

FORMATION DES ENSEIGNANTS A L'INTEGRATION DES TICE DANS L'ENSEIGNEMENT DES MATHEMATIQUES : Quel impact pour des situations de prise en compte des erreurs de démonstration ?

Menekse Seden TAPAN

Université Joseph Fourier (Grenoble I) - France

Résumé :

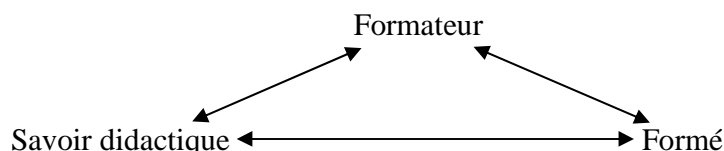
Dans l'étude qui suit nous avons tenté d'analyser une formation sur l'intégration des TICE et d'apprécier l'impact d'une telle formation chez les futurs enseignants. Nous avons dégagé le rôle de différents types de savoirs qui doivent être pris en compte dans la conception d'une formation sur l'intégration des nouvelles technologies dans l'enseignement des mathématiques, mais aussi, qui doivent être étudiés en profondeur dans le cadre des recherches en didactique.

L'impact de la formation des enseignants concernés par l'étude est relatif à la démonstration en géométrie et à la conception de situations permettant aux élèves de dépasser des difficultés de démonstration grâce à un usage approprié des outils d'un environnement de géométrie dynamique.

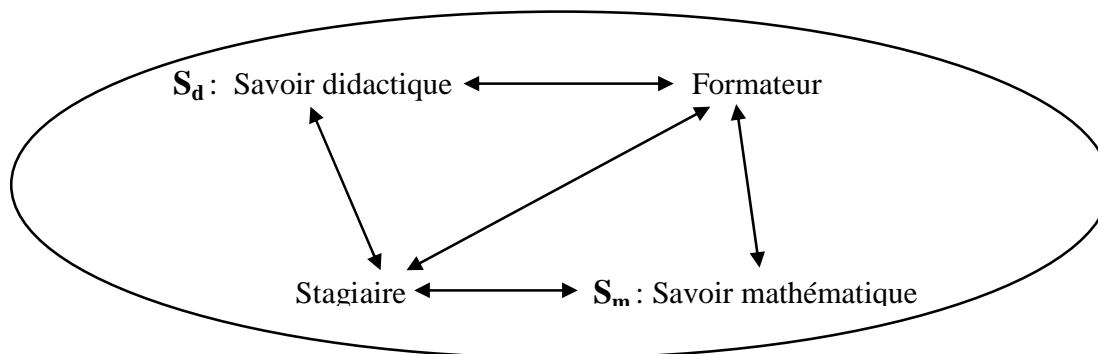
I- FORMATION DES ENSEIGNANTS A L'INTEGRATION DES NOUVELLES TECHNOLOGIES : Une modélisation de départ

Afin de modéliser la formation des futurs enseignants dans les IUFM à l'intégration des nouvelles technologies dans l'enseignement des mathématiques, nous avons formulé un modèle. Pour cette modélisation, 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 donné par Portugais est le suivant :

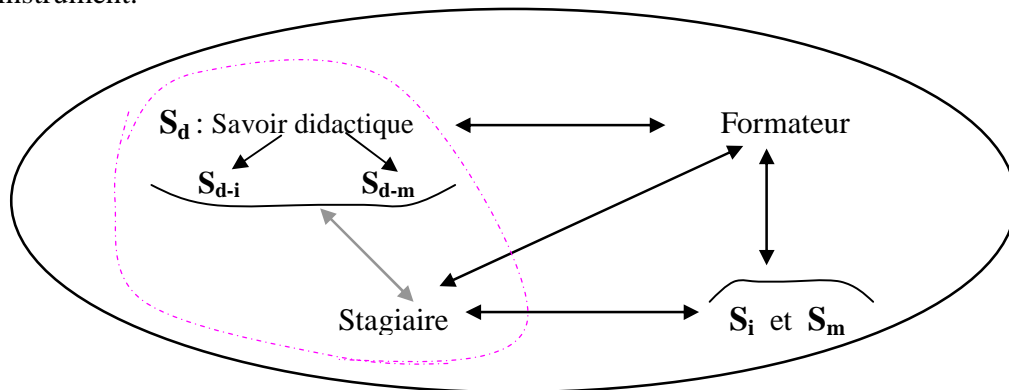


Un des savoirs qu'insère Rolet et al. (1999) dans ce schéma est le savoir que nous avons nommé le savoir mathématique S_m . Ce sont « des savoirs relevant des disciplines scolaires traditionnelles (français, mathématiques, etc) pour lesquels il existe un savoir savant, dont le processus de transposition 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 ».



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)

Quand il s'agit de l'intégration des nouvelles technologies dans l'enseignement des mathématiques, nous avons construit une tentative de schéma où nous insérons la notion d'artefact et d'instrument.



Dans ce schéma ;

- S_m : S_m représente le savoir mathématique. Le rapport du stagiaire au savoir mathématique n'est pas dans les objectifs explicites de la formation à l'IUFM en seconde année puisque le stagiaire passe à la fin de la première année un concours sur le savoir mathématique.

- S_i : S_i représente le savoir sur l'usage de l'artefact. Nous pouvons lier ce type de savoir à la notion de « schème d'usage » de Rabardel (1999). Le rapport du stagiaire à S_i constitue le premier axe de la formation concernant dans le cas de notre étude la manipulation et l'utilisation de Cabri.

- S_{d-i} : S_{d-i} représente le savoir didactique lié à la mise en œuvre de l'artefact dans une situation d'apprentissage de mathématiques. Le rapport du stagiaire à S_{d-i} constitue le deuxième axe de la formation qui vise à permettre aux formés de savoir mettre en interrelation S_m et S_i avec une perspective didactique 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_m et S_i en interrelation. Par exemple ; en ce qui concerne la notion de figure où les propriétés géométriques sont essentielles et celle de dessin où les propriétés spatiales sont au premier plan, la préparation d'une situation d'apprentissage de la différence entre ces deux notions en utilisant le déplacement dans Cabri sera analysée en termes de S_{d-i} . En effet ; il est possible dans Cabri de donner à l'élève un fichier où il y a des quadrilatères qui ont l'air d'être tous des carrés mais dès que nous déplaçons les objets nous nous apercevons que ce ne sont pas tous des carrés. Il s'agit alors d'utiliser le déplacement afin de pouvoir dégager les propriétés mathématiques de chaque quadrilatère à l'aide desquelles seulement nous serons capable d'annoncer la nature du quadrilatère qui, par une simple perception, semblait être un carré mais qui, après avoir analysé les effets du déplacement, sera annoncé comme étant un parallélogramme ou encore un losange.

• S_{d-m} : S_{d-m} 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.

Ces quatre types de savoirs, tel que présentés ci-dessus, sont quand même assez formalisés mais il est à souligner que ces 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_m) ou ils peuvent rester implicites (par exemple dans certains cas pour S_{d-m} ou pour S_{d-i}) ; certains peuvent se transmettre par écrit mais certains se transmettront par oral.

Le schéma ci-dessus, représentant les interrelations pour une formation sur l'intégration des nouvelles technologies, nous nous sommes interrogé sur l'impact d'une telle formation.

II- QUESTION DE RECHERCHE : L'impact d'une formation à l'intégration des TICE

Afin de mieux cerner un tel impact, nous avons choisi de faire porter notre étude sur le cas de l'enseignement de la démonstration en géométrie, et de repérer dans quelle mesure les stagiaires sont capables de proposer des situations incluant les TICE permettant aux élèves de dépasser des difficultés précises dans la rédaction de démonstration.

Les questions auxquelles nous avons tenté de répondre sont :

Q1 : Comment un futur enseignant intègre-t-il les nouvelles technologies, avant qu'il ne reçoive une formation approfondie sur leur intégration : quelles tâches est-il capable de proposer aux élèves pour prendre en compte leurs erreurs dans les démonstrations en vue de permettre à ces derniers de surmonter leurs difficultés ?

Q 2 : Quel impact une formation sur l'intégration des nouvelles technologies dans l'enseignement des mathématiques a-t-elle sur la conception, par les futurs enseignants, de situations de prise en compte des erreurs de démonstration utilisant les nouvelles technologies ?

METHODOLOGIE

Dans le but de mesurer l'impact d'une formation à l'intégration des logiciels Géométrie Dynamique, nous avons effectué deux expérimentations auprès de PLC2 à l'IUFM de Grenoble.

Dans les deux expérimentations, nous avons soumis aux PLC2 des activités de démonstration proposées dans l'environnement papier-crayon avec des productions fictives d'élèves dans lesquelles nous avons inséré des erreurs choisies de démonstration ; nous avons demandé aux PLC2 de repérer les erreurs dans les productions fictives d'élèves et de proposer des situations de prise en compte de ces erreurs dans l'environnement Cabri.

Faire travailler les PLC2 sur les productions d'élèves nous a permis de les placer dans leur situation professionnelle et face à une activité qu'ils ont à faire dans leur métier d'enseignant. Nous avons préféré prendre des productions fictives pour les expérimentations car cela nous a permis de contrôler les erreurs sur lesquelles nous avons choisi de travailler.

La première expérimentation a été menée auprès de PLC2 (deux binômes) qui n'avaient pas encore suivi les séances de formation à l'intégration des logiciels Géométrie Dynamique mais qui avaient eu une initiation au maniement de Cabri afin de repérer comment les futurs enseignants intègrent les nouvelles technologies (et plus précisément les spécificités de Cabri que nous avons choisies) dans des situations de prise en compte de l'erreur sans qu'ils reçoivent une formation approfondie sur l'utilisation des nouvelles technologies dans l'enseignement. Cette première expérimentation nous a permis de répondre à la première question **Q1** de notre questionnaire.

Ensuite, nous avons observé et enregistré les séances de formation à l'intégration des logiciels Géométrie Dynamique et nous avons fait l'analyse des tâches auxquelles les PLC2 sont confrontés du point de vue des spécificités de Cabri aux quelles nous nous intéressons.

Une fois les séances de formation à l'intégration des logiciels Géométrie Dynamique terminées, nous avons mené une deuxième expérimentation auprès des mêmes PLC2 qui avaient participé à notre première expérimentation afin de repérer si le travail effectué pendant la formation à l'intégration des logiciels Géométrie Dynamique était susceptible d'être réinvesti par rapport aux erreurs de démonstration. Cette deuxième expérimentation s'est appuyée sur l'analyse des résultats de la première expérimentation ainsi que sur l'analyse des observations lors de la formation à l'intégration des logiciels Géométrie Dynamique et les résultats obtenus ont été analysés en fonction de nos interrogations. Ces analyses nous ont permis de répondre à la deuxième question **Q2** de notre questionnaire.

GRILLE D'ANALYSE

Afin de pouvoir analyser les résultats des deux expérimentations ainsi que ceux de l'observation des séances de Géométrie Dynamique, nous avons construit une grille d'analyse relative à l'intégration des outils choisis de Cabri par rapport aux erreurs de démonstration.

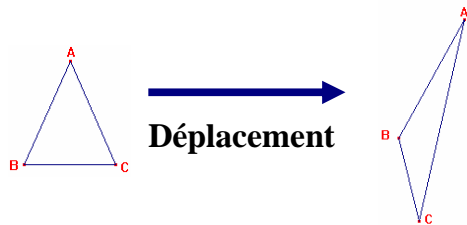
Les outils de Cabri que nous avons analysés sont : les outils de Construction, le Déplacement, l'Historique (Revoir la Construction), Cacher-Montrer, Ambiguïté et nous avons aussi analysé les tâches de type « Boîte Noire » rendues possibles par Cabri.

Les erreurs de démonstration auxquelles nous nous intéressons sont :

- Lecture immédiate sur le dessin : ces types d'erreurs sont fréquemment rencontrées chez des élèves de collège au moment du passage de la géométrie d'observation à la géométrie de la déduction. Ce passage cause un changement important de contrat didactique dans la géométrie au collège;
- Confusion dans le statut opératoire des énoncés : dans le schéma de fonctionnement d'un ATS, Duval (1989) analyse chaque pas de démonstration comme ayant une structure ternaire constituée d'énoncés antérieurement donnés, de règle de substitution et de nouvel énoncé. Ce type d'erreurs est en général rencontré sous forme de confusion entre hypothèse et conclusion où l'élève utilise la conclusion à démontrer comme hypothèse ;
- Confusion entre le statut et le contenu d'un énoncé : nous entendons par ce type d'erreurs, les erreurs où l'élève ne prend pas en compte le statut d'un énoncé et ne raisonne que sur son contenu. En effet, un énoncé, tout en ayant le même contenu peut changer de statut selon les

démonstrations. Le même énoncé peut être parmi les hypothèses dans une démonstration et dans une autre démonstration il peut faire partie de la conclusion. Ceci est une difficulté pour un élève qui est habitué à raisonner plutôt sur le contenu des énoncés.

Ainsi, nous avons établi une relation entre ces erreurs de démonstration et les outils de Cabri choisis pour permettre de prendre conscience de ces erreurs et les surmonter.



Par exemple, pour l'erreur de lecture immédiate sur le dessin et l'outil « déplacement » de Cabri, nous avons établi la relation DL où la première lettre (D) renvoie à l'outil de Cabri (Déplacement) et la deuxième lettre (L) renvoie au type d'erreur (Lecture immédiate sur le dessin).

Il s'agit d'utiliser un outil de Cabri (déplacement) pour mettre en évidence l'erreur de l'élève. Par exemple ; il s'agit de fournir à l'élève un Cabri-dessin qui a l'air de posséder certaines propriétés mathématiques qui sont éventuellement les propriétés que l'élève lit sur le dessin statique. Le déplacement devient alors une source de problème qui n'existe que dans un environnement de géométrie dynamique et l'élève est amené à réfléchir sur la cause de ce problème.

Face à un triangle ABC ainsi dessiné, l'élève risque de dire immédiatement en faisant une lecture immédiate sur le dessin que le triangle ABC est isocèle. Alors qu'avec le déplacement, l'élève va pouvoir comprendre qu'il faisait une lecture sur le dessin et que ABC ne peut en effet être isocèle. Nous pouvons alors poser la question à l'élève : quelle propriété de plus faut-il pour que ABC soit isocèle?

PARTIE EXPERIMENTALE

Expérimentation 1 :

L'expérimentation 1 a été réalisée avec deux binômes composés de stagiaires PLC2 à l'IUFM de Grenoble. Ces stagiaires ont suivi une première initiation à Cabri, « Initiation Cabri »: module obligatoire pour tous les stagiaires, mais n'ont pas encore suivi un enseignement optionnel approfondi « Géométrie Dynamique »

Nous avons proposé aux PLC2 trois activités de démonstration au niveau collège dans l'environnement papier crayon avec des productions fictives d'élèves dans lesquelles nous avons inséré des erreurs des démonstrations. Il est demandé aux PLC2 d'utiliser Cabri pour la prise en compte des erreurs qui existent dans les productions fictives.

Les résultats de notre première expérimentation ont montré que la spécificité de l'environnement concernant le « déplacement » n'a pas été utilisée par les stagiaires. En revanche, la spécificité de l'environnement concernant la « construction » a été utilisée. Les autres spécificités de l'environnement n'ont pas été utilisées par les PLC2.

Suite à l'expérimentation 1 nous avons observé et analysé les séances de Géométrie Dynamique.

Observation des séances de Géométrie Dynamique

Afin d'analyser les séances de Géométrie Dynamique, nous avons défini cinq niveaux de rapport au traitement des spécificités de Cabri qui nous intéressent.

Outil de Cabri	Absent de la formation	Présent dans la formation	Explicite	Implicite
		niveau didactique (Sd i)		
		niveau de l'environnement (Si)		

Nous avons effectué une analyse dont le principe peut être expliqué par le tableau ci-contre. Pour chaque outil de Cabri, nous avons d'abord noté s'il est absent de la formation ou s'il est présent dans la formation.

Dans le cas où l'outil est présent dans la formation, il s'agit d'une présence à deux niveaux : le niveau didactique c'est-à-dire par rapport au savoir Sd-i (le savoir didactique lié à la mise en œuvre de l'artefact dans une situation d'apprentissage) et le niveau de l'environnement c'est-à-dire par rapport au savoir Si (le savoir sur l'usage de l'artefact). Ainsi, chaque fois qu'il s'agit d'une présence de l'outil dans la formation, nous avons regardé si la présence de l'outil dans la formation est implicite ou explicite au niveau didactique et au niveau de l'environnement.

En d'autres termes, les cinq niveaux de rapport au traitement des spécificités de Cabri que nous avons défini sont :

- le niveau explicitement présent dans la formation, c'est-à-dire faisant l'objet de la formation au niveau didactique et au niveau de l'environnement,
- le niveau explicitement présent dans la formation au niveau didactique mais implicitement présent au niveau de l'environnement,
- le niveau explicitement présent dans la formation en tant qu'artefact mais implicitement présent au niveau didactique,
- le niveau implicitement présent dans la formation au niveau didactique et au niveau de l'environnement,
- le niveau absent de la formation.

A travers cette analyse nous avons constaté que :

- Les outils « Déplacement » et « Construction » étaient au niveau « explicitement présent dans la formation »,
- Les tâches « boîte noire » étaient à un niveau intermédiaire entre le niveau « explicitement présent dans la formation au niveau didactique mais implicitement présent au niveau de l'environnement » et le niveau « implicitement présent dans la formation au niveau didactique et au niveau de l'environnement »,
- « cacher-montrer » était au niveau explicitement présent dans la formation en tant qu'artefact mais implicitement présent au niveau didactique,
- La fonctionnalité « ambiguïté » était au niveau implicitement présent dans la formation au niveau didactique et au niveau de l'environnement,

- L'outil « historique » de Cabri était absent de la formation à l'intégration des logiciels Géométrie Dynamique,

Une fois que la formation à l'intégration des logiciels Géométrie Dynamique s'est terminée, nous avons construit notre deuxième expérimentation en nous appuyant sur les résultats de l'analyse des séances de Géométrie Dynamique ainsi que sur ceux de notre première expérimentation.

Expérimentation 2

Notre deuxième expérimentation s'est réalisée avec les deux mêmes binômes de stagiaires PLC2 à l'IUFM de Grenoble, mais cette fois-ci après les séances de « Géométrie Dynamique ». Deux activités de démonstration au niveau collège dans l'environnement papier crayon sont proposées aux PLC2 avec des productions fictives d'élèves dans lesquelles nous avons inséré des erreurs des démonstrations.

Nous avons construit l'expérimentation 2 en deux parties : dans la première partie, il a été demandé aux PLC2 d'utiliser Cabri pour la prise en compte des erreurs qui existaient dans les productions fictives. Et dans la deuxième partie, l'expérimentateur a sollicité l'usage des outils « boîte noire », « ambiguïté », « historique » et « cacher-montrer » pour la prise en compte des erreurs qui existaient dans les productions fictives.

En construisant l'expérimentation 2 en deux parties, nous nous sommes appuyés sur les résultats de l'expérimentation 1 ainsi que sur les résultats de l'observation des séances de Géométrie Dynamique.

D'une part, les résultats de l'expérimentation 1 ont montré que les PLC2 utilisent l'outil « construction » même avant les séances de formation; d'autre part, l'analyse des séances de Géométrie Dynamique a montré que les outils « déplacement » et « construction » ont été traités explicitement pendant cette formation. Ainsi nous pensions que ces deux outils ne nécessitaient pas de sollicitation.

Or, les outils « boîte noire », « ambiguïté », « cacher-montrer » et « historique » étant peu ou pas du tout traités pendant la formation, nous avons sollicité, dans la deuxième partie de l'expérimentation 2, leur usage.

L'analyse des résultats de l'expérimentation 2 a montré que :

Les fonctionnalités « déplacement » et « construction » de Cabri étaient explicitement présents dans la formation, c'est-à-dire faisaient l'objet de la formation au niveau didactique et au niveau de l'usage de l'environnement dans les séances de Géométrie Dynamique. Elles ont été utilisées par les deux binômes dans la première partie de l'expérimentation (c'est-à-dire, avant que nous ayons sollicité ces outils).

La fonctionnalité « boîte noire » de Cabri était à un niveau intermédiaire entre le niveau « explicitement présent dans la formation au niveau didactique mais implicitement présent au niveau de l'environnement » et le niveau « implicitement présent dans la formation au niveau didactique et au niveau de l'environnement » dans la formation à l'intégration des logiciels Géométrie Dynamique. Elle a été utilisée par un binôme sur deux dans la première partie de

l'expérimentation ; et elle a été utilisée par les deux binômes dans la deuxième partie de l'expérimentation (c'est-à-dire, après avoir sollicité cet outil).

La fonctionnalité « cacher-montrer » était explicitement présente dans la formation en tant qu'artefact mais implicitement présente au niveau didactique, « ambiguïté » était implicitement présente dans la formation au niveau didactique et au niveau de l'environnement dans la formation à l'intégration des logiciels Géométrie Dynamique, et la fonctionnalité « historique » était absente de la formation. Ces trois fonctionnalités de Cabri n'ont pas été utilisées par les stagiaires pendant la première partie de l'expérimentation. Nous pouvons donc avancer l'hypothèse que cette non-utilisation de ces trois outils dans la première partie de l'expérimentation provient du fait que ces trois fonctionnalités n'étaient pas l'objet d'enseignement au niveau didactique dans les séances de Géométrie Dynamique.

Ceci nous montre l'impact des séances de Géométrie Dynamique ; les deux fonctionnalités de Cabri (déplacement et construction) qui faisaient l'objet de la formation n'ont pas nécessités une sollicitation pour être utilisée par les stagiaires. Or, les fonctionnalités de Cabri qui n'étaient pas explicitement présentes dans la formation au niveau didactique n'ont pas été utilisées par les stagiaires avant que l'expérimentateur sollicite leur utilisation.

Par contre, dans la deuxième partie de l'expérimentation (c'est-à-dire, après que l'usage des différents outils ait été sollicité), nous avons constaté qu'il y avait une différence entre la mise en œuvre des outils « cacher-montrer », « ambiguïté » et « historique ».

L'outil « historique » a été utilisé dans la deuxième partie pour toutes les activités de l'expérimentation. Ceci, parce que les schèmes d'instrumentation de cet outil et de la fonctionnalité « construction » de Cabri sont proches.

Les fonctionnalités « cacher-montrer » et « ambiguïté » étaient toutes les deux implicitement présentes au niveau didactique dans la formation à l'intégration des logiciels Géométrie Dynamique. Les stagiaires ont utilisé, dans la deuxième partie de l'expérimentation, la fonctionnalité « ambiguïté » mais ils n'ont pas utilisé la fonctionnalité « cacher-montrer ». Nous pensons que cette différence vient essentiellement du fait que les stagiaires ne voyaient pas d'autre utilité de l'outil « cacher-montrer » que celle de l'aspect esthétique.

Nous constatons que « historique » étant absent de la formation, il a été utilisé par les deux binômes pendant la deuxième partie de l'expérimentation 2. Or, « cacher-montrer » qui était implicitement présent au niveau didactique et explicitement présent au niveau de l'environnement il n'a été utilisé par aucun des deux binômes ni dans la partie 1 ni dans la partie 2.

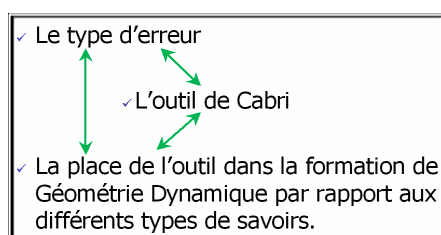
Ainsi, nous avons constaté que ce ne sont pas seulement les niveaux de présence dans la formation qui interviennent dans l'intégration des outils de Cabri par les futurs enseignants mais il y a également d'autres facteurs plus complexes qui sont mis en jeu.

III- DISCUSSION et CONCLUSION

Nous donnons ci-dessous, les points de discussion que nous avons dégagés de l'analyse des données recueillies :

- Pour donner aux problèmes mathématiques un contexte dans l'environnement, la formation à l'intégration des logiciels Géométrie Dynamique avait l'intention de mettre en œuvre l'interrelation de S_m (savoir mathématique) et S_i (savoir sur l'usage de l'artefact).
- La formation à l'intégration des logiciels Géométrie Dynamique avait de plus une autre intention celle de modifier le rapport du stagiaire à S_{d-i} (savoir didactique lié à la mise en œuvre de l'artefact dans une situation d'apprentissage) en leur demandant l'analyse ou la conception de situations didactiques.
- Il est apparu dans l'analyse que le savoir didactique S_{d-m} est indispensable pour que les stagiaires construisent des situations didactiques mettant en œuvre Cabri même s'ils ont des connaissances sur le plan S_{d-i} (savoir didactique lié à la mise en œuvre de l'artefact dans une situation d'apprentissage), S_i (savoir sur l'usage de l'artefact) et S_m (savoir mathématique). Par exemple, la prise en compte de l'erreur de lecture immédiate sur le dessin en utilisant le déplacement ne pose pas de problème pour les stagiaires. Alors que la prise en compte de l'erreur de confusion dans le statut opératoire des énoncés en utilisant l'ambiguïté semble être plus difficile pour les PLC2. Ceci parce que premièrement l'erreur de lecture sur le dessin nécessite moins de connaissances au plan S_{d-m} que l'erreur de statut opératoire ; deuxièmement, l'utilisation de l'ambiguïté nécessite plus de connaissances sur le plan S_{d-i} (savoir didactique lié à la mise en œuvre de l'artefact dans une situation d'apprentissage) et S_i (savoir sur l'usage de l'artefact) que celle du déplacement ; et dernièrement, le déplacement a une place beaucoup plus importante dans la formation à l'intégration des logiciels Géométrie Dynamique que l'ambiguïté.

Nous avons ainsi constaté que les erreurs de démonstration ainsi que les outils de Cabri ne sont pas toutes traitées de la même façon par les PLC2.



L'exemple que nous avons donné ci-dessus montre la complexité d'une analyse fine. Car, il y a d'une part le type d'erreur à prendre en compte, et l'outil de Cabri, et la place de l'outil dans la formation à l'intégration des logiciels Géométrie Dynamique par rapport aux différents types de savoirs.

Il y a donc d'une part S_m (avoir mathématique), S_{d-i} (savoir didactique lié à la mise en œuvre de l'artefact dans une situation d'apprentissage) et S_i (savoir sur l'usage de l'artefact) qui entrent en interrelation mais il y a également quelque chose qui est absent de la formation à l'intégration des logiciels Géométrie Dynamique mais qui est indispensable : S_{d-m} (savoir lié à la mise en œuvre des objets de savoirs dans une situation didactique).

La formation des futurs enseignants ne peut donc être vue comme une juxtaposition des modules spécifiques. Bien au contraire, elle ne prend du sens que dans les interactions entre ces modules.

Un autre point important à étudier serait la construction des schèmes d'instrumentation. Chez les élèves, la construction des schèmes d'instrumentation se fait en interaction avec celle des connaissances mathématiques, alors que les futurs enseignants construisent les schèmes d'instrumentation en interaction avec leurs connaissances mathématiques mais non en interaction avec la construction de connaissances mathématiques.

Références:

BROUSSEAU G. [1986] Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques, *RDM*, Vol.7.2, Grenoble : La pensée sauvage

DUVAL R. et EGRET M. A. [1989] Organisation déductive du discours, *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives* 2, pp. 25-40, Strasbourg : IREM de Strasbourg

PORTUGAIS J. [1992] Didactique des mathématiques et formation des enseignants ; le cas des erreurs de calcul, Thèse de Doctorat, Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation, Université de Genève

PORTUGAIS J. [1999] La formation des enseignants comme terrain de recherche en didactique, *Actes de la X^{ème} école d'été de la didactique des mathématiques*, Caen : IUFM de Caen

RABARDEL P. [1999] Eléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques, *Actes de la X^{ème} école d'été de la didactique des mathématiques*, Caen : IUFM de Caen

ROLET C. et al [1999] Différents types de savoirs en jeu dans l'activité professionnelle des enseignants, *Actes de la X^{ème} école d'été de la didactique des mathématiques*, Caen : IUFM de Caen