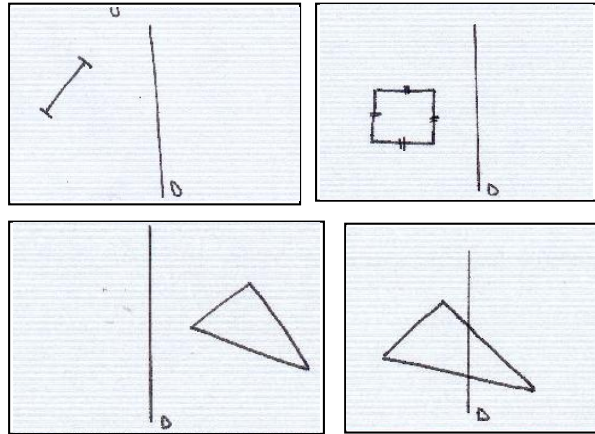
En effet, les stagiaires proposent, dans un premier temps, de fixer la variable de l'orientation de l'axe sur le vertical et de changer les variables de la nature et de la position de la figure.

<p><b>Nathan</b> : Et ben, maintenant qu'on a fait ça... on peut... moi, je pense que depuis... euh... le premier exercice, tu fais que l'axe vertical.</p> <p><b>Mathilde</b> : D'accord.</p> <p><b>Nathan</b> : Et par contre tu fais les figures de plus en plus dures.</p> <p><b>Mathilde</b> : Okay.</p>
---

Ainsi, les stagiaires proposent quatre figures où l'axe de symétrie est vertical.

Les trois premières figures proposées sont des figures où les stagiaires changent la nature de la figure dont l'intersection avec l'axe de symétrie, qui est vertical, est vide. Les figures proposées par les stagiaires sont : un segment, un carré et un triangle.

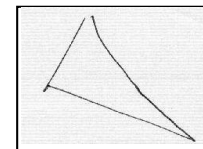
Les stagiaires proposent une quatrième figure en fixant la variable de l'orientation de l'axe sur la verticale et en fixant également la nature de la figure par le même triangle de la figure précédente, mais en changeant la variable de l'intersection de la figure avec l'axe de symétrie.



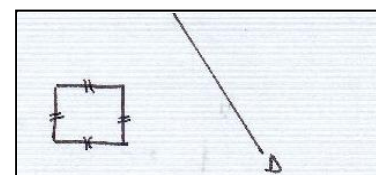
**Mathilde :** Mais le truc qu'on disait aussi...  
Ce que tu disais qui était pas mal, tout à l'heure...  
C'est le paramètre que... ben, la figure... est-ce qu'elle un côté parallèle ou pas à l'axe, et après est-ce qu'elle coupe ou non l'axe ?...

De plus, les stagiaires prennent en compte le « retournement » de la figure dans un symétrie axiale dans leurs propositions d'activités. Ils cherchent alors à proposer une figure qui a une orientation.

**Nathan :** Alors fait gaffe, parce qu'il faut essayer de trouver un truc avec une orientation. Je pense que ça pourrait être bien de faire un trian... un carré, comme ça... de toute façon le carré... il arrive... ils font le carré...  
Et puis après on peut faire un triangle, comme ça.  
Comme ça, on voit...  
parce que là, on voit pas le sens à celui-là...  
qu'il a tourné quoi...



Les stagiaires proposent, dans un deuxième temps, de demander le symétrique des mêmes figures qu'ils avaient proposées avec un axe vertical, mais cette fois avec un axe oblique.



En outre, l'analyse des conversations des stagiaires nous montre que toutes les propositions et les réflexions au niveau du savoir  $S_{d-m}$  sont effectuées par Nathan. En effet, les connaissances utilisées par Nathan au niveau du savoir  $S_{d-m}$  sont quand même assez avancées. Nous faisons alors l'hypothèse que le stagiaire Nathan a des connaissances au niveau du savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale provenant d'une autre institution que l'IUFM, puisqu'au moment où nous avons mis en place notre expérimentation les PLC2 n'avaient pas reçu à l'IUFM de formation portant sur le savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale.

Les stagiaires proposent une deuxième activité pour la première partie de notre expérimentation où il s'agit d'une tâche de tracé des axes de symétrie de figures.

Nos analyses nous montrent que contrairement à la tâche de construction de symétrie d'une figure qu'ils avaient proposée précédemment, les stagiaires ne prennent en compte aucune variable pour la tâche de tracé des axes de symétrie d'une figure.

En effet, pour toutes les figures que les stagiaires proposent la position de l'axe de symétrie à trouver est sur l'horizontale ou sur la verticale. De plus, la position des éléments des figures qu'ils proposent est également sur l'horizontale ou sur la verticale. Nous constatons qu'aucune réflexion concernant la position des axes de symétrie ni concernant la position des figures sur la feuille n'est menée par les stagiaires. En effet, aucune justification pour le choix des figures qu'ils proposent n'est donnée par les stagiaires.

On peut penser que cette différence considérable dans la réflexion et la prise en compte des variables au niveau du savoir  $S_{d-m}$  entre les propositions des tâches de construction du symétrique de figures et les propositions des tâches de tracé des axes de symétrie de figures chez le binôme « Mathilde & Nathan » peut être liée au fait que pour la première activité concernant la construction de symétrique de figures proposée par les stagiaires, c'est Nathan qui construit et qui mène une réflexion pour l'ensemble des suites de configurations à être proposées aux élèves. En revanche, il avance qu'il est suffisant, pour évaluer les connaissances et les difficultés des élèves, de leur proposer la suite de configurations où il s'agit de construire le symétrique de figures. Alors que Mathilde, elle veut ajouter des tâches de tracé des axes de symétrie de figures. Alors, concernant le choix des figures à trouver l'axe de symétrie, Nathan reste plus réticent et laisse Mathilde choisir les figures à proposer aux élèves.

## Conclusion sur la Partie I de l'Expérimentation 2

Pour la première partie de l'expérimentation 2, tous les binômes choisissent de proposer deux activités qui concernent « le tracé de ou des axes de symétrie d'une figure » et « la construction du symétrique d'une figure », parmi les quatre types de tâches cités dans les programmes de 6<sup>ème</sup> que nous avons précisés dans notre analyse a priori (tracer le ou les axes de symétrie d'une figure, construction de symétrique d'une figure, utilisation de la symétrie axiale pour construire une figure et construction de la médiatrice et de la bissectrice). En effet, aucun binôme ne pense à proposer des tâches d'utilisation de la symétrie axiale pour construire une figure, ni des tâches de construction de la médiatrice ou de la bissectrice en utilisant la symétrie axiale.

On peut alors dire que pour tous les stagiaires, ces deux types de tâches étaient les plus importants à retenir par les élèves concernant la symétrie axiale et qu'ainsi ils tenaient à vérifier si les élèves savaient tracer les axes de symétrie d'une figure et s'ils savaient construire le symétrique d'une figure par rapport à un axe donné à l'issue de la classe de 6<sup>ème</sup>.

En outre, les variables dans une tâche de construction de symétriques de figures par rapport à un axe donné sont davantage pris en compte par les stagiaires que les variables dans une tâche de tracé des axes de symétrie de figures ; surtout concernant la variable de la position de l'axe de symétrie.

On peut penser que cette différence dans la prise en compte de la position de l'axe de symétrie peut être dû au fait que dans une tâche de construction du symétrique de figure, l'axe de symétrie est donné à l'élève par les stagiaires. Ainsi, comme l'axe de symétrie est tracé par les stagiaires, la réflexion au niveau du savoir  $S_{d-m}$  concerne ce que l'enseignant donne à l'élève.

Or, pour les tâches de tracé des axes de symétrie de figures, l'axe de symétrie est à trouver par l'élève. Ainsi, la réflexion au niveau du savoir  $S_{d-m}$  concerne les procédés d'élèves et ce que l'enseignant attend de l'élève comme tracé.

En outre, nous constatons que les stagiaires ne réagissent pas sur le traitement de la conservation par la symétrie axiale, des aires, du parallélisme, des distances, de l'alignement et des angles. On peut penser que soit la conservation de ces propriétés par la symétrie axiale était considérée par les stagiaires comme ne posant pas de difficulté pour les élèves, soit ils ne se sont pas posés la question des difficultés des élèves concernant la conservation de ces propriétés.

Nous synthétisons dans le tableau suivant la prise en compte par les stagiaires des éléments du savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale pour la Partie I de notre expérimentation.

**EXPERIMENTATION 2 - PARTIE I**

**PROPOSITIONS DES STAGIAIRES au niveau du savoir  $S_{d-m}$**

	<i>Tracer le ou les axes de symétrie d'une figure</i>			<i>Construction du symétrique d'une figure</i>			<i>Utilisation de la symétrie axiale pour construire une figure</i>		<i>Conservation des propriétés</i>							<i>Construction de la médiatrice ou de la bissectrice</i>					
	Position de la figure	Position des axes de symétrie	Existence de l'axe	Nature de la figure	Position de l'axe	Position de la figure	Nature de la figure	Propriété à être utilisée	longueurs	aires	parallélisme	retournement	nature de la figure	distances	alignement	angles	Position de l'axe	Position du segment	Longueur du segment	Nature de l'angle	Points déterminant l'angle
« Amélie & Valentine »	-	-	-	+	-	-			X			X									
« Ezéchiël & Gilles »	-	-	+	+	+	-			X			X	X								
« Mathilde & Nathan »	-	-	-	+	+	+						X	X								

## II. Analyse de la Partie II de l'expérimentation 2

L'objectif de la partie II de l'expérimentation 2 était surtout de repérer les connaissances des stagiaires au savoir  $S_{d-i}$  ainsi qu'au savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale. Dans la deuxième partie de l'expérimentation 2, nous proposons d'abord aux stagiaires un tracé erroné de l'axe de symétrie d'un parallélogramme ; et nous leur demandons de l'analyser. Nous trouverons ainsi des éléments du rapport à  $S_{d-m}$ . En suite, nous leur demandons comment ils traiteraient cette difficulté de leurs élèves en utilisant Cabri.

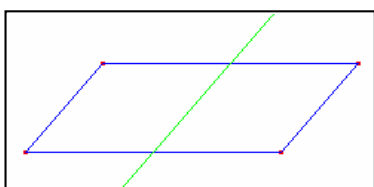
Il s'agit alors, dans cette partie, d'une part d'analyser une tâche papier-crayon sur la symétrie axiale en relation avec l'analyse d'une copie d'élève en terme de difficultés et d'autre part d'utiliser l'environnement Cabri pour la pris en compte de l'erreur de l'élève.

### PARTIE 2 : Niveau 6ème

Imaginez que vous travaillez sur les figures qui possèdent un axe de symétrie en classe de 6eme. Vous proposez à vos élèves la figure suivante :



La grande majorité de vos élèves trouvent un axe de symétrie et le construisent :



Que pensez vous d'une telle construction de l'axe ?

Quelle difficulté vous mettez derrière cette production ?

Comment traiteriez-vous cette difficulté de vos élèves en utilisant Cabri ?

Nous analysons ci-dessous les propositions de chaque binôme de stagiaires aux activités proposées dans la Partie II :

### *Le binôme « Amélie & Valentine »*

Même si Amélie et Valentine ne font pas d'analyse au niveau du savoir  $S_{d-m}$ , nous constatons qu'elles arrivent à dégager comme procédé erroné d'élève le procédé « rectangle incliné » ayant un axe incliné.



**Valentine** : Pour moi, ils se sont rappelés de l'histoire du rectangle, chaque point est symétrique de l'autre, donc ça marche. Voilà, en fait ils prennent chaque point... ..

**Amélie** : Ouais tu prends les deux points sur les côtés là... et t'as l'impression qu'ils sont symétriques, donc...

**Valentine** : Les milieux...

**Amélie** : oui les milieux... Après ça c'est parallèle, ça c'est parallèle...

**Valentine** : C'est comme ça que tu vois...

**Amélie** : Ouais... Alors, que pensez vous d'une telle construction de l'axe ?

Ça se comprend hein... Oui ! c'est qu'en fait un parallélogramme c'est un rectangle incliné et donc ils ont pris l'axe et ils l'ont incliné...

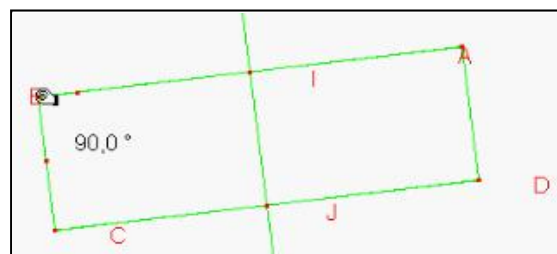
Les stagiaires interprètent la difficulté de l'élève comme la non prise en compte de la propriété d'orthogonalité de la symétrie axiale.

Concernant l'usage de l'environnement Cabri pour le traitement de la difficulté de l'élève, les stagiaires veulent alors mettre en cause, dans Cabri, le procédé erroné « rectangle incliné » de l'élève, qu'ils ont repéré comme étant la difficulté de l'élève.

Les stagiaires proposent alors utiliser l'outil « Symétrie axiale » de Cabri, pour faire constater à l'élève que le symétrique du parallélogramme obtenu avec l'outil « Symétrie axiale » par rapport à l'axe de symétrie dessiné par l'élève, ne se superpose pas avec le parallélogramme objet. De plus les stagiaires pensent à utiliser le déplacement pour constater que les deux quadrilatères ne se superposent que quand le parallélogramme devient un rectangle. Ils argumentent qu'ils utilisent le déplacement pour montrer à l'élève la condition pour que l'axe erroné que l'élève a dessiné soit l'axe de symétrie du quadrilatère. Cette condition étant le fait que le quadrilatère soit un rectangle, les stagiaires veulent insister sur l'affichage des propriétés dans Cabri, qui montrent que le quadrilatère est un rectangle à travers la perpendicularité des deux côtés du quadrilatère. Nous constatons que, pour les stagiaires, seule la perception n'était pas suffisante pour affirmer la nature du quadrilatère comme étant un rectangle. En effet, on peut voir derrière cette attitude des stagiaires un rejet de l'usage du déplacement dans Cabri pour interpréter les phénomènes spatio-graphiques en termes géométriques ; et aussi une volonté de l'usage du déplacement dans Cabri plutôt pour faire constater à travers les affichages que pour effectuer des expérimentations.

Les stagiaires utilisent alors l'oracle de Cabri pour demander si les deux côtés consécutifs du quadrilatère sont perpendiculaires. En effet, nous constatons qu'en utilisant l'outil « Perpendiculaire ? » de Cabri, les stagiaires pensaient obtenir l'affichage « les objets sont perpendiculaires » quand les deux quadrilatères se superposent. Mais, comme le quadrilatère n'a pas été construit en utilisant les propriétés géométriques qui donneront l'orthogonalité, les stagiaires n'arrivent pas à obtenir l'affichage « les objets sont perpendiculaires » avec le déplacement quand les deux quadrilatères se superposent.

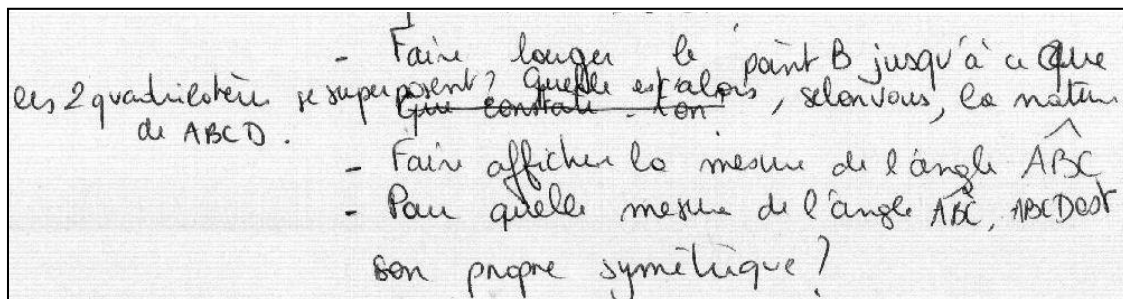
Par ambition de pouvoir montrer à l'élève par l'affichage sur l'écran d'une propriété géométrique que le quadrilatère est un rectangle, les stagiaires tentent alors d'utiliser l'outil « Mesure d'angle » pour demander la mesure de l'angle d'un côté du quadrilatère.



Nous concluons alors que l'usage du déplacement dans Cabri à travers l'aspect « expérimentation » et à travers l'interprétation, par l'élève, des phénomènes spatiaux en termes géométriques, n'est pas du tout préféré par les stagiaires. En effet, les stagiaires, au lieu de laisser l'élève interpréter les positions spatiales des quadrilatères à travers le déplacement, préfèrent donner à l'élève les propriétés géométriques à travers l'affichage des angles concernant la constatation de la nature du quadrilatère quand il se superpose avec son image.

On peut penser que ce guidage excessif de l'élève, qui ne lui laisse pas la possibilité de conjecturer à travers le déplacement dans Cabri mais qui réduit l'usage du déplacement à des constatations, peut être causé par le fait que les stagiaires voulaient contrôler toutes les actions de l'élève concernant les manipulations dans Cabri.

En effet, nous constatons également cette volonté de contrôler toutes les actions de l'élève dans la consigne de l'activité que les stagiaires ont proposée où aucune liberté d'action n'est laissée à l'élève. En effet, concernant même le déplacement, les stagiaires indiquent dans la consigne les objets à déplacer et à quel emplacement les déplacer.



Les stagiaires préfèrent alors donner à l'élève des indications très précises dans la consigne. Par conséquent, la tâche de l'élève se réduit plus à un travail au niveau du savoir  $S_i$  qu'un travail au niveau du savoir  $S_m$ ; à de simples constatations que des conjectures et des expérimentations à travers le déplacement.

### Le binôme « Gilles & Ezéchiél »

Gilles et Ezéchiél pointent deux éléments relevant du savoir  $S_{d-m}$ .

D'une part, ils lient la difficulté de l'élève au procédé erroné de type « translation ». Ainsi, ils remarquent que derrière le tracé de l'élève, il existe une conception de la droite de symétrie qui partage une figure en deux sous-figures identiques.

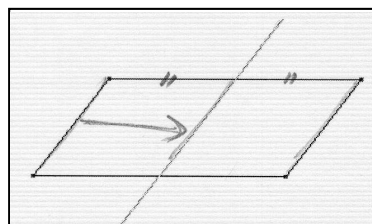
**Ezéchiél** : Ben là, en fait, je pense que ce qu'ils veulent faire c'est de mettre... de chaque côté qu'il y ait à peu près la même chose.

**Gilles** : Mais eux, ils pensent... ils pensent... Ben là, il y a le milieu... tout va bien...

**Ezéchiél** : Mais à peu près, entre guillemets, on a la même chose de chaque côté, quoi.

**Gilles** : oui, voilà, ils se disent... hop, ils font ça... Ils le voient comme... comme une translation, tu vois.

Et je pense que c'est lié au fait que ça soit... tu vois là... c'est parallèle, tout va bien...



D'autre part, les stagiaires évoquent brièvement une éventuelle utilisation par l'élève du procédé erroné « rectangle incliné » ayant un axe incliné.

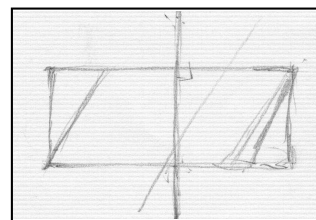
**Ezéchiél** : En fait, c'est peut-être lié aussi au fait que dans le cas des rectangles et des carrés... l'axe, il est parallèle aux côtés, et ça...

**Gilles** : ...et ça marche.

**Ezéchiél** : Et que ça marche. Là, qu'est-ce qu'on a en fait ? On a un rectangle un petit peu penché... pour l'élève. Alors si ça marche pour le rectangle, il suffit de pencher l'axe.

**Gilles** : Ouais.

**Ezéchiél** : Alors, s'ils voient que la figure est un petit peu plus penché, bon ben, l'axe sera aussi un peu plus penché, et puis ça règle le problème, quoi.



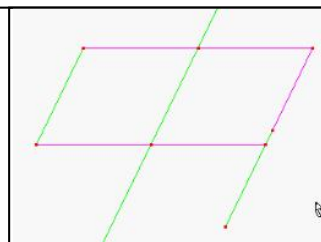
Concernant l'usage de l'environnement Cabri pour le traitement de la difficulté de l'élève, les stagiaires proposent de faire effectuer à l'élève la construction erronée de l'axe de symétrie et en utilisant l'outil « Symétrie axiale », de demander le symétrique d'un des côtés parallèle à l'axe erroné proposé par l'élève. Or, comme au début, les stagiaires ne pensent pas utiliser le déplacement, ils critiquent leur proposition d'activité comme étant une proposition valable dans Cabri et dans l'environnement papier-crayon.

**Ezéchiél** : ... symétrie axiale ! voilà ! ce segment... par rapport à cette droite...

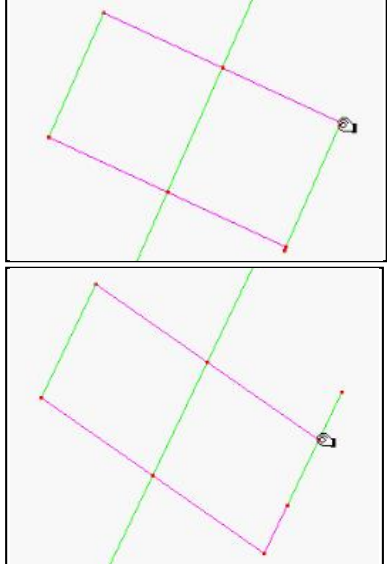
On dirait que c'est pas la même chose !

**Gilles** : Ouais mais ça on pourrait le faire en papier-crayon.

Non ? Je sais pas.



En revanche, les stagiaires pensent ensuite à déplacer les éléments de la figure. Ils proposent alors d'utiliser le déplacement pour montrer que le segment image construit avec l'outil « Symétrie axiale » se superpose avec un des côtés du parallélogramme quand le quadrilatère devient un rectangle.

<p><b>Gilles</b> : Alors, mais on peut le faire mais alors attends...          Bouge le truc pour voir.  <b>Ezéchiél</b> : Ah pour montrer quand ça a la forme d'un rectangle c'est vrai ; donc autrement ça marche pas.  <b>Gilles</b> : Ouais.  <b>Ezéchiél</b> : Donc autrement ça ne marche pas.  <b>Gilles</b> : Sinon...  <b>Ezéchiél</b> : Ouais pas mal.          Quand est-ce que c'est vrai ce machin ? C'est pas con !          c'est vrai seulement quand c'est un rectangle.          Si c'est pas un rectangle ben... ça marche pas.          Donc ils sauront déjà ça.          C'est que l'axe de symétrie... ça marche que quand c'est un rectangle, et là ça, ça marche pas avec...          euh...ça tu peux pas faire en papier-crayon !  <b>Gilles</b> : Voilà, je te dis, c'est ça.</p>	
---	--

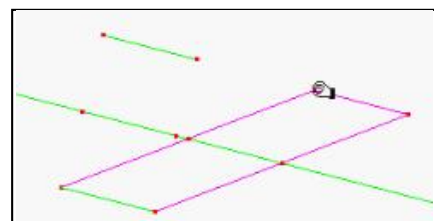
L'analyse des conversations des stagiaires montre qu'ils cherchent à utiliser les spécificités de Cabri qui font que la tâche proposée ne puisse exister que dans l'environnement Cabri.

En effet, les tâches spécifiques à l'environnement Cabri qui ne peuvent exister dans l'environnement papier-crayon, ont été traitées pendant la formation « Géométrie Dynamique » dans le discours oral du formateur, en liaison avec les activités de type « boîte noire » où le formateur avait mis en avant l'usage du déplacement pour faire des conjectures dans Cabri.

Nous pouvons alors penser que la recherche par les stagiaires des tâches qui ne peuvent exister que dans l'environnement Cabri, est un impact découlant de l'importance donnée aux tâches spécifiques à l'environnement Cabri par le formateur dans son discours oral, pendant les séances de formation « Géométrie Dynamique ».

En outre, les stagiaires au lieu d'utiliser les figures invariantes dans une symétrie axiale à travers la superposition de la figure objet avec la figure image, choisissent de diviser la figure objet en ses éléments. Ils considèrent, en effet, le parallélogramme à travers ses quatre côtés.

Ainsi, les stagiaires transforment la tâche qui concerne les axes de symétrie d'une figure (parallélogramme) en la construction du symétrique d'une figure (segment formant un côté du parallélogramme).



En effet, on peut supposer que les stagiaires préparent l'activité dans Cabri avec l'hypothèse que la difficulté de l'élève est de prendre, par le procédé erroné « parallélisme », la symétrique du côté parallèle à l'axe du parallélogramme. Les stagiaires construisent alors l'activité dans Cabri comme si l'élève considérait le parallélogramme en des segments formant ses côtés.

On peut alors penser que les stagiaires n'ont peut-être pas pris en compte la possibilité que l'élève puisse envisager la figure par une approche globale. En effet, les stagiaires ignorent peut-être la difficulté des élèves de décomposer la figure et de la considérer par ses éléments comme des segments ou des points.

### ***Le binôme « Mathilde & Nathan »***

Comme pour les binômes « Amélie & Valentine » et « Gilles & Ezéchiel », Mathilde et Nathan n'arrivent pas à effectuer une analyse approfondie concernant la difficulté de l'élève au niveau du savoir  $S_{d-m}$ .

En revanche, les stagiaires arrivent à dégager le procédé erroné de type « parallélisme » au niveau du savoir  $S_{d-m}$ , en exprimant le fait que l'élève puisse avoir tracé la droite parallèle aux deux côtés du parallélogramme passant par un des milieux des côtés.

**Nathan :** ... Euh... Ben, en fait ce qu'ils ont fait... ils se sont dit... euh... ils ont pris les deux côtés, en fait...

**Mathilde :** ...qui sont parallèles.

**Nathan :** ...qui sont parallèles.

**Mathilde :** Ouais.

**Nathan :** Et puis, ensuite ils ont fait une parallèle au truc. Parce qu'ils auraient pu faire dans ce sens comme ça, et ça aurait été... tu vois ?...

**Mathilde :** Ouais.

**Nathan :** Tu vois, donc ils ont fait une parallèle au deux.

**Mathilde :** Ouais.

Les stagiaires lient alors la difficulté de l'élève à une non prise en compte de la propriété de l'orthogonalité de la symétrie axiale. Ils expriment alors le fait que l'élève utilise bien la propriété d'équidistance mais pas la propriété d'orthogonalité.

En revanche, les stagiaires n'arrivent pas aller plus loin dans leur réflexion au niveau du savoir  $S_{d-m}$ , parce qu'ils raisonnent, dans la suite de leur réflexion, comme si l'élève considérait la figure par une approche ponctuelle.

Nous constatons en effet (surtout chez Nathan, puisque c'est spécialement lui qui fait des propositions au niveau du savoir  $S_{d-m}$ ) un manque de connaissance concernant la différence entre une approche ponctuelle et une approche globale de la figure.

En effet, Nathan semble ignorer la difficulté des élèves concernant une approche analytique des transformations. Ainsi, le tracé erroné de l'axe de symétrie de l'élève est interprété par Nathan comme un manque de connaissances chez l'élève sur la symétrie axiale. En effet, Nathan avance que l'élève, qui a effectué le tracé erroné de l'axe pour le parallélogramme, a effectué ce tracé erroné car il ne sait pas prendre la symétrique d'un point.

**Nathan** : Mais c'est toujours pareil l'image d'un point... Ils voient pas là... l'image de...

Mais ils savent pas trop ce que c'est que l'axe de symétrie, finalement. La difficulté c'est de comprendre ce qui... euh...

**Mathilde** : Je sais pas comment dire... Mais c'est... en plus tu l'as dit tout à l'heure... il me semble dans la première partie... c'était quoi ?

**Nathan** : Non, mais ça, la difficulté c'est de savoir que l'axe... c'est de positionner l'axe... savoir ce que c'est l'axe de symétrie en fait. comment le tracer même le symétrique... Qu'est-ce que c'est qu'un axe de symétrie ! parce que là, ils voient pas vraiment euh...

Ainsi, en raisonnant comme si l'élève avait une approche analytique des transformations, les stagiaires concluent que c'est parce que l'élève ne sait pas prendre le symétrique des sommets du parallélogramme qu'il effectue un tracé erroné.

En effet, même concernant la propriété d'orthogonalité de la droite de symétrie aux côtés du parallélogramme, les stagiaires expriment l'erreur de l'élève à travers une approche ponctuelle à travers la formulation : « l'axe des symétrie de deux point est la médiatrice de ces deux point ».

**Nathan** : Donc pour la construction on sent qu'il y a pas d'angle droit quelque part.

**Mathilde** : Oui, il y a pas cette notion que le symétrique d'un point... par une symétrie orthogonale... l'image d'un point par une symétrie orthogonale, et un point, peut-être que l'axe est la médiatrice.

**Nathan** : Ouais.

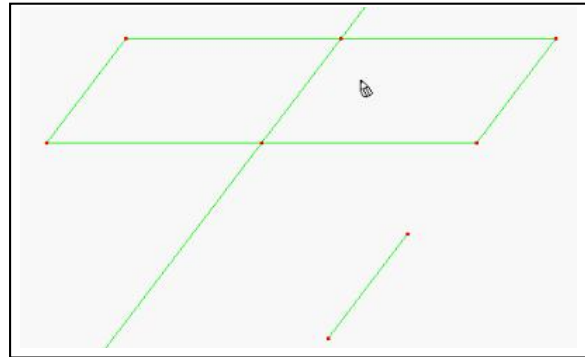
Concernant l'usage de l'environnement Cabri pour le traitement de la difficulté de l'élève, les stagiaires veulent d'abord reconstruire le tracé erroné de l'élève dans Cabri. En effectuant la construction dans Cabri, ils se trouvent face à un choix concernant le procédé utilisé par l'élève pour le tracé de l'axe de symétrie erroné. Il s'agit d'un choix entre la construction de la droite passant par les deux milieux des côtés opposés du parallélogramme et la droite passant par le milieu d'un des côtés du parallélogramme et parallèle à un des côtés consécutifs.

**Mathilde** : A mon avis, ils ont relié les deux milieux... ils ont pas cherché à faire parallèle à la droite passant par ce point.

**Nathan** : Ah ouais, t'as raison, t'as raison ! Quoi que... oui, oui, t'as raison. Ouais, t'as raison. Et on fait la droite...

Ainsi, nous constatons que le fait d'effectuer la construction dans Cabri amène les stagiaires à mener une réflexion sur le procédé de l'élève pour tracer l'axe de symétrie, qu'ils n'avaient pas prévue lors de l'analyse du tracé de l'élève dans l'environnement papier-crayon. En revanche, les stagiaires ne font pas de commentaire au niveau du savoir  $S_{d-m}$  concernant ces deux procédés possibles de construction.

Comme propositions d'activité dans Cabri, les stagiaires utilisent l'outil « Symétrie axiale » pour prendre le symétrique d'un côté du parallélogramme et pour montrer à l'élève qu'il y a une erreur dans son tracé, puisque le segment symétrique obtenu par l'outil « Symétrie axiale » ne se superpose pas avec le côté opposé au segment image du parallélogramme.



En outre, les stagiaires cherchent un usage éventuel de l'outil « Trace ». Malgré le fait qu'ils ne trouvent pas une possibilité d'usage de l'outil « Trace », nous pouvons dire que cet outil était important pour les stagiaires puisqu'ils cherchent à utiliser cet outil parmi les autres spécificités de Cabri.

**Nathan** : Et est-ce qu'on pourrait pas faire aussi, je sais pas... je pensais à touche Trace... à faire la trace de la symétrie...

**Mathilde** : Oui...

**Nathan** : Non... Comment on pourrait...

En effet, cette volonté des stagiaires de chercher à utiliser l'outil « Trace » au niveau du savoir  $S_{d-i}$  est très probablement liée à la place de l'outil « Trace » dans la formation « Géométrie Dynamique ». En effet, pendant les séances de formation « Géométrie Dynamique » le formateur avait amplement traité cet outil au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , d'une part comme permettant une conception du graphe d'une fonction comme trajectoire d'un point, et d'autre part comme un moyen pour que les élèves puissent faire le passage aux transformations ponctuelles et à la conception d'une figure comme un ensemble de points.

Ainsi, conformément à ce à quoi nous nous attendions dans notre analyse a priori, les stagiaires font référence à l'outil « Trace » dans leur recherche de conception d'activité dans Cabri.

En revanche, nos analyses nous ont montré que les stagiaires manquaient d'idées au niveau du savoir  $S_{d-i}$  sur la conception d'une situation didactique dans Cabri concernant la notion de symétrie axiale.

En effet, nous pouvons interpréter ce manque de réflexion chez les stagiaires par le fait qu'ils n'ont rencontré aucune situation didactique sur la symétrie axiale dans l'environnement Cabri à la quelle ils pourraient se référer.

Les seules références que les stagiaires ont sur l'enseignement de la symétrie axiale sont, en fait, le pliage dans l'environnement papier-crayon et le discours magistral de l'enseignant.

**Nathan** : non, parce que la symétrie orthogonale, à part le pliage... alors que la t'as pas un truc pliage. Tu vois ?... Il y aurait que ça pour les faire rencontrer... la difficulté. parce que sans leur expliquer que c'est... que vous avez pas pris la droite perpendiculaire, etc.... c'est le seul truc que...

Par conséquent, les stagiaires étant conscients qu'un discours magistral de l'enseignant n'est pas préférable, ils cherchent à trouver un moyen dans Cabri qui leur permettrait de préparer une activité correspondant à une activité dans l'environnement papier-crayon utilisant le pliage. En revanche, les stagiaires n'arrivent pas à trouver dans Cabri une activité correspondant au pliage dans l'environnement papier-crayon.

Les stagiaires décident ensuite de proposer comme activité dans Cabri de demander l'axe de symétrie de deux points, avec l'idée que si l'élève arrive à trouver l'axe de symétrie des deux points, alors il trouvera l'axe de symétrie d'un côté du parallélogramme et se rendra compte que son tracé est erroné.

Comme nous l'avons précisé précédemment, nous constatons encore une fois concernant les propositions de situation didactique des stagiaires dans l'environnement Cabri qu'ils ne se rendent pas compte que pour l'élève il est difficile de passer d'une approche globale de la figure à une approche ponctuelle. En effet, nous pouvons supposer que les stagiaires ne font pas la différence entre une approche globale et une approche ponctuelle de la figure au niveau du savoir  $S_{d-m}$ .

En revanche, nous constatons que suite à leur proposition d'activité dans Cabri, les stagiaires se questionnent sur l'apport de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$  concernant la situation qu'ils ont préparée.

**Nathan** : Ben en fait c'est comme ça... et ça, ça fait... euh... En fait, on a pas... tant à l'utiliser parce que finalement là, est-ce que ça nous avantage sur Cabri ?... Pas trop... parce que sur papier tu le fais pareil. Tu fais sur deux points et t'as ta droite.  
**Mathilde** : Oui. Donc en fait, c'est la même chose...

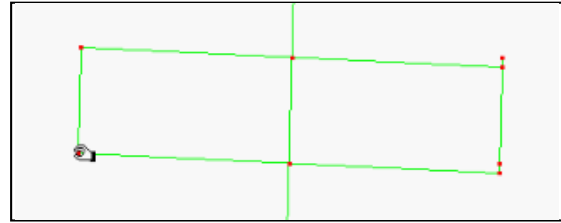
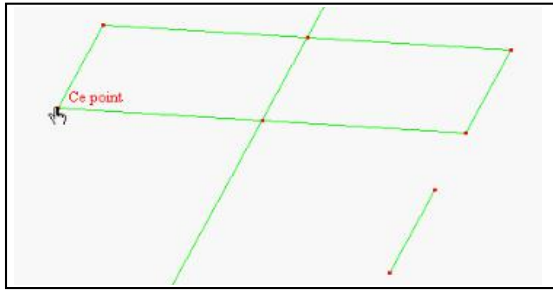
Ne voyant aucun apport de l'environnement Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon, les stagiaires abandonnent également cette idée et cherchent à trouver une situation où il s'agisse de l'usage du déplacement dans Cabri.

**Nathan** : Alors si l'aspect dynamique... est-ce que l'aspect dynamique peut nous apporter quelque chose ?...  
**Mathilde** : souvent c'est l'aspect dynamique qui nous intéresse.  
**Nathan** : Ben ouais.  
**Mathilde** : Donc...  
**Nathan** : Et le fait de le déplacer...

Nous pouvons alors dire que pour les stagiaires, le déplacement est une des spécificités de Cabri qui peut faire en sorte que leur proposition de situation didactique dans Cabri donne un apport par rapport à l'environnement papier-crayon.

Nathan et Mathilde reviennent alors à leur première proposition d'activité mais, cette fois, ils pensent à utiliser le déplacement pour montrer à l'élève que le segment obtenu avec l'outil symétrie axiale ne se superpose avec le côté opposé du parallélogramme que quand le quadrilatère devient un rectangle.





En effet, comme nous l'avons évoqué dans notre analyse a priori, le fait que les stagiaires cherchent à concevoir des situations dans Cabri utilisant le déplacement, et qu'il soient conscients que l'un des apports de Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon peut être l'usage du déplacement dans une situation, est sûrement lié à la place très importante de cette spécificité dans la formation « Géométrie Dynamique » au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

## Conclusion sur la Partie II de l'Expérimentation 2

Pour la première tâche de la partie II, concernant l'analyse, par les stagiaires, du tracé erroné de l'élève, nous pouvons dire que même si les stagiaires arrivent à dégager quelques procédés erronés d'élèves, leurs réflexions des stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-m}$  restent assez faibles.

En effet, tous les stagiaires lient la difficulté de l'élève à une non prise en compte de la propriété d'orthogonalité de la symétrie axiale.

En outre, nous constatons dans les réflexions de deux binômes que la différence entre une approche ponctuelle de la figure et une approche globale de la figure ainsi que les difficultés des élèves à considérer la figure par une approche ponctuelle ne sont pas du tout considérées.

Concernant l'usage de l'environnement Cabri pour le traitement de la difficulté de l'élève, nous constatons que tous les stagiaires proposent d'utiliser le déplacement pour montrer la condition pour que l'axe erroné dessiné par l'élève soit l'axe de symétrie du quadrilatère. En effet, les stagiaires utilisent le déplacement pour faire constater que le symétrique d'un côté du parallélogramme obtenu avec l'outil « Symétrie axiale » ne se superpose avec le côté opposé du parallélogramme que quand le parallélogramme devient un rectangle

En outre, nous avons repéré que les stagiaires cherchaient à concevoir des situations dans Cabri où il s'agit de l'usage du déplacement au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Le fait que les stagiaires cherchent à concevoir des situations dans Cabri utilisant le déplacement, et qu'ils soient conscients de l'importance de l'usage du déplacement dans Cabri est sûrement lié à la place très importante de cette spécificité dans la formation « Géométrie Dynamique » au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

En outre, nous constatons que les stagiaires, une fois qu'ils ont proposé une situation dans Cabri, se questionnent sur les apports de l'environnement Cabri pour la situation qu'ils ont proposée. Nous pensons que ceci est un des impacts de la formation « Géométrie Dynamique », où presque toutes les questions posées aux stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$  portaient sur l'apport de Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon.

De plus, nos analyses montrent que les stagiaires cherchent à utiliser les spécificités de Cabri qui font que la tâche proposée ne puisse exister que dans l'environnement Cabri.

En effet, les tâches spécifiques à l'environnement Cabri qui ne peuvent exister dans l'environnement papier-crayon ont été mises en avant pendant la formation « Géométrie Dynamique » dans le discours oral du formateur

Nous pouvons alors penser que la recherche par les stagiaires des tâches qui ne peuvent exister que dans l'environnement Cabri, est un impact de l'importance donnée aux tâches spécifiques à l'environnement Cabri par le formateur dans son discours oral pendant les séances de formation « Géométrie Dynamique ».

### III. Analyse de la Partie III de l'expérimentation 2

L'objectif de la partie III de l'expérimentation 2 était d'une part de chercher des éléments du savoir  $S_{d-m}$  mobilisent pour une situation didactique proposée dans l'environnement papier-crayon ; et d'autre part, de repérer l'impact de la formation de Géométrie Dynamique au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Dans la partie III de l'expérimentation 2, nous avons proposé aux PLC2 une tâche d'analyse de situations dans l'environnement papier-crayon pour les élèves - où nous trouverons des éléments sur les connaissances des stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-m}$  - et d'adaptation de ces situations dans l'environnement Cabri - où nous trouverons des éléments sur les connaissances des stagiaires au niveau des savoirs  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$ , mais également des éléments sur l'impact de la formation Géométrie Dynamique.

---

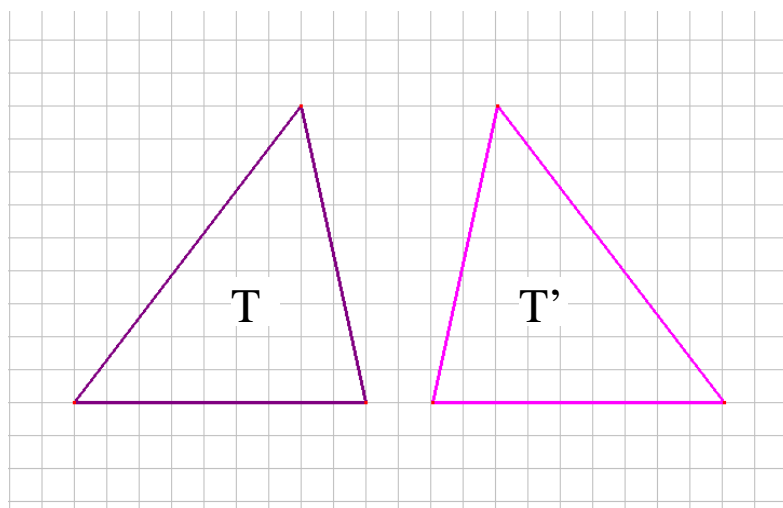
#### **PARTIE 3** : Niveau début 6ème

Vous avez ci-dessous une situation sur l'apprentissage de la symétrie orthogonale dans l'environnement papier-crayon.

Est-ce que vous la proposeriez à vos élèves telle qu'elle est ?

Faites une analyse sur les utilisations éventuelles de l'environnement Cabri pour une telle situation.

Quels peuvent être les apports de la géométrie dynamique ?



Dans la figure ci-dessus, le triangle T' est le symétrique du triangle T. Tracer l'axe de symétrie qui transforme T en T'.

---

Nous analysons ci-après les propositions de chaque binôme de stagiaires pour les activités proposées dans la Partie III :

### III.1. Analyse des réponses des stagiaires concernant la tâche en papier-crayon

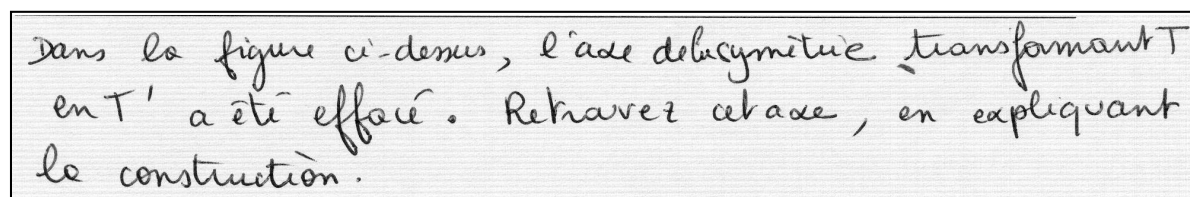
Nous analysons ci-dessous les réponses de chaque binôme de stagiaires concernant la question « Vous avez ci-dessous une situation sur l'apprentissage de la symétrie orthogonale dans l'environnement papier-crayon. Est-ce que vous la proposeriez à vos élèves telle qu'elle est ? ».

Il s'agit essentiellement de repérer les éléments du savoir  $S_{d-m}$  que les stagiaires mobilisent.

#### *Le binôme « Amélie & Valentine »*

Concernant les réflexions des stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-m}$  dans l'environnement papier-crayon, Amélie et Valentine affirment qu'elles ne proposeraient pas l'activité telle qu'elle est à leurs élèves et elles proposent des changements dans cette activité.

En effet, les deux stagiaires proposent d'abord de changer la consigne de l'activité élève d'une part pour la rendre plus explicite pour l'élève, et d'autre part pour avoir des éléments sur le procédé de construction de l'élève en lui demandant d'expliquer sa construction.



dans la figure ci-dessus, l'axe de symétrie transformant T en T' a été effacé. Retrouvez cet axe, en expliquant la construction.

En outre, les stagiaires proposent également de nommer les sommets des triangles dans le dessin fourni à l'élève, comme nous l'avons prévu dans notre analyse a priori.

**Amélie** : Expliquer la construction, ils auront plus de mal... en fait, ils vont construire l'axe en comptant les carreaux...

**Valentine** : Oui, on peut peut-être nommer les sommets, c'est plus facile à gérer si on nomme les sommets ABC.

En revanche, la justification donnée par les stagiaires au fait de nommer les sommets des triangles est liée à la gestion de la tâche concernant l'explication de sa construction par l'élève. Les stagiaires ne mènent alors aucune réflexion sur le fait de favoriser une approche ponctuelle par le fait de nommer les sommets des triangles.

En outre, nos analyses nous montrent, comme nous l'avons prévu dans notre analyse a priori, que les stagiaires, pour décider de proposer ou non l'activité dans l'environnement papier-crayon, ne font pas de réflexion liée à une analyse didactique de la tâche au niveau du savoir  $S_{d-m}$  concernant les procédés erronés d'élèves, les connaissances mises en jeu et les variables de la tâche.

### *Le binôme « Gilles & Ezéchiél »*

Gilles et Ezéchiél se réfèrent d'abord à l'extrait des programmes de 6<sup>ème</sup> pour décider s'ils proposeraient l'activité à leurs élèves. Remarquant que la construction d'axes de symétrie ne se situe pas dans les compétences exigibles dans les programmes, mais qu'elle se situe dans les commentaires, Ezéchiél exprime qu'il proposerait l'activité une fois qu'il aurait traité « le tracé de ou des axes de symétrie des figures (triangle isocèle, triangle équilatéral, losange, rectangle, carré) » citées dans les compétences exigibles des programmes. Ezéchiél déclare alors qu'il proposerait l'activité à ses élèves telle qu'elle est, sans effectuer aucun changement.

**Ezéchiél :** Moi, je la trouve pas mal celle-là. En plus, le quadrillage ça aide bien quand même quoi, dans ce cas là... vu que c'est une des premières choses qu'ils font.

Malgré le fait qu'Ezéchiél affirme qu'il donnerait l'activité telle qu'elle est à ses élèves, Gilles propose de faire des changements dans la nature des triangles.

**Gilles :** Ouais... Moi je trouve qu'ils vont peut-être plus facilement trouver que ça va être un comme ça, et du coup est-ce que ça va pas les... vu que c'est des triangles qui sont... bon.

**Ezéchiél :** Quelconques...

**Gilles :** Quelconques mais... tu vois, tu pourrais très vite penser euh... « tiens, ben, il a été juste déplacé », du coup... Ben moi je trouve si on leur fait tracer les droites, du coup, ça les fait insister sur ... et aussi sur le fait que... ben là, tu vois, c'est pas obligé que... on ait les même longueurs là, là, que là et là.

En effet, la proposition de Gilles de changer la nature des triangles n'est pas tout de suite perçue par Ezéchiél, qui croit d'abord que Gilles voudrait changer la taille des triangles en mettant des triangles plus petits, et ensuite il croit qu'elle voudrait changer la distance des triangles à l'axe de symétrie.

**Gilles :** Pour moi, ils sont pas... ils sont... ben, tu me diras... c'est pas une question de... ceux-là ils sont trop...

**Ezéchiél :** Moi je pense que ça change pas grand chose. Et là on voit... après quand il y a des choses à dessiner dessus justement... genre les conservations de longueurs et... et angle droit, il vaut mieux qu'il y ait des triangles assez... enfin, qui prennent de la place. Parce que là, tu vois, on le voit bien quoi...

C'est, en effet, une fois que Gilles utilise le mot « translation » qu'Ezéchiél comprend qu'elle voudrait changer la nature des triangles.

**Gilles :** Parce que là, moi ça me fait penser à une translation. Enfin, j'ai l'impression que la confusion, elle peut être vite faite entre...

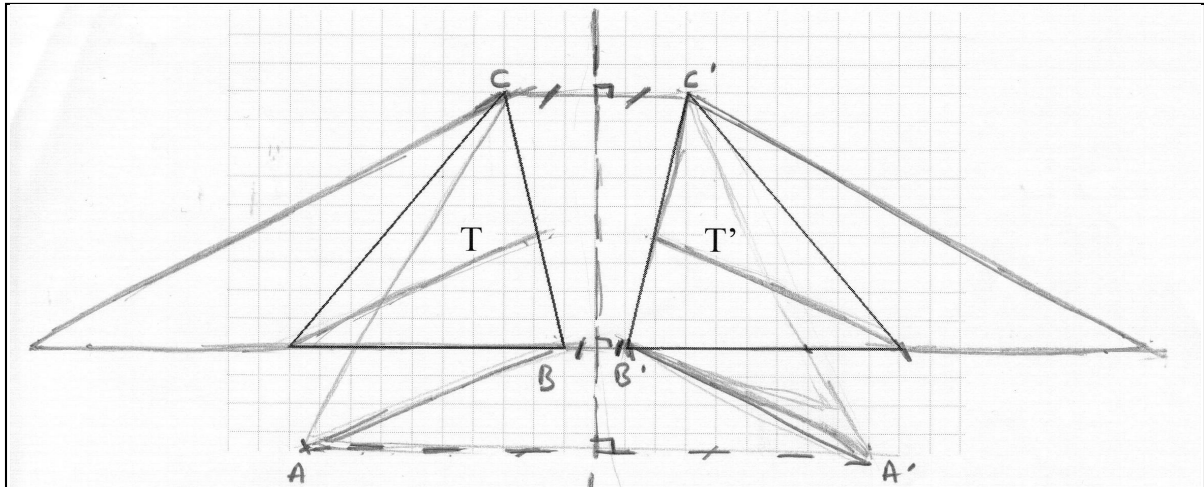
**Ezéchiél :** D'accord, je vois ce que tu veux dire là. Les triangles se ressemblent absolument pas quoi, alors que là ils sont un peu trop semblables, enfin... dans le sens où...

**Gilles :** Ouais, je sais pas. J'ai l'impression qu'on pourrait croire que c'est une trans... on pourrait vite se laisser emporter dans la translation, alors que là...

**Ezéchiél :** ouais, alors que là, il y a aucun risque.

**Gilles :** Il y a aucun risque, on voit vraiment le côté miroir, tu vois...

**Ezéchiél :** D'accord...



Nous avons constaté, par l'analyse de cette longue « conversation de sourds » entre Ezéchiël et Gilles :

- d'une part, l'incapacité de Gilles à trouver les mots pour exprimer qu'elle voudrait changer la nature des triangles dans le but de mettre en évidence le retournement d'une figure dans une symétrie axiale, de sorte qu'un procédé de type translation ne soit vraiment pas dans son domaine de validité.
- d'autre part, l'ignorance et la non importance pour Ezéchiël de la variable de la nature de la figure au niveau du savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale.

En outre, Gilles propose également de changer la consigne de l'activité élève en demandant à l'élève de nommer les sommets des triangles tels que  $A'$ ,  $B'$ ,  $C'$  soient l'image de  $A$ ,  $B$ ,  $C$ .

**Gilles :** Ben en fait, il faut qu'ils... il faut qu'ils... ouais, ils faut qu'ils identi... ben, ça nécessite qu'ils arrivent à identifier à chaque fois... ben voilà, là on a  $A$ , là on a  $A'$ , tu vois ?...

**Ezéchiël :** Ouais.

**Gilles :** Là on a... ben, ça nécessite d'arriver à... là, c'est un triangle, donc effectivement ça...

Mais plutôt que commencer par tracer l'axe de symétrie, moi je leur demanderais de... de tracer  $A$ ,  $A'$ ,  $B$ ,  $B'$ ,  $C$ ,  $C'$ ... et de vérifier euh... et de tracer...

Par le discours de la stagiaire on peut penser qu'elle a tendance à réduire une approche globale de la figure par l'élève en orientant à considérer les sommets objets et les sommets images plutôt que le triangle objet et le triangle image.

### ***Le binôme « Mathilde & Nathan »***

Comme pour le binôme « Gilles & Ezéchiël », Mathilde et Nathan se réfèrent également à l'extrait des programmes de 6<sup>ème</sup> pour décider s'ils proposeraient l'activité à leurs élèves.

Mathilde déclare qu'elle ne proposerait pas l'activité à ses élèves, car dans les programmes la construction de l'axe de symétrie de deux figures distinctes ne fait pas partie des compétences exigibles, où il s'agit uniquement de trouver l'axe de symétrie qu'une figure admet.

Alors, Nathan avance que le fait que le type de tâche ne soit pas cité dans les programmes n'est pas un argument pour affirmer le caractère non proposable de l'activité.

En effet, nous constatons que Nathan est beaucoup plus souple concernant la conformité d'une tâche aux programmes par rapport à Mathilde qui, au début, refuse la tâche en donnant comme raison le fait que ce type de tâches n'est pas cité dans les programmes.

Les stagiaires se mettent d'accord à la fin sur le fait qu'ils proposeraient l'activité telle qu'elle est à leurs élèves sans effectuer aucun changement.

En revanche, comme pour le binôme « Amélie & Valentine », conformément à ce que nous avons prévu dans notre analyse a priori, Nathan et Mathilde ne font eux non plus aucune réflexion liée à une analyse didactique de la tâche au niveau du savoir  $S_{d-m}$  pour affirmer qu'ils proposeraient l'activité à leurs élèves.

### **Synthèse de l'analyse des réponses des stagiaires concernant la tâche en papier-crayon**

Nous synthétisons dans le tableau suivant les éléments de notre analyse sur les connaissances au niveau du savoir  $S_{d-m}$  chez les stagiaires que nous avons pu repérer dans leurs réponses concernant la tâche dans l'environnement papier-crayon.

Expérimentation 1 – Partie III – Activité papier-crayon			Confrontation des résultats de l'analyse des réponses des stagiaires avec l'analyse a priori			
Propositions Possibles pour l'analyse didactique de l'activité en papier-crayon			Propositions Attendues par les Stagiaires Analyse A Priori	Propositions des stagiaires Analyse A Posteriori		
				Amélie & Valentine	Gilles & Ezéchiél	Mathilde & Nathan
Activité en papier-crayon	Proposable	Oui	X			X
		Non	X	Changements dans l'énoncé + Nommer les sommets des triangles	Changement dans la nature des triangles + Nommer les sommets des triangles	
	Raisons (non) proposabilité	Compatibilité avec les programmes	X			
		Non-préférence des tâches de construction	X			
		Tâche de construction trop difficile	X			
		Autre (non prévu)				
	Analyse didactique en papier-crayon (S <sub>d-m</sub> )	Procédures erronées	Rappel Horizontal			
Rappel Verticale						
Translation					X	
Connaissances de l'élève		Pliage				
		Orthogonalité				



		Equidistance					
		Autre (non prévu)					
	Variables	Quadrillage					
		Orientation de l'axe					
		Position de la figure dans la feuille					
		Nature de la figure			X		
		Intersection des côtés de la figure objet et de la figure image					
		Autre (non prévu)					
	Références données	Vécu					
		IUFM					
		Documentation	X				
		Stages	X				
		Autre (non prévu)					

Comme l'indique le tableau précédent, concernant la proposabilité aux élèves de l'activité dans l'environnement papier-crayon, un seul binôme affirme qu'il proposerait l'activité telle qu'elle est à leurs élèves. Or, les autres binômes préfèrent effectuer des changements dans l'activité avant de la proposer dans la classe.

Ces changements concernent, pour le binôme « Amélie & Valentine » des changements dans l'énoncé afin de le rendre plus explicite par rapport à la tâche de tracé de l'axe de symétrie qui a disparu (effacé) et de nommer les sommets des triangles dans le but de faciliter la gestion des explications des élèves. Le même changement de nommer les sommets des triangles est également proposé par le binôme « Gilles & Ezéchiel » mais cette fois dans le but de favoriser d'une approche plus ponctuelle de la symétrie axiale.

En outre, nous constatons qu'un seul binôme mène une réflexion au niveau du savoir  $S_{d-m}$  concernant la nature de la figure, qui est un triangle proche d'un triangle isocèle. Les stagiaires mènent alors une réflexion sur le fait que les procédures d'élèves de type « translation » puissent rentrer dans leur domaine de validité avec des triangles proposés dans l'activité papier-crayon, et ils décident de changer la nature de la figure.

### **III.2. Analyse des réponses des stagiaires concernant l'adaptation de la tâche dans Cabri**

Nous analysons ci-dessous les réponses de chaque binôme de stagiaires concernant la question :

« Faites une analyse sur les utilisations éventuelles de l'environnement Cabri pour une telle situation.

Quels peuvent être les apports de la géométrie dynamique ? »

Il s'agit essentiellement de repérer dans quelle mesure les stagiaires prennent en compte les spécificités de l'environnement Cabri dans leurs propositions d'adaptation de l'activité papier-crayon à l'environnement Cabri. Mais également de repérer l'impact des séances de formation « Géométrie Dynamique » sur l'adaptation d'une situation papier-crayon à l'environnement Cabri et sur l'analyse de cette situation au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

#### ***Le binôme « Valentine & Amélie »***

Nous constatons que les stagiaires proposent la même activité papier-crayon dans l'environnement Cabri. Ainsi, elles construisent un triangle et une droite et utilisent l'outil « Symétrie axiale » pour obtenir l'image du triangle par rapport à la droite. Elles cachent ensuite la droite de symétrie.

En revanche, l'activité dans Cabri sans le quadrillage est jugée très difficile par les stagiaires. Elles décident alors de faire apparaître la grille de Cabri dans le but d'obtenir le support papier quadrillé dans l'environnement Cabri.

Or, dans l'environnement papier-crayon, avec le quadrillage, il s'agit en effet de l'usage des propriétés spatiales fournies par le quadrillage, telles que l'orthogonalité.

Les stagiaires construisent alors l'activité dans Cabri en se basant sur des propriétés spatiales fournies par la grille. Elles placent en effet la droite de symétrie sur la grille et dans la direction verticale. Elles essayent, en plus, de mettre les sommets des triangles sur la grille.

Pour l'activité qu'elles ont construite dans Cabri, les stagiaires pensent en effet à utiliser l'outil « Symétrie axiale » pour valider/invalidier la construction de l'élève, en demandant le symétrique du triangle objet par rapport à l'axe dessiné par l'élève et en regardant si le triangle image se superpose avec le triangle fourni par l'outil « Symétrie axiale ».

Or, comme la figure que les stagiaires ont construite dans Cabri est une figure avec un axe sur la verticale et en plus, situé sur la grille, elles obtiennent une superposition des deux triangles même si l'axe à trouver est construit en utilisant des informations spatiales fournies par la grille et non des propriétés géométriques. Elles constatent, de plus, que cette superposition des deux triangles images est conservée par le déplacement du triangle objet.

Nous remarquons que le contrat de résistance d'une figure construite dans Cabri n'est pas complètement établi chez les stagiaires. En effet, les stagiaires, pour l'invalidation du tracé au jugé de l'axe, ne pensent à déplacer que le triangle objet. Or, une figure dans Cabri doit rester résistante au déplacement, pour le déplacement de tous les éléments de la figure. En effet, les stagiaires ne pensent pas à déplacer l'axe de symétrie construit au jugé qui, contrairement à un axe construit en utilisant des propriétés géométriques, se déplacera.

En effet, pour l'activité dans Cabri que les stagiaires ont proposée, seul le déplacement de l'axe tracé par l'élève serait un moyen d'invalidation du tracé utilisant des informations spatiales par le fait que quand on déplace l'axe, le triangle image donné dans l'activité et le triangle image obtenu par l'outil « Symétrie axiale » ne se superposent plus lors du déplacement.

Nous pouvons alors dire que les stagiaires pensent à utiliser le « Déplacement 1 » pour valider / invalider la construction de l'élève. Mais elles n'arrivent pas à concevoir une situation dans Cabri utilisant le déplacement, d'une part parce qu'elle construisent la même activité papier-crayon dans Cabri en conservant même les informations spatiales fournies par le papier quadrillé ; et d'autre part parce qu'elles ne déplacent que certains éléments de la figure pour tester la résistance au déplacement de la construction de l'élève ; alors qu'une figure résistante au déplacement dans Cabri doit résister au déplacement pour le déplacement de tous ses éléments.

Par ce qui précède, nous considérons que la proposition d'adaptation du binôme « Amélie & Valentine » appartient à un premier niveau de la catégorie 2 (Proposer l'activité papier-crayon dans l'environnement Cabri en faisant une analyse des spécificités qui ont un apport concernant la tâche) des trois catégories que nous avons définies dans notre analyse a priori.

En effet, les stagiaires d'une part restent très restreints par l'activité papier-crayon, et d'autre part n'explorent pas toutes les possibilités de déplacement qui peuvent être effectuées.

### *Le binôme « Gilles & Ezéchiël »*

Gilles et Ezéchiël construisent également la même activité papier-crayon dans l'environnement Cabri.

Par contre, contrairement au binôme « Amélie & Valentine » la question du quadrillage dans Cabri ne se pose même pas pour Gilles et Ezéchiël.

Nous pouvons alors penser que pour Gilles et Ezéchiël, le quadrillage est considéré comme spécifique à l'environnement papier-crayon et non-conforme pour l'environnement Cabri.

Nos analyses nous montrent que les stagiaires ont bien compris le contrat de résistance d'une figure dans Cabri.

**Ezéchiël :** Et après... après eux ils ont le droit de bouger pour voir à peu près où il se situe l'axe, quoi... ils peuvent bouger tout ce qu'ils veulent hein.

**Gilles :** Ah oui... ouais, ouais...

**Ezéchiël :** D'accord ?... et après ils doivent le construire... et faire pour que l'axe, il reste axe de symétrie quoi qu'il arrive.

En effet, d'une part les stagiaires proposent d'utiliser le déplacement pour conjecturer sur l'emplacement de l'axe de symétrie. Et, d'autre part, ils expriment que l'élève doit effectuer une construction qui résiste au déplacement ; il doit donc utiliser les propriétés géométriques liées à la symétrie axiale.

En revanche, nous remarquons une différence entre Gilles et Ezéchiél par rapport à la liberté d'action donnée à l'élève.

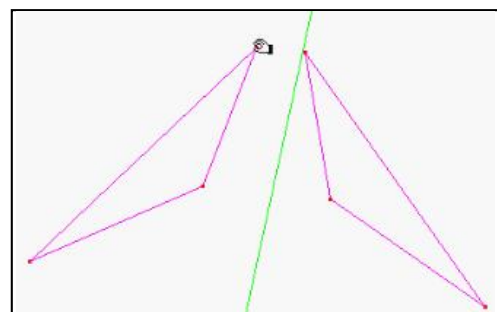
**Gilles** : Mais, est-ce que justement... alors attends... est-ce qu'on pourrait pas leur faire dire... leur dire, tracer donc les perpendiculaires...  
**Ezéchiél** : Non, là c'est tracer l'axe de symétrie ! Comme vous voulez, mais il faut que ça marche quand on bouge la figure... comme ça ils sont obligés d'avoir la méthode de construction, et ils sont obligés de... parce que...  
**Gilles** : Mais du coup, ils sont obligés de passer par les perpendiculaires...  
**Ezéchiél** : Ah oui, tout à fait...  
**Gilles** : ...par les... pas par les...  
**Ezéchiél** : Mais il faut leur dire de le faire ! C'est à eux de le... c'est à eux de le trouver.

En effet, Gilles propose de donner les étapes de construction (telle que la construction des droites perpendiculaires) dans la consigne à l'élève. Nous pouvons alors penser que pour Gilles, le côté « expérimentation » de Cabri n'est pas du tout pris en compte. L'analyse des conversations des stagiaires nous montre en effet que Gilles propose souvent de faire faire des constructions à l'élève à travers des consignes très guidées, et ensuite, d'utiliser le déplacement pour constater (Déplacement 3) dans Cabri.

Or, nous observons chez Ezéchiél une approche très différente de celle de Gilles. En effet, Ezéchiél met souvent en avant l'usage de Cabri pour expérimenter et pour conjecturer à travers le déplacement (Déplacement 2). Nous remarquons, dans les propositions qu'il fait, qu'il donne à l'élève une plus grande liberté de déplacement et de construction. En effet, il cherche à faire utiliser à l'élève le déplacement pour faire des conjectures (Déplacement 2) qui aboutiront à des constructions utilisant des propriétés dégagées par le déplacement plutôt que d'utiliser le déplacement pour constater (Déplacement 3).

Ezéchiél propose de plus l'usage du déplacement pour invalider le tracé au jugé de l'élève (Déplacement 1).

En utilisant le déplacement dans Cabri, les stagiaires se rendent compte qu'il peut exister une autre méthode de construction de l'axe, qui consiste en l'utilisation des point invariants sur l'axe de symétrie.



Alors, les stagiaires proposent de demander à l'élève d'effectuer la construction de l'axe dans Cabri avec deux méthodes différentes.

Cabri : Trouver 2 méthodes qui  
ou Proposer  
permettent de tracer l'axe  
de symétrie qui transforme T en T'

**Gilles** : Ben alors... on peut leur demander une autre méthode.  
On peut leur demander une autre méthode, non ? C'est pas possible ça ?...  
**Ezéchiél** : Ouais donc... ouais... Leur demander de construire de deux méthodes l'axe de symétrie.  
**Gilles** : Ouais, ah ben très bien... ouais, ben voilà.  
**Ezéchiél** : Donc là, ceux qui le construisent avec des perpendiculaires, ils se demandent... ah mais en Cabri peut-être qu'on peut faire ça plus simplement.  
**Gilles** : Ah voilà. Donc on dirait deux méthodes.  
**Ezéchiél** : Et là, en papier-crayon, effectivement on peut trouver l'axe avec la méthode... euh... justement...

En effet, le premier procédé de construction que les stagiaires attendent de l'élève consiste en l'usage des propriétés de l'orthogonalité et d'équidistance ; et le deuxième procédé de construction qu'ils attendent de l'élève consiste en l'usage de la propriété d'invariance des points de l'axe de symétrie.

Par conséquent, concernant la tâche dans Cabri que les stagiaires proposent, nous remarquons une mise en avant du déplacement, et surtout du déplacement pour faire des conjectures dans Cabri (Déplacement 2), au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , sur l'emplacement de l'axe de symétrie.

L'apport de Cabri est alors exprimé par Ezéchiél par le fait de pouvoir expérimenter et de conjecturer dans Cabri.

Or, pour Gilles, même si elle accepte les propositions d'Ezéchiél, nous constatons par les propositions qu'elle fait qu'elle envisage davantage l'usage du déplacement dans Cabri pour constater ou pour visualiser les effets du déplacement (Déplacement 3), au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Parmi les apports de Cabri pour la tâche qu'ils ont proposée, Gilles et Ezéchiél indiquent de plus le fait que l'environnement Cabri rend possible un procédé de construction de l'axe de symétrie différent de celui utilisé dans l'environnement papier-crayon, qui consiste en l'usage des points invariants de l'axe à travers le déplacement du triangle objet de façon à ce qu'il coupe le triangle image en deux points.

Par ce qui précède, nous considérons que la proposition d'adaptation des stagiaires appartient à un premier niveau de la catégorie 3 (Proposer des changements dans l'activité pour mieux l'adapter à l'environnement Cabri) des trois catégories que nous avons définies dans l'analyse a priori.

En effet, les stagiaires cherchent à utiliser des spécificités de Cabri qui n'ont pas d'équivalent dans l'environnement papier-crayon telle que le déplacement pour faire des conjectures (Déplacement 3).

De plus, ils se questionnent à chaque fois sur les apports de Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon en explicitant qu'ils cherchent à concevoir une situation qui ne peut exister que dans l'environnement papier-crayon.

Ainsi, les stagiaires modifient l'activité élève en papier-crayon en changeant la consigne, de telle sorte que la tâche telle qu'ils ont proposée avec le changement dans la consigne ne puisse exister que dans l'environnement Cabri.

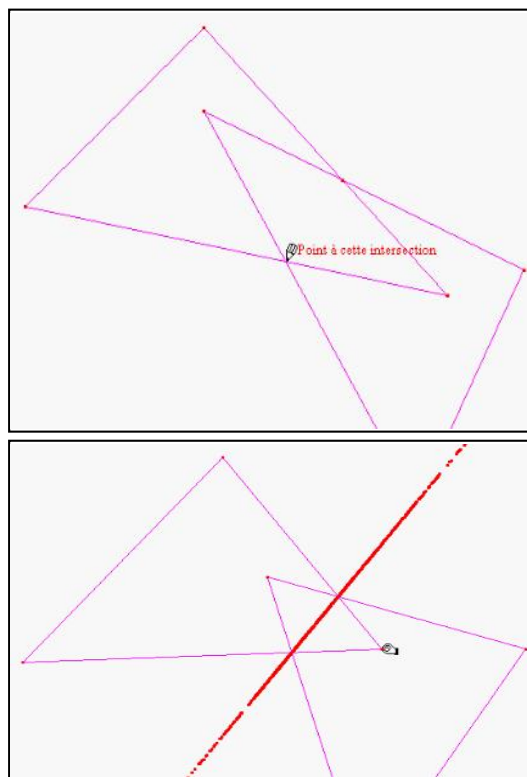
### *Le binôme « Nathan & Mathilde »*

Comme tous les binômes, Nathan et Mathilde construisent d'abord l'activité dans Cabri.

Les stagiaires font d'abord une première proposition en utilisant l'outil « Trace », pour demander la trace du point d'intersection du point objet et du point image dont la trace donne l'axe de symétrie.

En revanche, malgré le fait que les stagiaires pensent à utiliser l'outil « Trace », leur réflexion au niveau du savoir  $S_{d-i}$  ne va pas plus loin que de montrer à l'élève l'emplacement de l'axe de symétrie.

En effet, les stagiaires arrivent à mener une réflexion sur le fait qu'il s'agit de l'usage de la propriété d'invariance des points de l'axe de symétrie dans une symétrie axiale au niveau du savoir  $S_{d-m}$  mais ils n'arrivent pas à développer leur réflexion au niveau du savoir  $S_{d-i}$  dans l'environnement Cabri concernant l'usage de l'invariance des points de l'axe pour tracer l'axe de symétrie.



**Nathan :** Hey ! avec Trace ! Non, trace ça fera rien.

**Mathilde :** Ben non...

**Nathan :** si je bouge ça avec trace... Mais si parce qu'en fait, eh ouais... en faisant trace, l'axe de symétrie il est le même, là... (16 :30)

En outre, les stagiaires proposent également l'usage de l'outil « Symétrie axiale » pour valider/invalidier la construction de l'élève en demandant le symétrique du triangle objet par rapport à la droite construite par l'élève et en vérifiant si le triangle fourni par l'outil « Symétrie axiale » se superpose avec le triangle image donné.

**Mathilde :** Oui alors là c'est Cabri au sens vérification finalement...

**Nathan :** Ouais. Ben...

**Mathilde :** Oui, donc là déjà vérification... dire, on suppose que ça va être...

**Nathan :** Ah ! ça fait bien le même triangle.

**Mathilde :** D'accord.

Mathilde énonce alors de fixer l'axe de symétrie dans la position verticale et de proposer la même activité papier-crayon dans l'environnement Cabri. Or, Nathan, voyant l'apport de Cabri dans le déplacement, refuse de fixer l'axe de symétrie dans la position verticale.

**Nathan** : Pour moi... alors, en voyant ça... comme ça... en me disant je vais utiliser la géométrie dynamique... je me dis je vais faire bouger quelque chose...

**Mathilde** : Ouais.

**Nathan** : ... puisque je peux pas faire bouger quelque chose... puisque je peux pas bouger la droite, parce que c'est celle que je dois trouver, je vais bouger l'un des deux triangles...

**Mathilde** : Oui, oui.

**Nathan** : ... si je fais bouger l'un des deux triangles, c'est l'axe qui va bouger.

Il propose alors de construire une activité où l'axe de symétrie, qui est caché, soit déplaçable par le déplacement du triangle objet.

**Nathan** : c'est quand même fou qu'il bouge jamais l'axe !

**Mathilde** : De quoi ?

**Nathan** : L'axe.

**Mathilde** : Oui ?...

**Nathan** : Non, parce que... si... ouais... ce qui peut être intéressant c'est que, T', il ne bouge pas... et tu puisses bouger T, et que tu vois l'axes bouger.

**Mathilde** : Oui mais le problème c'est que, toi, tes triangles-là comme tu les as construits dans Cabri...

**Nathan** : Ben oui, ils sont symétriques... par rapport à cette droite. Voilà pourquoi ça ne bouge pas.

**Mathilde** : Donc à partir de là, oui... ça peut pas marcher. Et c'est pour ça que moi, je disais regarde... si tu... laisse-moi faire...

En revanche, les stagiaires, une fois qu'ils effectuent la construction dans Cabri en utilisant l'outil « Symétrie axiale », se rendent compte que l'axe de symétrie, ne dépendant pas du triangle objet, ne se déplace pas lors du déplacement du triangle objet. Nous pouvons alors penser que les stagiaires n'arrivent pas à anticiper la dépendance entre les éléments construits et les éléments de base dans Cabri au niveau du savoir  $S_i$ .

Les stagiaires expriment finalement qu'ils n'arrivent pas à effectuer la construction, au niveau du savoir  $S_i$  dans Cabri, de la figure de l'activité qu'il voudraient proposer aux élèves, de façon à avoir l'axe de symétrie caché qui se déplacera à travers le déplacement du triangle objet (donc dépendant du triangle objet).

Nous considérons que la proposition d'adaptation du binôme « Mathilde & Nathan » appartient à un premier niveau de la catégorie 2 (Proposer l'activité papier-crayon dans l'environnement Cabri en faisant une analyse des spécificités qui ont un apport concernant la tâche) des trois catégories que nous avons définies dans notre analyse a priori.

En effet, les stagiaires arrivent à mener une réflexion sur l'usage du déplacement pour valider/invalidier la construction de l'élève. Au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , ils proposent de plus l'usage de l'outil « Symétrie Axiale » pour demander le symétrique du triangle objet par rapport à l'axe dessiné par l'élève et de faire la validation du tracé de l'élève par la superposition, lors du déplacement, avec le triangle image donné, du triangle fourni par l'outil « Symétrie Axiale » par rapport à l'axe que l'élève a construit



## IV. Conclusion de l'analyse des résultats de l'expérimentation 2

Notre deuxième expérimentation portait sur les savoirs  $S_i$ , et  $S_{d-i}$  après des séances de formation à l'intégration des TICE et sur la recherche des traces éventuelles du savoir  $S_{d-m}$  chez les stagiaires avant les séances de formation en didactique.

L'analyse des résultats de l'expérimentation 2 nous a montré qu'au niveau du savoir  $S_i$ , il n'y avait pas de spécificité de Cabri dont l'usage pose des difficultés pour les stagiaires.

De plus, nous avons constaté que tous les stagiaires utilisent le déplacement une fois qu'ils ont construit une figure dans Cabri.

Nous pouvons alors dire qu'à l'issue des séances de formation « Géométrie Dynamique », le contrat de résistance au déplacement dans Cabri semble être installé chez les stagiaires.

En outre, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , nos analyses nous ont montré que tous les stagiaires cherchaient à concevoir des situations dans Cabri où il s'agisse de l'usage de la spécificité « Déplacement ».

En effet, l'usage du « Déplacement 1 » pour invalider la construction de l'élève qui n'utilise pas des propriétés géométriques convenables et/ou qui utilise des informations spatiales (avec un tracé au jugé) est proposé par tous les stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$ . Les stagiaires expriment que l'élève doit effectuer une construction qui résiste au déplacement dans Cabri et qui donc doit passer par des propriétés géométriques liées à la symétrie axiale pour que sa construction soit validée par le déplacement dans Cabri.

De plus, l'analyse de l'expérimentation 2 nous montre une prise en compte par les stagiaires de l'usage du déplacement pour conjecturer (Déplacement 2) lors qu'ils conçoivent des situations didactiques dans l'environnement Cabri.

Nous pouvons dire que cette importance donnée au déplacement dans la conception de situations didactiques par les stagiaires est sûrement un impact des séances de formation « Géométrie Dynamique » pendant lesquelles la place donnée au déplacement était essentielle.

En outre, l'analyse des résultats de l'expérimentation 2 nous a également montré que les stagiaires se questionnaient, d'eux-mêmes, à chaque fois sur les apports de Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon.

Ce questionnement interne chez les stagiaires est probablement dû aux activités sur lesquelles ils ont travaillé pendant la formation « Géométrie Dynamique » où, suite à chaque activité, il était demandé aux stagiaires de mener une réflexion sur les apports de Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon.

Un autre point important au niveau du savoir  $S_{d-i}$  que nous avons dégagé à travers l'analyse des résultats de l'expérimentation 2, est le fait que les stagiaires cherchent plutôt à concevoir des situations où il s'agit de l'usage des spécificités de Cabri qui n'ont pas d'équivalent dans l'environnement papier-crayon, telles que le déplacement pour conjecturer ou l'outil « Trace ».

En effet, nous avons repéré que les stagiaires cherchent à concevoir des situations qui ne peuvent exister que dans l'environnement Cabri. Ceci peut être causé par la mise en avant par le formateur des situations dans Cabri qui ne peuvent pas exister dans l'environnement papier-crayon, et qui sont donc des situations spécifiques à l'environnement Cabri, pendant les séances de formation « Géométrie Dynamique ».

Par conséquent, les résultats de l'analyse de l'expérimentation 2 ont révélé un impact très important des séances de formation « Géométrie Dynamique » au niveau du savoir  $S_{d-i}$  concernant surtout la spécificité « Déplacement » de Cabri et concernant les réflexions des stagiaires sur la recherche des apports de Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon, ainsi qu'une recherche de conception de situations didactiques spécifiques à Cabri qui ne peuvent exister que dans l'environnement Cabri.

Concernant le niveau du savoir  $S_{d-m}$ , nous avons remarqué que les variables liées à la position de l'axe de symétrie d'une tâche de tracé de figures symétriques par rapport à un axe donné, sont davantage pris en compte par les stagiaires que les variables d'une tâche de tracé des axes de symétrie d'une figure, quand il s'agit de concevoir des activités sur la symétrie axiale dans l'environnement papier-crayon.

Nous pouvons penser que cette différence de la prise en compte de la position de l'axe de symétrie peut être dû au fait que dans une tâche de construction du symétrique de figures, l'axe de symétrie est donné à l'élève par les stagiaires. Ainsi, comme l'axe de symétrie est tracé par les stagiaires, la réflexion au niveau du savoir  $S_{d-m}$  concerne ce que l'enseignant donne à l'élève. Or, pour les tâches de tracé des axes de symétrie de figures, l'axe de symétrie est à trouver par l'élève. Ainsi, la réflexion au niveau du savoir  $S_{d-m}$  ne concerne pas les procédés d'élèves et ce que l'enseignant attend de l'élève comme tracé.

En revanche, nous avons de plus constaté que, lors qu'il s'agit de l'analyse - et non de la construction - d'une situation sur la symétrie axiale, les stagiaires ne font aucune réflexion par rapport à la variable de la position de l'axe de symétrie.

En outre, toujours au niveau du savoir  $S_{d-m}$ , nous avons repéré chez deux binômes une non prise en compte de la différence entre une approche ponctuelle de la figure et une approche globale de la figure ; ainsi qu'une ignorance des difficultés des élèves à considérer la figure par une approche ponctuelle.

## CHAPITRE C7

### ANALYSE DES RESULTATS L'EXPERIMENTATION 3

L'objectif de l'expérimentation 3 était d'analyser dans quelle mesure les stagiaires, à la fin d'une année de formation à l'IUFM, arrivent à concevoir des situations didactiques dans l'environnement Cabri en prenant en compte des éléments relevant des savoirs  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$  et à effectuer une analyse au niveau du savoir  $S_{d-m}$  et au niveau du savoir  $S_{d-i}$  de la situation didactique qu'ils ont conçue ; ainsi que l'impact de l'ensemble des formations qui notre objet d'étude relativement aux savoirs  $S_m$ ,  $S_i$ ,  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$ .

Rappelons que nous avons proposé l'activité suivante aux PLC2 :

---

La symétrie orthogonale est introduite dès l'école primaire par un travail global sur figure-image et figure-objet à l'aide du pliage, du quadrillage et manipulations sur papier-crayon.

De nombreuses recherches en didactique des mathématiques ont mis en évidence les difficultés des élèves sur quelques invariants. Une de ces difficultés de l'apprentissage de la symétrie orthogonale est l'orthogonalité.

Proposez une situation en classe de sixième dans l'environnement Cabri-Géomètre, pour permettre l'apprentissage la propriété d'orthogonalité (le segment qui rejoint un point et son image est perpendiculaire à l'axe) ainsi que pour permettre aux élèves de dépasser ses conceptions erronées.

.....

- Explicitiez quelle institutionnalisation vous prévoyez suite à cette activité.
- Quels sont les apports d'environnement Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon pour cette activité ?

---

Nous analysons ci-dessous les propositions de situation de chaque binôme de stagiaires :

## I. L'analyse des propositions des binômes

### *Le binôme « Amélie & Valentine »*

Concernant la conception de situation didactique dans Cabri qui leur est demandée, les stagiaires font référence à la dernière activité de notre deuxième expérimentation, où il s'agissait de l'adaptation d'une situation papier-crayon à l'environnement Cabri qui portait sur la recherche de l'axe de symétrie qui transformait un triangle en un autre.

**Amélie :** Alors... Et ben, je pense qu'il faudrait faire deux triangles... alors... attends... tu vois...

**Valentine :** Ouais... puis faire... tracer en pointillés les ....

**Amélie :** Mais sans mettre l'axe.

**Valentine :** Sans mettre l'axe ?

**Amélie :** Ouais, et leur demander de trouver les... déjà à quoi ressemble-t-il ? Alors, il semble être symétrique mais l'axe a disparu. Donc on va essayer de trouver... donc on va chercher la médiatrice de  $BB'$ , de  $CC'$ , de  $AA'$ . Puis on va faire bouger, et puis on va voir que c'est toujours la même...

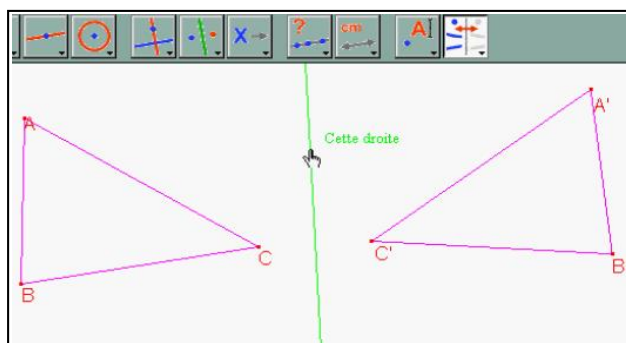
**Valentine :** Ouais. Et en déduire que la médiatrice c'est l'axe ?

**Amélie :** Ouais.

Par l'analyse de l'activité proposée par les stagiaires et par l'analyse de leur conversation, nous constatons que les stagiaires préfèrent donner toutes les étapes de construction à l'élève dans la consigne et utiliser le déplacement pour constater.

**Amélie :** Ou alors ouais... on demande juste la médiatrice de  $BB'$ , et après on fait perpendiculaire de... à cette médiatrice passant par A, et on remarque qu'il passe tout le temps par  $A'$ .

**Valentine :** Et puis on fait mesurer la... enfin... euh... on appelle  $A''$  là où ça coupe, et puis mesurer A,  $A''$  et  $A''$ ,  $A'$ ... et puis on va voir que... que c'est le milieu...



En effet la proposition d'activité des stagiaires est trop guidée ; l'élève n'a aucune liberté de construction où toutes les étapes de construction sont données à l'élève dans la consigne préparée par les stagiaires.

En outre, concernant les questions posées aux élèves, nous pouvons dire qu'il s'agit de questions portant sur de simples constatations utilisant le déplacement, et où la réponse attendue est presque évidente.

Les stagiaires proposent alors une suite de constructions guidées, suivie des questions posées à l'élève et ils indiquent déjà dans leurs conversations l'unique réponse que l'élève peut donner aux questions posées.

**Amélie** : Euh... construire la perpendiculaire à d... passant par A.

**Valentine** : elle coupe d en... on va l'appeler... on va nommer le point, comme ça pour le mesurer...

**Amélie** : oui...

**Valentine** : O, G... H ?

**Amélie** : Ouais...

Elle coupe d en H... alors, question... euh...

que constate-t-on ? Non mais... alors mais

ça... je mets... que constate-t-on ?

C'est parce qu'il faut qu'ils disent :

ben, il passe par E.

**Valentine** : Oui, c'est vrai.

**Amélie** : Donc elle coupe d en H... euh... Que représente H pour le segment AE ?

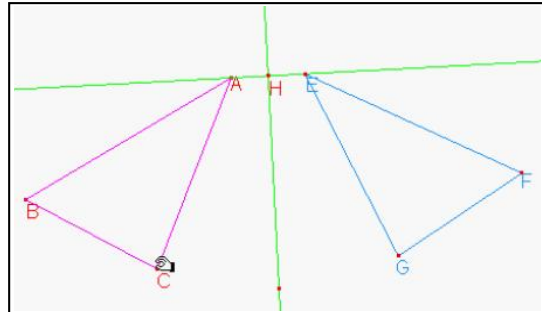
**Valentine** : oui...

**Amélie** : Pour... le segment... Attends... pour le segment AE...

**Valentine** : Et que peut-on déduire pour la droite d ?

**Amélie** : Ouais, que c'est la médiatrice.

**Valentine** : Euh... Ouais...



Nous pouvons lier cette proposition des stagiaires à un manque de connaissance au niveau du savoir didactique où une approche constructiviste par des apprentissages à travers des expérimentations et à travers des erreurs n'est pas du tout pris en compte par les stagiaires. En effet, elles préfèrent donner à l'élève des indications très précises dans la consigne ce qui réduit la tâche de l'élève à de simples constatations, que des conjectures et des expérimentations à travers le déplacement.

Nous pouvons penser que ce guidage excessif de l'élève qui ne lui laisse pas la possibilité de conjecturer à travers le déplacement dans Cabri mais qui réduit l'usage du déplacement à des constatations, peut être causé par le fait que les stagiaires voulaient contrôler toutes les actions de l'élève concernant les manipulations dans Cabri.

Ce guidage excessif de l'élève ne lui laissant aucune liberté, repéré chez ce binôme pendant notre deuxième expérimentation, semble aggravé dans les propositions des stagiaires pour notre expérimentation 3.

En effet, nous constatons qu'il y a une évolution chez le binôme « Amélie & Valentine » entre l'expérimentation 2 et l'expérimentation 3 par rapport à la présence de l'élève dans leur discours et par rapport à la prise en compte des difficultés des élèves. Cette évolution est sûrement due aux séances de formation en didactique que les stagiaires ont suivies entre les deux expérimentations.

En revanche, nous avançons que cette prise en compte de l'élève se traduit par un guidage excessif de celui-ci par les stagiaires où les stagiaires proposent des consignes très guidées.

On peut alors faire l'hypothèse que, par un soucis des apprentissages provoqués chez l'élève relatif au savoir  $S_{d-m}$ , les stagiaires voulaient être sur que l'élève voit ce qu'ils souhaitent qu'ils voient. Et ainsi, la prise de conscience, par les stagiaires, des éléments du savoir  $S_{d-m}$  et

des difficultés des élèves s'est accompagnée des consignes très guidées s'est traduit par un guidage excessif de l'élève ;

En revanche, nous nous interrogeons si c'est le fait de travailler dans l'environnement Cabri qui fait que les stagiaires proposent des activités très guidées, ou s'ils auraient le même comportement dans un travail dans l'environnement papier-crayon.

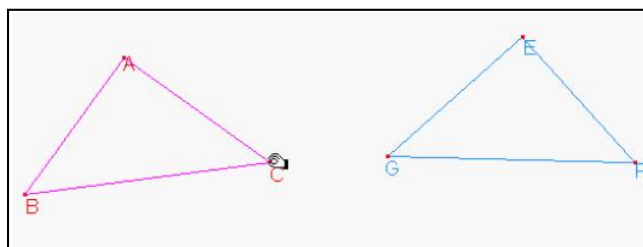
En outre, concernant la conception de l'activité dans Cabri, les stagiaires proposent l'usage du déplacement au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , pour demander à l'élève le symétrique de chaque sommet du triangle objet parmi les sommets du triangle image.

En revanche, dans cette proposition, nous ne constatons pas de réflexion de la part des stagiaires relevant du savoir  $S_{d-m}$ , puisque les stagiaires ne se sont pas interrogés pour savoir si l'élève comprenait ce que c'était qu'une transformation ponctuelle où le sommet-image dépend du sommet-objet.

**Amélie** : Pourquoi on mettrait pas EFG, et qu'on demande ben... quel point ça va être le symétrique de quel point, avant...

**Valentine** : faire bouger les points A, B et C et...

**Amélie** : Déplacer... les points A, B, C... Euh... Bon...



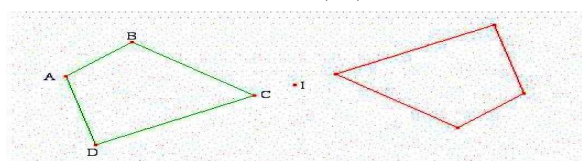
En effet, même si les stagiaires n'explicitent rien concernant leur proposition, nous pouvons penser qu'ils font référence à une des activités (Activité I-3.1.1) des séances de formation « Géométrie Dynamique » où il s'agissait de reconnaître l'image des sommets d'un quadrilatère dans une symétrie centrale à travers l'usage de la dépendance, dans le déplacement, entre le sommet objet et le sommet image.

### I-3.1.1 Tâche dans Cabri

Ouvrir une nouvelle feuille de dessin. Construire un quadrilatère ABCD. Créer un point O. Obtenir l'image du quadrilatère ABCD par la symétrie centrale de centre I.

#### Questions :

- Comment reconnaître l'image de A ? La nommer A'.  
Faire de même avec celles de B, C, et D.



Nous pouvons alors penser que les stagiaires prennent une situation de référence dans l'environnement Cabri portant sur une notion mathématique autre que la symétrie axiale, qui a été traitée pendant la formation « Géométrie Dynamique » et qu'ils l'adaptent à la symétrie axiale.

Concernant les apports de Cabri, l'analyse des conversations des stagiaires nous montre que le déplacement pour constater (Déplacement 3) est mis en avant par les stagiaires. De plus, celles-ci citent également comme apport de Cabri la visualisation d'une multitude de cas à travers le déplacement. En effet, les stagiaires lient cet aspect de déplacement à la différence entre un dessin papier-crayon et un Cabri-dessin.

**Valentine** : C'est qu'on peut bouger, et on peut voir une multitude de cas avec une seule figure, alors qu'en papier on doit à chaque fois redessiner.

**Amélie** : Ben c'est toujours le même avantage de Cabri... ça représente une configuration pas une...

**Valentine** : ça fait tous les cas d'un coup quoi

**Amélie** : C'est une configuration, on voit...

En ce qui concerne l'institutionnalisation, nous constatons que les stagiaires prévoient une institutionnalisation sur le fait que « l'axe de symétrie de deux points est la médiatrice de ces deux points » et en faisant référence à des manipulations effectuées par les élèves dans Cabri.

**Amélie** : il faut dire... on a vu que les axes de symétrie c'était à chaque fois les médiatrices des sommets images... et en fait l'axe de symétrie... dans une symétrie orthogonale... c'est la médiatrice...

**Valentine** : la médiatrice du point et de son image.

### *Le binôme « Gilles & Ezéchiël »*

Les stagiaires, avant de commencer la conception de la situation didactique dans Cabri, mènent une réflexion sur les difficultés des élèves à propos de la propriété d'orthogonalité.

**Gilles** : Mais le... dans l'orthogonalité... le truc c'est d'essayer de casser euh...

Il doit y avoir des situations où quand ils vont tracer simplement, en faisant des parallèles...

**Ezéchiël** : des parallèles à quoi ?

**Gilles** : Je sais pas comment dire. Parce que ce qu'ils peuvent essayer de faire c'est...

ouais, c'est si tu leur mets... Mais non, en fait, l'orthogonalité ils le font...

Tu vois, ce genre de truc ils peuvent le faire... mais là c'est pas lié à l'orthogonalité, parce que l'orthogonalité elle est là, la c'est plutôt report de mesure...

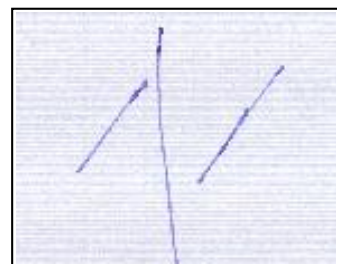
**Ezéchiël** : Mm...

**Gilles** : ... histoire de parallèles... Mais t'étais au truc

de... Formateur X pour la symétrie ?

**Ezéchiël** : Non, c'était quoi ?

**Gilles** : Et ben, c'était un truc là-dessus, et c'est pour ça que ce type de d'erreur ne vient pas par hasard.



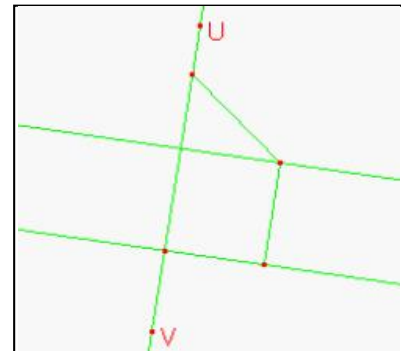
Nous constatons alors que les stagiaires font référence aux séances de formation en didactique, en citant le procédé erroné de type « parallélisme » au niveau du savoir  $S_{d-m}$  comme un exemple de tracé erroné de symétrie d'un segment sans utiliser les propriétés de la symétrie axiale.

La nature de la figure est prise en compte par les stagiaires mais également le procédé de construction que l'élève peut effectuer pour obtenir le symétrique. Ainsi, ils décident de proposer une figure composée des segments et décident de ne pas demander le symétrique d'un cercle qui demande un procédé de construction différent.

**Gilles** : Et puis un cercle, en plus, j'ai l'impression que ça complique tout... non ?  
**Ezéchiel** : Ouais, parce qu'ils connaissent... ils sauront facilement faire le centre...  
**Gilles** : Ouais...  
**Ezéchiel** : Mais le reste... le rayon c'est un peu plus difficile, quoi.  
**Gilles** : Ah parce que moi, l'idée c'était que comme ils avaient que des points... à chaque fois...  
**Gilles** : Mais moi, je me disais que là, le truc c'est que ça marchait que par points. Tu vois ? C'est un objet qui permet pas de... t'es obligé de faire plus ou moins que point par point...  
**Ezéchiel** : Ouais non, mais t'as raison, enfin... il faut un truc où il y ait pas de...  
**Gilles** : Il faut que ça soit point par point  
**Ezéchiel** : Ouais, voilà.

Les stagiaires proposent, dans un premier temps, de donner à l'élève la moitié d'une figure à être complétée par la symétrie axiale. Ainsi, ils donnent à l'élève un moyen de validation visuel sur son tracé en plus de la résistance au déplacement d'un tracé que s'il est construit en utilisant les propriétés géométriques liées à la symétrie axiale.

Ainsi, les stagiaires décident d'abord de donner à l'élève la moitié d'une maison. En revanche, en menant une réflexion sur les procédés de construction d'élèves dans l'environnement Cabri, les stagiaires se rendent compte qu'avec une figure composée des segments perpendiculaires et des segments parallèles à l'axe de symétrie, les procédés d'élèves de types « prolongement » et « parallélisme » restent dans leur domaine de validité, malgré le déplacement.



**Ezéchiel** : Un début de maison... Mais là, l'orthogonalité... je trouve que là, le fait que ce soit perpendiculaire pour l'orthogonalité c'est pas génial, quoi. Il suffit de poursuivre ce truc...  
**Gilles** : oui...  
**Ezéchiel** : Tu penses qu'ils feraient une parallèle à ça ?  
**Gilles** : oui...  
**Ezéchiel** : Ben ouais mais le problème c'est qu'il reste justement de faire une parallèle à ça, et donc ils verront pas... l'orthogonalité là-dedans...  
**Gilles** : ouais...

L'analyse des conversations des stagiaires nous montre alors qu'ils arrivent à mener une réflexion au niveau du savoir  $S_{d,i}$  concernant les procédés d'élèves dans Cabri, et qu'ils arrivent à lier ces procédés d'élèves à des procédés de type « prolongement » et « parallélisme » pour conclure sur leur domaine de validité dans l'environnement Cabri.



Ainsi, les caractéristiques de la figure à proposer à l'élève sont dégagées par les stagiaires à travers deux éléments :

- une figure composée des segments dont on peut prendre le symétrique au moyen des points déjà existants.
- une figure qui n'a pas d'élément construit comme étant déjà perpendiculaire à l'axe de symétrie dans le but d'empêcher que les procédés de type « parallélisme » et « prolongement » soient dans leur domaine de validité dans Cabri.

**Ezéchiël** : Il faut que ce soit point par point... déjà... enfin, il faut que le tracé du symétrique se fasse point par point... et, il faut pas que les segments soient perpendiculaires... déjà à l'axe.

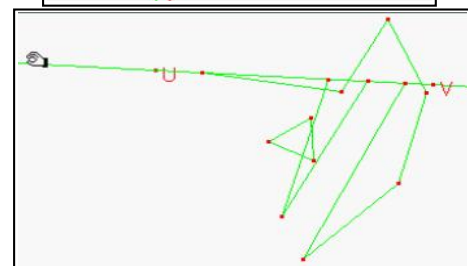
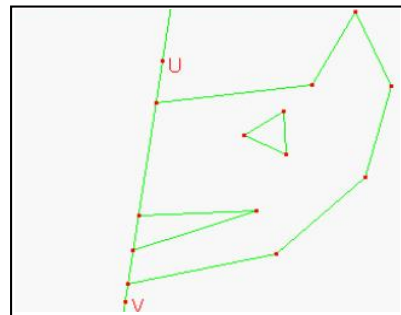
**Gilles** : Parce que sinon il vont faire toujours parallèles au bord de la feuille...

**Ezéchiël** : Ils risquent de faire des parallélismes.

**Gilles** : Ouais, de faire du parallélisme... donc voilà.

Les stagiaires effectuent alors une tentative de construction de la moitié d'un visage qui ne possède aucune propriété géométrique (et donc pas d'éléments perpendiculaires ni parallèles à l'axe de symétrie). En revanche, comme la figure construite par les stagiaires dans Cabri n'est pas construite avec une dépendance entre ses éléments par des propriétés géométriques, les stagiaires constatent avec le déplacement de l'axe de symétrie que leur figure initiale ne résiste pas au déplacement.

Ils jugent alors, eux-mêmes, leur proposition d'activité comme une proposition non adaptée à l'environnement Cabri parce que la figure se déforme avec le déplacement.



**Ezéchiël** : ça marche pas très bien, quand on bouge, quoi...

**Gilles** : Ouais...

**Ezéchiël** : Surtout que... surtout que par rapport à Cabri...

**Gilles** : Ouais, le truc c'est que... ouais, mais je vois pas... ouais, donc moi... mon idée ça serait plus papier crayon, en fait... ça serait pas très Cabri. Parce que l'intérêt de bouger... après... surtout qu'on peut bouger ces... la droite... c'est pas un truc très jojo quoi...

Les conditions pour que l'activité soit adaptée à l'environnement Cabri sont alors exprimées par les stagiaires par deux éléments :

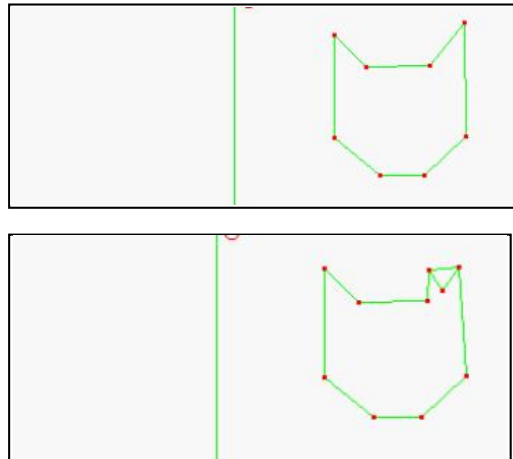
- soit la figure doit être construite avec des éléments qui ont des liens de dépendance à travers les propriétés géométriques, ce qui impliquera que la figure soit résistante au déplacement quand on déplace l'axe de symétrie

- soit la figure ne doit pas posséder d'élément qui dépende de l'axe de symétrie, ce qui impliquera qu'il n'y ait pas de changement dans la nature de la figure lors du déplacement de l'axe de symétrie.

**Ezéchiél** : Le problème c'est qu'il faudrait que tout bouge avec la... en fait, ça c'est parce qu'on a laissé les points sur la droite, alors que si on les avait pas mis sur la droite... ben... le symétrique... enfin, la droite aurait restée indépendante du motif...  
**Gilles** : Ouais, c'est ça...

Les stagiaires décident alors de proposer une figure qui ne possède pas d'élément qui dépende de l'axe de symétrie et ils abandonnent l'idée de proposer la moitié d'une figure à compléter par la symétrie axiale.

De plus, les stagiaires font une réflexion au niveau du savoir  $S_{d-m}$  concernant la nature de la figure. En effet, les stagiaires prennent en compte le fait que le tracé du symétrique d'une figure qui possède déjà un axe de symétrie implique que le procédé de type « translation » soit dans son domaine de validité. Ainsi, ils cherchent à proposer une figure qui n'admette pas d'axe de symétrie en elle-même pour la tâche de construction de symétrique par rapport à un axe donné.



**Ezéchiél** : Mais là c'est déjà une figure symétrique en elle-même, ce qui est pas génial, mais...  
**Gilles** : Mm... la droite...  
**Ezéchiél** : Notre chat il cassé son oreille... donc voilà... notre chat comme ça...  
**Gilles** : Oui... ah oui... c'est mieux ça... ouais...

Concernant les apports de Cabri, les stagiaires explicitent l'usage du déplacement pour constater la dépendance entre les éléments de la figure objet et les éléments de la figure image.

**Ezéchiél** : Et quand ça déforme le chat... donc quand il déforme le chat, il va se déformer de l'autre côté, donc l'effet miroir... c'est quand même bien.

En effet, l'analyse des conversations des stagiaires nous montre qu'ils sont conscients que l'activité qu'ils ont conçue n'est pas vraiment une bonne activité pour l'apprentissage de la symétrie axiale dans l'environnement Cabri ; mais ils expriment eux-mêmes leur incapacité à créer des activités dans Cabri, et leur besoin d'activités desquelles ils pourront partir et auxquelles ils pourront faire référence.

**Ezéchiël** : C'est pas évident comme question. Je sais pas, ça se trouve... ouais, j'irais chercher dans la littérature, s'il y a déjà quelque chose qui a été fait. Tu as une autre idée, Gilles ?

Nous constatons alors que malgré le fait que les stagiaires prennent en compte les éléments du savoir  $S_{d-m}$  sur la symétrie axiale, et malgré le fait qu'ils arrivent à identifier les apports de l'environnement Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , ils n'arrivent pas à concevoir de situation didactique dans l'environnement Cabri qu'eux, ils jugent comme une bonne activité.

Ceci peut être dû au fait que dans la recherche d'activité à proposer, les stagiaires commencent leur réflexion par un raisonnement dans l'environnement papier-crayon, et essaient d'adapter leur idée pour l'environnement papier-crayon à l'environnement Cabri en cherchant les apports de Cabri.

En effet, les stagiaires ayant des connaissances suffisamment approfondies au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , repèrent que l'adaptation de leur idée à l'environnement Cabri ne présente pas beaucoup d'apports par rapport à l'environnement papier-crayon et concernant l'usage des spécificités de Cabri.

Nous pouvons alors dire que les stagiaires arrivent à effectuer une analyse didactique au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , pour une situation didactique dans l'environnement Cabri qu'eux-mêmes, ils ont conçue et qu'ils arrivent à dégager que leur situation n'est pas vraiment intéressante pour l'environnement Cabri ; en revanche, ils n'arrivent pas à concevoir une situation didactique qu'ils jugeront intéressante à proposer dans Cabri, par manque de situations dans l'environnement Cabri auxquelles ils pourront se référer.

En ce qui concerne la question de l'institutionnalisation, nous constatons que l'institutionnalisation proposée par les stagiaires porte sur la propriété d'orthogonalité, et sur la conservation des distances. L'analyse des conversations des stagiaires nous montre qu'ils prévoient une institutionnalisation qui utilise les manipulations des élèves dans l'environnement Cabri, et qui fait référence aux constructions effectuées par les élèves dans Cabri.

**Ezéchiël** : Il faut tracer les perpendiculaires, sinon ça marche pas...

**Gilles** : Et quelle que soit l'inclinaison de l'axe.

**Ezéchiël** : Ouais, tout à fait... il faut toujours faire les perpendiculaires... et donc là, ça s'entraîne... ça s'entraîne vraiment sur la perpendiculaire... Et après on peut parler aussi de la conservation des distances... c'est-à-dire que la distance du chat au miroir est la même que son reflet au miroir...

**Gilles** : oui...

→ le rôle de l'orthogonalité dans la symétrie,  
même si l'axe bouge il y a toujours orthogonalité.  
→ conservation des distances.

### *Le binôme « Mathilde & Nathan »*

Pour la conception de la situation didactique, les stagiaires partent avec l'idée que l'orthogonalité dans une symétrie axiale se voit plus quand l'axe de symétrie est vertical.

Les stagiaires proposent alors de fixer l'axe de symétrie dans Cabri dans la position verticale.

**Nathan** : ... l'orthogonalité... tu la vois plus avec un axe vertical quoi... alors que si tu fais un truc penché...  
surtout euh... ben déjà, moi, je ferais un premier... euh... je ferais un axe vertical quoi... au début...  
**Mathilde** : oui mais, sur Cabri, la droite, elle peut bouger donc...  
**Nathan** : Ah oui... c'est ça... Ah mais non ! tu peux l'imposer.  
**Mathilde** : c'est vrai.  
**Nathan** : donc tu peux imposer au début... tu peux imposer cette droite-là. Verticale.

Nous pouvons penser que cette première réflexion des stagiaires peut être due à un manque de connaissances au niveau du savoir  $S_{d-m}$ .

En effet, au niveau du savoir  $S_m$ , pour les stagiaires l'orthogonalité du segment qui joint un point et son image à l'axe de symétrie est exactement de même nature quand l'axe de symétrie est oblique, ou quand il est vertical, puisque les stagiaires raisonnent à travers des propriétés géométriques.

En effet, le fait que l'orthogonalité se voit mieux quand l'axe de symétrie est vertical est vrai, comme le disent les stagiaires, puisqu'il y a des informations spatio-graphiques qui aident à la visualisation de cette orthogonalité.

Or, concernant les élèves, pour qui l'usage des informations spatiales et des informations géométriques n'est pas aussi évident que pour les stagiaires, la position verticale de l'axe peut ne pas être une aide à la visualisation de l'orthogonalité mais au contraire un obstacle à cette orthogonalité, puisque les élèves risquent de n'utiliser que les informations spatiales comme les bords de la feuille et ne pas du tout raisonner à travers des propriétés géométriques.

Une fois que les stagiaires effectuent la construction de la figure qu'ils pensent proposer aux élèves dans Cabri, ils décident, en revanche, de ne pas fixer l'axe de symétrie dans la position verticale.

**Nathan** : j'essaie de réfléchir avec Cabri quoi... qu'est-ce qui peut être intéressant... cet aspect dynamique... ce côté où on peut demander si c'est perpendiculaire à chaque moment...  
Non, mais déjà... sinon, on fait un truc au début ... euh... on fait d'abord un axe vertical, et puis après il faut le bouger, parce que sinon... ça devient une symétrie un peu... tu vois ?... c'est justement si on fait bouger le truc et qu'on a encore la perpendicularité, on a une symétrie axiale... parce que sinon, c'est trop impliqué... c'est trop euh... on a l'impression qu'on prend la page et on la plie en deux quoi.

Nous pouvons penser, par l'analyse des conversations des stagiaires, que le fait d'effectuer la construction dans Cabri a peut-être permis aux stagiaires de repérer la possibilité de l'usage du déplacement dans Cabri à travers lequel une construction utilisant les informations spatio-graphiques ne sera invalidé qu'à travers le déplacement.

Nous constatons alors que la différence entre une perpendicularité construite utilisant les informations spatiales qui ne résistera pas au déplacement dans Cabri, et une perpendicularité construite utilisant les propriétés géométriques qui restera perpendiculaire lors du déplacement, est prise en compte par les stagiaires qui décident de ne pas fixer l'axe de symétrie dans la position verticale. Les stagiaires font, de plus, référence aux séances de formation en didactique au niveau du savoir  $S_{d-m}$  par rapport aux difficultés des élèves pour effectuer des constructions de symétrie de figures avec un axe oblique.

**Mathilde** : non mais c'est vrai que c'est mauvais de donner toujours un axe vertical... ben, ça, on nous l'a dit... mais après les élèves, ils ont toujours des axes verticaux ou horizontaux... et après dès que c'est un peu incliné, ils arrivent plus à faire quoi. Donc, c'est pour ça, qu'à la limite...

**Nathan** : non, tu vois ! donc, c'est pour ça que tu vois, là, il vaut mieux faire un axe qui n'est pas... euh

**Mathilde** : qui est pas... ni vertical, ni horizontal quoi.

**Nathan** : oui. Voilà. Et comme ça on...

En outre, pour la conception de la situation didactique, les stagiaires proposent d'abord d'utiliser la grille de Cabri comme une adaptation du papier quadrillé de l'environnement papier-crayon à l'environnement Cabri.

**Nathan** : Eh ben tu fais une figure avec... tu fais une figure qui touche les points. Moi, avec Cabri... je mettrais avec Cabri... parce qu'on est aidée par ça, des points...

**Mathilde** : pardon ?

**Nathan** : je disais en fait, moi, je mettrais bien quand même les petits points... quand même.

**Mathilde** : ouais... tracer le symétrique d'un point tu veux dire ?

**Nathan** : c'est vrai qu'on fait le... ah non non ! je parle des petits points du quadrillage en fait !

La justification de l'usage de la grille dans Cabri est donnée par les stagiaires par le fait que la grille favorise une approche ponctuelle de la symétrie axiale à travers la mise en avant des points.

**Nathan** : ... Donc, en faisant les petits points tu insistes, je pense... euh... tu insistes visuellement sur le fait que ce sont les points qui sont intéressants. Tu vois ?

**Mathilde** : ouais...

En revanche, par la suite, une fois que les stagiaires effectuent la construction dans Cabri et une fois qu'ils déplacent les objets, ils proposent alors d'enlever la grille dans Cabri.

**Nathan** : Voilà... donc bouge A...

**Mathilde** : et donc après... ah oui mais, c'est un peu nul !

**Nathan** : mais pourquoi ?...

**Mathilde** : eh ben regarde on a fait déplacer sur les points... c'est vraiment nul !

*(les éléments de la figure construits sur la grille sautent sur les points de cette grille lors du déplacement)*

**Nathan** : ah oui, c'est nul, c'est nul ça. Alors, il faut enlever le quadrillage.

**Mathilde** : oui remarque oui. Ouais mais, d'un côté ça permet de bien voir l'orthogonalité là. Parce que si t'as pas de quadrillage, ben, ils le voient pas l'orthogonalité.

**Nathan** : ben si... parce que quand même... attends, il est où le quadrillage ?... c'est où ?

**Mathilde** : grille.

**Nathan** : grille... alors attend... si moi... j'enlève ça... je bouge ça...

**Mathilde** : mais non mais, là, tu t'accroches toujours à la grille. Donc ça va pas. il faut carrément supprimer la grille.

... Attends ! je supprime ce truc parce qu'il m'énerve là... regarde il est tout le temps sur la grille... d'ailleurs on va carrément supprimer la grille parce que... voilà... bon.

Et ça ce point ?... allez, on supprime tout ! ça m'énerve...

En effet, les stagiaires enlèvent la grille dans Cabri car les points qu'ils ont construits sur la grille ne se déplacent que sur cette grille.

Ceci peut nous montrer l'importance du déplacement et de la liberté de déplacement dans Cabri, pour les stagiaires qui décident d'enlever la grille parce qu'elle réduit la possibilité de déplacement des objets.

En ce qui concerne la situation conçue par les stagiaires, ils proposent, en effet, une suite d'activités construite en trois temps.

Dans un premier temps, les stagiaires proposent de donner à l'élève un point et son symétrique par rapport à une droite. La tâche de l'élève dans cette première activité proposée par les stagiaires est d'utiliser le déplacement pour observer les liens de dépendance entre les objets afin de dégager les propriétés géométriques à travers le déplacement du point objet et de l'axe de symétrie.

**Nathan** : ... A'... je le fais bouger... je vais bouger le point A, n'importe où... je l'approche, lui, il s'approche... d'accord... ah oui, on a quand même l'impression que c'est toujours sur la même ligne, tu vois ?... vertical... enfin, on sent que c'est toujours sur le même horizon quoi.

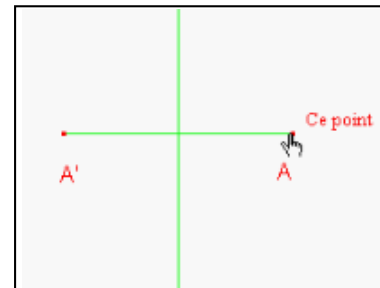
**Mathilde** : oui, oui.

**Nathan** : alors, après, tu peux leur demander qu'est-ce qu'on peut déduire de... ah ben au pire des... euh... soit on est un peu... on peut leur dire qu'est-ce qu'on peut déduire de la droite AA' et la droite verte ?... ils vont dire : ah ben tiens ! ... on va dire... on vous dit que A', c'est le symétrique... et puis euh...

en faisant bouger A et A'... et puis là, ils peuvent le voir en fait, en traçant la droite... c'est peut-être pas mal ça.... Par ce point...

**Mathilde** : tu peux faire le segment aussi

**Nathan** : oh mais... oui, oui, si, t'as raison. Attend... ce point... ce point... et je pense que ils peuvent demander perpendiculaire.... Voilà. S'ils ont...



Par rapport à la nature de la figure, les stagiaires décident de commencer par un point et de traiter d'abord le symétrique d'un point.

En effet, les stagiaires explicitent qu'ils font le choix de commencer en traitant d'abord le symétrique d'un point, par le fait que pour obtenir le symétrique d'une figure quelconque il faut savoir construire le symétrique des points de cette figure. Ainsi, on peut penser qu'il s'agit de favoriser une approche ponctuelle de la symétrie axiale dans l'activité que les stagiaires proposent.

**Mathilde** : ... non mais, en fait, de toute façon Cabri, l'intérêt c'est que bon ben ils fassent bouger la figure et pour qu'ils concluent à la fin la propriété qui est vraie dans tous les cas. Bon, là ils auront à observer que sur un nombre isolé dans un cas particulier mais l'intérêt c'est ça quoi,

**Nathan** : ben en fait, il faut le faire pour plus de points, ce qui veut peut-être que ça marche pour A' et A quoi.

**Mathilde** : ouais... voilà, donc on fait ça, on les fait bouger et ils remarquent que la droite est toujours perpendiculaire...

**Nathan** : oui, parce que faire une figure c'est pas seulement si... t'as pas ça, déjà il faut le faire point par point. Ça veut rien dire que la figure est... parce qu'ils savent pas la symétrie orthogonale, tu vois ?

**Mathilde** : ouais

**Nathan** : et puis ils peuvent se dire que la droite est perpendiculaire..

**Mathilde** : ouais

**Nathan** : tu vois, alors par contre une figure... on peut pas dire qu'une figure est perpendiculaire à une autre donc, forcément c'est des points de la figure et ça c'est déjà une étape qui est quand même déjà plus difficile

**Mathilde** : ouais

**Nathan** : donc qu'ils arrivent c'est quand même compliqué de...

**Mathilde** : de passer tout de suite à la figure

Les stagiaires explicitent, de plus, qu'ils prévoient l'institutionnalisation pour cette première activité, comme étant la propriété « l'axe de symétrie de deux points est la médiatrice du segment qui relie le point objet et le point image » à travers la perpendicularité et l'équidistance.

**Nathan** : il faut qu'on fasse une institutionnalisation là...

**Mathilde** : ouais, une institutionnalisation c'est euh... c'est le cours en fait, après c'est quand on fait le rappel de cours

**Nathan** : dire que c'est la médiatrice

**Mathilde** : voilà, c'est ça, une fois que... c'est juste...

**Nathan** : que l'axe en fait c'est la médiatrice

**Mathilde** : la médiatrice

**Nathan** : orthogonalité et distances... tu mets entre parenthèses orthogonalité et distances

**Mathilde** : ouais...

En effet, dans la suite d'activités que les stagiaires proposent, ils prévoient une institutionnalisation suite à la première activité dans Cabri, avant de passer à la deuxième activité.

Ainsi la première activité proposée par les stagiaires concerne la « découverte », à travers le déplacement dans Cabri, des propriétés de la symétrie axiale qui seront institutionnalisées par la suite en faisant référence aux manipulations effectuées par les élèves dans Cabri.

Suite à cette institutionnalisation, les stagiaires proposent alors une deuxième activité aux élèves où il s'agit de la mise en œuvre des propriétés de la symétrie axiale institutionnalisées.

**Mathilde** : donc je re-détaille là ? donc là, c'est une première activité, en fait c'est introduction ou définition.

**Nathan** : oui... presque application, après où t'appliques sur d'autres trucs

**Mathilde** : voilà, et là en fait, je dis « on dit qu'A' est le symétrique de A par rapport à la droite... » ou... je sais pas comment le formuler... voilà, et après application... etc, enfin... Et là, BB' euh... et donc là on pose de nouvelles questions, quoi.

**Nathan** : ouais, ou on vérifie et après on note quand même maintenant ce qu'on sait pour la...

**Mathilde** : ouais, donc là je fais quatre euh... B symétrique... B' symétrique de B... ... bon, voilà et Q5 « C' symétrique de C »...

En effet, la deuxième activité proposée par les stagiaires concerne l'usage du déplacement pour vérifier si deux points sont symétriques par rapport à un axe donné.

**Nathan** : pareil, tu vois, j'ai un truc comme ça, je ferais... est-ce que le point A' ... est-ce que je ferais un point A et un point B ? ou c'est justement par la symétrie... je fais « est-ce que le point B' peut-il être symétrique de A ? »

**Mathilde** : donc euh...

**Nathan** : « vérifier sur votre figure » en fait, dont une qui marche pas par exemple... tu vois ?

**Mathilde** : ouais... B et B' ... tel que euh... on va dire par exemple euh... on va prendre I, donc I est toujours l'intersection de delta et de BB', tel que BI=B'I, mais...

**Nathan** : mais pas orthogonal..



Nous constatons que cette deuxième situation proposée par les stagiaires est une situation qui ne peut exister que dans l'environnement Cabri, puisque pour sa résolution il s'agit d'utiliser le déplacement pour dégager les propriétés géométriques (perpendicularité et équidistance) qui lient deux points, par la dépendance entre les objets, afin de conclure s'ils sont symétriques ou pas, à travers l'interprétation des phénomènes spatio-graphiques observés sur l'écran en termes géométriques.

**Nathan** : par contre en faisant ça, on fait que d'un point à un point... donc c'est vrai que là on a laissé complètement le côté forme et forme... (*transformation de figures*)

**Mathilde** : voilà, mais ça... ça vient au cours du deuxième temps quoi...

**Nathan** : oui c'est après, après. Ouais tout à fait.

**Mathilde** : une fois qu'ils ont bien compris...

Dans la suite de situation que les stagiaires proposent, ils prévoient une dernière activité où il s'agit de la construction de symétrie de figures par l'élève dans Cabri.

**Nathan** : tu vois comme ça en plus il y a un esprit de construction qu'on a pas trop fait..

**Mathilde** : ouais

**Nathan** : d'observation, après dans le second temps moi je ferais ça.

**Mathilde** : oui, oui, mais ça c'est pareil. Ouais c'est clair, c'est un second temps, là c'était plus un peu euh... qu'ils comprennent

**Nathan** : mais avec Cabri ce que c'est... c'est parce que c'est avec Cabri quoi.

**Mathilde** : ouais, mais c'est vrai que ça, ça serait peut-être une troisième partie

**Nathan** : ouais

**Mathilde** : là, premièrement : introduction, ils observent les propriétés. Deuxièmement : ils voient sur d'autres cas, c'était quand même construit par nous. Et troisième temps : expérimentation, ils construisent eux-mêmes. je suis d'accord avec toi, ouais.

En ce qui concerne les apports de Cabri exprimés par les stagiaires, outre le déplacement pour valider/invalidier (Déplacement 1), le déplacement pour conjecturer (Déplacement 2) est mis en avant par les stagiaires. Un autre apport de Cabri sur lequel les stagiaires insistent, c'est la possibilité d'expérimentation sur des objets géométriques qu'offre l'environnement Cabri.

**Mathilde** : « quel sont les apports d'environnement Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon pour cette activité ? » et ben...

**Nathan** : ben il y a déjà bon, après il y aura la vérification, c'est quand même assez agréable... et puis il y a le fait de pouvoir déplacer euh...

**Mathilde** : ben oui

**Nathan** : pour faire une conjecture... toujours pareil quoi,

**Mathilde** : pouvoir vérifier euh... pouvoir expérimenter quoi.

**Nathan** : ouais, pouvoir expérimenter sans faire euh... sans donner plein de... de cas... de figure quoi, ça permet d'avoir...

**Mathilde** : quels sont les apports d'environnement Cabri ?... ben voilà c'est ça, c'est l'expérimentation...

## Synthèse de l'analyse des propositions des binômes

Nous synthétisons dans le tableau ci-dessous les réflexions des stagiaires que nous avons pu repérées, sur les variables liées à la symétrie axiale au niveau du savoir  $S_{d-m}$  et leur place dans les séances de formation en didactique :

Réflexions des stagiaires sur les variables liées à la symétrie axiale au niveau du savoir $S_{d-m}$ et leur place dans les séances de formation en didactique						
	Procédures erronées d'élèves	Position de la figure	Position de l'axe	Intersection entre la figure et l'axe	Régularité de la figure	Quadrillage
<b>Formation en didactique</b>	X	X	X	X		X
<b>Analyse A Priori</b>	X	X	X	X		X
<b>Analyse A Postérieur</b>	<b>Amélie &amp; Valentine</b>		X	X		
	<b>Gilles &amp; Ezéchiel</b>	X	X	X	X	X
	<b>Mathilde &amp; Nathan</b>	X	X	X		X

Comme le tableau ci-dessus le montre, tous les stagiaires prennent en compte les variables de la position de l'axe de symétrie et la position de la figure pour concevoir des tâches avec Cabri pendant notre expérimentation.

Nous constatons également que les procédures erronées d'élèves pour une tâche de tracé de figure symétriques sont également prises en compte par deux binômes sur trois.

Ces deux mêmes binômes mènent de plus une réflexion concernant l'existence d'un support quadrillé pour l'activité qu'ils ont à préparer dans Cabri. En revanche, un binôme refuse l'usage du support quadrillé fourni par la grille de Cabri pour des raisons liées au savoir  $S_i$  (les éléments construits sur les points de la grille se déplacent en sautant sur ces points, ce qui réduit la continuité lors du déplacement) ; et le refus de l'usage de la grille par l'autre binôme se situe au niveau du savoir  $S_{d-m}$  concernant l'influence du quadrillage sur les procédures d'élèves.

Nous pouvons alors repérer d'une part un impact des séances de formation en didactique puisque même pour la conception d'une situation dans l'environnement Cabri les stagiaires font référence aux séances de formation en didactique qui portaient uniquement sur le savoir  $S_{d-m}$  dans l'environnement papier-crayon ; et d'autre part l'importance du déplacement pour

les stagiaires qui refusent d'utiliser la grille de Cabri pour l'unique raison que celle-ci réduit la possibilité de déplacement des objets.

En revanche, nous constatons que pendant notre expérimentation seulement un binôme mène une réflexion sur la variable de l'intersection entre la figure et l'axe de symétrie pour une tâche de construction de figures symétriques.

Nous pouvons penser que la non prise en compte de cette variable par les stagiaires peut être liée au fait qu'ils avaient à préparer une situation dans l'environnement Cabri où avec le déplacement de la figure objet il est possible de changer la valeur de cette variable à tout moment.

Concernant le travail des stagiaires dans l'environnement Cabri, nous avons synthétisé dans le tableau suivant la confrontation des résultats de l'analyse des réponses des stagiaires pour l'Expérimentation 3 avec l'analyse a priori par rapport à l'apparition des spécificités de Cabri au niveau du savoir  $S_{d-i}$  ; ainsi que la place de ces spécificités dans les séances de formations « Initiation Cabri » et « Géométrie Dynamique » au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ .

	<u>Expé. 3</u>	<u>Géométrie Dynamique</u>						<u>Initiation Cabri</u>				<u>Expé. 3</u>		
	<u>A priori</u>	<u>Discours du formateur</u>		<u>Document écrit de travail</u>				<u>Discours du formateur</u>		<u>Document écrit de travail</u>		<u>A posteriori</u>		
	$S_{d-i}$	$S_i$	$S_{d-i}$	$S_i$ Explicite	$S_i$ Implicite	$S_{d-i}$ Expl	$S_{d-i}$ Implicite	$S_i$	$S_{d-i}$	$S_i$ Explicite	$S_i$ Implicite	$S_{d-i}$		
												Amélie & Valentine	Gilles & Ezéchiél	Mathilde & Nathan
Déplacement	Déplace1 Déplace2 Déplace3	Déplace1 Déplace2 Déplace3	Déplace1 Déplace2 Déplace3	X Déplace3	Déplace1 Déplace2 Déplace3		Déplace1 Déplace2 Déplace3	Déplace1	Déplace1 Déplace2 Déplace3	X	Déplace1 Déplace3	Déplace3	Déplace1 Déplace3	Déplace1 Déplace2 Déplace3
Construction /Dépendance entre les objets	Cons/Dép 1 Cons/Dép 2 Cons/Dép 3	Cons/Dép 1 Cons/Dép 3	Cons/Dép 1 Cons/Dép 3	Cons/Dép 3	Cons/Dép 1 Cons/Dép 3		Cons/Dép 1 Cons/Dép 3	Cons/Dép 1 Cons/Dép 3	Cons/Dép 1 Cons/Dép 3	Cons/Dép 2	Cons/Dép 1 Cons/Dép 2 Cons/Dép 3	Cons/Dépd1 Cons/Dépd3	Cons/Dépd1 Cons/Dépd3	Cons/Dépd1 Cons/Dépd3
Symétrie Axiale	X	X	X		X		X	-X-				X		X
Trace	X	X	X	X	X		X	X	X	X				
Config. des outils	X	X	X					X	X				X	
Macro construction	X	X	X					X	X					
Boîte noire	X	X	X	X	X		X							X

Déplacement 1 : Déplacer pour valider ou invalider.

Déplacement 2 : Déplacer pour conjecturer

Déplacement 3 : Déplacer pour constater

Constr/Dépend 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

Constr/Dépend 2 : Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui en dépendent.

Constr/Dépend 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

## II. Conclusion de l'analyse des résultats de l'expérimentation 3

L'analyse des résultats de l'expérimentation 3 nous a montré que les spécificités Déplacement3 (Déplacer pour constater), Construction/Dépendance 1 (Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement) et Construction/Dépendance 3 (Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction) sont proposées par tous les stagiaires au niveau du savoir  $S_{d-i}$  concernant la situation qu'ils ont conçue dans Cabri.

En effet, concernant la spécificité « Déplacement » de Cabri, nous pouvons dire que c'est sur l'usage du déplacement pour constater (Déplacement 3) que les stagiaires font le plus de réflexion, et qu'ils mettent en œuvre le plus dans la conception de situations didactiques dans Cabri relativement au savoir  $S_{d-i}$ .

En revanche, concernant le déplacement pour conjecturer (Déplacement 2), seul un binôme essaye de mettre en œuvre son usage au niveau du savoir  $S_{d-i}$  en cherchant à concevoir une activité dans Cabri où il s'agisse de l'usage du déplacement pour conjecturer par l'élève pour résoudre l'activité.

Les activités dans Cabri dont la résolution demande l'usage du déplacement pour conjecturer, sont en général des activités qui sont spécifiques à l'environnement Cabri et qui n'ont pas d'équivalent dans l'environnement papier-crayon.

En effet, les activités où il s'agit essentiellement de la mise en œuvre du déplacement pour constater (Déplacement 3) sont des activités construites comme dans l'environnement papier-crayon ; ainsi le déplacement est utilisé une fois que la construction est effectuée dans Cabri dans le but de constater des faits. Or, concernant le déplacement pour conjecturer (Déplacement 2), il est utilisé par l'élève pour la résolution même de la tâche.

Ainsi, l'on peut penser que la conception d'une situation didactique dans Cabri utilisant le déplacement pour conjecturer demande un degré d'intégration plus élevé que la conception de situations didactiques utilisant d'autres spécificités de Cabri.

Mais aussi, il est à noter que la mise en œuvre du déplacement pour conjecturer (Déplacement 2) demande des situations plus ouvertes. Ainsi, les situations où le déplacement pour constater (Déplacement 3) est utilisé sont beaucoup plus fermées que les situations où le déplacement pour conjecturer est utilisé.

Or, l'analyse des propositions des stagiaires nous a montrée qu'ils préparaient des situations avec des consignes très guidées ne laissant pas, à l'élève, la liberté de conjecturer dans Cabri.

En effet, nous avons fait l'hypothèse que la conception, par les stagiaires, des situations fermées dans Cabri pouvait être lié au fait qu'ils voulaient s'assurer sur la conformité de ce que l'enseignant voudrait que les élèves fassent comme activité mathématique et de ce qu'ils font réellement, par un soucis des apprentissages provoquées chez l'élève relatif au savoir  $S_{d-m}$ .

Or, dès le début et tout au long de l'année de formation à l'IUFM, les stagiaires ont été formés sur les problèmes ouverts à travers différents modules et à travers les ateliers mémoire (et pas seulement concernant les TICE).

Nous pouvons alors nous interroger sur l'inter-liaison entre l'usage des TICE par les stagiaires et leurs conceptions sur les situations didactiques qu'ils ont à proposer indépendamment des nouvelles technologies :

- Est-ce que c'est le fait de travailler dans l'environnement Cabri qui fait que les stagiaires proposent des activités très guidées et des situations fermées ?

ou ;

- Est-ce que c'est les conceptions des stagiaires sur les situations didactiques qu'ils ont à proposer, indépendamment des TICE, qui intervient sur leurs propositions d'activités dans Cabri ?

En outre, nous avons repéré chez tous les stagiaires une mise en avant de la spécificité « Déplacement » de Cabri. En effet, tous les stagiaires essaient de concevoir des situations dans Cabri où le déplacement est utilisé par l'élève.

De plus, tous les stagiaires semblent être conscients du contrat de résistance au déplacement et explicitent le fait que l'élève doit effectuer une construction qui résiste au déplacement pour que sa construction soit validée par le déplacement dans Cabri ; malgré le fait qu'un binôme ne propose pas l'usage du déplacement pour valider la construction de l'élève dans leur activité, puisqu'ils préfèrent donner tous les étapes de construction à effectuer dans la consigne.

Concernant la spécificité « Construction / Dépendance entre les objets », nous pouvons dire que les stagiaires arrivent à concevoir des situation dans Cabri intégrant cette spécificité.

En effet, nous constatons que l'usage des spécificités « Construction/Dépendance 1 » (Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement) et « Construction/Dépendance 3 » (Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction) au niveau du savoir  $S_{d-i}$  dans la conception d'une activité dans l'environnement Cabri est proposé par tous les stagiaires.

Par contre, « Construction/Dépendance 2 » (Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui en dépendent) n'est cité par aucun stagiaire. En effet, cette spécificité de Cabri était uniquement présente dans les séances de formation « Initiation Cabri » au niveau du savoir  $S_i$  dans le document écrit.

De plus, on peut penser que le fait de supprimer un élément de la figure pour constater la suppression d'autres élément qui en dépendent n'est pas préféré par les stagiaires car c'est une action marginale qui n'a pas la possibilité de refaire si l'élève effectue une autre action ares avoir supprimé l'objet.

Un dernier résultat de l'analyse de l'expérimentation 3 concerne la recherche des stagiaires à concevoir des situations dans Cabri qui ont un apport par rapport à l'environnement papier-crayon.

En effet, à la fin d'une année de formation à l'IUFM, les stagiaires arrivent non seulement à concevoir des situations dans Cabri prenant en compte des variables didactiques relatives au savoir  $S_{d-m}$  et des spécificités de Cabri relatives au savoir  $S_{d-i}$  ; mais aussi à effectuer une analyse, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , de la situation qu'ils ont conçue en termes d'apports de l'environnement Cabri.





## **PARTIE D**

### **DISCUSSION ET CONCLUSION**



# PARTIE D

## CHAPITRE D1

### DISCUSSION

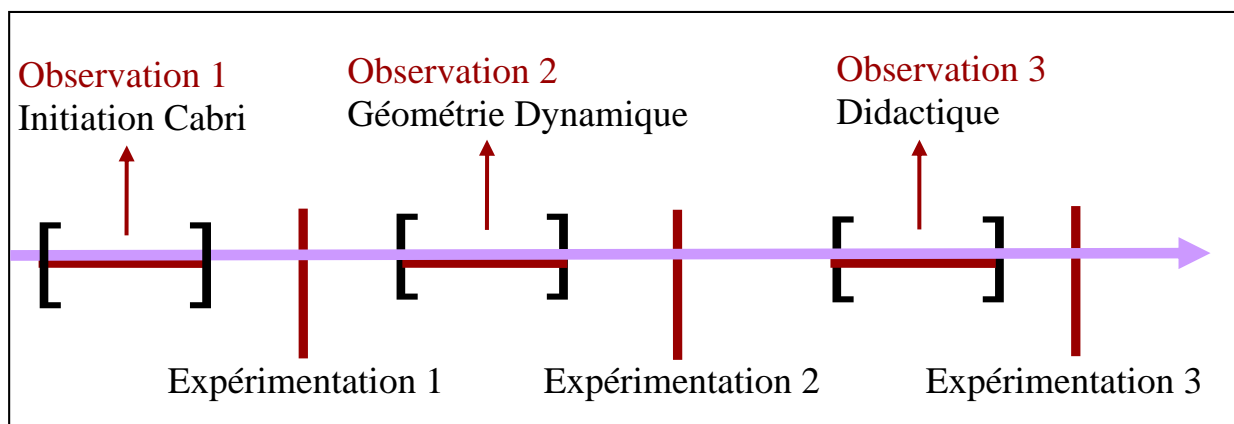
Les questions que nous posons au début de cette recherche étaient les suivantes :

**Q1 :** Quel est l'impact du travail fait en formation relativement à chacun des types de savoirs ( $S_i$ ,  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$ ) sur le rapport à  $S_{d-i}$  des stagiaires PLC en deuxième année d'IUFM ?

**Q2 :** Quelle est l'influence des rapports des stagiaires aux savoirs  $S_i$  et  $S_{d-m}$  sur leur usage d'éléments de  $S_{d-i}$  dans l'intégration des logiciels de géométrie dynamique ?

**Q3 :** Quels sont les éléments d'une formation à l'usage d'une technologie qui favorisent l'instrumentation des différentes spécificités de la technologie au plan didactique pour concevoir des tâches didactiques intégrant celle-ci ?

Rappelons notre dispositif expérimental, avant de passer à nos points de discussions relevés à la fin de cette recherche.



Nous avons observé trois modules de formation qui se déroulent successivement au cours de l'année scolaire et suite à chaque module de formation, nous avons mis en place une expérimentation.

Nous avons observé et analysé les modules de formation :

- « Initiation Cabri » qui propose une prise en main du logiciel Cabri-Géomètre et une présentation des situations didactiques intégrant ce logiciel ; ce module est obligatoire ( $S_i$  et  $S_{d-i}$ )
- « Géométrie Dynamique » où des fonctionnalités plus élaborées de Cabri sont étudiées dans une perspective didactique au moyen d'exemples de situations et de questions sur l'enseignement et l'apprentissage intégrant les TICE ; ce module est optionnel ( $S_i$  et  $S_{d-i}$ )
- Séances de didactique où les concepts fondamentaux de la didactique sont présentés au travers d'analyses de situations didactiques et de copies d'élèves ; ce module est obligatoire ( $S_{d-m}$ )

Dans la suite nous essayons de dégager des éléments de réponse aux trois questions du travail à partir des analyses des observations et des expérimentations faites. Ces éléments de réponse sont organisés autour de cinq points de discussions :

- Place laissée à la manipulation dans la formation
- Evolution de l'usage par les stagiaires de deux spécificités :
  - « Déplacement » et
  - « Construction et Dépendance entre les objets »
- Degré d'intégration de la géométrie dynamique dans la conception de tâches
- Interaction des différents types de savoirs et différents modules de formation

## I. Place laissée à la manipulation dans la formation

Nous avons repéré une différence entre les séances de formation « Initiation Cabri » et « Géométrie Dynamique » dans la manipulation des spécificités de Cabri par les stagiaires. Cette différence nous a semblé avoir un impact sur le processus d'instrumentation (au minimum) des spécificités du logiciel.

Dans les séances de formation « Initiation Cabri », nous avons repéré le choix du formateur de présenter un très grand ensemble de situations aux stagiaires tant au niveau du savoir  $S_i$  (concernant l'usage de ces spécificités pour faire des mathématiques) qu'au niveau du savoir  $S_{d-i}$  (concernant l'usage de ces spécificités pour enseigner les mathématiques), mais de leur laisser très peu de temps pour la manipulation.

La formation « Initiation Cabri » est organisée d'abord par une présentation du logiciel par le formateur et par un travail en binôme des stagiaires sur des situations de prise en main de Cabri par des constructions géométriques à réaliser, où la question de l'étude des situations didactiques intégrant Cabri n'était pas posée. Ensuite, le formateur traitait à travers un vidéo-projecteur, d'autres situations que celles du document écrit sur lesquelles les stagiaires ont travaillé.

Ainsi, les stagiaires ont pu voir le formateur manipuler, mais eux-mêmes ne manipulaient pas (et n'ont pas manipulé) pour la plupart des situations didactiques traitées pendant cette formation.

En effet, derrière une telle organisation des séances de formation « Initiation Cabri », nous pouvons noter la contrainte de temps face à laquelle le formateur se retrouve avec des choix à faire entre l'ensemble des situations dans Cabri qu'il peut présenter dans son discours et le temps qu'il doit laisser aux stagiaires pour qu'ils manipulent dans Cabri.

Le formateur semble alors avoir fait le choix de réduire le temps de manipulation des stagiaires, dans le but d'aller au-delà d'une simple prise en main du logiciel et d'exposer aux stagiaires un grand ensemble de situations didactiques, qui non seulement se révèlent du savoir  $S_i$  mais également du savoir  $S_{d-i}$ , puisqu'il s'agit des situations sur lesquelles le formateur va également discuter du point de vue du savoir didactique.

Or, le temps de réflexion laissé aux stagiaires durant cet « exposé » de situations didactiques n'était, la plupart du temps, pas suffisant pour que les stagiaires puissent entrer dans le contexte de la situation pour au moins la comprendre.

Concernant la formation « Géométrie Dynamique », le choix du formateur était de traiter un nombre plus restreint de situations pendant la formation mais de laisser plus de temps de manipulation aux stagiaires. Ainsi la formation « Géométrie Dynamique » était organisée de la façon suivante :

- dans un premier temps, un travail en binôme au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_m$  sur une activité-élève, où les stagiaires résolvent la tâche mathématique dans Cabri ; il s'agit alors d'un travail concernant une instrumentation des spécificités de Cabri au niveau du savoir mathématique.

- dans un deuxième temps, toujours un travail en binôme où les stagiaires sont sollicités à mener une réflexion au niveau du savoir didactique à travers des questions au niveau du savoir  $S_{d-i}$  portant sur l'analyse de situations didactiques dans Cabri, et essentiellement sur les apports de Cabri, pour la situation que les stagiaires viennent de manipuler dans le premier temps. Nous pouvons alors interpréter cette phase comme une phase comme visant une instrumentation au niveau du savoir didactique  $S_{d-i}$ .
- En dernier lieu, avant de passer à une autre activité sur lequel les stagiaires vont encore une fois commencer à travailler en binôme, le formateur fait une mise en commun concernant la situation sur laquelle les stagiaires ont travaillé. Cette mise en commun porte essentiellement sur le savoir  $S_{d-i}$  mais également sur le savoir  $S_i$  pour certaines spécificités de Cabri (comme le déplacement).

Les résultats de l'expérimentation que nous avons mise en place après les séances de formation « Initiation Cabri » a montré une très faible instrumentation par les stagiaires, des outils spécifiques à l'environnement Cabri par rapport à celles de l'expérimentation mise en place après les séances de formation « Géométrie Dynamique ».

Par exemple, concernant les Macro-constructions qui ont été traitées pendant la formation « Initiation Cabri » dans le discours du formateur au niveau du savoir  $S_i$ , où le formateur d'une part a explicité le schème d'usage relatif au procédé de définition d'une macro en créant devant les stagiaires une macro qui construit la tangente à un cercle passant par un point donné à travers le vidéo-projecteur, nous avons constaté pendant notre expérimentation la non reconnaissance par les stagiaires de la macro que nous avons ajoutée dans le menu de Cabri comme étant une macro-construction. Et de plus, les stagiaires ont exprimé, pendant les échanges au sein des binômes, leur incapacité à ajouter de nouveaux outils dans les menus de Cabri malgré le fait qu'ils soient au courants d'une telle possibilité.

De plus, concernant le déplacement et le contrat de résistance au déplacement, qui n'étaient peut-être pas suffisamment présents dans les activités que les stagiaires ont manipulées mais qui étaient explicitement présents dans le discours du formateur surtout au niveau du savoir  $S_{d-i}$  pendant les séances de « Initiation Cabri », nous avons repéré dans notre expérimentation que les stagiaires utilisaient très peu le déplacement pour leurs propres constructions géométriques dans Cabri et aussi qu'ils ne cherchaient pas à valider leurs constructions par le déplacement. De plus, au niveau du savoir  $S_{d-i}$  un seul binôme explicite et propose l'usage du déplacement pour l'invalidation des constructions au jugé, sans l'usage des propriétés géométriques de l'élève. Nous reviendrons sur l'instrumentation du déplacement par les stagiaires dans les paragraphes suivants.

En effet, les situations didactiques proposées par les stagiaires pendant l'expérimentation 1 sont très proches des situations papier-crayon et ils ne cherchent pas à utiliser les outils de Cabri qui le distinguent de l'environnement papier-crayon.

En revanche, les outils spécifiques à Cabri apparaissent dans les propositions de situation didactiques dans l'expérimentation 2 où les stagiaires cherchent à concevoir des tâches dans Cabri sont différentes de celles qui pourraient être proposées dans l'environnement papier-crayon.

Par exemple, l'outil « Trace » qui est un outil spécifique à l'environnement Cabri, n'apparaît à aucun moment pendant l'expérimentation 1 ; or, pendant l'expérimentation 2 les stagiaires cherchent à intégrer l'outil « Trace » dans leur situation.

Ce changement dans la prise en compte des spécificités de Cabri et dans l'usage du déplacement entre l'expérimentation 1 et l'expérimentation 2 peut être lié au temps de manipulation laissé aux stagiaires pendant les modules de formation « Initiation Cabri » et « Géométrie Dynamique ».

Ainsi, nous pensons que le temps de manipulation laissé aux stagiaires, au niveau du savoir  $S_i$  lors des séances de formation, a un impact important sur la construction des schèmes d'utilisation par ces derniers, pour résoudre des tâches mathématiques avec le logiciel et pour créer des situations didactiques intégrant le logiciel.

Cette manipulation par les stagiaires des outils de Cabri concernant l'instrumentation, nous a semblé essentiellement importante pour les spécificités « Déplacement » et « Construction/Dépendance entre les objets ».

Dans les deux paragraphes suivants, nous donnons les éléments de l'évolution du processus d'instrumentation chez les stagiaires concernant ces deux spécificités de Cabri lors d'une année de formation à l'IUFM, que nous avons pu repérer à travers nos expérimentations.

## **II. Evolution du Déplacement chez les stagiaires**

Dans ce paragraphe nous regardons l'évolution des stagiaires dans le processus d'instrumentation du déplacement qui s'est montré dans nos expérimentations en dévoilant les éléments des différents modules de formation qui semblent contribuer (ou pas) à ce processus.

Rappelons d'abord que les trois types de Déplacement que nous avons considérés dans le cadre de notre étude pour nos analyses sont : Déplacer pour valider ou invalider (Déplacement 1), Déplacer pour conjecturer (Déplacement 2) et Déplacer pour constater (Déplacement 3).

### **Déplacement après une initiation à Cabri (Expérimentation 1)**

Lors de notre première expérimentation nous avons repéré que les stagiaires utilisaient très peu le déplacement et ce, surtout lors qu'il s'agissait de valider leurs constructions dans Cabri. En effet, l'expérimentation 1 a montré une très faible instrumentation du déplacement chez les stagiaires quand ils résolvent des tâches mathématiques dans Cabri, et a mis en évidence que le schème d'utiliser le déplacement pour valider des constructions n'était pas établi chez les stagiaires.

Nous avons lié cette absence d'usage du déplacement pour valider/invalider aux connaissances mathématiques approfondies des stagiaires. En effet, puisqu'ils savent qu'ils ont construit une figure en utilisant les propriétés géométriques, ils ne ressentent peut-être pas l'usage du déplacement pour valider leur propre construction comme nécessaire.

De plus, l'analyse des séances de formation « Initiation Cabri » a montré que les situations sur lesquelles les stagiaires ont travaillé pendant ces séances, étaient des pseudo situations problèmes pour les stagiaires, par rapport à leurs connaissances très avancées au niveau du savoir  $S_m$ . Les stagiaires n'ont alors pas senti le besoin de l'usage du déplacement pour la validation d'une construction dans Cabri.

Compte tenu des observations faites dans l'expérimentation 1, il nous paraît donc important d'insérer, dans une formation d'initiation à Cabri, des tâches de construction qui induiraient les stagiaires en erreur et qui aboutiraient donc à une figure non résistante au déplacement, pour que les stagiaires ressentent une justification interne concernant le contrat de résistance au déplacement et concernant le déplacement pour valider une construction dans Cabri.

D'autre part, le document écrit sur lequel les stagiaires ont travaillé en binôme dans Cabri était très implicite par rapport à l'usage du déplacement et par rapport au contrat de résistance d'une figure au déplacement au niveau du savoir  $S_i$  concernant les propres constructions des stagiaires.

Nous nous demandons dans quelle mesure un document écrit d'activités plus explicite sur l'usage du déplacement, et une institutionnalisation écrite relative au contrat de résistance au déplacement dans le document d'activités (restant ainsi comme trace écrite) favoriserait davantage l'instrumentation du déplacement par les stagiaires.



En effet, nous constatons que le formateur a préféré traiter la spécificité « Déplacement » de Cabri dans son discours oral, en particulier au niveau du savoir  $S_{d-i}$  mais peut être pas suffisamment au niveau du savoir  $S_i$ .

Nous pouvons alors penser que le formateur a peut-être sous-estimé la difficulté, chez les stagiaires, de construction du schème de test des constructions par le déplacement concernant la résistance d'une construction au déplacement au niveau du savoir  $S_i$  ; et il a sans doute fait l'hypothèse que traiter le déplacement au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , en utilisant des situations didactiques exposées aux stagiaires par le vidéo-projecteur était suffisant pour que ces derniers comprennent l'importance du déplacement pour leur propre activité mathématique dans Cabri.

Or, au moment des séances « Initiation Cabri », les stagiaires sont en début de formation à l'IUFM et ont très peu (pour ne pas dire aucune) de connaissances au niveau du savoir didactique. Ainsi, nous pouvons dire qu'il existait un écart entre ce à quoi le formateur renvoyait dans son discours oral au niveau du savoir  $S_{d-i}$  et ce que les stagiaires pouvaient en tirer. Cet écart aurait peut-être pu être pris en compte davantage dans la préparation des séances de formation « Initiation Cabri ».

En tous cas, d'après les résultats de l'expérimentation 1, on peut conclure que l'instrumentation et même l'usage (puisque pour parler de l'instrumentation d'un artefact, il faut d'abord envisager un usager au minimum de cet artefact) du déplacement chez les stagiaires se révèle très faible, et que le contrat de résistance au déplacement ne s'établit pas, chez les stagiaires, à l'issue d'une initiation à Cabri à travers le discours magistral du formateur, ni à travers de « pseudo situations problèmes ».

### **Déplacement après les séances de formation « Géométrie Dynamique » (Expérimentation 2)**

L'expérimentation 2 a mis en évidence une évolution très importante chez les stagiaires concernant l'usage du déplacement. Au niveau du savoir  $S_i$ , tous les stagiaires utilisent le déplacement une fois qu'ils ont construit une figure dans Cabri ce qui signifie qu'à l'issue des séances de formation « Géométrie Dynamique » le contrat de résistance au déplacement de constructions était installé chez les stagiaires.

Mais également, au niveau de savoir  $S_{d-i}$ , les stagiaires sont sensibilisés à l'importance de situations didactiques dans Cabri mettant en jeu l'usage du déplacement. En effet, lors de l'expérimentation 2, l'usage du déplacement pour invalider la construction de l'élève qui n'utilise pas des propriétés géométriques convenables et/ou qui utilise des informations spatiales (avec un tracé au jugé) est proposé par les stagiaires. Les stagiaires explicitent alors que l'élève doit effectuer une construction qui résiste au déplacement dans Cabri et qui donc doit passer par le recours à des propriétés géométriques.

Cependant dans les propositions, des stagiaires, de situations didactiques dans Cabri, il existe une dominance persistante chez les stagiaires, de se contenter des constructions et de l'usage des propriétés géométriques pour garantir la validité d'un tracé dans Cabri qui pousse le déplacement pour valider/invalider au second plan. En effet, pour les stagiaires, la validation d'un tracé en utilisant le déplacement a une place beaucoup moins importante, que la validation d'un tracé issue du recours à des constructions, ou de l'usage de l'Oracle de Cabri qui fournit la propriété géométrique sous forme d'affirmation.

Or, dans les séances de formation « Géométrie Dynamique », la place du déplacement pour valider/invalider est centrale, aussi bien dans le document écrit d'activités que dans le discours du formateur.

Le formateur utilise les activités sur lesquelles les stagiaires ont travaillé dans Cabri pour insister, au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , sur le fait qu'une construction dans Cabri doit résister au déplacement, et aussi sur l'invalidation par le déplacement d'une construction qui utilise des informations spatiales et non des propriétés géométriques. Ce dernier est alors présenté par le formateur comme un apport de Cabri pour faire le passage du spatial au géométrique que le formateur déclare comme étant une difficulté importante des élèves au niveau du savoir  $S_{d-m}$ .

En effet, le formateur intervient, à l'issue de la plupart des activités, sur l'importance de l'usage du déplacement pour valider/invalider une construction dans Cabri et sur le contrat de résistance au déplacement, en faisant d'abord référence aux constructions que les stagiaires ont effectuées lors de la résolution des tâches mathématiques dans Cabri, puis en montant au niveau du savoir  $S_{d-i}$  (et aussi parfois au niveau du savoir  $S_{d-m}$ ), pour montrer l'apport du déplacement pour valider/invalider, entant que rétroaction du logiciel, à l'apprentissage des élèves .

Face à une telle importance donnée au déplacement pour valider/invalider dans les séances de formation « Géométrie Dynamique », nous nous attendions à ce que dans l'expérimentation 2, les propositions de situations des stagiaires prennent davantage en compte l'usage du déplacement pour valider/invalider et reflétant ainsi la place importante de ce type de déplacement dans la formation de « Géométrie Dynamique ».

Nous pensons que cette difficulté des stagiaires à concevoir des situations didactiques mettant en œuvre le déplacement pour valider/invalider est liée au fait que les connaissances mathématiques seules ne sont pas suffisantes pour comprendre l'importance et la nécessité de ce type de déplacement pour les apprentissages des élèves. En effet, pour comprendre au mieux l'intérêt du déplacement pour valider/invalider et pour y donner du sens, il faut déjà avoir des connaissances au niveau du savoir didactique sur la notion de « milieu » et savoir envisager le rôle des actions rétroactions dans le processus d'apprentissage ou du moins sur le processus de résolution de la tâche.

Ainsi, la conception des situations didactiques dans Cabri mettant en œuvre le déplacement pour valider/invalider, qui nécessite un minimum de connaissances au niveau du savoir didactique, semble-t-elle être plus difficile pour les stagiaires que la conception de situations mettant en œuvre le déplacement pour constater ou le déplacement pour conjecturer.

Le déplacement pour constater (Déplacement 3) est le type de déplacement auquel les stagiaires font le plus référence dans la conception de situations didactiques dans Cabri. Or, ce type de déplacement était celui le moins présent (parmi les trois types) dans les séances de formation « Géométrie Dynamique ».

Les activités où il s'agit essentiellement de la mise en œuvre du déplacement pour constater sont en général des activités construites sur le modèle de l'environnement papier-crayon ; ainsi, le déplacement pour constater est-il utilisé une fois que la construction est effectuée dans Cabri.

L'analyse des observations de l'expérimentation 2 nous montre en outre une prise en compte par les stagiaires de l'usage du déplacement pour conjecturer (Déplacement 2).

Cependant, dans les propositions des stagiaires, le déplacement pour conjecturer est accompagné de constructions mettant davantage en avant la visualisation des propriétés géométriques plutôt qu'une découverte de ces propriétés uniquement grâce au déplacement à travers l'usage des informations spatiales. Un tel usage est peut-être lié au contrat de l'environnement papier-crayon où les constructions à la règle et au compas et l'usage des propriétés géométriques constituent la base du travail en géométrie et où un travail uniquement sur le plan spatio-graphique n'est, en général, pas accepté. Or, dans l'environnement Cabri, dans la plupart des activités, il s'agit de l'usage du déplacement pour faire des conjectures, comme par exemple pour trouver comment une boîte noire a été construite, la tâche de l'élève consiste alors en une interprétation des phénomènes spatio-graphiques, observés sur l'écran à travers le déplacement, en termes géométriques, en s'appuyant sur des connaissances mathématiques existantes.

Nous avons repéré cette différence dans l'usage des propriétés géométriques entre l'environnement Cabri et l'environnement papier-crayon dans les activités des séances de formation « Géométrie Dynamique »; et nous l'avons interprété en termes de rupture de contrat.

En effet, le passage de l'usage des propriétés spatio-graphiques à l'usage des propriétés géométriques ainsi que difficultés des élèves relatives à ce passage tiennent une place importante dans la conception des activités du document de travail et dans le discours du formateur.

Cependant le document d'activités comporte deux types d'activités :

– d'une part, des activités pour lesquelles l'objectif du formateur est de faire prendre conscience aux stagiaires de l'apport de Cabri pour invalider les constructions au jugé au moyen de l'établissement du contrat de construction de figures résistantes au déplacement. L'activité I-2.1, par exemple, du document d'activités avait l'objectif de mettre en évidence l'apport de Cabri pour l'invalidation des tracés au jugés où l'élève effectue une construction en utilisant des informations spatiales :

**I-2.1 - Exercice préliminaire en papier crayon (4<sup>ème</sup>)**

« Soit un cercle (C) de centre O et un point P extérieur au cercle. Construire une tangente à (C) issue de P »  
Un élève prend sa règle la fait passer à vue d'œil par P et la pivote jusqu'à toucher le cercle. Il trace ensuite au crayon la tangente en suivant la règle.

**Question :**

Quelles connaissances l'élève utilise-t-il ? De quelle nature sont ses contrôles ?

**I-2.2 - Dans Cabri**

Même exercice à résoudre, même question.

– d'autre part, des tâches dans lesquelles il s'agit d'interpréter des phénomènes spatio-graphiques en termes géométriques. Par exemple, pour l'activité I-3.1.1 du document d'activité, la tâche de l'élève se situe uniquement au niveau spatial où il s'agit de retrouver les conditions pour qu'un quadrilatère devienne invariant dans une symétrie centrale à travers une lecture sur le dessin et où la question de la résistance au déplacement ne se posera plus ; mais au contraire l'élève sera amené à utiliser des informations spatiales pour conclure sur la nature du quadrilatère :

**I-3.1.1 Tâche dans Cabri**

Ouvrir une nouvelle feuille de dessin.

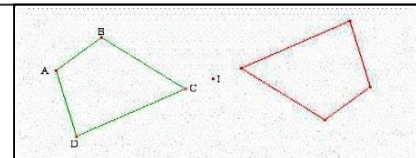
Construire un quadrilatère ABCD.

Créer un point O.

Obtenir l'image du quadrilatère ABCD par la symétrie centrale de centre I.

**Questions :**

- Comment reconnaître l'image de A ? La nommer A'. Faire de même avec celles de B, C, et D.
- A quelle condition ce quadrilatère est-il invariant dans la symétrie centrale de centre I ?



Bien que la rupture de contrat par rapport à l'usage d'informations spatiales dans un travail géométrique soit présente dans le document d'activité de par les situations proposées aux stagiaires, le formateur n'intervient pas dans son discours sur la différence entre d'une part les constructions effectuées dans Cabri, résistantes au déplacement où l'usage des propriétés spatiales est invalidé par le déplacement du fait qu'il y a un contrat de résistance au déplacement dans Cabri et d'autre part, l'aspect « expérimentation » dans Cabri où les phénomènes spatiaux sont interprétés en termes géométriques.

On peut alors penser qu'une des raisons du fait que les propositions, par les stagiaires, des situations didactiques dans Cabri où le déplacement pour conjecturer est accompagné de constructions mettant davantage en avant des propriétés géométriques, peut être lié au fait qu'ils ont été déstabilisés par ce changement de contrat par rapport à l'usage des informations spatiales dans un travail géométrique, en passant de l'environnement papier-crayon à l'environnement Cabri.

En bref, concernant la spécificité « Déplacement » de Cabri, les résultats de l'analyse de l'expérimentation 2 ont révélé un impact très important, tant au niveau du savoir  $S_i$  qu'au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , des séances de formation « Géométrie Dynamique » dans lesquelles le déplacement avait une place centrale et a été présenté comme étant la caractéristique la plus importante d'un environnement de géométrie dynamique.

## Déplacement après les séances de formation en didactique (Expérimentation 3)

L'expérimentation 3 a clairement montré une mise en avant de la spécificité « Déplacement » de Cabri par les stagiaires qui cherchent tous à concevoir des situations didactiques dans Cabri où le déplacement est utilisé par l'élève.

Tous les stagiaires semblent, de plus, être conscients du contrat de résistance au déplacement et explicitent le fait que l'élève doit effectuer une construction qui résiste au déplacement pour que sa construction soit validée par le déplacement dans Cabri.

Nous constatons l'importance du déplacement pour les stagiaires, par exemple chez le binôme « Mathilde & Nathan » où les stagiaires mènent une réflexion sur la situation qu'ils ont conçue et qui abandonnent le recours à la grille de Cabri, pour l'unique raison que celle-ci réduit la possibilité de déplacement des objets. (Les éléments construits sur les points de la grille se déplacent en sautant sur ces points, ce qui réduit la continuité lors du déplacement).

En revanche, un résultat inattendu de l'expérimentation 3 réside dans ce que le déplacement pour conjecturer s'est révélé moins présent, par rapport à l'expérimentation 2, dans les propositions de conception, par les stagiaires, de situations didactiques dans Cabri, pour laisser sa place au déplacement pour constater.

En effet, les stagiaires ont préparé des situations avec des consignes très guidées ne laissant pas, à l'élève, la liberté de conjecturer dans Cabri.

Nous avons interprété cette orientation des stagiaires vers l'usage du déplacement pour constater comme résultant des séances de formation en didactique dans lesquelles les stagiaires avaient pris conscience d'éléments du savoir  $S_{d-m}$  et de difficultés des élèves.

En effet, la prise en compte d'éléments du savoir  $S_{d-m}$  relatifs à l'élève a très probablement conduit les stagiaires à concevoir des situations fermées mettant en œuvre un guidage excessif de l'élève vers la résolution souhaitée.

Nous avons alors fait l'hypothèse que la conception, par les stagiaires, de situations fermées dans Cabri pouvait être tenir à ce que les stagiaires voulaient en quelque sorte contraindre les élèves à développer une activité mathématique conforme à leurs attentes. On retrouve ici la situation paradoxale de l'enseignant, relevée par Brousseau : l'enseignant a besoin d'observer des marques de l'apprentissage réalisé par les élèves pour qu'il puisse vérifier que son enseignement a bien permis les apprentissages souhaités et peut chercher à provoquer l'apparition de ces marques, même s'il est susceptible de détruire ainsi les possibilités d'apprentissage.

On peut alors s'interroger sur ce choix des stagiaires. En effet, la formation qu'ils ont reçue tout au long de l'année en dehors de la formation à l'usage des TICE et de celle en didactique incitait plus à l'usage de problèmes ouverts que de situations fermées (séances pédagogiques d'introduction à l'usage de problèmes ouverts).

En outre, lors de l'expérimentation 3, les stagiaires cherchaient moins à l'usage des outils spécifiques de Cabri dans leur conception de situation didactique par rapport à l'expérimentation 2.

Il y a plusieurs raisons possibles qui ont pu jouer sur les choix de conception de l'expérimentation 3 :

- place de l'expérimentation 3 par rapport aux séances de formation « Géométrie Dynamique ». Les stagiaires n'ont pas suivi de formation sur Cabri entre l'expérimentation 2 et l'expérimentation 3. Il y a pu avoir un phénomène d'oubli par rapport à des outils spécifiques de Cabri (comme l'outil « Trace ») et par rapport à l'esprit de la formation « Géométrie Dynamique » (accent sur le déplacement pour valider /invalider et pour conjecturer)

- en revanche, proximité de l'expérimentation 3 avec la formation en didactique sur la symétrie axiale, qui ne présentait pour cette notion que les conceptions des élèves et n'offrait aucun exemple de situation didactique ou adidactique sur cette notion. Les stagiaires venaient d'être fortement sensibilisés à la difficulté de l'appropriation de la propriété de la perpendicularité de l'axe de symétrie et de la droite joignant un point et son image.

Ils ont donc cherché à tout prix à faire prendre conscience aux élèves de cette propriété. Le déplacement pour constater peut sembler être un moyen efficace pour que les élèves visualisent la propriété. Mais les stagiaires ne se sont pas demandés si la seule visualisation suffisait à l'apprentissage de la propriété.

- il est aussi à noter que l'expérimentation 3 était centrée explicitement sur une propriété bien précise. Alors que la situation de l'expérimentation 2 ne mentionnait pas de propriété et se prêtait donc d'avantage à une tâche

Il est difficile pour nous, à l'aide des seules observations des expérimentations, de déterminer lesquelles de ces raisons ont joué. Ce que nous retenons, c'est que les connaissances des stagiaires sont loin d'être stables, puisqu'une variation dans la temporalité des expérimentations et dans les situations proposées peuvent conduire à des changements importants.

Il est aussi à noter qu'à l'issue des séances de formation en didactique, les stagiaires ont été sensibilisés sur les difficultés d'élèves sur la symétrie axiale. Ainsi, comme Deblois (2006) le souligne une formation en didactique uniquement centrée sur les erreurs des élèves risque également de conduire les stagiaires à vouloir y remédier de façon directe, et ce, indépendamment de l'environnement utilisé.

### **III. « Construction et Dépendance entre les objets » : Evolution des usages**

Ce paragraphe est consacré à l'analyse de l'évolution chez les stagiaires de l'usage de la spécificité « Construction et Dépendance entre les objets » au cours des trois expérimentations, ainsi qu'à la recherche des éléments des différents modules de formation qui semblent avoir favorisé cette évolution.

Rappelons d'abord que nous avons divisé en trois sous-catégories la spécificité « Construction et Dépendance entre les objets » :

Construction/Dépendance 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement

Construction/Dépendance 2 : Dépendance entre les objets manifestée lors de la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de ce dernier

Construction/Dépendance 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction

Il est à préciser que même si les deux premières sous-catégories (Construction / Dépendance 1 et Construction / Dépendance 2) semblent être assez réduites, elles deviennent importantes dès que sont en jeu des transformations où la dépendance d'un objet et son image est importante, d'une part au niveau du savoir mathématique, et d'autre part au niveau du savoir didactique. En effet, la notion de dépendance entre un objet et son image dans une transformation est une notion très difficile à comprendre par les élèves. Le thème mathématique choisi dans notre travail, à savoir la symétrie axiale, donne donc une place importante à ces deux sous-catégories.

Nous décrivons ci-dessous l'évolution de ces trois types de « Construction / Dépendance entre les objets » par rapport aux trois expérimentations effectuées :

#### **Construction / Dépendance 3**

##### **Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction**

Dans l'ensemble des expérimentations effectuées, nous constatons une forte apparition de Construction/Dépendance 3, aussi bien dans les constructions des stagiaires relatives au savoir  $S_i$  que dans leurs propositions de situations didactiques dans Cabri relatives au savoir  $S_{d-i}$ . En effet, cette spécificité de Cabri est la plus proche d'une pratique en environnement papier-crayon d'usage des propriétés géométriques dans une construction géométrique.

Cette spécificité de Cabri est de plus également présente dans les séances de formation à l'usage des TICE à l'IUFM. En effet, lors des séances de formation « Initiation Cabri », le formateur insiste, plus spécialement au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , sur le fait que dans Cabri, une

figure doit être construite en utilisant des propriétés géométriques comme un avantage pour l'enseignant, car cela permet de mettre en évidence pour l'élève l'utilisation des propriétés géométriques.

Cet apport de Cabri, relatif au savoir  $S_{d-i}$  concernant l'usage des propriétés géométriques pour une construction dans Cabri, a également été traité dans les séances de formation « Géométrie Dynamique ».

Le fait que la spécificité Construction/Dépendance 3 soit prise en compte par les stagiaires dans toutes les expérimentations ne nous a pas permis de repérer une évolution dans l'instrumentation de cette spécificité par les stagiaires.

En revanche, nous pouvons au moins affirmer que l'utilisation de cette spécificité pour réaliser des constructions géométriques dans Cabri et également pour construire des situations didactiques dans Cabri, ne pose pas de difficulté spéciale pour les stagiaires.

Cela est probablement dû au fait que l'utilisation de cette spécificité de Cabri reste très proche du travail mathématique dans l'environnement papier-crayon. Ainsi, les stagiaires, ayant des connaissances suffisamment approfondies au niveau du savoir  $S_m$  et étant déjà habitués à l'usage des propriétés géométriques dans une construction, ont pu plus facilement transposer les schèmes relatifs à l'environnement papier-crayon dans l'environnement Cabri.

## **Construction / Dépendance 2**

### **Dépendance entre les objets avec la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de celui-ci**

Dans l'ensemble des expérimentations, « Construction / Dépendance 2 » n'est cité par aucun stagiaire. En effet, cette spécificité de Cabri était uniquement présente dans les séances de formation « Initiation Cabri » au niveau du savoir  $S_i$ .

De plus, on peut penser que le fait de supprimer un élément de la figure pour constater la suppression d'autres éléments qui en dépendent n'est pas privilégié par les stagiaires car c'est une action marginale.

## **Construction / Dépendance 1**

### **Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement**

Lors de l'expérimentation 1, la spécificité « Construction / Dépendance 1 » n'apparaît chez aucun binôme de stagiaires, dans leurs propositions de situations didactiques.

Or, pendant les séances de formation « Initiation Cabri », le formateur utilise la dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement pour traiter (très brièvement) la différence entre un dessin papier-crayon où cette dépendance est inexistante et un Cabri-



dessin où les éléments d'une configuration sont dépendantes les uns des autres de par des propriétés géométriques.

Lors de l'expérimentation 2, la spécificité « Construction / Dépendance 1 » apparaît dans la proposition de situation didactique d'un seul binôme (Mathilde & Nathan).

Or, dans les séances de formation « Géométrie Dynamique » qui ont eu lieu avant l'expérimentation 2, cette spécificité a une place non négligeable.

En effet, le formateur traite la spécificité « Construction / Dépendance 1 » plus spécifiquement au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , d'une part relativement aux transformations pour la dépendance entre un objet et son image et d'autre part, à propos du graphe d'une fonction pour la dépendance entre  $x$  et  $f(x)$ .

Cette spécificité de Cabri liée à la dépendance entre les objets dans le déplacement est présentée par le formateur au niveau du savoir  $S_{d-i}$  comme un apport de Cabri, par rapport à l'environnement papier-crayon, où cette dépendance est très difficile à visualiser, d'une part pour faire prendre conscience aux élèves de la dépendance directe entre un objet et son image dans une transformation, et d'autre part pour favoriser la conception d'un graphe de fonction comme un lieu d'un point variable  $P(x; f(x))$  dépendant d'un point variable de l'axe  $x'Ox$  d'abscisse  $x$ .

Le formateur met également l'accent au niveau du savoir  $S_{d-m}$  sur les difficultés des élèves relatives à ces deux notions ainsi qu'à concevoir une figure comme un ensemble de points.

L'expérimentation 3 nous met face à des résultats que nous n'attendions pas à propos de l'utilisation de la « Construction / Dépendance 1 » par les stagiaires : nous voyons apparaître cette spécificité dans les propositions de situations didactiques dans Cabri, chez tous les binômes.

La « Construction / Dépendance 1 » était évidemment absente des séances de formation en didactique qui se sont déroulées juste avant l'expérimentation 3, puisque ces séances de formation portaient uniquement sur le savoir  $S_{d-m}$  dans l'environnement papier-crayon. Mais nous avons tout de même interprété cette apparition de « Construction / Dépendance 1 » dans toutes les propositions des stagiaires, comme un impact des séances de formation en didactique.

En effet, on peut penser que lors des séances de formation en didactique, les stagiaires ont pris conscience de la difficulté des élèves à comprendre la dépendance entre un objet et son image par des propriétés d'orthogonalité et d'équidistance dans une symétrie axiale, au travers du travail sur les procédures erronées d'élèves et leur domaine de validité ainsi que sur les variables didactiques.

Les éléments du savoir  $S_{d-m}$  traités pendant la formation en didactique peuvent alors avoir mis en évidence aux yeux des stagiaires les difficultés des élèves concernant la dépendance entre les objets dans une transformation et leur avoir permis ainsi de comprendre l'apport de la spécificité « Construction / Dépendance 1 » (Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement).

## IV. Degré d'intégration de la géométrie dynamique dans la conception de tâches

Dans la formation professionnelle des stagiaires, on peut distinguer deux grandes catégories de situations qu'ils rencontreront dans le processus d'intégration des logiciels de géométrie dynamique dans leurs pratiques.

1. Analyse de situations didactiques dans Cabri
2. Construction de situations didactiques dans Cabri
  - 2.1. Adaptation de situations didactiques
    - 2.1.a. Situation de référence dans l'environnement papier-crayon
    - 2.1.b. Situation de référence dans l'environnement Cabri
  - 2.2. Création de situations didactiques

Au sein de la deuxième catégorie, nous avons distingué deux macro-stratégies de construction de situations didactiques, une stratégie d'adaptation et une de création.

Dans une « Adaptation de situations didactiques », il s'agit de partir d'une situation de référence et de l'adapter, par exemple soit à l'environnement Cabri, soit à la notion mathématique. Ainsi, par rapport à la situation de référence utilisée, nous distinguons, à l'intérieur des stratégies d'adaptation, deux stratégies :

- Une stratégie d'adaptation de l'environnement papier-crayon à l'environnement Cabri dans laquelle la notion mathématique reste la même mais l'environnement est changé.

La situation de référence est alors une situation dans l'environnement papier-crayon portant sur la symétrie axiale.

- Une stratégie d'adaptation d'une situation, changeant une notion mathématique en une autre notion, mais conservant l'environnement.

La situation de référence est une situation dans un environnement de géométrie dynamique portant sur une notion mathématique autre que la symétrie axiale.

Dans la « Création de situations didactiques », il s'agit de construire une situation dans Cabri sans se référer à une situation déjà existante.

Nous considérons qu'une adaptation d'une notion mathématique à une autre en restant dans l'environnement Cabri relève d'un degré d'intégration plus approfondi qu'une adaptation de l'environnement papier-crayon à Cabri.

En effet, dans une adaptation de situation de l'environnement papier-crayon à Cabri, la situation de référence utilisée se situe dans l'environnement papier-crayon. Pour l'enseignant,

l'environnement de géométrie dynamique n'est pas encore au même niveau que l'environnement papier-crayon qui reste l'environnement de référence et les situations dans l'environnement informatique sont des situations obtenues après une transformation d'une situation de base dans l'environnement papier-crayon.

Pour une adaptation de situation restant dans l'environnement Cabri mais changeant de notion mathématique, la situation de référence utilisée reste dans l'environnement de géométrie dynamique. Cela tendrait à témoigner de ce que l'enseignant a intégré l'environnement informatique comme un milieu parmi d'autres dans lesquelles il puise des situations de référence et qu'il a développé une capacité à les adapter pour un autre objectif didactique.

En outre, à l'intérieur de la catégorie « Construction de situations didactiques » nous distinguons encore deux sous-catégories :

- Construction de situations didactiques spécifiques à l'environnement Cabri  
La situation construite n'a pas de correspondant dans l'environnement papier-crayon
- Construction de situations qui peuvent exister à la fois dans Cabri et dans l'environnement papier-crayon  
La situation construite a un correspondant dans l'environnement papier-crayon

Reprenons maintenant une vue d'ensemble de notre méthodologie.

Dans les formations à l'IUFM sur l'intégration du logiciel de géométrie dynamique que nous avons observées, les questions didactiques posées aux stagiaires pendant les séances de formation « Géométrie Dynamique » ainsi que le discours des formateurs pendant les séances de « Géométrie Dynamique » et de « Initiation Cabri » portent uniquement sur l'analyse de situations didactiques dans Cabri.

Dans les expérimentations que nous avons mises en place, nous avons proposé aux stagiaires des tâches d'adaptation de situations didactiques où la situation de référence était dans l'environnement papier-crayon, et des tâches de création de situations didactiques.

Dans les paragraphes qui suivent nous effectuons une synthèse des résultats de nos expérimentations par rapport aux différents types de situations :

Dans l'expérimentation 1, nous avons demandé aux stagiaires une tâche d'adaptation de situations didactiques où la situation de référence était dans l'environnement papier-crayon. Mais nous n'avons pas pu obtenir de résultats intéressants dans les propositions des stagiaires qui restaient très proches (et même trop proches pour ne pas dire identiques) de l'activité papier-crayon à être adaptée à l'environnement Cabri. Les stagiaires ne prennent pas en compte les spécificités de Cabri pour une tâche d'adaptation de situation papier-crayon à l'environnement Cabri, ils ne se posent la question de l'apport de Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon dans leur proposition de situation.

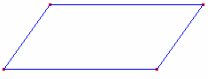
Ainsi, le seul résultat, par rapport à cette catégorisation, que nous avons pu tirer de l'expérimentation 1, est le fait que les séances de formation « Initiation Cabri » n'avaient pas permis aux stagiaires de construire les schèmes permettant d'adapter une situation papier-crayon à l'environnement Cabri.

Compte tenu de l'expérimentation 1, nous avons décidé de construire l'expérimentation 2 de façon à ce qu'il y ait deux situations portant sur le savoir  $S_{d-i}$ .


Nous avons d'une part proposé une tâche d'adaptation de situations didactiques où la situation de référence était dans l'environnement papier-crayon, afin de repérer l'évolution des stagiaires par rapport à l'expérimentation 1.

Et d'autre part, nous avons proposé une tâche qui concernait le traitement, dans l'environnement Cabri, du tracé erroné de l'élève où l'énoncé de l'activité pour laquelle l'élève effectue le tracé erroné est fourni aux stagiaires.

PARTIE 2 : Niveau 6<sup>ème</sup>  
Imaginez que vous travaillez sur les figures qui possèdent un axe de symétrie en classe de 6ème. Vous proposez à vos élèves la figure suivante :



La grande majorité de vos élèves trouvent un axe de symétrie et le construisent



Que pensez-vous d'une telle construction de l'axe ?  
Quelle difficulté vous mettez derrière cette production ?  
Comment traiteriez-vous cette difficulté de vos élèves en utilisant Cabri ?

Notre objectif, en proposant une telle tâche, est de donner aux stagiaires des éléments du savoir  $S_{d-m}$  liés à des difficultés d'élèves pour le tracé de l'axe de symétrie dans l'environnement papier-crayon. Nous avons pensé que ceci pourrait inciter les stagiaires à un usage des spécificités de Cabri, plus ciblé et moins attaché à l'environnement papier-crayon.

Mais nous avons également comme objectif de pouvoir mener une comparaison entre l'expérimentation 2 et l'expérimentation 3 où nous avons proposé aux stagiaires une tâche de création de situations didactiques.

Cette tâche, qui concerne le traitement du tracé erroné de l'élève, est une tâche de création de situations didactiques dans laquelle des stratégies d'adaptation sont possibles. Donc, les stagiaires peuvent, soit se référer à l'activité papier-crayon fournie et essayer de l'adapter à l'environnement Cabri de façon à ce que l'élève comprenne son erreur et la corrige ; soit créer une situation dans Cabri indépendamment de l'activité papier-crayon pour traiter la difficulté de l'élève apparue à travers sa réponse à l'activité papier-crayon.

Ainsi, nous leur avons proposé une tâche de construction de situation didactique dans Cabri qui offre une possibilité d'utiliser comme stratégie de base l'adaptation de l'activité papier-crayon à l'environnement Cabri mais qui leur laisse également la liberté de créer une situation didactique se détachant de l'activité papier-crayon.

En revanche, concernant cette tâche, les résultats de l'expérimentation 2 ont montré que tous les stagiaires utilisent la stratégie d'adaptation de l'activité papier-crayon à l'environnement

Cabri. Les stagiaires proposent tous d'utiliser le déplacement pour montrer la condition pour que l'axe erroné dessiné par l'élève soit l'axe de symétrie du quadrilatère.

Ce comportement commun à tous les stagiaires nous laisse penser qu'ils ont du mal à se détacher de l'activité papier-crayon fournie et à entrer dans une phase de recherche de situations, soit en utilisant la stratégie de création de situations didactiques, soit en utilisant la stratégie d'adaptation d'une situation existante dans l'environnement Cabri avec un autre objectif didactique.

Mais, de plus, nous constatons dans l'analyse des échanges oraux des stagiaires qu'ils n'arrivent pas à se détacher de l'environnement papier-crayon et qu'ils ont toujours comme référence l'environnement papier-crayon.

Comme par exemple Nathan l'explique, la seule référence que les stagiaires ont sur l'enseignement de la symétrie axiale est le pliage dans l'environnement papier-crayon.

<p><i>Nathan</i> : non, parce que la symétrie orthogonale, à part le pliage... Alors que là (<i>dans Cabri</i>), t'as pas un truc pliage... tu vois ?... Il y aurait que ça pour les faire rencontrer... la difficulté. Parce que sans leur expliquer que c'est... que vous avez pas pris la droite perpendiculaire, etc.... c'est le seul truc que...</p>
--

Dans la suite de leurs réflexions, le binôme « Nathan & Mathilde » cherche à trouver un moyen dans Cabri qui leur permettrait de préparer une activité correspondant à une activité dans l'environnement papier-crayon utilisant le pliage.

Nous tenons à préciser que le fait que l'environnement papier-crayon soit l'environnement de référence pour les stagiaires ne veut pas dire qu'ils n'utilisent pas les spécificités de Cabri. En effet, lors de l'expérimentation 2, les stagiaires, après avoir proposé une situation dans Cabri, se questionnent d'eux-mêmes, sur les apports de l'environnement Cabri pour la situation qu'ils ont proposée.

Ce questionnement interne chez les stagiaires est sûrement dû aux activités sur lesquelles ils ont travaillé pendant la formation « Géométrie Dynamique » où, suite à chaque activité, il était demandé aux stagiaires de mener une réflexion sur les apports de Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon.

Nous pouvons dire que les tâches d'analyse de situations didactiques dans Cabri qui étaient objet de formation des séances de « Géométrie Dynamique », ont eu un impact sur les stagiaires par le fait qu'ils cherchent à construire des situations dans Cabri qui ont un apport par rapport à l'environnement papier-crayon et qu'ils cherchent à dégager ces apports dans la situation qu'ils ont construite.

Dans l'expérimentation 3, nous avons proposé aux stagiaires une tâche de création de situations didactiques.

Lors de la conception de l'expérimentation 3, nous pensions qu'une tâche de création de situations didactiques était trop difficile pour les stagiaires. Mais, notre objectif en proposant une tâche de création était de laisser aux stagiaires choisir eux-mêmes la situation de référence et aussi l'environnement de référence au cas où ils auraient une stratégie d'adaptation.

Ainsi, concernant la tâche de construction de situations didactiques que nous avons proposée, 3 stratégies pouvaient être mises en œuvre :

- La stratégie de création où le stagiaire essaie de construire une situation didactique *ex nihilo* et n'utilisant aucune situation de référence.

Nous n'attendions pas que cette stratégie soit mise en œuvre par les stagiaires puisqu'il est très difficile de créer *ex nihilo* des situations didactiques.

- La stratégie d'adaptation de l'environnement papier-crayon à l'environnement Cabri où la situation de référence est une situation portant sur la symétrie axiale dans l'environnement papier-crayon déjà rencontrée par le stagiaire qui essaie de l'adapter à l'environnement Cabri.
- La stratégie d'adaptation d'une notion mathématique à une autre où la situation de référence est une situation déjà rencontrée portant sur une notion mathématique autre que la symétrie axiale, dans un environnement de géométrie dynamique que le stagiaire essaie d'adapter à la symétrie axiale.

Il existe également une dernière stratégie que nous appelons la stratégie « copier / coller », qui consiste à proposer une situation didactique portant sur la symétrie axiale dans un environnement de géométrie dynamique que le stagiaire a déjà rencontrée. Cette stratégie est évidemment la plus facile et la plus économique pour un enseignant. En revanche, elle n'est pas toujours celle qui est la plus accessible.

Mais aussi, c'est la stratégie qui nous intéresse le moins par rapport à notre méthodologie et donc c'est celle-là que nous souhaiterions le moins voir apparaître dans les propositions des stagiaires. Ainsi, parce que dans la formation aux TICE à l'IUFM il n'existait aucune situation didactique sur la symétrie axiale dans Cabri, nous espérions l'absence d'apparition de cette stratégie chez les stagiaires.

Les résultats de l'analyse de l'expérimentation 3 ont montré que les tâches de création de situations didactiques favorisaient chez les stagiaires la stratégie d'adaptation d'une notion mathématique à une autre en restant dans l'environnement Cabri.

Deux binômes sur trois se mettent eux-mêmes en stratégie d'adaptation.

Le binôme « Amélie & Valentine » utilise en interaction la « stratégie d'adaptation de l'environnement papier-crayon à l'environnement Cabri » et la « stratégie d'adaptation d'une notion mathématique à une autre restant dans l'environnement Cabri ».

En effet, les deux stagiaires commencent par concevoir une situation didactique en prenant comme situation de référence l'activité dans l'environnement papier-crayon que nous avons proposée dans la Partie III de l'expérimentation 2 ; et elles essayent de l'adapter à l'environnement Cabri avec l'objectif d'apprentissage de faire prendre conscience à l'élève du fait que l'axe de symétrie de deux points, est la médiatrice de ces deux points.

Lors de la construction de la situation dans Cabri, les stagiaires font de plus référence à l'une des activités (Activité I-3.1.1) traitée dans les séances de formation « Géométrie Dynamique », où il s'agissait de reconnaître l'image des sommets d'un quadrilatère dans une symétrie centrale à travers l'usage de la dépendance dans le déplacement entre le sommet objet et le sommet image.

Elles décident alors de modifier la situation qu'elles ont conçue en demandant à l'élève de reconnaître l'image de chaque sommet du triangle objet dans le triangle image en utilisant le déplacement.

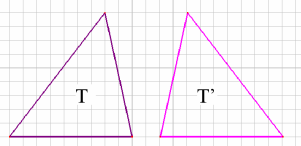
Ainsi, les stagiaires insèrent dans la situation qu'elles ont conçue une des activités qu'elles ont rencontrées pendant les séances de formation « Géométrie Dynamique » en l'adaptant à la symétrie axiale.

Le binôme « Mathilde & Nathan » met également en œuvre la stratégie d'adaptation d'une notion mathématique à une autre restant dans l'environnement Cabri en prenant comme situation de référence une des activités traitées pendant les séances de formation « Géométrie Dynamique ».

L'activité à laquelle les stagiaires font référence est une activité de type boîte noire, où il s'agit de la caractérisation d'une transformation (la rotation) à partir de ses invariants à travers l'usage du déplacement (Activité I-3.1.2).

**PARTIE 3 : Niveau début 6ème**

Vous avez ci-dessous une situation sur l'apprentissage de la symétrie orthogonale dans l'environnement papier-crayon. Est-ce que vous la proposeriez à vos élèves telle qu'elle est ? Faites une analyse sur les utilisations éventuelles de l'environnement Cabri pour une telle situation. Quels peuvent être les apports de la géométrie dynamique ?



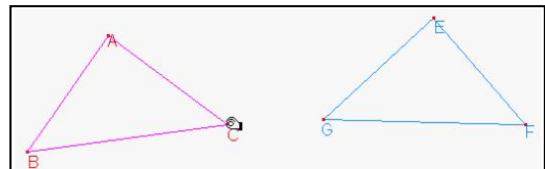
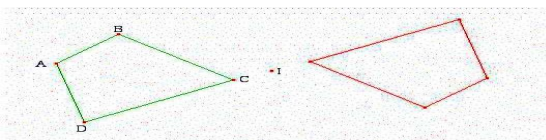
Dans la figure ci-dessus, le triangle T' est le symétrique du triangle T. Tracer l'axe de symétrie qui transforme T en T'.

**I-3.1.1 Tâche dans Cabri**

Ouvrir une nouvelle feuille de dessin. Construire un quadrilatère ABCD. Créer un point O. Obtenir l'image du quadrilatère ABCD par la symétrie centrale de centre I.

**Questions :**

- Comment reconnaître l'image de A ? La nommer A'.
- Faire de même avec celles de B, C, et D.



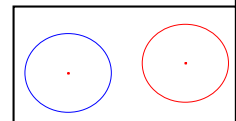
**I-3.1.2 Tâche dans Cabri**

Ouvrir le fichier « Cercles ». Le cercle rouge est image du bleu dans une transformation inconnue.

A vous de la déterminer.

**Questions :**

- Décrire votre recherche ci-dessous.
- Quelles connaissances sont mises en jeu dans cette identification de la transformation ?
- Quelles validations apporte le logiciel ?



Concernant cette activité, le formateur avait évoqué dans son discours la possibilité d'introduire la rotation comme une boîte noire dans Cabri dans laquelle il s'agit de dégager les propriétés géométriques d'une transformation avant que sa définition soit donnée par l'enseignant.

**Formateur** : ... d'habitude en mathématiques, quand on a une transformation on donne la définition. Et puis après, on étudie les propriétés de la transformation. Et ici, c'est un peu la démarche inverse. ... et on a beaucoup plus une démarche de physicien on pourrait dire. Les physiciens, on pourrait dire c'est... on a un phénomène qui se produit dans la réalité et on essaye d'identifier ce phénomène à l'aide des connaissances qu'on a déjà... donc, c'est déjà une démarche de type modélisation. Un petit peu ici... c'est, comme si on avait des objets spatiaux... le cercle rouge, le cercle bleu... qui ont un certain comportement dans la... dans la fenêtre de l'ordinateur... et à l'aide de nos connaissances mathématiques, on essaye de modéliser géométriquement leurs comportements pour trouver comment ils se déduisent l'un de l'autre...

Les deux stagiaires utilisent cette possibilité d'introduction d'une transformation comme une boîte noire donnée par le formateur pendant les séances de formation « Géométrie Dynamique » où la transformation objet d'étude était la rotation ; et ils l'adaptent à la symétrie axiale.

Dans cette stratégie d'adaptation, les stagiaires ne procèdent pas par un simple changement de notion mathématique en remplaçant la transformation qui est la rotation dans la situation de référence par la symétrie axiale, comme le binôme « Amélie & Valentine » l'avait fait ; mais ils adaptent également la situation de référence à leur conception d'enseignement.

Les stagiaires, au lieu de proposer tout de suite deux figures symétriques comme c'est le cas dans l'activité de référence qu'ils utilisent, construisent une suite de situations où il commencent par proposer deux points symétriques par rapport à un axe donné où la tâche de l'élève est de dégager les propriétés géométriques qui lient ces deux points à travers l'usage du déplacement. Et c'est dans un deuxième temps que les stagiaires proposent de fournir à l'élève deux figures symétriques par rapport à un axe donné. Ils explicitent ce choix par le fait que les propriétés géométriques à dégager seront dégagées à travers des points même si il s'agit d'une figure, les propriétés géométriques prises en compte par les stagiaires étant uniquement l'équidistance et l'orthogonalité et non les propriétés liées aux conservations.

**Mathilde** : ouais... voilà, donc on fait ça, on les fait bouger et ils remarquent que la droite est toujours perpendiculaire...

**Nathan** : oui, parce que faire une figure c'est pas seulement si... t'as pas ça, déjà il faut le faire point par point. Ça veut rien dire que la figure est... parce qu'ils savent pas la symétrie orthogonale, tu vois ?

**Mathilde** : ouais

**Nathan** : et puis ils peuvent se dire que la droite est perpendiculaire..

**Mathilde** : ouais

**Nathan** : tu vois, alors par contre une figure... on peut pas dire qu'une figure est perpendiculaire à une autre donc, forcément c'est des points de la figure et ça c'est déjà une étape qui est quand même déjà plus difficile

**Mathilde** : ouais

**Nathan** : donc qu'ils arrivent c'est quand même compliqué de...

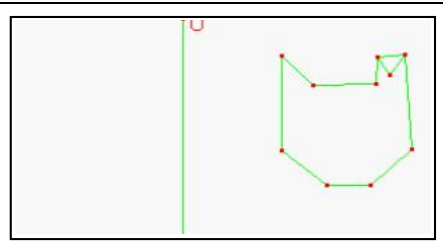
**Mathilde** : de passer tout de suite à la figure



Le binôme « Ezéchiél & Gilles » procède, pour la construction de situation didactique, à la stratégie de « création ». En revanche, nous constatons par les échanges des stagiaires qu'ils essayent de créer une activité dans Cabri avec un raisonnement conforme à l'environnement papier-crayon.

Les deux stagiaires proposent une activité où ils demandent le symétrique d'une figure par rapport à un axe donné ; et ils proposent l'usage du déplacement pour invalider les tracés erronés.

**Ezéchiél** : ... quand on peut bouger, notre chat... euh... son reflet, il bougera aussi tout de suite, donc on voit tout de suite si c'est bon ou pas...  
donc ça c'est vraiment un apport de Cabri, quoi...  
c'est le fait que ce soit dynamique...  
**Gilles** : Ouais...  
**Ezéchiél** : Donc ça permet une invalidation, très bien...



Suite à leur proposition de situation, Ezéchiél et Gilles arrivent à effectuer une analyse didactique au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , pour une situation didactique dans l'environnement Cabri qu'ils ont conçue eux-mêmes et ils arrivent à juger que leur situation n'est pas vraiment une bonne situation pour l'apprentissage de la symétrie axiale dans l'environnement Cabri.

En revanche, les stagiaires n'arrivent pas à concevoir une situation didactique qu'ils jugent intéressante à proposer dans Cabri, par manque de situations dans l'environnement Cabri auxquelles ils pourraient se référer. Dans leur conversation, ils expriment eux-mêmes leur incapacité à créer des activités dans Cabri, et leur besoin d'activités qu'ils pourront utiliser ou auxquelles ils pourront faire référence.

**Ezéchiél** : C'est pas évident comme question. Je sais pas, ça se trouve... ouais, j'irais chercher dans la littérature, s'il y a déjà quelque chose qui a été fait. Tu as une autre idée, Gilles ?

Nous pouvons alors dégager l'impact des séances de formation « Géométrie Dynamique » qui portait sur l'analyse de situations didactiques dans Cabri, par le fait que les stagiaires arrivent à effectuer une analyse didactique au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , pour une situation didactique dans Cabri conçue par eux-mêmes. Ayant des connaissances suffisamment approfondies au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , ils arrivent à repérer que leur situation n'est pas vraiment intéressante et qu'elle ne présente pas beaucoup d'apports par rapport à l'environnement papier-crayon.

Or, dans le cas des deux binômes « Mathilde & Nathan » et « Amélie & Valentine », il s'agit d'un impact de nature différente des séances de formation « Géométrie Dynamique ».

En effet, les stratégies d'adaptation et de création de situations didactiques étaient absentes de cette formation qui portait sur l'analyse des situations didactiques. En revanche, les deux binômes pensent à mettre en œuvre ces stratégies de construction de situations didactiques.

On peut alors penser que le fait de travailler sur des analyses de situations didactiques au niveau du savoir  $S_{d,i}$  pendant la formation « Géométrie Dynamique » a permis aux stagiaires de construire des schèmes relatifs à la mise en œuvre des stratégies d'adaptation.

Pour l'ensemble des binômes, les situations conçues lors de l'expérimentation 3 avaient un degré d'intégration plus approfondie que celles conçues lors de l'expérimentation 2 et lors de l'expérimentation 1. En effet, dans l'expérimentation 1 les stagiaires n'arrivent pas à concevoir de situation didactique dans Cabri en utilisant une stratégie d'adaptation prenant en compte les spécificités de Cabri. Dans l'expérimentation 2 tous les stagiaires ont comme référence l'environnement papier-crayon et utilisent la stratégie d'adaptation de l'activité papier-crayon à l'environnement Cabri. Or, dans l'expérimentation 3, deux binômes ont, pour la conception de la situation didactique, comme référence uniquement l'environnement Cabri et utilisent la stratégie d'adaptation d'une notion mathématique à une autre en restant dans l'environnement Cabri ; et un binôme utilise la stratégie de création en essayant de construire une situation didactique *ex nihilo* dans Cabri.

Notre étude fournit des éléments pour la conception d'une formation des enseignants à l'usage des TICE par rapport aux types de situations qu'un formateur pourrait utiliser et par rapport aux stratégies que les stagiaires peuvent mettre en œuvre pour ces types de situations.

Dans le cadre de notre étude nous avons expérimenté le cas où la formation à l'usage des logiciels de géométrie dynamique portait uniquement sur l'analyse des situations didactiques.

Il serait maintenant intéressant d'effectuer d'autres études sur des formations aux TICE dans lesquelles l'accent est mis sur les situations d'adaptation et sur les situations de création de situations didactiques et d'analyser l'impact de ces formations.

## V. Interaction des différents types de savoirs et différents modules de formation

Les suites d'expérimentations et d'observations réalisées nous permettent de mettre en évidence le rôle important d'une interaction entre les différents types de savoirs pour l'intégration de la géométrie dynamique. Cette interaction a été organisée dans les séances de formation.

En effet, pendant les séances de formation aux TICE (Géométrie Dynamique et Initiation Cabri) les stagiaires construisent des connaissances relatives aux savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$  mettant en jeu une interaction entre les savoirs  $S_m$ ,  $S_i$  et  $S_{d-i}$ . Par exemple, les situations proposées aux stagiaires dans les séances de formation « Géométrie Dynamique » sont présentées sous forme de problèmes mathématiques posés dans Cabri et il est demandé aux stagiaires de les résoudre. Dans cette résolution de tâches mathématiques dans Cabri, il s'agit donc pour les stagiaires de mettre en relation des éléments des savoirs  $S_m$  et  $S_i$ .

Une fois que les stagiaires ont résolu la tâche mathématique dans Cabri, il leur est posé des questions au niveau du savoir didactique  $S_{d-i}$ . Ainsi, la formation met en œuvre l'interrelation entre les savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$  en s'appuyant sur la démarche de résolution de la tâche mathématique des stagiaires.

Cependant, on ne peut restreindre la formation des stagiaires à l'intégration des logiciels de géométrie dynamique uniquement aux modules portant sur l'usage des logiciels de géométrie dynamique. En effet, les stagiaires doivent pouvoir établir une interrelation entre les connaissances qu'ils acquièrent pendant les séances de formation aux TICE et les connaissances qu'ils acquièrent dans d'autres modules de formation (comme par exemple dans le module de formation en didactique).

Par exemple, nous avons repéré une telle interrelation des connaissances acquises pendant les séances de formation aux TICE et celles acquises pendant les séances de formation en didactique chez le binôme « Gilles & Ezéchiél » lors de l'expérimentation 3.

Les stagiaires font référence aux séances de formation en didactique qu'ils ont suivies, dans la prise en compte des procédés erronés d'élèves de type « parallélisme » pour la construction du symétrique d'un segment dans l'environnement papier-crayon au niveau du savoir  $S_{d-m}$ .

**Gilles** : ... le truc c'est d'essayer de casser euh...

Il doit y avoir des situations où quand ils vont tracer simplement, en faisant des parallèles...

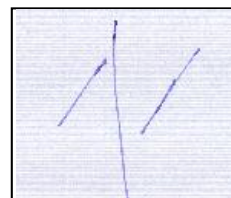
...

**Gilles** : ... histoire de parallèles... Mais t'étais au truc de...

Formateur X pour la symétrie ?

**Ezéchiél** : Non, c'était quoi ?

**Gilles** : Et ben, c'était un truc là-dessus, et c'est pour ça que ce type de d'erreur ne vient pas par hasard.



Une transposition du savoir  $S_{d-m}$  relatif au procédé erroné d'élèves de type parallélisme est effectuée par les stagiaires qui, dans leur recherche de conception de situation didactique dans l'environnement Cabri, arrivent à relier, lors de leur manipulation, les connaissances au niveau du savoir  $S_{d-m}$  qu'ils ont acquises sur les procédés d'élèves dans l'environnement papier-crayon aux connaissances au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

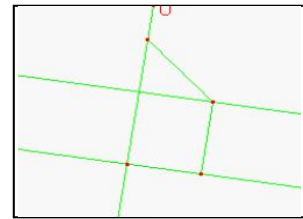
En effet, les deux stagiaires dégagent les conditions pour la tâche qu'ils ont à proposer dans Cabri pour que le procédé de type « parallélisme » ne soit plus dans son domaine de validité dans cet environnement de géométrie *dynamique* ; ces conditions étant : la figure dont on doit construire le symétrique ne doit pas posséder de segment construit (par des propriétés géométriques) perpendiculaire ou parallèle à l'axe de symétrie.

**Ezéchiël** : Tu penses qu'ils feraient une parallèle à ça ?

**Gilles** : oui...

**Ezéchiël** : Ben ouais mais le problème c'est qu'ils risquent justement de faire une parallèle à ça, et donc ils verront pas... l'orthogonalité là-dedans...

**Gilles** : ouais...



**Ezéchiël** : ... et, il faut pas que les segments soient perpendiculaires... déjà à l'axe.

**Gilles** : Parce que sinon il vont faire toujours parallèles au bord de la feuille...

**Ezéchiël** : Ils risquent de faire des parallélismes.

**Gilles** : Ouais, de faire du parallélisme... donc voilà.

L'exemple du binôme « Gilles & Ezéchiël » montre l'importance, pour l'intégration de Cabri dans leur enseignement, d'une mise en interrelation des différents types de savoirs que les stagiaires construisent grâce aux différents modules de formation.

La mise en interrelation des différents types de savoirs a été repérée chez tous les stagiaires.

Par conséquent, la formation des enseignants ne peut être vue comme une simple juxtaposition de modules spécifiques ; au contraire, cette formation ne prend du sens que dans les interactions entre différents modules. En effet, les différents types de savoirs progressent en interaction au cours de l'année de formation à l'IUFM ; et ils continueront à progresser en interrelation et de plus en tenant compte des contraintes liées aux institutions et à la pratique, une fois que les stagiaires seront titularisés et commenceront à exercer leur métier d'enseignant dans une institution.

## **CHAPITRE D2**

### **CONCLUSION**

Nous avons commencé cette recherche sur l'intégration des logiciels de géométrie dynamique dans l'enseignement des mathématiques, par le constat que, malgré les efforts institutionnels, l'usage des TICE par les enseignants dans leur enseignement restait encore très faible et que la formation des enseignants aux TICE se révélait très importante pour une intégration réussie.

Nous nous sommes donc intéressé à l'impact d'une formation à l'IUFM sur l'intégration des logiciels de géométrie dynamique et nous avons tenté de répondre à un certain nombre d'interrogations relatives à l'impact de la formation à l'intégration des logiciels de géométrie dynamique par les futurs enseignants de mathématiques.

#### **I- Retour aux questions de recherche**

Reprenons maintenant les questions de recherches posées en début de notre recherche et résumons les principaux éléments de réponse apportés par notre travail.

Dans un premier temps, nous traitons les questions Q1 et Q2 et dans un deuxième temps la question Q3.

##### **I.1. Questions sur l'impact de la formation sur les rapports des stagiaires aux différents types de savoirs**

Dans ce paragraphe, nous résumons les éléments de réponses aux questions Q1 et Q2 que nous avons pu obtenir par notre travail.

**Q1** : Quel est l'impact du travail fait en formation relativement à chacun des types de savoirs ( $S_i$ ,  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$ ) sur le rapport à  $S_{d-i}$  des stagiaires PLC en deuxième année d'IUFM ?

**Q2** : Quelle est l'influence des rapports des stagiaires aux savoirs  $S_i$  et  $S_{d-m}$  sur leur usage d'éléments de  $S_{d-i}$  dans l'intégration des logiciels de géométrie dynamique ?

Pour donner des éléments de réponse aux questions Q1 et Q2, nous avons cherché à séparer l'impact de chacun des types de savoirs. En revanche, il ne nous a pas été possible d'effectuer une séparation précise de l'impact du savoir  $S_i$  et du savoir  $S_{d-i}$ . Les causes en sont au nombre de deux :

D'une part, la formation à l'IUFM que nous avons observée ne nous l'a pas permis, puisqu'il n'y a pas eu de module de formation portant uniquement sur le savoir  $S_i$ . En effet, la formation « Initiation Cabri » n'a pas porté uniquement sur le savoir  $S_i$ , comme prévu avant la formation ; mais elle a porté sur les deux types de savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ . Ainsi, nous n'avons pas pu avoir de résultats, dans la confrontation des expérimentations 1 et 2, sur les différences de comportement entre le cas où les stagiaires ont des connaissances au niveau du savoir  $S_i$  mais n'ont pas de connaissances au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , et le cas où ils ont des connaissances au niveau des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$  ; en effet, pour ces deux expérimentations, les stagiaires avaient des connaissances relevant des savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$ .

D'autre part, nos analyses ont révélé que les rapports aux savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$  évoluent en interrelation chez les stagiaires.

En effet, lorsque les stagiaires travaillent au niveau du savoir  $S_{d-i}$  tant dans l'analyse de situations (lors des séances de formation) que dans la conception de situations dans Cabri (lors de nos expérimentations), non seulement leur rapport au savoir  $S_{d-i}$  évolue, mais également on voit évoluer leur rapport au savoir  $S_i$  relativement aux spécificités du logiciel, par exemple par le fait d'effectuer des constructions ou des manipulations dans le logiciel.

Les manipulations effectuées dans le logiciel ont en fait un impact très important sur l'évolution des rapports du stagiaire au savoir  $S_i$ . Ainsi, le temps de manipulation laissé aux stagiaires lors d'une formation à l'intégration des TICE semble avoir un impact important sur la construction des schèmes d'utilisation par les stagiaires pour résoudre des tâches mathématiques avec la technologie ainsi que pour analyser et pour construire des situations didactiques intégrant la technologie.

Plus les stagiaires acquièrent des connaissances au niveau du savoir  $S_i$  et s'approprient le logiciel, plus ils sont capables de construire des situations didactiques prenant davantage en compte les spécificités du logiciel. Notre étude a clairement mis en évidence le fait que pour que les stagiaires commencent à construire des connaissances relatives au savoir  $S_{d-i}$ , il leur faut un certain ensemble préalable de connaissances relevant du savoir  $S_i$ . En effet, la formation « Initiation Cabri » qui portait plus sur le savoir  $S_{d-i}$  sans que les stagiaires aient suffisamment de connaissances relatives au savoir  $S_i$  n'a pas montré un impact important.

Ainsi, dans le cadre d'une formation à l'intégration des logiciels de géométrie dynamique, nous pensons qu'il est important de s'assurer que les stagiaires aient acquis des connaissances de base au niveau du savoir  $S_i$ . Par exemple il est nécessaire que le stagiaire comprenne l'importance du déplacement et de la résistance au déplacement relative au savoir  $S_i$  en interdépendance avec le savoir  $S_m$  pour faire des mathématiques en utilisant le logiciel, avant de traiter les éléments du savoir  $S_{d-i}$  par un travail qui s'appuie sur des connaissances relatives au savoir  $S_i$ .

Un autre résultat concerne l'impact du savoir  $S_{d-m}$  sur l'intégration des TICE. En effet, nous avons montré que le fait de suivre une formation portant sur le savoir  $S_{d-m}$  n'était pas neutre sur l'intégration des logiciels de géométrie dynamique.

Il n'est donc pas suffisant de s'interroger uniquement sur les formations portant sur les TICE relatives aux savoirs  $S_i$  et  $S_{d-i}$  mais il faut également considérer la formation en didactique qui joue un rôle sur l'intégration.

Ainsi nous avons mis en évidence le fait que l'on ne peut restreindre la formation des stagiaires à l'intégration des logiciels de géométrie dynamique uniquement aux modules portant sur l'usage des logiciels de géométrie dynamique.

Dans notre étude, nous avons montré que les connaissances relatives au savoir  $S_{d-m}$  que les stagiaires ont acquises grâce aux séances de formation en didactique sur la symétrie axiale ont davantage permis une prise en compte de l'existence des difficultés d'élèves. Or, cette prise en compte de l'élève se traduit par la conception de situations fermées et par un guidage excessif de l'élève comme nous avons pu observer dans notre troisième expérimentation.

En revanche, il est à noter que la formation en didactique que les stagiaires ont suivie portait uniquement sur les conceptions erronées d'élèves mais ne portait pas sur le traitement de ces conceptions erronées. En d'autres termes, cette formation a été organisée de telle façon qu'il y ait une sensibilisation chez les stagiaires concernant les erreurs d'élèves sur la symétrie axiale mais ne donnait pas d'éléments de solution pour le dépassement de ces erreurs.

Ainsi, à l'issue des séances de formation en didactique, les stagiaires ont été sensibilisés sur les difficultés d'élèves sur la symétrie axiale mais n'avaient pas les moyens de construire des situations didactiques pour permettre aux élèves de dépasser ces difficultés.

Deblois (2006) montre, de plus, dans le cadre d'une recherche auprès des futurs enseignants qu'un travail en didactique centré sur les erreurs d'élèves relatif au savoir  $S_{d-m}$  amène les stagiaires à remédier localement aux erreurs et provoque une fermeture dans les situations didactiques, sans qu'ils pensent à chercher les causes des erreurs en question par une stratégie d'apprentissage plus globale. Nous confirmons par notre recherche que les résultats obtenus par Deblois dans l'environnement papier-crayon sont également valables pour l'environnement informatique. Ainsi, une formation en didactique uniquement centrée sur les erreurs des élèves conduit les stagiaires à vouloir y remédier de façon locale, et ce, indépendamment de l'environnement utilisé.

Le savoir  $S_{d-m}$  dont nous avons montré l'impact dans le cadre de notre étude était donc assez restreint. Nous pensons qu'il serait intéressant d'étudier l'impact, sur l'intégration des nouvelles technologies, d'une formation en didactique portant sur un plus grand nombre d'éléments relatifs au savoir  $S_{d-m}$ .

Notre recherche a également mis en évidence le rôle important, pour l'intégration des logiciels de géométrie dynamique, d'une interaction entre les différents types de savoirs, organisée dans les séances de formation. Par exemple, les stagiaires doivent pouvoir établir une interrelation entre les connaissances qu'ils acquièrent par les séances de formation aux TICE et les connaissances qu'ils acquièrent par d'autres modules de formation (comme par exemple dans le module de formation en didactique).

La formation des enseignants ne peut donc être vue comme une simple juxtaposition de modules spécifiques ; au contraire, cette formation ne prend du sens que dans les interactions entre différents modules. En effet, les différents types de savoirs progressent en interaction au cours de l'année de formation à l'IUFM ; et ils continueront à progresser en interrelation et de plus en tenant compte des contraintes liées aux institutions et à la pratique, une fois que les stagiaires seront titularisés et commenceront à exercer leur métier d'enseignant dans une institution.

Ainsi, déjà, dans l'emploi du temps de l'année scolaire à l'IUFM, il nous paraît important de prendre en compte cette interaction entre différents modules de formation à travers la prise en compte de la place de certains modules par rapport à d'autres, pour une optimisation de la formation.

Nos résultats auraient probablement été différents si le module de formation en didactique portant sur le savoir  $S_{d-m}$  avait été placé, dans l'emploi du temps, avant le module de formation « Géométrie Dynamique » portant sur le savoir  $S_{d-i}$ . En effet, une telle organisation, dans laquelle la formation en didactique se situe avant la formation aux TICE, permettrait aux stagiaires de revenir sur les erreurs d'élèves traitées dans le module de formation en didactique. Elle leur permettrait de pouvoir réfléchir sur le traitement de ces erreurs essentiellement à travers le logiciel de géométrie dynamique.

Cela permettrait d'une part à la formation « Géométrie Dynamique » de s'appuyer sur les connaissances didactiques des stagiaires acquises grâce aux modules de formation en didactique ou éventuellement de modifier ces connaissances. D'autre part la mise en interrelation des savoirs  $S_{d-m}$  et  $S_{d-i}$  serait davantage favorisée, mais probablement l'impact de ces deux modules de formations sur le rapport des stagiaires aux différents types de savoirs serait aussi changé. Les stagiaires pourront en effet donner plus de sens à des notions didactiques au niveau du savoir  $S_{d-i}$  grâce à une résonance dans le contenu de formation : par exemple l'usage du déplacement pour valider/invalidier une construction aurait plus de sens pour les stagiaires, s'ils disposaient déjà des connaissances sur la notion de « milieu » et de « situation à didactique ».



## **I.2. Contenu d'une formation à l'usage d'une technologie**

Notre troisième question de recherche était la suivante :

**Q3 :** Quels sont les éléments d'une formation à l'usage d'une technologie qui favorisent l'instrumentation des différentes spécificités de la technologie au plan didactique pour concevoir des tâches didactiques intégrant celle-ci ?

Dans le but de repérer les éléments de la formation à l'usage d'un logiciel de géométrie dynamique qui favorisent l'instrumentation des différentes spécificités de ce logiciel au plan didactique, nous avons mené une analyse des formations.

Nous présentons ci-dessous les éléments de ces analyses des formations avant d'aborder nos résultats sur les contenus de formation favorisant l'instrumentation des différentes spécificités de Cabri par ces formations.

### **I.2.1. Résultats sur l'analyse des contenus des deux formations aux TICE (Initiation Cabri et Géométrie Dynamique)**

La formation « Initiation Cabri » portant sur le savoir  $S_i$  et sur le savoir  $S_{d-i}$  a été conçue de façon à ce que, suite à une première prise en main du logiciel par les stagiaires, le formateur propose un grand nombre de situations didactiques sans que les stagiaires puissent mener une réflexion sur toutes les situations exposées.

L'expérimentation mise en place suite à cette formation a montré un faible impact des séances du module « Initiation Cabri ».

Il peut y avoir deux explications relatives à la conception de la formation « Initiation Cabri » :

Soit l'objectif du formateur était plus une motivation des stagiaires à l'usage des logiciels de géométrie dynamique afin de les motiver à suivre le module « Géométrie Dynamique », qu'une construction de connaissances à travers les séances de formation. Soit le formateur avait pour objectif de donner aux stagiaires des éléments qui leur serviraient quand ils seraient enseignants et qu'ils décideraient d'utiliser la géométrie dynamique dans leur classe, sachant que ces éléments n'étaient pas utilisables immédiatement. Il se peut aussi que le formateur ait surtout envisagé le contenu de la formation.

En effet, au moment des séances « Initiation Cabri », les stagiaires étaient en début de formation à l'IUFM et avaient très peu (pour ne pas dire aucune) de connaissances au niveau du savoir didactique. Ainsi, nous pouvons dire qu'il existait un écart entre ce à quoi le formateur renvoyait dans son discours oral au niveau du savoir  $S_{d-i}$  et ce que les stagiaires pouvaient en tirer. Nous pensons que cet écart aurait peut-être pu être davantage pris en compte dans la préparation des séances de formation « Initiation Cabri ».

En outre, les résultats de l'expérimentation 1 ont montré que les stagiaires n'utilisaient pas la spécificité « Déplacement » de Cabri à l'issue des séances de formation « Initiation Cabri » lors desquelles le formateur a traité cette spécificité dans son discours oral, en particulier au niveau du savoir  $S_{d-i}$  mais peut être pas suffisamment au niveau du savoir  $S_i$ .

Le formateur a donc peut-être fait l'hypothèse que traiter le déplacement au niveau du savoir  $S_{d-i}$  en utilisant des situations didactiques exposées aux stagiaires au moyen du vidéo-projecteur était suffisant pour que ces derniers comprennent l'importance du déplacement à la fois pour leur propre activité mathématique dans Cabri au niveau du savoir  $S_i$  et pour les situations didactiques qu'ils proposeraient à leurs élèves au niveau du savoir  $S_{d-i}$ .

Ainsi, on peut penser que le formateur a peut-être sous-estimé la difficulté des stagiaires à comprendre l'importance du déplacement et de la résistance au déplacement à la fois dans les situations didactiques et dans leur propre activité mathématique dans Cabri.

Notre recherche montre donc aussi que le contrat de résistance au déplacement ne s'établit pas, chez les stagiaires, à l'issue d'une initiation à Cabri à travers le discours magistral du formateur, ni à travers de « pseudo situations problèmes »

Quant aux séances de formation « Géométrie Dynamique » relatives essentiellement au savoir  $S_{d-i}$ , les questions didactiques posées aux stagiaires ainsi que le discours du formateur pendant ces séances portaient uniquement sur l'analyse de situations didactiques dans Cabri et plus spécialement sur les apports de Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon. L'analyse des apports de Cabri par rapport à l'environnement papier-crayon qui constituait l'objet central de formation des séances de « Géométrie Dynamique » s'est révélée avoir un impact important chez les stagiaires lors de l'expérimentation 2. Dans cette expérimentation, les stagiaires ont cherché à construire des situations dans lesquelles Cabri apportait une contribution différente pour l'apprentissage de celle de l'environnement papier-crayon et après avoir proposé une situation dans Cabri, ils se questionnaient, d'eux-mêmes, sur les apports de l'environnement Cabri pour la situation qu'ils avaient proposée.

En outre, la formation de « Géométrie Dynamique » portait uniquement sur l'analyse de situations didactiques dans Cabri : les tâches de conception de situations didactiques (adaptation et création de situations didactiques) étaient absentes de cette formation.

Notre expérimentation a mis en évidence l'impact du travail fait dans la formation concernant l'analyse des situations didactiques par le fait que les stagiaires ont été capables, à l'issue de cette formation, d'effectuer une analyse didactique au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , pour une situation didactique dans Cabri conçue par eux-mêmes et de déterminer les apports de leurs situations par rapport à l'environnement papier-crayon.

D'autre part, bien que les stratégies d'adaptation de situations didactiques étaient absentes de cette formation qui portait uniquement sur l'analyse des situations didactiques, les stagiaires ont mis en œuvre des stratégies de construction de situations didactiques pendant notre expérimentation. Ainsi, un travail centré sur des analyses de situations didactiques au niveau

du savoir  $S_{d-i}$  pendant la formation « Géométrie Dynamique » a probablement permis aux stagiaires de construire des schèmes relatifs à la mise en œuvre de stratégies d'adaptation.

Nos analyses ont montré une autre caractéristique importante de la formation « Géométrie Dynamique » qui, en fait, était conçue de telle façon qu'il n'y ait aucune spécificité de Cabri traitée explicitement au niveau du savoir  $S_{d-i}$  dans le document écrit.

De plus, les questions posées aux stagiaires dans le document d'activité au niveau des savoirs  $S_{d-i}$  et  $S_{d-m}$  étaient très (peut-être même trop) générales. Or, c'est justement au niveau du savoir  $S_{d-i}$  que les stagiaires avaient le plus de mal à mener une réflexion (ou du moins à rédiger une réflexion). Une des raisons de l'absence de réponses chez les stagiaires à des questions au niveau du savoir  $S_{d-i}$  du document d'activités peut provenir de ce que les stagiaires ne comprenaient peut-être pas ce qu'on attendait comme réponse de leur part.

On peut alors penser qu'au lieu de poser des questions très générales (comme « Quel est l'apport de Cabri ? »), on aurait peut-être pu leur poser des questions plus précises et plus explicites, du point de vue des spécificités de Cabri sur lesquelles on voulait qu'ils mènent une réflexion ou encore leur donner quelques éléments relatifs au savoir didactique dont ils pourraient partir.

Une autre caractéristique de cette formation résidait dans ce qu'elle avait été construite par le formateur de façon à transmettre le savoir  $S_{d-i}$  par oral. La raison d'un tel choix de ne pas rendre explicite le savoir  $S_{d-i}$  dans le document écrit peut nous amener à nous questionner sur le statut du savoir  $S_{d-i}$ . En effet, on peut interpréter la conception des séances de formation « Géométrie Dynamique » par le fait que le formateur a préféré ne pas laisser d'affirmations écrites relatives au savoir  $S_{d-i}$ , tout simplement parce que le savoir  $S_{d-i}$  est un savoir qui est lui-même en construction. Nous n'attendions pas que le formateur transmette tous les éléments liés à l'usage du logiciel uniquement dans son discours oral et ainsi qu'il y ait un écart très important entre le document écrit et le discours du formateur par rapport au savoir  $S_{d-i}$ .

Même si nous ne nous étions pas interrogée, au début de notre recherche, sur la conception des formations aux TICE, le fait d'analyser ces formations nous a permis d'apporter quelques éléments sur les formations à l'usage des logiciels de géométrie dynamique.

Ainsi, par rapport aux résultats de l'analyse de cette formation, il nous paraît maintenant important de réaliser des expérimentations afin de déterminer les causes d'un tel écart entre le discours du formateur et le document écrit ; mais aussi, et surtout de continuer à effectuer des recherches pour déterminer le statut du savoir  $S_{d-i}$  dans les IUFM, et plus généralement des recherches portant sur la genèse de ce savoir.

Nous avons ainsi dégagé certaines caractéristiques des formations aux TICE que nous reprenons dans le paragraphe suivant par rapport aux différentes spécificités de Cabri. Nous essayons de donner les éléments de réponse concernant l'impact de ces formations sur l'instrumentation des différentes spécificités de Cabri

### **I.2.2. Résultats sur l'instrumentation des différentes spécificités de Cabri**

Nous avons démarré notre recherche, en prenant en compte toutes les spécificités du logiciel de géométrie dynamique Cabri-géomètre. Or, par la suite, certaines spécificités nous ont paru plus intéressantes par rapport à l'environnement et certaines par rapport à la notion mathématique de symétrie axiale.

Nous avons alors classé les spécificités de Cabri en trois catégories :

1. Déplacement et Construction/Dépendance entre les objets
2. Les outils de construction des boîtes à outils du menu de Cabri
3. Les spécificités de Cabri plutôt à vocation didactique au service de l'enseignant.

Concernant la catégorie 2 « Les outils de construction dans les boîtes à outils du menu de Cabri », notre recherche a montré que l'appropriation des outils géométriques ne posent pas de problème pour les stagiaires. Ceci a également été pris en compte dans la conception des formations que nous avons observées où l'accent sur ces outils n'a pas été mis de façon forte.

En revanche, il existe certains outils comme par exemple « Trace » susceptible de jouer un rôle assez important pour la conjecture, qui peuvent faire objet d'une formation au niveau du savoir  $S_{d-i}$ , concernant l'analyse et la conception de situation didactiques dans Cabri intégrant ces outils.

Les « spécificités de Cabri plutôt à vocation didactique au service de l'enseignant » étaient très peu présentes dans les formations que nous avons observées. Nous n'avons donc pas pu repérer un impact des séances de formation chez les stagiaires concernant l'usage de ces spécificités. Cependant, nous pensons qu'il peut être important de traiter ces spécificités au service de l'enseignant dans une formation des futurs enseignants à l'usage des logiciels de géométrie dynamique dans leur enseignement.

Notre recherche n'a donc pas donné beaucoup d'éléments sur les caractéristiques de la formation qui favorisent l'instrumentation des catégories 2 et 3. En revanche, elle a donné plus de résultats sur la catégorie 1 constituée du déplacement et de la construction/dépendance entre les objets. Nous développons ci-dessous les résultats que nous avons pu obtenir par rapport à ces deux spécificités.

## « Construction / Dépendance entre les objets »

La sous-catégorisation que nous avons effectuée pour la spécificité « Construction et Dépendance entre les objets » était la suivante :

Construction/Dépendance 1 : Dépendance des éléments construits des points de base dans le déplacement.

Construction/Dépendance 2 : Dépendance entre les objets manifestée lors de la suppression d'un objet qui implique la suppression des objets qui dépendent de ce dernier.

Construction/Dépendance 3 : Propriétés géométriques données à une figure dans sa construction.

Cette catégorisation était en fait très spécifique à la notion de transformation, et il faudrait une autre catégorisation de la spécificité « Construction et Dépendance entre les objets » pour de futures recherches portant sur une autre notion mathématique.

Nous avouons, qu'une fois effectuées nos analyses, nous avons perçu que la catégorisation donnée pour la spécificité « Construction et Dépendance entre les objets » (très spécifique à une notion mathématique) était beaucoup moins pertinente que celle pour la spécificité « Déplacement » (indépendante de la notion mathématique enjeu) que nous réutiliserons certainement dans nos recherches.

La Construction/Dépendance 3 semble ne pas poser de problème pour les stagiaires ; l'ensemble de nos expérimentations montre une forte apparition de cette spécificité chez les stagiaires dans leurs propositions de situations didactiques dans Cabri. Cette facilité de l'instrumentation de la Construction/Dépendance 3 est probablement due au fait que l'utilisation de cette spécificité de Cabri reste très proche du travail mathématique dans l'environnement papier-crayon.

La Construction/Dépendance 2 n'a été présente que dans la formation « Initiation Cabri » et elle n'est apparue à aucun moment lors de nos expérimentations. Nous pensons qu'elle n'était peut-être pas très importante et qu'il serait préférable de ne pas prendre en compte cette catégorie.

La Construction/Dépendance 1, étant présente dans les deux modules de formation portant sur les TICE, n'apparaît pas dans l'expérimentation 1 et apparaît chez un seul binôme dans l'expérimentation 2. Or, elle apparaît dans l'expérimentation 3 mise en place après les séances de formation en didactique chez tous les binômes.

Les éléments du savoir  $S_{d-m}$  traités pendant la formation en didactique peuvent alors avoir mis en évidence aux yeux des stagiaires les difficultés des élèves à comprendre la dépendance entre un objet et son image dans une transformation et leur avoir permis ainsi de comprendre l'apport de la spécificité « Construction / Dépendance 1 » de Cabri.

## « Déplacement »

Notre recherche a mis en évidence l'importance de la première catégorie (Déplacement et Construction/Dépendance entre les objets) et la nécessité de prendre pour objet d'étude des éléments de cette catégorie dans la conception d'une formation sur l'intégration des logiciels de géométrie dynamique. En effet, ces spécificités de Cabri sont, d'une part difficiles à instrumenter, et d'autre part essentielles pour un usage de Cabri différent de celui de l'environnement papier-crayon pour l'enseignement.

Compte tenu de l'importance de ces spécificités de Cabri relevant de la catégorie 1, nous avons également distingué des sous-catégories.

Les différents types de Déplacement que nous avons considérés dans le cadre de notre étude pour nos analyses étaient : Déplacer pour valider ou invalider (Déplacement 1), Déplacer pour conjecturer (Déplacement 2) et Déplacer pour constater (Déplacement 3).

Notre étude a montré la difficulté des stagiaires à concevoir des situations didactiques mettant en œuvre le déplacement pour valider/invalider malgré la place très importante de ce type de déplacement dans la formation.

Nous avons avancé que cette difficulté des stagiaires pouvait venir du fait que les connaissances mathématiques seules ne suffisent pas pour comprendre l'importance et la nécessité de ce type de déplacement pour les apprentissages des élèves. En effet, pour comprendre au mieux l'intérêt du déplacement pour valider/invalider et pour y donner du sens, il faut déjà avoir des connaissances au niveau du savoir didactique sur la notion de « milieu » et savoir envisager le rôle des actions rétroactions dans le processus d'apprentissage ou du moins sur le processus de résolution de la tâche. Dans le cadre de notre étude nous n'avons pas pu tester cette hypothèse. Il faudrait en fait d'autres expérimentations pour tester dans quelle mesure des connaissances au niveau du savoir didactique jouent sur l'instrumentation du déplacement pour valider/invalider.

En revanche, la conception de situations didactiques dans Cabri mettant en œuvre le déplacement pour constater est apparu comme étant plus accessible pour les stagiaires. En effet, dans la plupart des situations utilisant le déplacement pour constater, il s'agit d'une visualisation des propriétés géométriques à travers des impressions perceptives grâce au déplacement. Cette force de la visualisation, qui est dénichée à travers « le déplacement pour constater » et qui est absente de l'environnement papier-crayon, peut donner à penser aux stagiaires qu'une simple visualisation est suffisante pour que l'élève comprenne les propriétés géométriques.

Comme Laborde (2001) et Ruthven, Hennessy & Deaney (2004) l'ont également repéré, la majorité des enseignants qui utilisent les environnements de géométrie dynamique dans leur classe, au début de leurs usages, réduisent leur apport à une amplification de phénomènes perceptifs.

Certes, la visualisation des propriétés géométriques à travers l'usage du déplacement constitue un apport certain de la géométrie dynamique, mais on ne peut restreindre l'usage des logiciels de géométrie dynamique à une amplification de la visualisation, pour pouvoir parler

d'intégration. En effet, il faut les enseignants puissent aller au-delà du niveau de l'amplification de la perception et percevoir l'apport de la géométrie dynamique dans la re-conceptualisation des notions où la technologie fait partie de la résolution même de la tâche ou de la source du problème posé à l'élève.

Concernant le déplacement pour conjecturer, bien que les stagiaires arrivent à concevoir des situations didactiques utilisant ce type de déplacement, c'est ce type de déplacement auquel ils renoncent le plus facilement, quand il s'agit de préparer une situation didactique avec un objectif d'apprentissage bien précis. Ils contraignent les élèves à développer une activité mathématique conforme à leurs attentes et leur enlèvent ainsi toute liberté de conjecturer dans Cabri en remplaçant le déplacement pour conjecturer par le déplacement pour constater.

En effet, les activités où il s'agit essentiellement de la mise en œuvre du déplacement pour conjecturer sont des activités où le déplacement est utilisé par l'élève pour la résolution même de la tâche. Or, les activités mettant en œuvre le déplacement pour constater sont en général des activités où le déplacement est utilisé une fois que la construction est effectuée.

Il est aussi à noter que la mise en œuvre du déplacement pour conjecturer (Déplacement 2) demande des situations plus ouvertes. Or les situations où le déplacement pour constater (Déplacement 3) est utilisé sont en général beaucoup plus fermées que les situations où le déplacement pour conjecturer est utilisé. Les constructions à faire pour constater sont, par exemple données à faire aux élèves, pas à pas de façon guidée. Elles ne sont pas données à faire sans indication, le risque étant dans ce dernier cas que les élèves bloqués ne puissent aborder la phase jugée essentielle du déplacement pour constater.

Ainsi, le déplacement pour valider/invalider et le déplacement pour conjecturer doivent être l'objet central d'une formation sur l'intégration. Mais, il nous semble également important de traiter le déplacement pour valider/invalider en relation avec des éléments du savoir didactique.

## II. Limites du travail de recherche

Nous avons évoqué dans notre problématique les contraintes institutionnelles pouvant peser sur l'enseignant pour l'intégration des TICE dans sa pratique. Or, dans la façon dont nous avons construit notre méthodologie, nous avons négligé les contraintes institutionnelles qu'un enseignant rencontre, lorsqu'il utilise un logiciel de géométrie dynamique dans sa classe.

En effet, lors de nos expérimentations, les stagiaires, ni n'ont été confrontés, ni ne se sont posé des questions sur les difficultés liées à la gestion de classe, aux contraintes de temps avec un programme à terminer, au problème de l'évaluation des connaissances de l'élève etc.

Les situations que nous avons proposées lors de nos expérimentations mettaient en fait les PLC2 en position d'enseignants, en dehors de toutes contraintes institutionnelles du métier d'enseignement. Nous sommes donc tout à fait consciente que l'étude que nous avons menée sur l'intégration des TICE était un peu loin de la réalité où l'enseignant tente effectivement d'intégrer les TICE dans sa pratique.

En revanche, il est à noter que les stagiaires PLC2 ont une double position « enseignant » et « étudiant ». Ainsi, par l'effet de cette double position des stagiaires, on peut avancer que notre méthodologie les mettait dans une position intermédiaire entre « enseignant » et « étudiant ».

Cependant notre étude a permis d'obtenir des résultats par rapport à la formation des enseignants-stagiaires et par rapport à l'impact de cette formation.

Un des prolongements de notre étude serait alors, d'après nous, de mener des travaux prenant également en compte les contraintes institutionnelles que nous avons négligées, d'une part lorsque les stagiaires conçoivent des situations didactiques intégrant la technologie, et d'autre part lorsqu'ils mettent en œuvre ces situations dans leurs classes.



### III. Perspectives

Notre recherche a soulevé des questions auxquelles nous ne pouvons pas répondre et à plusieurs reprises nous avons souligné le besoin d'effectuer d'autres recherches.

Les deux pistes de recherches que nous envisageons nous semblent importantes.

Dans le cadre de cette recherche nous avons porté notre attention sur le savoir didactique  $S_{d-i}$ , en essayant d'établissant une distinction entre le savoir  $S_{d-m}$  et le savoir  $S_{d-i}$  qui sont des éléments du savoir didactique. Or, notre travail de thèse a montré qu'il existe des éléments du savoir  $S_{d-i}$  difficilement séparables du savoir  $S_{d-m}$  et donc reliés au savoir  $S_{d-m}$ .

Notre travail de thèse nous a conduit alors à la nécessité de nous questionner plus finement sur le statut et sur la place de ces deux types de savoirs dans l'enseignement de la didactique aux futurs enseignants.

Les éléments du savoir didactique enseignés aux futurs enseignants sont en particulier centrés sur les résultats des recherches en didactiques sur les élèves comme par exemple des conceptions, des erreurs et des difficultés d'élèves. Or, ces résultats sur les élèves, qu'on enseigne aux stagiaires, sont issus des travaux portant sur l'environnement papier-crayon.

En effet, le nombre important de recherches en didactiques portant sur l'environnement papier-crayon a pour conséquence que le savoir didactique  $S_{d-m}$  enseigné à l'IUFM relève essentiellement de l'environnement papier-crayon. Cela rend inévitable de ne pas prendre l'environnement papier-crayon comme environnement de référence, même quand il s'agit de l'enseignement du savoir didactique  $S_{d-i}$  (en considérant par exemple le traitement, grâce à l'intégration de la géométrie dynamique, des difficultés d'élèves repérées en papier-crayon), parce que la plupart des conceptions et des difficultés des élèves ont été dégagées grâce à des expérimentations papier-crayon.

En revanche, nous pensons que, dans l'avenir, lorsque le nombre de travaux de recherches en didactique portant sur les environnements informatiques augmentera, l'environnement papier-crayon ne sera plus le seul environnement de référence.

Il nous paraît donc important d'effectuer aussi dans l'environnement informatique des recherches sur les éléments du savoir didactique sur les apprentissages des élèves qui, pour l'instant, relèvent de recherches portant sur l'environnement papier-crayon, afin de déterminer ce qui est valable indépendamment de l'environnement utilisé, et ce qui se révèle uniquement spécifique à l'environnement papier-crayon. En d'autres termes, nous pensons qu'il est important de nuancer les résultats des recherches en didactique sur les apprentissages et les connaissances des élèves, en cherchant parmi ces résultats, lesquels portent sur n'importe quel environnement, et lesquels sont spécifiques à l'environnement papier-crayon. En effet, ce sont les résultats de ce type de recherches qui, selon nous, contribueront à permettre que l'environnement papier-crayon ne soit plus le seul environnement de référence dans la formation des enseignants à l'intégration des logiciels de géométrie dynamique.

Une autre piste de recherche se situe dans le prolongement direct de ce travail de recherche.

La recherche que nous avons menée a porté sur une formation à l'usage des logiciels de géométrie dynamique centrée sur l'analyse des situations didactiques.

Nous pensons qu'une des pistes de recherches à envisager peut être de prendre également pour objet d'étude des formations aux TICE centrées sur les stratégies d'adaptation et de création de situations didactiques, comme par exemple les ateliers mémoires.

En effet, notre recherche a mis en évidence l'importance, pour l'intégration des logiciels de géométrie dynamique par les stagiaires, d'une mise en interrelation des connaissances acquises à travers différents modules de formation suivie à l'IUFM et de l'interaction entre ces différents modules. Il serait donc intéressant de mener une recherche en prenant davantage en compte la globalité de la formation à l'IUFM.

En outre, nous avons montré dans nos résultats l'importance de la conception et surtout de la mise en œuvre d'une formation aux TICE quant à son impact sur les stagiaires.

Le contexte dans lequel nous avons mené notre recherche était particulier au sens où les formations que nous avons analysées et dont nous avons cherché à identifier l'impact se sont déroulées dans un IUFM qui favorise les nouvelles technologies, à côté d'une équipe de recherche dont les travaux sont centrés sur les EIAH. Ainsi, les formateurs avec lesquels nous avons travaillé étaient des formateurs sensibilisés à l'usage des logiciels de géométrie dynamique puisqu'ils étaient en contact avec des équipes de recherche et avaient participé aux travaux de recherches sur les TICE.

Nous pensons qu'il serait intéressant de mener une étude portant sur l'impact de la formation à l'usage des logiciels de géométrie dynamique, dans des IUFM relevant d'autres contextes, avec des formateurs qui ont un rapport différent à l'usage des nouvelles technologies.

En effet, la place du formateur est un facteur important d'une intégration réussie des logiciels de géométrie dynamique dans l'enseignement.

Notre travail a en partie mis en évidence que le chemin d'une formation qui mène à l'intégration ne peut se limiter, ni à des discours magistraux du formateur, ni à des « pseudo situations problèmes ».

Ainsi la formation des formateurs et les ingénieries de formation peuvent aussi être objet d'étude de futurs travaux de recherches en didactique sur les TICE. En effet, les formateurs risquent d'avoir des rapports très différents aux TICE selon le contexte dans lequel ils se trouvent ; et ce, particulièrement pour les TICE car les formateurs eux-mêmes n'ont pas suivi de formation sur l'usage des nouvelles technologies et se sont formés en autodidacte sur le terrain.

Au terme de cette recherche, nous sommes conscientes que nous n'avons pu fournir des éléments de réponses à toutes les questions envisagées au départ. Notre travail contribue toutefois à la détermination des caractéristiques et de l'impact de formations à l'IUFM, il fournit des éléments sur les difficultés des stagiaires pour l'intégration des logiciels de géométrie dynamique et des pistes utilisables pour des recherches ultérieures sur la formation des enseignants.



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALDON G., HACHE S., KUNTZ G., MEYRIER X., SCHNEIDER E.; [2003] *Table ronde, Actes du colloque ITEM*, Reims
- ARTIGUE M. [2001] Learning mathematics in a CAS environment: the genesis of a reflection about instrumentation and the dialectics between technical and conceptual work, *Proceedings of the Second CAME Conference*, Utrecht
- ARTIGUE M. [1998] Teacher training as a key issue for the integration of computer technologies, In *Information and communication technologies in school mathematics*, J. D. Tinsley & D. C. Johnson (eds), Chapman and Hall, pp. 121-129.
- ARTIGUE M. [1995] Une approche didactique de l'intégration des EIAO à l'enseignement, In *Environnements informatiques d'apprentissage avec ordinateur*, Guin D., Nicaud J. F. & Py D. (eds), pp. 17- 28, Paris : Eyrolles
- ASSUDE T., GRUGEON B. [2003] Enjeux et développements d'ingénieries de formation des enseignants pour l'intégration des TICE. *Actes du colloque ITEM*, Reims
- ASSUDE T. [2001] Intégration de Cabri-géomètre dans des classes de cycle 3, *Actes du colloque Cabriworld 2*, Montréal
- BALACHEFF N. [1994] La transposition informatique, un nouveau problème pour la didactique, In: *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*, Artigue M. et al. (eds), pp.364-370, Grenoble : La Pensée Sauvage éditions.
- BALACHEFF N., SOURY-LAVERGNE S. [1995] Analyse du rôle de l'enseignant dans une situation de préceptorat à distance: TéléCabri. In : Noïrfalise R., Perrin-Glorian M.-J. (eds.) *Actes de la VII<sup>e</sup> Ecole d'été de didactique des mathématiques* (pp.47-56).
- BKOUICHE R. [1999] De la transposition didactique. *Didactiques*, 4, IREM de Lorraine
- BOSCH M., CHEVALLARD Y. [1999] La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs. Objet d'étude et problématique, *Recherches en didactique des mathématiques*, Vol.19, n°1, pp. 77–124, Editions la Pensée Sauvage, Grenoble
- BRAY N., BRUNET C., HOUSSIN M-J., MAHIEU D., MARTEIL F., SIDIN A., VENTRE R., VOLTOLINI A. [2000] Préalables à la symétrie, Groupe 6ème, Académie Créteil juin 2000 / [www.ac-creteil.fr/maths](http://www.ac-creteil.fr/maths)
- BROUSSEAU G. [1986] Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques, *Recherche en didactique des mathématiques*, Vol. 7.2, La Pensée Sauvage, Grenoble, 1986
- CHAACHOUA et al. [2000] Usage des TICE dans l'enseignement : Quelles compétences pour un enseignant des mathématiques ?, *Séminaire INRP*

CHEVALLARD Y., MERCIER A. [1987]. *Sur la formation historique du temps didactique*. Publication de l'IREM d'Aix-Marseille : Marseille

CLAROU P., LABORDE C., CAPPONI B. [2001] *Géométrie avec Cabri. Scénarios pour le lycée*, CRDP de l'académie de Grenoble

CNE [2001] Rapport d'évaluation, Les IUFM au tournant de leur première décennie panorama et perspectives

CUBAN L. [2001] *Oversold and Underused: Computers in the Classroom*, Cambridge: Harvard University Press

DEBLOIS L. [2006] Influence des interprétations des productions des élèves sur les stratégies d'intervention en classe de mathématiques, *Educational Studies in Mathematics*, vol62, pp. 307-329

DENYS B. [1985] The teaching of reflection in France and Japan, *Proceedings of the ninth international conference for the psychology of mathematics education*, ed. L. Streefland, Research Group OW&OC, State Univ.of Utrecht, Pays-Bas..

DEVAUCHELLE B. [2002] Où en sont les enseignants dans l'intégration des TIC dans leur pratique ?, *Actes du 3eme Forum Education et TICE*, Scolanet, Cannes

DUVAL R. [2000] Basic issues for research in mathematics education, In T. Nakahara, M. Koyama (Eds.), *Proceedings of the 24<sup>th</sup> Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, (Vol 1, pp. 55-69) Hiroshima: Hiroshima University

EDWARDS L. D., ZAZKIS R. [1993] Transformation geometry: Naive ideas and formal embodiments, *Journal for Computers in Mathematics and Science Teaching*, 12 (2), 121-145

GALLOU-DUMIEL E. [1985] *Symétrie orthogonale et angles*, Thèse. IMAG : Université Joseph Fourier, Grenoble

GRENIER D. [1988] *Construction et étude du fonctionnement d'un processus d'enseignement de la symétrie orthogonale en sixième*. Thèse d'Université, Université Joseph Fourier, Grenoble.

GUIN D., TROUCHE L. [1999] The complex process of converting tools into mathematical instruments: the case of calculators. *International Journal of Computers for Mathematical Learning* 3, 195-227.

GUIN D., TROUCHE L. [2002] Mastering by the teacher of the instrumental genesis in CAS environments: necessity of instrumental orchestrations, *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 34/5, 204-211

HEALY L. [2002] *Iterative Design and Comparison of Learning Systems for Reflection in Two Dimensions*, Unpublished PhD. Thesis. Institute of Education, University of London, London

HENNESSY S., RUTHVEN K., BRINDLEY S., [2005] Teacher perspectives on integrating ICT into subject teaching: commitment, constraints, caution and change, *Journal of Curriculum Studies*, 37 (2), 155-192.

HENNESSY S., DEANEY R. [2004] Sustainability and Evolution of ICT-supported Classroom Practice, *Final Report to Becta*, Coventry

HOYLES C., HEALY L. [1997] Unfolding Meanings for Reflective Symmetry, *International Journal of Computers in Mathematical Learning*, 2, 27-59

HÖLZL R. [2001] Using DGS to add Contrast to Geometric Situations – A Case Study, *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 6(1), 63-86

Inspection générale de l'Éducation nationale, groupe des mathématiques [2004] *Les technologies de l'information et de la communication dans l'enseignement des mathématiques au collège et au lycée*, juin 2004, Eduscol

KERR S. [1991] Lever and Fulcrum: Educational Technology in Teachers' Thought and Practice, *Teachers College Record*, vol. 93 (1) pp. 114-136

LABORDE C [2004] New technologies as a means of observing students' conceptions and making them develop: the specific case of dynamic geometry, *ICME 10 - TSG 22*, Copenhagen, Denmark.

LABORDE C. [2004] Instrumentation processes of pre-service teachers using dynamic geometry software, *II YERME summer school*, Poděbrady, Czech Republic

LABORDE C. [2003] The design of curriculum with technology: lessons from projects based on dynamic geometry environments, *CAME Symposium*, Reims

LABORDE C. [2001] The use of new technologies as a vehicle for restructuring teachers' mathematics, In *Making sense of mathematics teacher education*, T. Cooney, F. L. Lin (eds), Kluwer AC. Pub.

LABORDE C. [1998] Vers un usage banalisé de Cabri-Géomètre avec la TI 92 en classe de Seconde : analyse des facteurs de l'intégration, Calculatrices symboliques et géométriques dans l'enseignement des mathématiques, *Actes du colloque francophone européenne : Calculatrices symboliques et géométriques dans l'enseignement des mathématiques*, D. Guin (ed.), pp. 79-94, Montpellier : Editions IREM de Montpellier

LAGRANGE & al. [2001] A meta study on IC technologies in education. in, M. van den Heuvel-Panhuizen, *Proceedings of the 25th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, vol.1, 111-122. Utrecht : Freudenthal Institute.

LENFANT A. [2002] *De la position d'étudiant à la position d'enseignant : le développement de compétences professionnelles en algèbre chez des enseignants débutants*, Thèse, Paris : Université Paris 7

Livret formatrices, formateurs et personnels [2003-2004] IUFM de Grenoble

PORTUGAIS J. [1992] *Didactique des mathématiques et formation des enseignants : le cas des erreurs de calcul*, Thèse, Genève : Université de Genève

PRUDHOMME G. [1999] *Le processus de conception de systèmes mécaniques et son enseignement La transposition didactique comme outil d'une analyse épistémologique*, Thèse, Grenoble : Université Joseph Fourier

RABARDEL P. [1995] *Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains*, Armand Colin, Paris

RABARDEL P., SAMURCAY R. [2001] From Artifact to Instrumented-Mediated Learning, New challenges to research on learning, *International symposium organized by the Center for Activity Theory and Developmental Work Research*, University of Helsinki

Rapport de l'inspection générale de l'éducation nationale [Juillet 2002], *L'école et les réseaux numériques en mathématiques*, Eduscol

Rapport annuel 2000/2001 Eurydice [2001] *Le réseau d'information sur l'éducation en Europe Indicateurs de base sur l'intégration des TIC dans les systèmes éducatifs européens*

ROLET C. et al [1999] Différents types de savoirs en jeu dans l'activité professionnelle des enseignants, *Actes de la Xème école d'été de la didactique des mathématiques*, Caen : IUFM de Caen

RUTHVEN K., HENNESSY S., DEANEY R. [2004] Incorporating dynamic geometry systems into secondary mathematics education: didactical perspectives and strategies of teachers. Paper presented at Symposium on Developing Teacher Thinking about Integrating ICT Use in Mathematics Classroom Practice, at the *Annual Conference of the British Educational Research Association (BERA)*, Manchester

SELWYN N. [1999] Differences in educational computer use: the influence of subject cultures. *Curriculum Journal*, 10 (1), 29-48

TAHRI S. [1993] *Modélisation de l'interaction didactique: un tuteur hybride sur Cabri-Géomètre pour l'analyse des décisions didactiques*, Thèse, Grenoble : Université Joseph Fourier

TAPAN S. [2002] Intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques dans des situations de prise en compte des erreurs de démonstration, Mémoire de DEA EIAHD, Grenoble : Université Joseph Fourier

TAPAN S. [2003] Formation des enseignants à l'intégration des TICE dans l'enseignement des mathématiques : quel impact pour des situations de prise en compte des erreurs de démonstration ? *Actes du Congrès Européen ITEM*, IUFM de Reims, Reims



TAPAN S. [2003] Integration of ICT in the teaching of mathematics in situations for treatment of difficulties in proving, *Proceedings of CERME 3 (3rd Conference of the European society for Research in Mathematics Education)*, Bellaria Italie

TAPAN S. [2004] Three different types of training to the use of an artefact for trainee teachers, *Proceedings of Cabri-world 3*, Rome Italie

TAVIGNOT P. [1991] *L'analyse du processus de transposition didactique, exemple de la symétrie orthogonale au collège*, Thèse de doctorat de sciences de l'éducation, Paris : Université Paris 5

TROUCHE L. [2004] Managing the Complexity of Human/Machine Interactions in Computerized Learning Environments: Guiding Student's Command Process Through Instrumental Orchestrations, *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9/3, 281-307

TROUCHE L. [2003] *Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations*, Document pour l'Habilitation à Diriger des Recherches, Paris : Université Paris VII

TROUCHE L. [2000] La parabole du gaucher et de la casserole à bec verseur, éléments de méthode pour une étude des processus d'apprentissage dans un environnement de calculatrices complexes, *Educational Studies in Mathematics*, vol.41, 239-264

VERGNAUD G. [1996] Au fond de l'action, la conceptualisation, In *Savoirs théoriques et savoirs d'action*, Barbier, J.-M. (dir.), Paris, PUF, pp. 275-292.

VERILLON P., RABARDEL P. [1995] Cognition and artifacts : a contribution to the study of thought in relation to instrumented activity. *European Journal of Psychology of Education*, 10, 77-101

WEBBER C. [2003] *Modélisation Informatique de l'apprenant - une approche basée sur le modèle cKç et la théorie de l'émergence*, Thèse, Grenoble : Université Joseph Fourier