Les technologies dans l'enseignement des mathématiques. Études des pratiques et de la formation des enseignants. Synthèses et nouvelles perspectives.

Maha Abboud

▶ **To cite this version:**

Maha Abboud. Les technologies dans l'enseignement des mathématiques. Études des pratiques et de la formation des enseignants. Synthèses et nouvelles perspectives.. Education. Université Paris-Diderot - Paris VII, 2013. tel-00846323

HAL Id: tel-00846323

https://theses.hal.science/tel-00846323

Submitted on 18 Jul 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Maha Abboud Blanchard

Note de synthèse pour
l'habilitation à diriger des recherches

Les technologies dans l'enseignement des mathématiques

Etudes des pratiques et de la formation des enseignants
Synthèses et nouvelles perspectives

soutenue le 4 juin 2013
devant le jury composé de :

Pr Michèle Artigue	**Université Paris Diderot**
Pr Jean-Luc Dorier	**Université de Genève**
Pr Alain Kuzniak	**Université Paris Diderot**
Pr Aline Robert	**Université de Cergy Pontoise**
Pr Eric Roditi	**Université Paris Descartes**
Pr Kenneth Ruthven	**University of Cambridge**

À mes parents

SOMMAIRE

Introduction **4**

Chapitre 1

Les recherches sur les pratiques des enseignants relatives à l'utilisation des technologies : une synthèse structurée des résultats **6**

1. Les recherches sur les pratiques : les contextes et le cadre théorique 9

1.1. Contextes et problématiques 9

1.2. Cadre théorique 10

2. Les résultats des recherches : une structure synthétique émergente 11

2.1. Axe Cognitif : Enseigner les mathématiques en intégrant les technologies 12

2.2. Axe Pratique/Pragmatique : Gérer l'enseignement des mathématiques dans des environnements technologiques 14

2.3. Axe Temporel : Intégrer les technologies et gérer le temps de l'enseignement et de l'apprentissage 19

3. Discussion 22

Chapitre 2

Les usages des technologies : cadres et genèses **25**

1. Délimitation de trois cadres d'usages des technologies 27
2. Evolution des usages 29
3. Des genèses instrumentales aux genèses d'usages des technologies 32
4. Les genèses d'usages : une modélisation articulant deux cadres théoriques 33
5. Discussion 38

Chapitre 3

Les recherches sur la formation aux technologies : plusieurs directions de travail **42**

1. Profils des formateurs et stratégies de formation 43
2. Formation des formateurs 48

2.1. Les ressources pour la formation : un coup de projecteur sur un élément constitutif de la culture professionnelle du formateur 49

2.2. Former des formateurs : une recherche en cours 51

2.3. Questions ouvertes 54

Conclusion et perspectives **57**

Références **62**

Introduction

L'intégration des technologies dans l'enseignement des mathématiques n'a pas constitué une révolution comme le prédisait le discours accompagnant ses débuts il y a une trentaine d'années. Elle s'est révélée plutôt être un mouvement de fond *lent* qui connaît des moments de bouillonnement (notamment suite à des injonctions institutionnelles fortes) et des moments de stagnation pendant lesquels des usages se développent et des pratiques se banalisent.
J'ai participé à ce mouvement tantôt comme enseignante de mathématiques et tantôt comme formatrice des enseignants. En tant que chercheure, je l'ai observé et étudié dans le contexte français, à travers mon inscription dans le champ de la didactique des mathématiques. Les travaux que j'ai menés dans ce domaine, depuis ma recherche doctorale, ont une unité certaine autour du thème des pratiques et de la formation des enseignants du secondaire. Malgré la diversité des approches et des contextes de ces travaux, leur but commun était, et est toujours, de mieux comprendre la réalité et la complexité des pratiques et d'envisager des exploitations possibles dans la formation.
De plus, choisir d'observer les pratiques et la formation à travers un même filtre théorique, la théorie de la double approche, m'a permis d'en avoir une vue cohérente. Cette théorie m'a fourni la possibilité d'avoir un regard réaliste sur le travail de l'enseignant au niveau de la classe tout en prenant en compte ses déterminants et ses contraintes ; ce regard rejaillissant sur la formation et la façon dont elle peut aider et permettre l'évolution des pratiques.

Rédiger cette note fut pour moi l'occasion de réorganiser les résultats accumulés au fil de mes recherches. Cette réorganisation s'est inscrite dans une démarche d'analyse globalisante à travers laquelle j'ai mis en lumière des caractéristiques et des évolutions qui me semblait généralisables, aussi bien du côté des pratiques que de celui de la formation. Les travaux d'autres chercheurs sur les thèmes qui sont les miens dans le domaine, m'ont permis de mettre en évidence des convergences qui soutiennent mes essais de généralisation.

Ce document comporte ainsi trois chapitres. Les deux premiers sont relatifs à l'enseignant de mathématiques dans ses pratiques et ses usages des technologies, le troisième à la formation des enseignants et des formateurs :
Le chapitre 1 revient sur les recherches sur les pratiques enseignantes dans des environnements technologiques. Ces recherches visaient non seulement à étudier ces pratiques et leurs effets sur les apprentissages mathématiques des élèves mais aussi à prendre en compte le contexte institutionnel et social dans lequel un enseignant donné, avec son histoire et ses représentations, exerce son métier. Le chapitre présente une synthèse structurée des résultats de ces recherches mettant en évidence des régularités dans les réponses aux contraintes liées à l'intégration des technologies. Les trois axes qui ont permis d'organiser cette synthèse y sont définis et leur aspect décontextualisé, permettant de les réinvestir et les utiliser comme moyens d'analyses dans d'autres recherches, y est discuté.
Le chapitre 2 rend compte de la façon dont j'ai appréhendé la problématique des usages des technologies en la déclinant selon deux angles d'attaque. Le premier est relatif à l'espace ou plutôt aux espaces dans lesquels naissent et se développent les usages des technologies. Le deuxième est relatif au temps, au sens où une étude des usages demande de les penser dans la durée. La perspective des usages s'est en fait développée dans mes travaux à travers ma participation à des projets nationaux. Sur le plan théorique, elle a abouti à une délimitation de cadres d'usages des technologies et à une modélisation des genèses d'usages des technologies. Ce chapitre présente et discute ces apports théoriques.

Le chapitre 3 présente les résultats de mes recherches sur la formation continue des enseignants de mathématiques et les orientations de mes recherches actuelles sur la formation des formateurs. Dans le premier cas, il fournit un éclairage sur le système de formation vu « de l'extérieur », privilégiant l'étude des stratégies de formation et de profil du formateur. Dans le deuxième cas, il expose une perspective d'étude de ce système vu « de l'intérieur », le chercheur étant partie prenante de la conception des dispositifs de formation des enseignants. Cette dernière est certainement liée à une évolution plus générale dans la recherche de la vision des rapports entre enseignants et chercheurs.

Il est enfin utile de noter que les trois chapitres ne présentent pas une unité de style. Les structures de présentation sont différentes, adaptées au point de vue choisi pour synthétiser les résultats des recherches qui y figurent. Le premier adopte ainsi une approche synthétique d'organisation et de structuration, le deuxième se situe dans une perspective théorique, le troisième est plutôt sous forme de récit puisqu'il retrace mon parcours relatif aux recherches sur la formation.
De plus, la linéarité du texte impose un ordre de présentation. Cependant, les trois chapitres s'articulent à divers niveaux et les résultats de mes recherches s'alimentent les unes des autres. C'est ce que les parties conclusives des trois chapitres s'appliquent à exposer.

Chapitre 1

Les recherches sur les pratiques des enseignants relatives à l'utilisation des technologies : une synthèse structurée des résultats

Les recherches concernant les technologies de l'information et de la communication dans l'enseignement (TICE) des mathématiques ont porté dans leurs débuts, en priorité, sur les apprentissages des élèves et sur les potentialités et limites de ces technologies[1]. Les recherches sur les pratiques des enseignants dans ces environnements sont restées peu nombreuses dans la littérature didactique jusqu'aux débuts des années deux mille. Dans une revue des travaux des colloques ICME[2], Laborde (2008) souligne que pendant les années quatre-vingt-dix, rares étaient les recherches qui s'intéressaient à la façon dont l'enseignant s'approprie une technologie et l'intègre dans son enseignement. Dans la majorité des recherches, l'enseignant apparaissait en arrière-plan comme un acteur censé accompagner l'élève dans ses interactions avec la technologie ; c'est la richesse de ces interactions qui permettrait à l'élève de construire ou re-construire ses connaissances mathématiques. De ce fait, on préconisait que l'enseignant devait repenser les mathématiques à enseigner et ses propres façons d'enseigner.

A la fin des années quatre-vingt-dix, nous avons participé à un projet inter-équipes dont le but était de recenser et d'analyser un vaste corpus de publications relatives aux TICE parus entre 1994 et 1998 (Artigue (dir.) 2000). Les objectifs de l'analyse étaient d'étudier les problématiques des travaux dans ce domaine et les approches théoriques qui les sous-tendaient ainsi que les types de résultats obtenus, leurs potentialités mais aussi leurs limites pour étudier les problèmes d'intégration des TICE à l'enseignement des mathématiques. Ce projet a donné lieu à une étude mettant en évidence la nécessité d'approcher ces questions d'intégration des TICE de façon multidimensionnelle pour éviter les effets négatifs de conceptions trop réductrices par rapport à la complexité des phénomènes en jeu (Lagrange et al. 2003). Au sein de cette étude multidimensionnelle, notre propre rôle a consisté à étudier la dimension « enseignante ». Les analyses relatives à cette dernière ont montré[3] trois orientations de recherches présentes dans les publications :

---

[1] Désormais quand nous parlerons des « technologies », nous sous-entendons (sauf cas particulier, cf. chapitre 2) « les technologies numériques pour l'enseignement » ; rejoignant ainsi une tendance récente dans le discours de la recherche (cf. la 17ème étude ICMI (Hoyles& Lagrange, 2010) où l'utilisation du terme anglais « digital technology » est généralisé). Dans nos travaux, sauf les plus récents, nous avons utilisé régulièrement l'acronyme TICE (Technologies de l'Information et de la Communication dans l'Enseignement) à l'instar de l'appellation dominante aussi bien dans le monde francophone qu'anglo-saxon (ICT) ; nous continuerons également à l'utiliser dans ce texte.

[2] ICME : International Congress on Mathematical Education

[3] Voir texte de Abboud-Blanchard dans Perrin-Glorian, M.J. (2002). Didactique des mathématiques. Les stratégies de l'enseignant en situation d'interaction. In Bressoux (Ed.), *Note de synthèse pour Cognitique. Programme Ecole et Sciences cognitive* (pp. 203-239). Université Pierre Mendès France Grenoble 2, Remis au Ministère de la Recherche en février 2002.

- Les représentations des enseignants concernant les TICE dans l'enseignement, cette orientation étant majoritairement présente dans les travaux anglo-saxons.
- La place de l'enseignant dans un dispositif d'enseignement intégrant les TICE. Nous avons distingué ici trois entrées : le rôle de l'enseignant, les stratégies d'enseignement, et le rôle de la variable temps dans les phases de préparation et de gestion de la classe.
- Le transfert des utilisations faites lors de la formation vers les pratiques au quotidien de l'enseignant.

(Nous reviendrons sur cette dernière orientation dans le chapitre 3 de ce document).

Les recherches traitant de la première orientation partaient souvent de l'hypothèse que les enseignants qui intègrent les TICE ont des représentations (*beliefs*) spécifiques. Noss & Hoyles (1996) ont montré que les changements causés par l'introduction d'un environnement TICE servent de révélateur (*window*) des représentations des enseignants à propos des mathématiques et de la pédagogie. Ils ont observé qu'il y a un rapport étroit entre les représentations des enseignants et ce qu'ils font. D'autres recherches ont montré que les pratiques des enseignants dépendent de leurs représentations et de leurs connaissances (*knowledge*) des mathématiques, de leur enseignement, et des technologies. Bottino & Furinghetti (1994, 1996) ont par exemple montré que les représentations sur la nature des mathématiques jouent un rôle essentiel dans le choix des logiciels utilisés et qu'il existe deux niveaux de perception, par les enseignants, du rôle de la technologies dans leur enseignement: un niveau superficiel où l'on considère la technologie comme un outil permettant l'amélioration de la présentation des contenus et un niveau profond où l'on considère que la technologie aide à la construction des savoirs des élèves.

Les recherches relevant de la deuxième orientation, qui nous intéressent en particulier dans ce chapitre, montrent que les stratégies et le rôle de l'enseignant changent lors d'une séance TICE par rapport à ceux habituellement observés en environnement papier-crayon (voir par exemple Monaghan 1998). Laborde (2008) souligne à cet effet que les recherches montrent un changement significatif dans le rôle de l'enseignant qui, au lieu d'être un « pourvoyeur de connaissances », devient un gestionnaire qui orchestre les interactions entre les élèves et la technologie, celle-ci étant de fait le principal catalyseur du changement dans l'enseignement. Cependant, ces résultats sont à modérer par le fait que les enseignants observés exerçaient dans des contextes expérimentaux et souvent travaillaient en étroite collaboration avec les chercheurs (ibid). De plus, certains de ces enseignants étaient habitués aux technologies, voire parfois enthousiastes de leur usage en classe. Par ailleurs, plusieurs chercheurs ont souligné que malgré le fait que dans les observations menées les outils ainsi que le contexte étaient motivants pour les élèves et les enseignants et porteurs de vraies potentialités en termes d'apprentissage, les enseignants ont éprouvé des difficultés pour changer leurs pratiques en intégrant les technologies (voir par exemple la section *Teachers* dans les actes de l'IFIP 1997 (Tinsley& Johnson 1998)). Dans un retour sur cette période, Artigue (2011), résume cet état des faits en disant :

> *« Les TICE ont certes d'emblée été perçues comme des catalyseurs de changement, comme le moyen de faire évoluer des pratiques enseignantes jugées trop étroitement transmissives, mais le discours usuel tendait à laisser penser que, grâce aux TICE, des pratiques différentes devenaient aisément accessibles et automatiquement productives. La réalité était bien sûr tout autre »* (p. 7).

A travers l'analyse de ces travaux, dont le nombre était encore réduit à l'époque, nous avons noté d'une part, que les enseignants étudiés ne semblaient pas représentatifs du corps enseignant et d'autre part, que les résultats obtenus étaient loin de nous éclairer suffisamment sur les obstacles, pourtant bien présents, à une pénétration réelle des TICE dans le système éducatif, encore à l'époque très marginale. Notons aussi que la tendance à mettre en avant les

changements dans le rôle et les représentations des enseignants comme facteur essentiel à une intégration des TICE commençait à décroitre aux débuts des années deux mille pour laisser place aux interrogations sur plusieurs aspects de l'activité de l'enseignant et à la nécessité de mener des recherches sur ses rapports avec les technologies et sur l'enseignement correspondant (Laborde ibid).

Nous avons ainsi mené, pendant la dizaine d'années qui a suivi cette étude, plusieurs recherches portant sur les pratiques[4] d'enseignants ordinaires, i.e. non particulièrement experts en TICE et exerçant dans des contextes non expérimentaux. En même temps que nos propres recherches, d'autres se sont développées examinant différents aspects des pratiques enseignantes avec les technologies. Plusieurs de ces travaux, dont quelques-uns sont présentés brièvement ci-dessous et évoqués au cours du reste de ce document, ont par certains aspects soit nourri notre propre réflexion, soit conforté notre travail en mettant en avant des résultats similaires aux nôtres.
Citons par exemple les travaux de Kendal & Stacey (2002) qui ont étudié les façons dont les enseignants intégrèrent des CAS[5] dans leurs classes en fonction de leurs représentations et leurs objectifs de l'enseignement des notions mathématiques avec ces technologies. Elles ont en particulier examiné si et comment les enseignants changent les contenus mathématiques à enseigner quand les CAS sont disponibles en classe. Ruthven & Hennessy (2002, 2006) ont examiné les conceptions que les enseignants ont de leurs expériences avec les technologies. Ils ont développé un modèle rendant compte des différents niveaux d'attentes et de projections dans l'intégration des technologies en fonction de leurs potentialités perçues. Monaghan (2003, 2004) a utilisé le modèle de Saxe[6] centré sur la notion de buts émergents pour étudier les pratiques d'enseignants ordinaires intégrant des technologies. Son objectif était de se donner un cadre holistique lui permettant d'étudier différentes dimensions de l'activité de l'enseignant. Il a en particulier considéré les objectifs d'enseignement qui changent et se développent pendant, et suite à la pratique des technologies en classe. En France, plusieurs études de l'enseignant utilisant la géométrie dynamique ont été faites. Nous citons en particulier le travail de Laborde (2001) relatif à l'analyse de l'évolution des tâches/scénarios mathématiques utilisant le logiciel Cabri-géomètre que les enseignants ont construites au sein d'un projet de trois ans de durée. Les travaux de Trouche (voir par exemple Trouche 2005) qui ont été développés dans le cadre de l'approche instrumentale[7] ont mis en évidence que la complexité de la construction et de la conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques se traduit par une complexité accrue du rôle de l'enseignant. Cela a donné lieu entre autres à la notion d'orchestration instrumentale, à travers laquelle l'enseignant organise et utilise les différents instruments présents dans une situation et guide les élèves dans leurs genèses instrumentales. Drijvers et al. (2010) ont en particulier développé cette dernière notion en distinguant plusieurs types d'orchestration que l'enseignant met en place quand il utilise les technologies. Ces types ont été mis en évidence à travers l'étude de trois éléments qui interviennent dans l'orchestration instrumentale qui sont la configuration didactique, le mode d'exploitation de cette configuration et la « performance » didactique correspondante.

[4] Même si nos travaux portent essentiellement sur le travail de l'enseignant pour et pendant la classe, nous tendons à utiliser le mot pratiques dans un sens proche de celui que lui donne Robert (2010) en l'associant à « ce que pense, dit ou ne dit pas, fait ou ne fait pas l'enseignant, avant, pendant et après la classe »
[5] Computer Algebra Systems
[6] Une référence citée par Monaghan est : Saxe, G. B. (1991). *Culture and cognitive development: Studies in mathematical understanding.* Hillsdale NJ: Laurence Erlbaum Associates.
[7] Nous y reviendrons en détail sur ce cadre initié par Rabardel (1995) dans le Chapitre 2 de ce document.

Dans la partie 1 qui suit nous présenterons le contexte, la problématique et la méthodologie générale de chacune de nos recherches, ainsi que le cadre théorique commun utilisé. Nous ne nous attarderons pas sur les détails méthodologiques spécifiques à chaque recherche, notre but étant plutôt de mettre en avant les résultats et plus encore de croiser ces résultats. C'est justement ce que nous détaillerons dans la partie 2, à savoir une synthèse structurée des résultats des recherches sur les pratiques des enseignants de mathématiques en environnements technologiques. Cette structure synthétique étant nouvelle dans le champ, dans la partie 3 nous discuterons son élaboration et son apport potentiel à la recherche.

1. Les recherches sur les pratiques : les contextes et le cadre théorique

Nos recherches sur les pratiques[8] concernent des enseignants de mathématiques de collège ou de lycée et les séances observées portent sur des notions mathématiques variées aussi bien géométriques qu'algébriques. Nous avons mené deux recherches sur les pratiques d'enseignants expérimentés. La première, longitudinale, concerne un ensemble d'enseignants utilisant des bases d'exercices en ligne. La deuxième, clinique, porte sur une séance de géométrie en environnement de géométrie dynamique comparée à une séance similaire en environnement papier-crayon. Nous avons également mené une recherche portant sur des enseignants novices testant plusieurs outils technologiques en première année d'enseignement. Nous présentons dans cette partie les contextes et problématiques de ces recherches ainsi que le cadre théorique d'analyse, leurs résultats seront présentés dans la partie 2 suivante.

1.1. Contextes et problématiques

La première recherche s'intéresse aux pratiques d'enseignants utilisant des Bases d'Exercices en Ligne (désormais BEL). Les questions générales de recherche sont : pourquoi et comment les enseignants utilisent-ils les BEL ? Quels effets cette utilisation a-t-elle sur leur activité d'enseignement ? Les données sont issues d'un projet académique d'expérimentation de l'usage des BEL afin d'en évaluer l'impact et l'efficacité en tant que soutien à l'action pédagogique en mathématiques (Artigue 2006). Elles proviennent d'abord d'un premier échantillon constitué d'une trentaine de professeurs impliqués dans le projet, durant les deux premières années. Un second échantillon, restreint, regroupe six enseignants pour lesquels les données sont plus nombreuses, ce qui a permis une étude fine de leurs pratiques de classes et parfois de leurs évolutions (Abboud-Blanchard, Cazes &Vandebrouck 2007, 2008, 2009).

La deuxième recherche est une étude de cas concernant une enseignante utilisant un logiciel de géométrie dynamique dans une classe de troisième. L'enseignante avait une utilisation épisodique des TICE et exerçait dans un contexte de classe ordinaire. Nous avons analysé les tâches proposées aux élèves et le déroulement de la séance en nous focalisant sur les interactions enseignant-élèves et leur influence sur les activités des élèves (Abboud-Blanchard 2008, 2009a). Nous avons en parallèle mené une analyse similaire d'une séance en environnement papier-crayon (désormais P/C) portant sur le même thème géométrique pour le même niveau de classe (Abboud-Blanchard & Chappet-Paries 2007, 2008). Dans les deux contextes, nous avons complété l'étude des tâches et des déroulements par l'analyse du discours de l'enseignant au cours des interactions avec les élèves afin d'approcher de plus près les effets possibles sur les activités des élèves. L'analyse comparée des deux séances

[8] Les références seront données au fur et à mesure

selon les trois axes : tâches, déroulement, discours, nous a permis de cerner ce qui peut être caractéristique d'une séance utilisant la géométrie dynamique pour ce type d'enseignement.

La troisième recherche visait à explorer les pratiques professionnelles des professeurs stagiaires en IUFM dans le domaine de l'intégration des TICE pendant leur année de stage[9]. Dans un premier temps, et à travers une méthodologie par questionnaires, nous avons essayé de cerner les rapports des professeurs stagiaires aux technologies et de comprendre leur évolution pendant la formation initiale et les premiers temps d'exercice du métier (Abboud-Blanchard 2005, Abboud-Blanchard & Lagrange 2006). Dans un second temps, nous avons mené des études de cas de stagiaires ayant des profils différents vis-à-vis de l'usage des technologies. Nous avons approché leurs pratiques à travers des « traces » rapportées dans des écrits professionnels portant sur l'intégration des TICE et à travers des entretiens explicites à la fin de l'année de formation (Abboud-Blanchard et al. 2008, Abboud-Blanchard 2009b).

1.2. Cadre théorique

Le cadre théorique qui nous a servi pour l'étude des pratiques des enseignants est celui de la double approche didactique et ergonomique (désormais DA). Ce cadre qui a commencé à se développer, en France, dès le début des années deux mille (en même temps donc que notre propre intérêt pour l'étude des pratiques enseignantes) nous a paru pertinent pour avoir une approche des pratiques prenant en compte leur complexité et les facteurs qui les déterminent. La DA trouve son origine dans l'hypothèse générale introduite par Robert (2001) qui consiste à postuler que si on veut comprendre les pratiques et accéder à une intelligibilité suffisante pour aborder notamment les formations, on ne peut pas se limiter à les considérer par rapport à leur objectif premier qui est l'apprentissage des élèves. Cette hypothèse implique que même si l'enseignant possède des marges de liberté pour décider des contenus qu'il propose et des déroulements qu'il organise, ses pratiques sont sous l'influence de contraintes qui ont une part inévitable dans ses décisions (directe ou non, explicite ou non). Ainsi, c'est la prise en compte imbriquée des apprentissages visés pour les élèves et du métier de l'enseignant agissant comme professionnel qui a donné lieu à la DA (Robert et Rogalski 2002, 2005). La DA est inscrite dans la théorie de l'activité au sens où ce sont les activités des sujets en situation (enseignants, élèves) qui organisent les observations et les analyses (Rogalski 2008). Une analyse des pratiques des enseignants dans le cadre de la DA met en scène l'étude imbriquée de cinq composantes, associées à des dimensions différentes de leurs activités et de trois niveaux d'organisations de ces pratiques. Même si nos analyses ont pris compte ces deux aspects, nous mettons en avant dans ce chapitre les analyses mettant en jeu les cinq composantes, nous reviendrons sur les niveaux d'organisation dans le chapitre 2 de ce document.

Les deux premières composantes, cognitive et médiative, sont relatives à ce que l'enseignant provoque comme activités des élèves. Ce sont les tâches proposées aux élèves et la gestion des séances qui sont analysés. La composante cognitive traduit ainsi les choix de l'enseignant (préparant la classe et en classe) relatifs aux contenus mathématiques, aux tâches des élèves et à leur organisation, à l'échelle d'une séance ou d'un ensemble de séances (scénario). La composante médiative est relative aux choix de déroulements, aux types d'interventions, notamment les aides, pour organiser, accompagner le travail des élèves, voire modifier les tâches prévues. Les trois autres composantes ne sont pas accessibles directement à partir d'observations de la classe mais indirectement (interviews, études de ressources…). Elles

[9] L'étude a été réalisée avant la réforme de la mastérisation de la formation initiale

donnent accès à la manière dont l'enseignant intègre les déterminants liés à son environnement professionnel, à son histoire et à ses propres représentations. Ainsi, la composante institutionnelle traduit la prise en compte par l'enseignant des conditions et contraintes liées à l'institution tels les programmes, les horaires et les ressources imposées. La composante sociale correspond à ce qui peut être déterminé dans les pratiques de l'enseignant par le fait que sa profession a une dimension sociale, qu'il est soumis dans son établissement à des choix collectifs, qui parfois ne correspondent pas aux siens, qu'il a à composer avec le milieu social des élèves (par exemple en ZEP)… Enfin, la composante personnelle est celle qui permet d'exprimer que l'enseignant étudié est un individu singulier ayant sa propre histoire, ses propres représentations sur les mathématiques, sur l'enseignement (et dans notre cas, sur les technologies), au confort dont il a besoin pour exercer son métier… C'est la recomposition de ces cinq composantes qui permet au chercheur d'accéder à la compréhension visée des pratiques de l'enseignant. Un postulat de la DA et à la fois un résultat de plusieurs recherches qui l'ont pris comme cadre théorique (voir par exemple Vandebrouck (ed.) 2008) est la stabilité et la cohérence des pratiques de chaque enseignant. Cette stabilité exprime que les pratiques individuelles ne changent pas facilement et peut donc expliquer, dans le cas de nos études, les réactions des enseignants face aux perturbations et les choix faits lors de l'intégration des technologies. A noter, que dans le cas de notre étude des enseignants débutants, il est évident que cette stabilité n'est pas encore installée, mais cependant déjà là en germe. Par exemple Lenfant (2002) a montré que les pratiques des stagiaires IUFM se développent dès les premiers mois d'exercice du métier et se figent rapidement sous l'effet de représentations antérieures et de celles qui se forment dans la pratique. Mangiante (2012) a montré quant à elle l'existence d'une cohérence en germe dans les pratiques d'enseignants débutants et que cette cohérence est révélatrice d'une première organisation des pratiques qui se développerait au fil du temps.

Nos analyses des séances relatives aux technologies concernent les tâches au sein des scénarios correspondants (en lien avec la composante cognitive) et les déroulements en classe (en lien avec la composante médiative). Ces analyses sont enrichies par l'étude d'éléments se rapportant aux déterminants personnels et aux déterminants liés à la situation d'enseignement (traduisant les composantes personnelle, sociale et institutionnelle).

2. Les résultats des recherches : une structure synthétique émergente

Il ne s'agit pas dans ce texte de rendre compte séparément des résultats de chacune de ces recherches, mais plutôt d'avoir un regard synthétique sur l'ensemble. Chacune de ces recherches est contextualisée, singulière et relative à des individus ou à des groupes professionnels restreints. Dans deux récents articles (Abboud-Blanchard 2013, Abboud-Blanchard et al. 2013), nous tentons d'identifier, à travers l'étude de ces situations singulières, des caractéristiques communes liées à l'intégration des technologies qui dépasseraient les cas étudiés. Nous analysons certaines régularités dans les pratiques enseignantes ainsi que leurs déterminants, sans pour autant masquer les variabilités et tenter de les interpréter. Bien évidemment, les «enseignants du secondaire utilisant des technologies» ne peuvent pas être considérés comme un groupe professionnel homogène. Notre but est d'essayer de repérer, au-delà de cette hétérogénéité, une certaine homogénéité dans les réponses aux contraintes ressenties et dans les réponses aux incitations (institutionnelles, sociétales…) à intégrer les technologies dans l'enseignement des mathématiques. Autrement dit, nous recherchons dans

quelle mesure il y a des réponses communes à ces contraintes qui relèvent de l'ordre de changements « possibles » compte tenu de la stabilité et la cohérence des pratiques.
La synthèse que nous développons s'est faite dans un « processus ascendant », i.e. nous recherchons ce qui semble commun dans les résultats et essayons de le structurer et de l'interpréter. Ce regard croisé sur les résultats a ainsi montré des régularités qui se cristallisent autour de trois questions majeures : Comment *enseigner les mathématiques* en intégrant les technologies ? Comment *enseigner dans (avec) des environnements* technologiques ? Comment *gérer le temps* de l'enseignement et de l'apprentissage lors de l'intégration des technologies ? Autrement dit, la recherche de régularités dans les résultats conduit à les relire, et à les structurer selon trois directions relatives respectivement au contenu mathématique enseigné avec les technologies, à ce que fait et dit l'enseignant en mettant en œuvre une situation utilisant des technologies et au différentes facettes de la gestion du temps relative à cette situation.
Nous élaborons ainsi une synthèse structurée des résultats sur les pratiques des enseignants de mathématiques utilisant les technologies organisée autour de trois axes : Cognitif, Pratique/Pragmatique et Temporel, que nous nommerons par la suite : structure CPT de synthèse. Cela amène à décrire les résultats obtenus à partir des analyses de pratiques en suivant successivement chacun des axes. Ces trois axes sont entrelacés et certaines interprétations au sein de l'un d'eux pourraient se rapporter à un autre. De plus, dans nos premiers croisements de résultats (Abboud-Blanchard 2010), nous les avons désignés comme étant des « pôles », mais dans nos derniers écrits nous avons préféré les désigner comme des « axes ». En effet, nos études longitudinales ont montré des évolutions dans les régularités ce qui nous amène à privilégier le côté « dynamique » d'un axe au côté « statique » d'un pôle. La centration sur les évolutions qui commencent à germer sur le moyen et le long terme et sur leurs dynamiques fera l'objet du chapitre 2 de ce document.

2.1. Axe Cognitif : Enseigner les mathématiques en intégrant les technologies

Les enseignants de mathématiques sont fortement incités par l'institution à utiliser les technologies (textes officiels, ressources académiques, formation initiale, discours de l'inspection…). Cette incitation conditionne la façon dont l'enseignant pense l'utilisation des technologies pour les apprentissages mathématiques et influence certains de ses choix quant à la nature des tâches mathématiques proposées à ses élèves. Les régularités relevées relativement à ces questions montrent l'équilibre que l'enseignant essaye de trouver entre ses interprétations de ces incitations et ses propres routines relatives à l'enseignement des thèmes mathématiques.

Nous constatons d'abord que, malgré la diversité des outils et des contextes de nos recherches, les tâches mathématiques sont d'une façon générale, identiques en environnement TICE à celles en environnements P/C. Même si certains enseignants sont conscients qu'ils n'exploitent pas toutes les potentialités des technologies qu'ils utilisent, ils pensent qu'ils font les choix optimaux compte tenu des contraintes relatives aux injonctions institutionnelles, à l'avancement dans le programme, à l'hétérogénéité des élèves (concernant les apprentissages mathématiques et l'utilisation des technologies), aux conditions matérielles…
Ainsi, dans le cas d'enseignants utilisant les BEL, les tâches choisies dans ces bases sont souvent proches de celles habituellement faites en P/C mais facilitées par l'environnement qui participe à améliorer la visualisation graphique et géométrique et rend apparemment moins rébarbative la répétition de séries d'exercices sur une même notion. De plus, les connaissances travaillées dans les exercices donnés aux élèves sont toujours des

connaissances en cours d'acquisition ou des connaissances anciennes. Cette tendance à ne pas faire aborder aux élèves des connaissances totalement nouvelles avec ces outils bases d'exercices semble normale[10] car elles sont en général prévues pour un usage d'entraînement. Cependant, des phénomènes sensiblement analogues peuvent être observés avec des logiciels plus ouverts n'adoptant pas les mêmes principes de conception. Il s'agit de ce qu'on observe chez des enseignants (expérimenté dans la deuxième recherche ou débutants dans la troisième recherche) qui ne font utiliser des logiciels de géométrie dynamique que pour faire effectuer des tâches traditionnelles P/C, l'apport du logiciel se résumant à améliorer la « vision spatiale » de la figure.
Ces constats rejoignent les résultats d'autres recherches, évoquées plus haut, sur les pratiques avec les TICE. Ainsi Kendal et Stacey (2002) notent, que lorsque les incitations institutionnelles à utiliser les technologies ne s'accompagnent pas de changements de curriculum relatifs aux objectifs d'apprentissage des contenus, les connaissances mathématiques mises en œuvre pendant les séances TICE restent globalement dans la gamme de celles mobilisables dans des séances P/C. Dans son étude des tâches construites par des enseignants impliqués dans un projet d'utilisation du logiciel Cabri, Laborde (2001) constate que les tâches construites pendant la première année du projet utilisaient uniquement le logiciel comme un amplificateur des propriétés visuelles : soit pour faciliter l'aspect matériel de tâches classiques P/C, soit pour faciliter l'analyse et l'exploration des figures (par exemple grâce à une figure « correcte »). C'est seulement au terme de deux ou trois ans de travail au sein du projet que ces enseignants ont construit des tâches spécifiques qui ne peuvent pas être faites en P/C et qui sont plus intéressantes pour les apprentissages. Caliskan-Dedeoglu (2006), dans son étude des pratiques d'enseignants utilisant la géométrie dynamique dans des conditions non expérimentales, note d'une part que les tâches qu'ils construisent exploitent peu l'apport potentiel d'une dimension expérimentale à l'activité de l'élève, et d'autre part que les tâches à effectuer avec le logiciel sont juxtaposées avec les tâches P/C et que ce sont plutôt ces dernières qui donnent son caractère mathématique à l'activité de l'élève. Plus généralement, Ruthven & Hennessy (2002) montrent que les enseignants expérimentés voient d'abord les technologies à travers leurs pratiques habituelles et les intègrent « a minima » dans leurs progressions réduisant ainsi leurs éventuels effets sur le travail mathématique de l'élève.

Nous notons ensuite dans certains cas un décalage entre la richesse des tâches mathématiques prévues et ce qui se passe réellement en classe. C'est déjà le cas dans les séances ordinaires, mais le phénomène semble accentué ici. Ainsi dans le cas des enseignants stagiaires pour qui les logiciels de géométrie dynamique occupent une place importante dans la formation initiale aux TICE, nous relevons qu'ils les intègrent rapidement dans leur enseignement, notamment au collège. Cependant, même s'ils soulignent la richesse potentielle de ces environnements pour l'activité de l'élève, en cohérence avec le discours tenu pendant la formation, cette déclaration ne se traduit pas nécessairement dans les utilisations en classe. Par exemple, lorsqu'un stagiaire utilise un logiciel de géométrie dynamique en considérant que « manipuler » et « expérimenter » des objets géométriques permettrait à l'élève de faire lui-même les bonnes conjectures, nous constatons que l'activité « expérimentale » de l'élève est souvent réduite à suivre une fiche élève très guidée réduisant considérablement la part de prise d'initiative et par là même des apports potentiels du logiciel (qu'on ne peut pas provoquer en P/C) à l'activité de l'élève. Dans d'autres cas, nous relevons que les tâches mathématiques préparées pour les élèves sont plus riches qu'en P/C puisqu'elles demandent

[10] Bueno-Ravel &Gueudet (2009) ont montré que certains enseignants engagés dans le projet de recherche qu'elles dirigeaient se servaient de la BEL utilisée (Mathenpoche) pour introduire de nouvelles notions (au vidéoprojecteur en classe entière). Cette utilisation étant aussi due à l'existence d'exercices fléchés « découverte » dans cette BEL en particulier.

de nombreuses adaptations[11] comme par exemple, la construction d'étapes dans le raisonnement géométrique ou bien l'articulation de cadres algébrique et graphique. Toutefois, les analyses des déroulements des séances laissent voir des interventions de l'enseignant qui aboutissent à un découpage des tâches en sous tâches simples réduisant les marges de manœuvre de l'élève et par là-même son activité mathématique. Notons que ces constats peuvent aussi être attribués à des contraintes de gestion de la classe que nous examinerons plus loin. Dans son étude des pratiques d'enseignants ordinaires, Monaghan (2004) souligne aussi un tel type de décalage. D'un côté les technologies permettent à l'enseignant de mettre en place des séances de travail qui sont peu viables dans les conditions traditionnelles de travail ; notamment des séances où l'élève a une vraie activité de recherche (*investigative work*). D'un autre côté, l'enseignant a tendance à guider de plus près le travail de l'élève en s'enfermant lors de séances TICE dans un scénario encore plus rigide que dans les séances non TICE.

Enfin, nos études à long terme montrent que des évolutions vont invariablement se mettre en place, semblant affecter essentiellement la composante cognitive des pratiques des enseignants. La déclaration d'un enseignant stagiaire en fin d'année de stage illustre bien ce fait : « *Quand je voyais les TICE au départ, je ne voyais pas leur utilité, au sens où, pour moi, on fait l'exercice par ordinateur au lieu de le faire sur papier-crayon. Pour moi c'était ni plus ni moins qu'un changement de support sans apport autre, maintenant je vois que je peux faire autre chose avec* ». Généralement, ces évolutions émergent d'un besoin ressenti de trouver une meilleure articulation entre les séances TICE et les séances P/C d'une part, pour réduire le caractère « récréatif » pour les élèves des premières et pour profiter des potentialités des technologies pour améliorer les apprentissages dans les deuxièmes. Les observations des enseignants expérimentés dans l'étude sur les BEL montrent en général une évolution vers une meilleure articulation des séances TICE et P/C dans le scénario global d'enseignement d'une notion allant jusqu'à rendre visible cette articulation dans les évaluations : par exemple, des copies d'écran dans les sujets d'examens. Les stagiaires quant à eux, éprouvent rapidement le besoin d'avoir des traces écrites à l'issue des séances TICE afin de pouvoir organiser ultérieurement des phases d'institutionnalisation des connaissances mathématiques visées par ces séances.
Nous reviendrons plus en détail sur ces évolutions dans le chapitre 2 de ce document.

2.2. Axe Pratique/Pragmatique: Gérer l'enseignement des mathématiques dans des environnements technologiques

Notons pour commencer que la dénomination de cet axe par « pratique/pragmatique » [12] traduit notre volonté de nous baser sur l'activité réelle de l'enseignant observée dans sa classe, sur ce qui a eu lieu et non sur ce qui aurait pu exister, pour remonter ensuite vers son interprétation. Pragmatique (qui n'est pas utilisé ici dans une connotation linguistique) se rapporte à une approche qui est guidé par l'expérience pratique et l'observation plutôt que la théorie. Notons aussi que nous aurions pu à l'instar de l'axe précédent (axe cognitif) nommer

[11] Dans le cadre de la DA, Robert (2008) a défini les types d'adaptations que les élèves peuvent avoir à faire à partir des connaissances brutes qui leur sont données dans les énoncées et en distinguant celles qui relèvent uniquement d'une reconnaissance de propriétés, de certaines modalités d'application des connaissances ou d'introduction d'intermédiaires, de celles plus complexes d'introduction d'étapes dans le raisonnement, de mélanges de plusieurs cadres ou notions ou de changement de points de vue.

[12] Dans nos premières publications définissant cet axe et qui sont en anglais, nous l'avons désigné par : « pragmatic axis ». Pour lever l'ambiguïté qui pourrait exister dans le contexte français avec la pragmatique en linguistique, nous avons choisi d'adjoindre ici le terme « pratique » Nous avons ainsi préféré garder la même appellation qu'en anglais tout mettant l'accent sur la signification (de pratique) que nous lui attribuons.

celui présent par axe médiatif, les résultats relatifs aux deux étant issus de nos analyses des composantes cognitive et médiative des pratiques. Certes, la relecture de nos résultats relativement à cet axe reprend des éléments de la composante médiative dans son articulation avec les quatre autres composantes. Néanmoins, l'étude des pratiques dans les environnements technologiques montre *une prégnance d'aspects transversaux dans la gestion des enseignements qui va au-delà du devenir des tâches prescrites* pendant les déroulements, qui est l'objectif premier des analyses relatives à la composante médiative. En effet, l'intégration des technologies dans ses pratiques implique pour l'enseignant un fonctionnement dans des environnements de travail inhabituels engendrant des adaptations considérables, voire des ruptures pour lui-même et pour ses élèves. De plus, manipuler les machines peut représenter une difficulté supplémentaire, notamment quand l'enseignant n'est pas suffisamment familier avec le logiciel utilisé. Plusieurs interrogations peuvent se présenter à lui, il lui revient d'en prévoir des réponses a priori ou/et de les gérer en temps réel : les élèves vont-ils suivre le déroulement prévu ou aller plus loin grâce à l'interaction avec le logiciel ? Faut-il éviter ce dernier cas en préparant des tâches fermées ou bien garder des tâches dont il va falloir cependant explorer a priori tous les dédales ? Comment repérer et contrôler le travail des élèves avec la machine ? Quand faut-il intervenir pour aider l'élève et de quelle manière, et quand faut-il le laisser seul face à la machine ? Faut-il faire des régulations collectives et à quels moments ? Etc.
Nos observations de classe ont toutes eu lieu *en salle informatique avec un/deux élèves par ordinateur*, nous nous limitons donc ici à ce type d'environnement matériel. Quelle influence ces environnements ont-ils sur le déroulement de la séance ? Sur l'activité de l'enseignant ? À première vue on peut supposer que la gestion d'une séance dans de tels environnements combine les difficultés d'organisation du travail en petits groupes et celles du travail sur une machine, avec un logiciel, ses conditions et contraintes. Regardons de plus près les implications sur le travail de l'enseignant.

Le rôle de l'enseignant pendant la séance : rarement en retrait

En général, nous constatons dans ce type d'environnement que les élèves sont motivés et que les interventions de l'enseignant à but d'enrôlement sont beaucoup moins nombreuses que celles généralement observées dans des séances P/C. Cependant, nous notons que les interventions de l'enseignant sont indispensables pour que les élèves « travaillent » même avec des logiciels conçus pour être utilisés en autonomie. En effet, beaucoup d'élèves ne pourraient pas progresser sans son aide et même s'il y a des feedbacks du logiciel, ils ont parfois du mal à les interpréter lorsqu'ils sont décalés par rapport à leur activité réelle. De ce fait, l'enseignant est très sollicité. En effet, quand les logiciels concernés embarquent des aides (par exemple les BEL), on pourrait a priori s'attendre à voir des enseignants un peu en retrait, une fois la séance lancée, plus observateurs de leurs élèves qu'acteurs de la relation didactique. Nos observations montrent qu'il n'en est rien. Il en est de même lorsqu'il s'agit de logiciels ouverts comme par exemple ceux de géométrie dynamique où l'enseignant est constamment sollicité pour aider à exécuter la tâche et à interpréter les phénomènes observés à l'écran en termes de conjectures.

Toutefois, alors que cette mobilisation semble être la règle chez les enseignants expérimentés observés dans nos études, nous notons chez les enseignants stagiaires une volonté de préparer des séances très guidées qui s'appuient sur une fiche détaillée destinée aux élèves. Ce document comporte en général, en plus de la tâche mathématique, un nombre important d'aides à la manipulation, qui peuvent d'ailleurs prendre des formes différentes. Même si ce

type de document n'est pas propre aux enseignants débutants (voir par exemple Monaghan op.cit.), son existence semble favoriser chez eux une tendance à se situer en retrait (l'élève étant supposé être bien « guidé ») pendant la séance en laissant les élèves interagir directement avec le logiciel sans leur médiation. Nous pouvons attribuer cette position à plusieurs facteurs parmi lesquels le fait que ces enseignants débutants n'ont pas encore développé des « automatismes »[13] de gestion de la classe leur permettant d'y intégrer en plus un nouvel environnement. Autrement dit ceci serait dû à une composante médiative des pratiques non encore stable et en cours de développement. Un autre facteur est le faible degré de familiarité de l'enseignant avec le logiciel utilisé qui peut lui donner un sentiment de non confiance en sa capacité à gérer des apprentissages avec un outil qu'il ne maîtrise pas encore. Trouche (2005) a en effet montré la complexité pour l'enseignant de gérer la genèse instrumentale de l'élève ; une maîtrise insuffisante d'un outil technologique par l'enseignant lui-même étant un élément inhérent à cette complexité. Dans le cas des BEL, la facilité apparente d'utilisation de ces outils peut laisser penser que la situation serait différente et que les enseignants ne prépareraient pas de séries de tâches guidées. Les observations montrent que ce n'est pas le cas. Les plans de travail (suite préparée à l'avance des exercices à faire) sont assez précis et restrictifs, afin que les élèves soient bien cadrés (comme le soulignent les enseignants eux-mêmes dans les entretiens). Ils sont de plus généralement assez longs afin d'assurer un travail jusqu'à la fin de la séance pour les élèves rapides (nous reviendrons sur ce dernier aspect dans le § 2.3). De plus les enseignants insistent auprès des élèves pour qu'ils suivent leurs instructions : « *Quand vous arrivez à la séance de travail, vous faites bien attention aux commentaires que je vous ai donnés, que j'ai écrits en début de la séance de travail* ».

Enfin, lorsque nous avons relevé chez des enseignants expérimentés une attitude d'effacement devant le logiciel, cette dernière était due à une volonté explicite et exprimée de l'enseignant de laisser plus d'autonomie aux élèves, différente de ce qui se passe chez les débutants. Cela correspond à une caractéristique de la composante personnelle de ces enseignants expérimentés qui considèrent que leur rôle est d'aider l'élève à acquérir les bons gestes/méthodes et à avoir plus d'autonomie face à ses apprentissages. Citons ici l'exemple d'une enseignante travaillant avec les BEL. Elle encourage régulièrement les élèves à utiliser les rétroactions et les aides fournies par le logiciel. Elle considère d'une part que son rôle est de permettre aux élèves d'utiliser toutes les possibilités des logiciels pour qu'ils puissent travailler d'une façon autonome et d'autre part, que ses interventions doivent plutôt être centrées sur des aides relatives aux notions mathématiques pour les rappeler ou bien pour généraliser certains raisonnements. Ce rôle qu'elle s'attribue est en accord avec son idée que l'utilisation des BEL est un moyen de personnaliser le travail des élèves et que les élèves doivent travailler le moins accompagnés possible avec la machine, ce qui leur permettra d'être plus tard autonomes face à des exercices d'entraînement en P/C.

Les interventions de l'enseignant : des aides individuelles indispensables, plus ou moins mathématiques

Les analyses des déroulements montrent des interventions collectives très réduites (nous y reviendrons plus loin) avec une grande majorité d'interventions individuelles de l'enseignant auprès des élèves. Ces dernières sont de plusieurs natures : relatives au contenu mathématique ; liées au logiciel et au fait que les mathématiques sont déclinées dans un environnement informatique ; relatives aux connaissances mathématiques indépendamment de l'utilisation des technologies ; relatives à l'utilisation du P/C et au renvoi au cours. Elles

[13] Au niveau micro de l'organisation des pratiques, sur lequel nous reviendrons dans le chapitre 2

peuvent viser plusieurs objectifs comme par exemple la structuration ou l'évaluation de l'activité de l'élève mais se font principalement sous forme d'aides. Nous nous référons ici à la distinction faite par Robert (2008) entre : *les aides procédurales* qui permettent seulement aux élèves de réaliser les tâches sur lesquels ils travaillent et *les aides constructives* qui permettent de faire comprendre davantage que ce qui est en jeu pour exécuter la tâche, en ajoutant quelque chose entre l'action de l'élève et la construction (espérée) de la connaissance qui pourrait en résulter (par exemple des justifications, des généralisations, des rappels ou des bilans).

Nous observons que la majorité des aides en séance TICE sont procédurales et locales visant à débloquer l'élève et à assurer la poursuite de son activité. Elles sont de différents types : valider une réponse ou aider à trouver l'erreur (souvent à la demande de l'élève) ; structurer la résolution ou demander de le faire ; organiser le travail de l'élève… Elles contribuent finalement à simplifier l'activité de l'élève lui laissant encore moins de marges de manœuvre. Les interventions de l'enseignant aboutissent souvent à un découpage des tâches en tâches simples, voire simples et isolées, voire même se réduisant à l'exécution mécanique d'une série de commandes. Pour en rendre compte, nous avons, sur le plan méthodologique, introduit un nouveau type d'aide que nous avons nommées les aides «manipulatoires». Celles-ci consistent à accompagner l'élève dans le maniement d'un outil pour que l'activité prévue à travers la réalisation de la tâche mathématique se réalise. Ce type d'aide est normalement présent dans les séances en environnements technologiques mais nous le rencontrons également dans les environnements P/C à l'occasion, par exemple, des premières utilisations d'instruments de dessin (le rapporteur en $6^{ème}$). Il s'avère indispensable notamment lorsque les élèves ne sont pas assez familiers des outils technologiques qu'ils manipulent. L'existence et la répétition de ce type d'aides dans les séances TICE, à la limite du mathématique, non habituel en séances classiques (sauf exceptions), vient amplifier la mobilisation de l'enseignant dans la gestion de la classe.

Les aides constructives, moins fréquentes, sont l'occasion d'amener les élèves à tirer profit des tâches sur lesquelles ils travaillent en retenant des connaissances qui vont au-delà de celles mises en jeu pour la résolution. Un exemple en est l'enseignant utilisant une BEL qui réexplique, à l'occasion d'une erreur persistante (confusion entre ordonnée et abscisse d'un point), une notion du cours à l'élève (la notion de coordonnées d'un point et le rôle des coordonnées des points d'une droite dans l'établissement de l'équation de cette droite) puis accompagne l'élève dans la résolution (utilisant et illustrant ce qu'il vient d'expliquer). L'analyse du contenu de ces aides montre souvent que l'interaction didactique implémentée dans les logiciels n'est pas suffisante pour permettre seule d'atteindre les objectifs d'apprentissage prévus par l'enseignant. Une illustration en est donnée dans l'exemple que nous venons de citer, dans la mesure où le logiciel n'a pas repéré la nature de l'erreur de l'élève et a systématiquement renvoyé à une réexplication de la consigne. L'élève n'aurait pas pu avancer sans l'intervention de l'enseignant qui l'a aidé à revisiter ses connaissances mathématiques. Dans le cas de la géométrie dynamique, même si le fait de faire bouger les objets géométriques permet aux élèves d'invalider de fausses conjectures, une intervention de l'enseignant centrée sur le contenu mathématique est parfois indispensable pour arrêter le cycle de stratégies par essais-erreurs sans aller vers des conjectures plus plausibles (voir par exemple Laborde op.cit.).

Notons pour terminer que les aides constructives sont difficiles à prévoir par l'enseignant dans la mesure où elles doivent être ajustées au parcours particulier de chaque groupe devant une machine. Dans notre étude comparative de séances TICE et P/C, nous avons relevé que dans

la première, ces aides sont variées et interviennent à des moments divers alors que dans la deuxième, l'enseignant s'efforce de neutraliser les différences entre élèves en donnant publiquement des aides et en fournissant un modèle de raisonnement au tableau. L'enseignant poursuit son projet en P/C et ce sont les élèves qui s'y adaptent alors qu'en TICE, une reprise collective des aides, semble plus difficile comme nous l'expliquons dans le paragraphe qui suit.

L'éclatement de la classe et la quasi disparition des phases collectives

Un autre résultat de l'analyse des déroulements en salle informatique concerne les formes de travail adoptées en classe qui rejaillissent sur l'activité des élèves. En effet, après la première phase de lancement de l'activité (début de séance) nous assistons à un éclatement du groupe classe en plusieurs groupes (un ou deux élèves devant un seul ordinateur) qui fonctionnent d'une façon autonome et auxquels l'enseignant s'adresse en tant que tels. L'avancement des élèves n'est donc pas uniformisé et les interactions individuelles se substituent alors aux interactions collectives. Nous retrouvons dans ce mode de fonctionnement un des constats soulevé par Monaghan (op.cit.) à savoir que l'enseignant en séance TICE passe plus de temps à s'adresser à des petits groupes que de temps en interventions collectives.
Nous observons alors des enseignants répéter de nombreuses fois le même commentaire, faire la même suggestion, donner la même aide, d'une façon qui semble peu économique. C'est un peu comme si l'enseignant s'adressait successivement à plusieurs «mini-classes» fonctionnant de façon autonome. Ce mode de fonctionnement nous paraît être une caractéristique des séances TICE. Même si on peut l'observer également dans des séances P/C de travail en petits groupes, il est plus marqué en environnement technologique, sans doute parce que les groupes sont dans ce cas très petits (2 élèves devant un ordinateur ou même un élève par ordinateur), ce qui multiplie leur nombre et donc les interventions par rapport à un travail en groupes « classique » (souvent 3 à 4).

Cette autonomie initiale des élèves, dans un environnement TICE, implique aussi pour l'enseignant la nécessité de s'adapter à leurs raisonnements : puisqu'il arrive en cours de route, il doit reconstituer ce qu'ils ont fait pour le valider ou non et pour les aider éventuellement à poursuivre leur propre cheminement de résolution (alors qu'en P/C il y a souvent des corrections types, parfois même rendues publiques au tableau). Notre étude fine du discours dans une séance de géométrie dynamique nous a permis d'établir une succession des actions de l'enseignant que nous avons d'ailleurs retrouvée dans nos observations sur l'utilisation des BEL : l'enseignant arrive dans une mini-classe ; il fait une évaluation ou un bilan du travail accompli ; il accompagne les élèves, en structurant éventuellement le raisonnement ou en découpant la tâche ; si les élèves commencent l'exécution correctement, il les laissent pour passer à une autre mini-classe. De plus le temps de l'enseignant avec chaque mini-classe est limité (voir §2.3), son intervention doit à chaque fois être « efficace ». Ceci peut expliquer, d'une part, le caractère procédural et local des aides et d'autre part, le découpage systématique des tâches pour que les élèves, même en son absence, aient toujours quelque chose à faire.

Plus généralement, cette disposition de la classe entraine un mode de gestion du travail des élèves et de circulation de l'enseignant dans la classe qui est particulier. Dans un article récent, Drijvers (2011) a défini sept modes de gestion de la classe avec la technologie, six d'entre eux concernent le travail en grand groupe et un seul concerne le travail en petits groupes qui nous intéresse ici. Il qualifie ce dernier mode par « *work-and-walk-by* », les élèves travaillent individuellement ou en groupe de deux et l'enseignant circule et gère leur

travail. Dans nos propres travaux (voir Artigue et al. 2007) nous avons repéré deux modes de circulation/gestion en salle informatique. Le premier que nous avons nommé « balayage systématique » décrit l'enseignant qui passe voir, avec une certaine régularité, tous les élèves et même quand il se déplace à la demande d'un élève, il contrôle rapidement le travail des autres élèves sur son passage. Le deuxième que nous avons nommé « zapping » décrit une circulation et des interventions de l'enseignant qui s'effectuent à la demande des élèves. Nous pouvons considérer les deux modes que nous avons identifiés comme des déclinaisons de celui « général » de Drijvers. Ils y apportent en particulier des nuances relatives à la nature des interventions de l'enseignant. Celles-ci sont plutôt sous forme d'aides (qu'elles soient procédurales ou constructives) dans le mode zapping, alors que dans le mode balayage systématique, nous relevons essentiellement des interventions relatives à l'enrôlement, à la validation et au contrôle de l'avancée du travail. Bien évidemment ces modes ne sont pas spécifiques aux environnements TICE mais plutôt adaptés au travail par petits groupes. Cependant, nous rejoignons Drijvers lorsqu'il note que ce mode de gestion demande de l'enseignant en environnement technologique des « compétences élevées » de diagnostic. En effet, nous avons observé que souvent pour comprendre le problème que rencontre l'élève, il ne suffit pas de regarder l'écran qui est affiché, notamment lorsqu'il y a peu de traces susceptibles de fournir des indications sur le cheminement de l'élève avant l'arrivée de l'enseignant. Pour être efficace dans ses aides, l'enseignant doit donc bien connaitre les tâches proposées dans leur dimension liée à l'utilisation du logiciel. Drijvers de son côté, observe que les élèves ne formulent pas toujours leurs questions correctement, ce qui peut gêner l'enseignant pour comprendre, d'une part, si leur difficulté est technique ou mathématique et d'autre part, le cheminement de leur pensée avant d'avoir rencontré la difficulté. Il émet l'hypothèse que cela demande à l'enseignant une capacité de flexibilité et d'imagination qui ne sont pas parfois disponibles au moment voulu.

Enfin, les conditions de déroulement d'une séance en salle informatique que nous venons de souligner rendent souvent problématique l'existence de moments de bilan collectif. Les corrections n'interviennent pas au même moment pour tous les élèves et ne sont plus collectives : elles sont individuelles et parfois médiatisées par le logiciel. Le professeur peut dans certains cas ne pas rendre publiques des indications, données à certains élèves, qui pourraient être utiles à d'autres. Notons également que les processus de décontextualisation ou d'institutionnalisation sont quasi-inexistants. La clôture de la séance TICE ne donne lieu à aucune institutionnalisation des connaissances mises ou remises en jeu. Certains enseignants évoluent vers une prise de conscience de l'absence de ces phases et tentent, selon leurs dires, de rattraper ce manque lors des séances qui suivent, même si celles-ci ont lieu en environnement P/C. Relativisons cependant la portée de notre constat par le fait que la majorité des séances observées ne portaient pas sur la découverte de nouvelles notions et n'étaient pas conçues par les enseignants comme des séances de cours mais plutôt d'application ou d'entrainement.

2.3. Axe Temporel : Intégrer les technologies et gérer le temps de l'enseignement et de l'apprentissage

L'étude des déroulements des séances ainsi que des interviews des enseignants laissent voir également la complexité relativement au temps de l'enseignement dans les environnements technologiques. Cette question du temps est indéniablement à prendre en compte quand il s'agit d'analyser l'activité de l'enseignant, que ce soit à l'échelle d'une séance ou de plusieurs organisées sur une période donnée. Elle concerne non seulement ce qui se passe en classe mais va au-delà pour inclure le temps que l'enseignant consacre à son activité hors la classe :

préparation de séances, recherche de ressources pour l'enseignement, collaboration avec d'autres professionnels de l'enseignement... Quand nous parlons de « temps » dans nos travaux, nous y incluons plusieurs facettes du temps. En fait, les théorisations de la notion du temps en didactique ont permis de distinguer le temps didactique du temps physique de l'horloge. Le temps didactique est en effet le temps propre à la construction du savoir (Chevallard & Mercier 1987). Il se décline en un temps méso-didactique et un temps micro-didactique. Le premier est relatif à l'agencement par le professeur des différents savoirs des programmes sur des intervalles donnés (trimestre, année scolaire ou cursus complet) dans une logique de succession ; c'est donc un temps linéaire (ibid). Le deuxième concerne une séance/séquence d'enseignement et prend en compte le caractère contextualisé et dynamique des pratiques dans la classe (Chopin 2005). Bien évidemment la question du temps est récurrente dans les recherches en didactique, elle y est présente soit comme objet explicite d'étude soit comme élément implicite dans les analyses. Dans nos travaux, la question du temps n'était pas en soi une question de recherche mais plutôt un paramètre à prendre en compte dans les analyses. Dans notre croisement des résultats, nous observons qu'elle occupe une place importante qui parfois nous permet de mieux comprendre des choix ou des actions de l'enseignant relativement aux deux autres axes de synthèse. Nos analyses des observations de classe nous amènent à prendre en compte le temps micro-didactique en relation avec le temps physique ; nos analyses de l'évolution des pratiques prennent aussi en compte le temps méso-didactique (cf. chapitre 2).

Préparer une séance TICE avec un logiciel nouveau ou non encore maîtrisé est ***particulièrement coûteux***. Cela nécessite en effet un temps d'exploration pour réfléchir aux potentialités de l'environnement pour l'apprentissage d'une notion donnée et pour anticiper les aides que l'on peut avoir à donner aux élèves aussi bien au niveau mathématique qu'au niveau technique. Même pour les BEL, dont la prise en main est généralement plus aisée que pour un logiciel ouvert, il importe d'aller au-delà de l'écran d'affichage de la tâche et de tester les messages et feedbacks renvoyés par le logiciel. Ainsi, même les enseignants qui sont devenus familiers avec ce type de technologies déclarent, lors des entretiens, que la préparation et l'actualisation des plans de travail des élèves leur prend toujours beaucoup de temps. Ceci expliquerait pourquoi les enseignants utilisent peu les possibilités offertes par cette technologie pour différencier le travail des élèves (plans de travail variés et adaptés au niveau de chaque élève ou groupe d'élèves) et se limitent souvent à la différenciation qui s'opère de fait que chaque élève (ou mini-classe) travaille à son propre rythme.

Quant à la gestion du temps au cours de la séance, nous observons chez tous les enseignants un ***décalage important*** entre le temps prévu et le temps effectif, encore plus systématique que ce qui peut être constaté en séances ordinaires. Citons d'abord le temps nécessaire mais perçu comme perdu, de déplacement des élèves en salle informatique et de démarrage et connexion des machines, auquel il faut rajouter le temps de gestion de problèmes techniques qui peuvent parfois surgir et parasiter la séance. Relevons ensuite les écarts de vitesses d'exécution des tâches par les élèves qui sont amplifiés dans les séances TICE, notamment, comme nous l'avons montré plus haut, à cause de l'éclatement de la classe et l'individualisation des rythmes. Les enseignants prévoient en général de maintenir les élèves rapides en activité en préparant des listes de tâches souvent longues, ce sont les élèves lents qui sont à l'origine des décalages relevés. Cette lenteur peut être due à des élèves faibles qui éprouvent des difficultés à accomplir les tâches mathématiques, ce qui souvent amène l'enseignant à les soutenir, les aider, voire parfois à faire à leur place afin qu'ils arrivent à atteindre ce qu'il juge être le minimum nécessaire des objectifs de la séance. Cette lenteur peut aussi être le fait d'élèves méticuleux qui s'intéressent à des détails non prévus par l'enseignant. Par exemple, des élèves

qui tentent de mettre une figure à l'échelle avec un logiciel de géométrie dynamique alors que l'objectif de l'enseignant est l'exploration des propriétés de la figure indépendamment de sa conformité à l'échelle donnée dans l'énoncé. Dans tous les cas, ce décalage est parfois constaté par l'enseignant à l'issue de la séance. Ceci l'amène à prévoir pour d'autres séances des régulations qui orienteraient les élèves vers certaines tâches et leur permettraient de passer rapidement à d'autres lorsque cela s'avère contre-productif en termes d'objectifs à atteindre à la fin de la séance. Souvent ce décalage est déjà perçu au cours de la séance, ce qui amène l'enseignant à faire des interventions individuelles ou collectives pour accélérer le rythme ou sensibiliser les élèves au temps qui passe : « *tu n'es pas obligé de tout lire, tout recopier* » ; « *cela fait une demi-heure que vous êtes sur la première fiche, passez maintenant à la deuxième* » (extrait d'observation de séance avec les BEL). L'exemple que nous donnons ci-après est significatif à ce sujet.
Lors d'une séance de géométrie dans l'espace, l'enseignante avait prévu comme aide dans la phase de démarrage de l'activité une tâche *guidée* d'exploration de la figure avec un logiciel de géométrie dynamique. Le temps consacré à cette tâche était prévu comme relativement limité. Son intervention collective au début de la séance en témoigne : « *Bon je rappelle à tous pour cette 3e partie, vous allez tout de suite voir « l'examen d'un plan »* [une fonctionnalité du logiciel], *ça vous aide à raisonner pour répondre aux questions* ». S'apercevant au cours de la séance que cette tâche a occupé plus de temps que prévu, elle a essayé d'en accélérer l'exécution soit en faisant le travail elle-même (en y associant verbalement les élèves), soit en accompagnant l'exécution des instructions données dans la fiche élève. Rappelons ici que ce dernier constat est en partie dû à l'éclatement de la classe et aux nombreuses sollicitations des élèves, l'enseignante est présente auprès de chaque groupe pendant un temps qui n'excède pas cinq minutes cumulées sur la séance. Elle a également fait une intervention collective rappelant le temps restant pour amener les élèves à se rendre compte de la lenteur du travail. Nous constatons cependant que l'enseignante n'a pas réussi à atteindre le but recherché dans le temps prévu. En effet, les élèves ont mis « trop » de temps pour accomplir cette tâche, certains y étaient encore à dix minutes de la fin de la séance.
Notons ici que même si les enseignants sont conscients qu'ils réduisent parfois le travail de certains élèves à une simple exécution de tâches bien guidées, c'est un choix contraint par l'obligation (et le désir) de faire avancer tous les élèves et le fait qu'ils n'ont pas assez de temps pour le faire.

La question de la gestion du temps est également une préoccupation majeure des enseignants débutants. D'un côté, il y a une prise de conscience que la préparation et la mise en œuvre d'une séance TICE sont chronophages par rapport à une séance P/C ayant des objectifs analogues. Ceci met l'enseignant dans une situation difficile par rapport à la gestion globale sur l'année, qu'il s'agisse de passer du temps dans la préparation des cours ou d'en gagner en classe : *« Les séances de TICE, tout en restant utiles et intéressantes, sont en effet difficiles à mettre en œuvre et coûteuses à la fois en temps et en énergie* » ; « *On me pousse d'un côté à avancer, à finir le programme, mais de l'autre à faire des TICE. Mais je trouve le temps où, moi ?* » (Extraits d'entretiens avec les stagiaires). D'un autre côté, l'exploration des potentialités des logiciels amène les débutants à percevoir un gain de temps au niveau des apprentissages sur le long terme : «*J'aurais voulu faire exactement la même chose en papier-crayon, ça m'aurait pris beaucoup plus, ouais, beaucoup plus de temps* » ; « *On se rend compte de tout ce qui est pratique quand même, tout le temps qu'on peut gagner* » (ibid).

Enfin, ces dernières citations illustrent bien les ***évolutions*** que nous observons, ou que les enseignants déclarent, relativement à la question du temps. Ces évolutions vont dans le sens d'une ***recherche d'équilibre*** entre « le gain» du temps didactique au niveau des

apprentissages lorsque les apports des technologies sont bien exploités et « la perte » du temps physique lors de la préparation et la gestion des séances (voir aussi pour cela Ruthven 2010). L'ampleur de cette dernière tend cependant à décroitre avec l'amélioration de la maîtrise des technologies utilisées. Nous constatons alors que l'intégration des technologies possède un « enjeu économique » relativement à la question du temps : les enseignants ne s'investissent dans la mise en place de séances TICE que lorsqu'ils les estiment « bénéfiques » pour l'apprentissage ou qu'ils y sont incités par l'institution comme par exemple pour faire du soutien ou de l'aide individualisée en petits groupes.

3. Discussion

Etudier les pratiques des enseignants de façon qualitative donne lieu de fait à des recherches ponctuelles, contextualisées et portant sur un nombre restreint d'enseignants. C'est le cas de nos propres recherches et de celles que nous avons citées au fil de notre synthèse. Ce fait limiterait a priori la généralisation des résultats à d'autres enseignants dans d'autres contextes et utilisant d'autres technologies. Malgré ces limitations, le discours dans notre synthèse a pris parfois des formes assez générales. En effet, comme nous l'avons montré tout au long de la synthèse, nos propres résultats rejoignent souvent ceux d'autres chercheurs spécialistes du champ et travaillant dans d'autres contextes culturels, institutionnels ou technologiques. Nous pensons que cette concordance des résultats, même si elle se situe à un niveau global[14], soutient notre essai de généralisation.

En outre, essayer de synthétiser les résultats d'un ensemble de recherches au-delà des problématiques, contextes et cadres théoriques qui les ont produits nous semble une tendance « légitime » à l'heure actuelle. Elle est soutenue par le fait que d'une part l'intégration des technologies dans l'enseignement peine encore à se généraliser et que d'autre part l'existence d'un corpus de recherches sur les pratiques des enseignants apporte des résultats qui peuvent aider à comprendre les obstacles à cette généralisation. De plus, mettre en évidence des caractéristiques générales structurant les résultats des recherches sur les pratiques relatives aux technologies d'enseignants exerçant dans des contextes ordinaires, peut avoir un impact direct sur la formation des enseignants en enrichissant le recueil de connaissances dont disposent les formateurs. Dans un écrit synthétique récent, Artigue (2011) met en avant cette tendance dans le champ de la recherche didactique sur les technologies : « *Nous avons perdu notre naïveté, nous comprenons mieux les raisons d'être des difficultés rencontrées. Nous avons développé des cadres théoriques et des constructions conceptuelles qui nous permettent de mieux appréhender les problèmes* […] *Par ailleurs, les recherches qui s'étaient centrées au départ sur les élèves se sont déplacées, dans ce domaine aussi, vers l'enseignant, nous aidant à comprendre l'évolution du métier liée à la technologie et les besoins réels de formation* ».
Pour comprendre la rationalité des pratiques relatives aux technologies, il y a certes besoin de faire des études fines basées sur des cadres théoriques établis et sur des méthodologies détaillées. Toutefois, nous pensons qu'il devient essentiel dans le contexte actuel d'une intégration problématique des technologies dans l'enseignement des mathématiques qui interroge les chercheurs et les acteurs du système éducatif, de capitaliser à travers une vision globale les résultats de ces études. Repérer la dimension collective dans les réponses des enseignants à des questions et des contraintes existantes dans les contextes professionnels « ordinaire », mettre en avant des caractéristiques communes et des routines qui se mettent en

[14] Evidemment, il faudrait prendre en compte la variété des problématiques, des méthodologies et des cadres théoriques pour pouvoir faire une comparaison détaillée

place, étudier les évolutions des usages (sujet du chapitre 2 de ce document) est un préalable que nous nous sommes fixé, nous permettant d'aborder ensuite des questions de formation (sujet du chapitre 3) et d'élargir nos perspectives de recherche.

Nous ne sommes pas les seuls à tenter une telle synthèse. En développant notre structure synthétique, nous nous rapprochons d'un autre essai de construit synthétique développé ces dernières années par en Grande Bretagne par Ruthven (2009, 2010). Ce dernier propose ce qu'il appelle une « conceptualisation naturaliste » (*naturalistic conceptualisation*) de l'intégration des technologies dans les pratiques des classes. Se basant sur ses propres travaux sur les pratiques des enseignants (britaniques), l'auteur essaye de souligner ce qui lui semble commun et de structurer ce qui façonne les pratiques d'enseignement avec les technologies. L'usage du mot « naturaliste » vient de sa volonté d'examiner les pratiques dans le contexte de la vie de classe et de rendre visible l'action des enseignants et leurs connaissances basées sur l'expérience. La conceptualisation ainsi conçue repose sur la définition de cinq caractéristiques structurantes de la pratique enseignante : le format de d'activité, le script curriculaire, l'économie temporelle, l'environnement de travail et le système de ressources. Notre interprétation des deux premières caractéristiques nous amène à les relier à l'idée de la stabilité des composantes cognitive et médiative des pratiques. Selon Ruthven, les enseignants expérimentés réitèrent des modèles généraux pour l'action en classe et leurs cours sont globalement construits et menés selon des structures familières. Notre prise en compte des problématiques relatives au temps rejoint la troisième caractéristique. L'auteur y souligne que l'utilisation des technologies, représente souvent un coût supplémentaire et que l'enseignant est amené à gérer cette contrainte à travers une optimisation du « retour didactique » sur « l'investissement temporel » (ibid). Les deux dernières caractéristiques peuvent être reliées aux composantes institutionnelle et sociale des pratiques. L'environnement matériel et les ressources technologiques dépendent souvent (au moins dans le contexte français) des choix d'équipement de l'établissement et parfois de choix collectifs de l'équipe pédagogique de l'établissement. Dans nos travaux, nous considérons la notion d'environnement technologique comme un environnement dans lequel les enseignants et les élèves agissent et qui a un impact direct sur leur activité. Nous y intégrons aussi bien la notion de l'environnement matériel de travail, au sens de Ruthven, que celle des ressources technologiques utilisées. L'environnement technologique dans notre synthèse est un nouvel environnement pour l'enseignant dans lequel il développe son activité, c'est un espace actif englobant, au sein duquel interagissent les résultats et se posent les questions relatives aux trois axes que nous avons définis.

Plus généralement, le modèle de Ruthven se structure autour de cinq caractéristiques, chacune éclairant les adaptations professionnelles dont dépend l'intégration de la technologie dans la pratique de classe. Notre structure synthétique organisée selon trois axes interdépendants : Cognitif, Pratique/Pragmatique et Temporel, baignant dans un contenant : les environnements technologiques, vise elle aussi cet éclairage. Le fait que ces deux tentatives de synthétiser les études sur les pratiques d'enseignants intégrant les technologies aboutissent à des visions convergentes indépendamment de la différence des contextes culturels et théoriques, est un fait encourageant par rapport à notre projet de dépassement des perspectives locales. Cependant, nous rejoignons Ruthven quand il souligne que ce type de conceptualisation (nous y incluons la nôtre) fournissant une élaboration plus proche de l'expérience vécue par les professeurs peut être à portée théorique restreinte, et qu'il remplit plutôt une fonction de médiation « *en transposant des résultats de théories plus décontextualisées dans les termes de l'action en classe et en attirant l'attention sur les problèmes pratiques que ces théories n'abordent pas* » (Ruthven 2010, p. 196).

Enfin, notre structure CPT de synthèse privilégie l'analyse croisée, plutôt que multidimensionnelle. En effet, certains résultats interprétés selon un des trois axes, pourraient tout à fait se rapporter à un autre ; dans la mesure du possible nous avons mis en évidence dans notre texte ces moments de croisement des axes. Elle a certainement aussi ses limites. Un exemple en est celui de gommer l'effet « enseignant individuel ». Pour un même enseignant, les résultats peuvent en effet se centrer plus sur un axe que sur un autre en fonction de plusieurs facteurs parmi lesquels l'état de ses genèses d'usages de technologies (cf. chapitre 2) ou bien le fait que la stabilité de ses pratiques (postulée dans notre cadre théorique de référence) soit appuyée sur une stabilité plus conséquente de leur composante cognitive ou de leur composante médiative.
Néanmoins cette synthèse nous a permis de repérer une certaine homogénéité dans les réponses apportées par les enseignants à des contraintes professionnelles partagées. Ces réponses apparaissent principalement sous forme d'adaptations et de compléments par rapport à des pratiques existantes ou en cours de développement. Mais ces réponses surviennent-elles aux mêmes moments dans un parcours d'intégration des TICE dans les pratiques ? Sont-elles plutôt des balises dans ce parcours ne correspondant pas à un ordre temporel commun à tous les enseignants ? Ces réponses évoluent-elles vers des formes de ruptures avec les pratiques habituelles chez les enseignants expérimentés ? Qu'en est-il des enseignants débutants ? Ces questions nous confrontent d'emblée à la question de l'évolution des pratiques, ce qui est commun dans ces évolutions et ce qui les déterminent. C'est l'objet de chapitre qui suit.

Chapitre 2

Les usages des technologies : cadres et genèses

Ce chapitre se situe dans une *perspective théorique*. Nous abordons d'abord comment nos recherches nous ont amenée à nous situer par rapport aux problématiques de l'intégration et des usages des technologies. Nous présentons et discutons ensuite deux élaborations théoriques que nous avons contribué à définir et à développer dans le cadre de projets nationaux.

Dès notre recherche doctorale, nous avons été interpellée par le sens à donner au vocable « intégration ». « Intégrer » ou « intégration » était une façon courante de désigner l'utilisation des technologies dans l'enseignement ; d'ailleurs ceci reste généralement vrai à l'heure actuelle aussi bien au niveau national qu'international. Dans Abboud-Blanchard (1995), nous disions « … *pour nous, intégration implique imbrication et articulation. Or ce qui nous semble le plus courant dans les utilisations actuelles de l'outil informatique dans l'enseignement c'est une sorte d'insertion épisodique et périphérique plus qu'une véritable intégration* ». Même si par souci de nous conformer au discours dominant dans le champ, nous avons continué à utiliser le terme « intégration » dans un sens courant non précis, nous envisagions toujours en arrière-plan une vision critique questionnant sa réelle signification. Celle-ci nous permettait de relativiser constamment la portée de nos observations des utilisations des technologies par les enseignants. Ce souci de précision des termes et de leur signification a été également une question vive soulevée par d'autres chercheurs spécialistes du champ.

Nous retrouvons dans les écrits de Baron et Bruillard (1996) une première réflexion sur la notion d'innovation en tant que processus qui vient de l'extérieur de l'école, souvent imposé par l'institution. L'innovation ne se diffuse que si elle est suffisamment en phase avec le système d'enseignement où elle est expérimentée. Les mêmes auteurs précisent ces considérations, quelques années plus tard (Baron & Bruillard 2002) en définissant des phases de diffusion relatives à chaque technologie : une première phase d'invention où des pionniers inventent et expérimentent des activités innovantes ; une deuxième où la technologie est mentionnée dans les programmes et instructions sous forme d'incitation ; enfin dans une éventuelle troisième phase les programmes prescrits l'intègrent, ce qui conduit à une généralisation et une banalisation de son usage. Dans le cas d'expérimentations innovantes ou de tentatives spontanées, on peut difficilement parler d'usages établis. En fait, parler d'usages des technologies, c'est prendre en compte non seulement le fait qu'ils correspondent à des utilisations se déployant dans le temps mais aussi *« qu'ils font l'objet d'une véritable genèse, menée selon un principe de continuité par rapport à l'existant* » (Baron & Bruillard 2006, p. 270).
De plus, la problématique des usages prend en compte les sujets usagers. Pour nous, les usages que nous étudions sont repérés à travers l'activité des usagers enseignants exerçant leur métier au sein d'une institution qui peut les prescrire et donner une place à des acteurs qui peuvent les encadrer et les évaluer (inspecteurs, formateurs...).

En didactique des mathématiques, Artigue, dans plusieurs écrits de synthèse (cf. par exemple, Artigue 2007), note que la tendance consiste à utiliser les outils technologiques juste pour leur valeur pragmatique : des aides pour produire des résultats, et qu'on ne voit pas s'exprimer dans l'enseignement des mathématiques la dimension épistémique de ces outils : des aides pour comprendre les objets mathématiques qu'ils engagent. Les utilisations majoritaires observées privilégient en effet les fonctionnalités pragmatiques, cantonnant par-là les technologies dans un rôle « d'adjuvant » pédagogique : « on fait avec les technologies ce qu'on savait faire sans, mais plus vite et plus aisément ». Les usages dominants prennent en compte de façon limitée les potentialités des technologies. Artigue souligne alors qu'une réelle intégration des technologies serait celle qui assure un équilibre « raisonnable » entre leurs valences épistémique et pragmatique. Ce dernier constat rejoint ce que Baron et Bruillard (2006) soulignent à propos de la diffusion des technologies et des usages qui se stabilisent : « *Les technologies se diffusent et se déploient en somme selon des processus dans lesquels leurs caractéristiques propres n'interviennent que partiellement. De plus en général ce qui se diffuse ne met pas trop en cause le système tel qu'il est et repose sur des technologies faciles et peu coûteuses à déployer* » (p. 277).

Au fil de nos travaux sur les utilisations des technologies par les enseignants, nous avons été amenée à appréhender la problématique de l'intégration en la déclinant selon deux angles d'attaque. Le premier est relatif à l'espace ou plutôt aux espaces dans lesquels naissent et se développent les usages des technologies, dédiés ou non aux apprentissages scolaires, ainsi qu'aux corrélations entre ces espaces : la sphère privée, non contrainte, régie par l'autodidaxie, l'espace professionnel privé et l'espace professionnel public. Ces derniers sont soumis tous les deux, à des degrés divers, aux conditions et contraintes multiples de la profession. Le deuxième angle d'attaque est relatif au temps, au sens où une étude des usages qui dépasse le caractère anecdotique des premières utilisations, notamment dû au manque de maîtrise technique des outils et des machines, demande de penser les usages dans la durée. En effet, nous considérons que les usages ne se développent pas uniquement à travers l'accumulation de connaissances/expériences sur/avec les technologies mais aussi dans une dynamique liée à une appropriation personnelle et professionnelle et à une prise de conscience croissante de leurs potentialités et de leurs limites. La perspective des usages s'est en fait développée dans nos travaux à travers notre participation à deux projets inter-équipes, que nous présenterons plus loin. Sur le plan théorique, le premier a abouti à la délimitation de cadres d'usages dans lesquels se déploie l'activité de l'enseignant, ce qui correspond au premier angle d'attaque, et le deuxième projet a engendré une modélisation des genèses d'usages des technologies, associé au deuxième angle.

Dans les deux projets, par-delà notre inscription dans le cadre théorique général de la double approche pour l'étude des pratiques, nous nous sommes appuyée sur un cadre spécifique aux technologies développé par Rabardel (1995) et inscrit dans le champ de l'ergonomie cognitive : l'approche instrumentale. Ce cadre a été développé et spécifié au champ de la didactique des mathématiques au travers de nombreux travaux de didactique des mathématiques (voir par exemple Artigue 2002, Guin & Trouche 2002, Trouche 2005). L'approche instrumentale distingue l'artefact et l'instrument que cet artefact devient au service de l'activité d'un individu donné. La transition artefact-instrument se produit via une genèse instrumentale, en général complexe. Cette genèse met en jeu des processus d'instrumentalisation, dirigés vers l'artefact, et des processus d'instrumentation, dirigés vers le sujet. Ces derniers se traduisent par le développement de schèmes d'utilisation qui sont mobilisés lors de la résolution des tâches proposées au sujet. La construction des schèmes comporte une dimension collective, Rabardel (ibid) parle alors de schèmes sociaux

d'utilisation. Dans notre compréhension des genèses instrumentales des enseignants, nous admettons que celles-ci comportent une dimension personnelle, puisqu'elles sont propres à chaque individu enseignant, et une dimension sociale relative à un collectif professionnel. Le recours à l'approche instrumentale dans nos recherches inscrit la problématique de l'intégration des technologies par les enseignants dans une perspective développementale qui tient compte du contexte cognitif, social et institutionnel impliqué dans cette intégration.

C'est l'ensemble de ces considérations théoriques que nous mobilisons dans la suite de ce chapitre. Dans la première partie nous présentons une conceptualisation des cadres dans lesquels se créent et se développent les usages. Dans la deuxième, nous mettons en avant des résultats globaux concernant l'évolution des usages chez les enseignants débutants. La troisième partie est consacrée à l'exposé d'une modélisation des genèses des usages que nous avons conçue et que nous continuons à développer. La dernière partie nous permet de discuter nos résultats tout en les croisant avec la synthèse présentée dans le chapitre précédent.

1. Délimitation de trois cadres d'usages des technologies

Une première recherche a été menée dans le cadre d'un projet associant cinq IUFM[15] et l'INRP : « Appropriation des outils TIC[16] par les stagiaires IUFM et effets sur les pratiques professionnelles » (Lagrange et al. 2004). Une étude quantitative de plus de 800 questionnaires, de début et de fin d'année, a permis de « mieux connaître les rapports qu'entretiennent les enseignants stagiaires avec les TIC et de comprendre comment ces rapports interviennent et évoluent au cours de la formation » (Lagrange, Lecas & Parzysz 2006). Cette première étude a été complétée par une autre, qualitative, que nous avons coordonnée. Elle a permis, à travers l'étude des utilisations des technologies rapportées et analysées dans une trentaine de mémoires professionnels, d'identifier les usages que les stagiaires pratiquent durant leurs premiers temps d'enseignement ainsi que les points de résistance et les déterminants qui les sous-tendent (Abboud-Blanchard 2005).

Le travail de l'équipe a conduit à délimiter trois cadres d'usage des outils technologiques par l'enseignant qui correspondent aux différents contextes d'activité et à l'emploi d'outils technologiques spécifiques ou non à ces contextes, correspondant au premier angle d'attaque évoqué ci-dessus. Distinguer ces trois cadres a permis de mieux repérer les usages des technologies par les professeurs stagiaires pendant leur année de stage, aussi bien ceux qui se développent « sans trop de difficultés » que ceux qui semblent contraints.
Le premier cadre concerne les activités non directement liées à la classe s'exerçant individuellement ou collectivement dans *la sphère privée*. Les usages des TIC dans ce cadre peuvent être, par exemple, l'utilisation de la messagerie électronique et des moteurs de recherche en ligne, la production d'écrits en traitement de texte, l'utilisation d'un logiciel spécifique du domaine enseigné mais à des fins non directement liées à l'enseignement (ex : un tableur pour gérer la comptabilité).
Le second cadre est celui qui concerne la classe mais s'exerce *hors-classe (professionnel privé)*. Il peut s'agir du travail de conception de tâches destinées aux élèves, de production de fiches de préparation, d'élaboration et d'organisation de documents d'évaluation... Dans ce cadre, des outils généraux (bureautique, Internet...) restent utiles mais non suffisants. Les

[15]IUFM de Bourgogne, IUFM Champagne-Ardenne, IUFM de Franche-Comté, IUFM Nord Pas-de-Calais et IUFM Orléans-Tours.
[16]L'absence du « E » ici marque la distinction entre les TICE et les TIC dans le sens où ces dernières incluent des technologies générales non spécifiquement conçues pour l'utilisation dans l'enseignement

outils logiciels spécifiques à l'enseignement vont permettre d'intégrer dans les documents des éléments relatifs aux mathématiques et de préparer l'activité des élèves.
Le troisième cadre est celui de *la classe (professionnel public)*. Parmi les usages des TIC dans ce cadre, nous considérons ceux qui ont pour objectif de soutenir des apprentissages mathématiques. Ils tirent parti le plus souvent de logiciels spécifiques à la discipline ou constituent une utilisation spécifique de logiciels généraux.

Dans ces trois cadres, les technologies viennent « instrumenter » l'activité de l'enseignant. Dans le troisième cadre, cette instrumentation s'articule avec une activité instrumentée des élèves. Nous avons fait l'hypothèse qu'une utilisation des technologies qui va dans le sens de l'intégration exige une « instrumentation » harmonieuse dans les trois cadres. Par exemple, dans le premier cadre un professeur stagiaire pourrait échanger avec ses collègues par courrier électronique et rechercher de la documentation générale sur l'Internet. Il pourrait ensuite utiliser les mêmes procédés en ayant recours à d'autres outils dans le but précis de produire des documents plus directement liés à la classe. Enfin, il pourrait proposer à ses élèves des tâches s'inspirant de sa propre activité et ayant pour support des documents ou outils utilisés dans les autres cadres. Nous avons alors recherché des décalages entre les usages qui se développent dans les différents cadres et essayé de mettre en évidence les facteurs qui les déterminent. Ces derniers peuvent être recherchés du côté des représentations de l'enseignement et des technologies : un professeur ne développera des usages que s'ils lui semblent consistants avec l'idée qu'il se fait de l'enseignement des mathématiques et du rôle que peuvent y jouer les technologies. Ils peuvent également être recherchés du côté des contraintes de l'exercice du métier et des normes associées.

Dans Abboud-Blanchard & Lagrange (2006), nous montrons que les professeurs stagiaires[17] sont généralement bien équipés et connectés et qu'ils disposent de représentations favorables à l'utilisation des technologies dans leur métier. De ce fait les usages dans le premier cadre s'installent rapidement (ou sont déjà présents) : produire un document bien présenté grâce au traitement de texte, s'appuyer sur des informations recueillies grâce à l'Internet, s'inscrire dans des réseaux en ligne … Ces usages dans le premier cadre correspondent aux normes d'une activité professionnelle "moderne ", et entraînent des usages dans le second cadre qui les prolongent. Cependant, l'instrumentation dans le deuxième cadre relative aux mêmes outils n'intègre très souvent qu'un niveau professionnel superficiel. Ainsi par exemple, les stagiaires cherchent en majorité des séances toutes faites (prêtes à l'emploi) et non un ensemble d'éléments leur permettant de construire eux-mêmes leurs propres séances. Ce dernier constat peut être dû en premier lieu à la sensibilité accrue des enseignants débutants à la problématique du temps (cf. chapitre 1) ou bien à une contrainte d'efficacité ne permettant pas les stratégies perçues comme étant « d'essais-erreurs ». S'agissant de débutants, il peut y avoir aussi une confiance *a priori* dans ce qui a été produit par ceux qu'ils estiment plus experts qu'eux. De plus, dans ce deuxième cadre, préparer la classe implique généralement de mobiliser plusieurs outils technologiques dédiés ou non aux mathématiques et donc de développer des usages articulant ces outils. Cependant, produire par exemple un document-élève avec un traitement de texte et y intégrer une figure géométrique conduit à un usage d'un logiciel de géométrie dynamique certes, mais qui peut se réduire à obtenir une meilleure présentation sans pour autant avoir à mettre en scène les caractéristiques « dynamiques » du logiciel. Ainsi, développer des usages dans le deuxième cadre n'impliquerait pas nécessairement de perspective d'utilisation significative en classe et donc d'usages dans le troisième cadre. En effet, les professeurs perçoivent que pour passer d'un usage personnel à un usage avec les élèves, il va falloir faire un « saut qualitatif » intégrant un degré de

[17] A l'époque appelés PLC2 (ici de mathématiques et de sciences).

complexité supérieur : il ne suffit pas de « savoir faire soi-même », il faut aussi se projeter dans ce que les élèves doivent savoir faire pour apprendre des mathématiques.
Le troisième cadre, celui de la classe, est le plus contraint et les professeurs stagiaires semblent peiner à développer des usages pertinents ou des usages qu'ils jugent *a posteriori* comme satisfaisants. En outre, le manque de repères didactiques relatifs à la fois à l'enseignement et à l'utilisation de la technologie entraîne des difficultés comme par exemple lorsqu'il s'agit de réagir face à un feedback non prévu du logiciel utilisé. Un professeur stagiaire est en général dépendant de sa préparation et tend, par sécurité, à ne pas s'en éloigner ; de tels incidents peuvent l'amener à ne pas s'aventurer dans la mise en place de situations qu'il estime « incertaines ». D'une façon générale, les stagiaires semblent chercher à construire des usages compatibles à la fois avec des normes professionnelles perçues et leurs propres représentations des mathématiques, de leur enseignement et de l'utilité des technologies. Des représentations issues du passé scolaire ou universitaire vont ainsi être en concurrence avec des repères plus récemment rencontrés dans la formation à l'IUFM. Ce n'est sans doute pas un problème nouveau (puisqu'il est régulièrement souligné par les chercheurs travaillant sur la formation initiale des enseignants), mais il est particulièrement amplifié par la multiplicité des ressources disponibles dans le cas des TICE. Les usages réels dans la classe sont aussi plus limités dans leur ambition que ceux majoritairement envisagés *a priori* dans les déclarations lors des interviews ou réponses aux questionnaires. Ces déclarations sont essentiellement « idéologiques » et conformes au discours ambiant : apport « indéniable » des technologies, changement des méthodes classiques d'enseignement… Elles révèlent des stagiaires surtout sensibles aux contributions générales des TICE à l'enseignement, facilitant la gestion de l'hétérogénéité, permettant l'individualisation des aides, mais sans réelle interrogation sur leurs contributions aux apprentissages mathématiques. La *prise de conscience* des spécificités pour l'enseignement des mathématiques dans des environnements technologiques n'apparaît qu'*a posteriori* et à l'occasion des difficultés rencontrées. Par exemple, la majorité des professeurs stagiaires ayant mis en place des séances de géométrie dynamique soulignent que l'utilisation de ce type de logiciel « *incite les élèves à se contenter de preuves expérimentales* [et qu'] *il a été difficile de les ramener à une rigueur théorique* ». Ainsi malgré une instrumentation personnelle de plus en plus importante dans la sphère personnelle et l'espace professionnel privé, les usages dans (l'espace professionnel public) relevés en classe montrent une instrumentation professionnelle qui reste faible. Cependant dans certains cas, le retour réflexif sur la pratique laisse supposer une évolution possible vers des usages professionnels plus significatifs. Nous la repérons par exemple lorsqu'un stagiaire déclare que l'utilisation du tableur a amené certains élèves à « *perdre de vue le sens des opérations effectuées* » et qu'il envisage désormais des tâches « *techniques* » moins déconnectées des tâches mathématiques.

2. Evolution des usages

Les constats précédents sur l'évolution des usages nous ont conduits à prolonger cette première recherche par une autre plus fine, par « études de cas ». Nous avons ainsi assuré la coordination d'un projet de recherche du Pôle Nord-Est des IUFM[18] qui visait à étudier les pratiques professionnelles (cadres 2 et 3 d'usages) qui se développent au fil de l'année de stage ainsi que leurs évolutions réelles et/ou projetées (Abboud-Blanchard, Le Borgne & Lenfant 2008, Abboud-Blanchard 2009b). La méthodologie utilisée a consisté à analyser des mémoires professionnels portant sur l'usage des technologies de PLC2 de mathématiques et à

[18] Projet de recherche du Pôle Nord-Est des IUFM (2005-2008) : "*Les effets des pratiques de formation dans le cadre du mémoire professionnel sur les pratiques professionnelles relevant des TICE des stagiaires IUFM*".

compléter en menant des entretiens avec eux à la fin de l'année de stage, pour accéder à leur regard « après coup » sur leur pratique avec les technologies et sur la réflexion qui a accompagné cette pratique. Dans cette étude, nous considérons que l'élaboration de cet écrit professionnel permet de rendre compte d'une pratique de classe et peut tenir lieu de « mémoire[19] » de la réflexion pendant une année de formation initiale. Dans le chapitre 1 de cette note, nous avons présenté des résultats de cette étude relatifs à l'analyse des pratiques enseignantes dans le cadre théorique de référence, la double approche. Dans ce chapitre nous nous intéressons en particulier à l'évolution de ces pratiques au fil de l'année du stage. Les cinq cas étudiés concernaient des stagiaires qui avaient des profils variés vis-à-vis des technologies et ces différences ont conduit à des évolutions de leur usage des technologies qui ont suivi des voies différentes. Nous soulignons dans ce qui suit quelques traits globaux de ces évolutions, nous y reviendrons plus en détail dans la partie 2 consacrée aux « genèses d'usages des technologies ».

Dans Abboud-Blanchard, Lenfant & Parzysz (2013) nous montrons que les trois, des cinq, stagiaires qui avaient un niveau de maîtrise élevé des TIC (par autodidaxie ou via leur cursus universitaire antérieur) développent une prise de conscience des aspects didactiques de l'utilisation des technologies, qui se manifeste en particulier par l'intérêt dont ils font preuve pour les apprentissages potentiels des élèves. Citons par exemple la déclaration de l'un d'eux en fin d'année : «*il* [l'ordinateur] *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* ». Alors que l'évolution du quatrième stagiaire qui était novice en technologies se situe plutôt au niveau de la gestion de la classe, dans le sens où il a développé certains types d'usages dans lesquels il se sent plus en confiance pour utiliser les technologies avec ses élèves : tâches simples bien guidées et utilisation de technologies en grand groupe avec vidéo projecteur. Cependant, on n'assiste pas encore de sa part à une véritable réflexion sur les apprentissages des élèves dans les environnements technologiques. Chez le cinquième stagiaire dont le profil relatif aux technologies se situe dans une position intermédiaire entre les deux cas précédents, on observe une évolution conjointe de la maîtrise des outils technologiques, de leur mise en œuvre dans le cadre de l'enseignement et de la prise en compte des aspects didactiques liés à leur utilisation. Dans un retour sur son vécu au cours de l'année de formation, il souligne que « *Suite aux premières séances qu'on a faites à l'IUFM sur Geoplan/Geospace, j'avais été assez impressionné de tout ce qu'on pouvait faire, je veux dire intuitivement avec le logiciel. Je trouvais que c'était un logiciel avec lequel on pouvait faire plein de choses sans forcément être un crack en informatique, ce qui était mon cas au départ* ». Revenant sur sa pratique en classe avec le logiciel il note l'intérêt qu'il y a trouvé pour les apprentissages de la géométrie dans l'espace qu'il estime difficile à apprendre en environnement classique et que l'utilisation du logiciel permet d'améliorer : « *les élèves alternent plus aisément vision dans l'espace et vision dans le plan* ».
L'impact de la formation aux TICE reçue en IUFM a été variable selon les profils. Pour les cas extrêmes, spécialiste et novice des technologies, c'est surtout l'aspect informatif qui les a le plus intéressés, cependant de façons différentes. Dans le premier cas, le stagiaire a découvert de nouveaux logiciels qu'il a utilisés dans sa classe, tandis que le deuxième, le stagiaire s'est cantonné à la prise en main des divers logiciels présentés au cours de la formation, sans pour autant les utiliser nécessairement avec ses élèves. Quant au stagiaire de niveau intermédiaire, il a apprécié à la fois l'initiation à ces logiciels et les aspects didactiques liés à leur utilisation. Notre étude a permis de relever que les stagiaires ne seraient pleinement

[19] Au sens propre du terme

réceptifs à une formation aux technologies axée sur des aspects didactiques que suite à leur mise en œuvre effective dans les classes. Il semble aussi que la réalisation d'un écrit professionnel (ici le mémoire professionnel) sur les usages des technologies, favorise chez le stagiaire une attitude réflexive sur sa pratique qui apparaît plus présente ici dans l'analyse des entretiens avec les stagiaires que dans l'étude par questionnaires réalisée dans l'étude précédente. Dans ce dernier cas, la population étudiée était plus large et certainement beaucoup des stagiaires concernés n'avaient pas eu l'occasion d'un retour réflexif sur leurs usages des technologies ; leur compréhension des TICE restait marquée par le discours injonctif de l'institution et une conscience assez peu nette du parti à en tirer pour les apprentissages des élèves (Lagrange et al. op.cit.). Dans notre étude de cas, on observe que, lorsqu'ils sont analysés dans le cadre d'un écrit réflexif, les usages en classe favorisent chez le stagiaire une compréhension plus consistante des conditions et contraintes des situations intégrant les technologies. Notons en particulier deux constats relatifs respectivement au cadre 2 et cadre 3 des usages. Tous les stagiaires ont pris progressivement conscience des contraintes de la préparation d'une séance TICE, plus complexe et plus longue que celle d'une séance en P/C : *« La préparation de la séance, ce n'est la même, c'est plus, vraiment plus »*, « *Ce qui est sûr, c'est qu'il faut savoir quelles difficultés vont rencontrer les élèves »*.Tous les stagiaires soulignent que dans les séances TICE les élèves sont actifs et motivés, mais parfois pas concentrés sur les apprentissages visés : « *ceci me permet de valoriser l'implication et la motivation de chaque élève et d'aider les élèves en difficulté* », *« « [Les TICE] donnent accès à une autre voie de connaissance que le cours traditionnel, et cela se ressent dans leur motivation, leur participation, et surtout dans leurs résultats»*, « *Pour eux, les TIC s'assimilent plus à des jeux qu'à des outils pédagogiques* ».

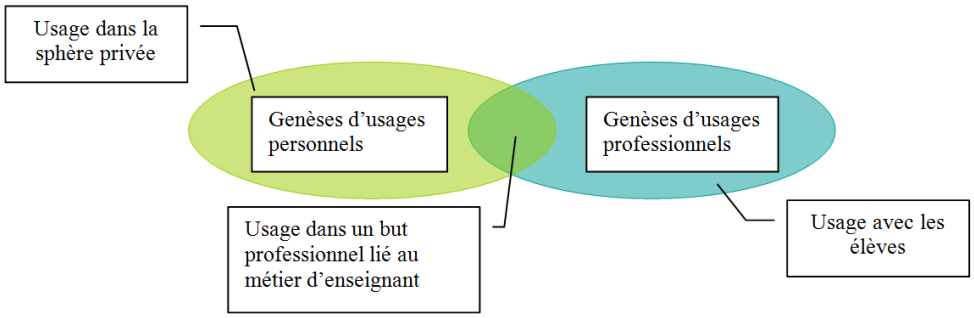
En resituant ces résultats généraux dans le cadre de la double approche, nous pouvons donc dire que l'influence de ce que nous mettons dans la composante personnelle des pratiques, semble dominante, au début, pour les professeurs stagiaires et oriente leurs premiers usages. Ensuite, le stagiaire étant confronté à l'exercice du métier et à la formation, une évolution se développe liée aux autres composantes des pratiques. Encore une fois, ce constat n'est pas spécifique aux utilisations des technologies mais semble caractéristique des enseignants débutants et amplifié par la complexité des environnements technologiques. Dans ses travaux, Robert (2008) souligne que la composante personnelle pilote en grande partie les pratiques « transitoires » des enseignants stagiaires, l'évolution des autres composantes est alors liée à l'exercice du nouveau métier et à la prise de conscience des contraintes et marges de manœuvre correspondantes. Notre étude nous montre une évolution qui débute par une centration de la réflexion sur les éléments pris en compte dans la composante cognitive (nous y reviendrons plus loin en détails). La prise en compte des questions de gestion, qui interviennent dans la composante médiative, conduit progressivement à s'interroger sur les rôles respectifs du professeur et des élèves au cours de la séance. Des éléments enrichissant les composantes sociales et institutionnelles se développent lors de la confrontation aux dispositifs de formation et d'encadrement des pratiques. Les stagiaires prennent alors conscience des enjeux institutionnels des TICE et, à travers l'interaction avec les collègues (expérimentés et autres stagiaires), de certains usages qui semblent partagés et possibles, étant donnés les contraintes et conditions d'exercice du métier.

D'une façon générale, nous avons montré dans cette seconde étude que les évolutions observées sont d'une part déterminées par les représentations initiales des technologies chez les stagiaires et par la formation reçue au cours de l'année de stage (IUFM, établissement…), et d'autre part, guidées par *une prise de conscience* des questions liées aux aspects didactiques de l'utilisation des technologies qui ne s'opère qu'après des mises en œuvre dans les classes.

Nous avons ainsi mis en évidence qu'une formation initiale aux TICE incluant des aspects didactiques ne peut réellement être efficace, qu'elle ait lieu avant ou après le passage en classe, que lorsque le stagiaire a eu l'occasion et même le besoin de se questionner vraiment sur ces aspects. Il semble ainsi nécessaire qu'il ait pris conscience des problématiques didactiques liées à l'intégration des TICE en classe à travers ses propres expériences (Abboud-Blanchard & Lenfant-Corblin 2009) pour bénéficier des formations. Nous rejoignons ainsi Day (1999) qui souligne que les expériences d'enseignement « naturelles » chez les enseignants, de même que celles qui sont conscientes et planifiées, rendent possible leur développement professionnel.

3. Des genèses instrumentales aux genèses d'usages des technologies

Le concept de genèse instrumentale, comme nous l'avons présenté plus haut, désigne le processus de transformation pour un individu d'un artefact donné en un instrument pour des utilisations données. Ce concept s'est élargi dans le champ de la didactique professionnelle au fil des travaux, à la fois relativement à la notion « d'instrument » et à la notion de « genèse ».
Rabardel & Bourmaud (2005) abordent le fait que les instruments ne sont pas isolés et que l'activité du sujet implique souvent le recours à un système d'instruments : matériels, sémiotiques…. Ils sont mobilisés au fil de l'action en fonction des buts et des besoins opérationnels du moment. Dans nos propres travaux nous adhérons à cette conception de l'instrumentation de l'activité (de l'enseignant) qui prend en compte la multitude des instruments, mais en nous restreignant en particulier à ceux, vraiment technologiques, qui reposent sur des artefacts de nature diverse comme les outils de travail en ligne, les logiciels dédiés aux mathématiques, les logiciels généraux….
Rabardel & Pastré (2005) précisent, quant à eux, que la notion de genèse peut être élargie à d'autres champs que celui des instruments afin de permettre d'aborder l'articulation, au sein de l'activité humaine, entre fonctionnement et développement. Ils soulignent en outre que le concept de genèse permet de « *comprendre comment se conjuguent invariance et adaptation dans le court terme et le long terme, aussi bien dans la confrontation à des situations ponctuelles que dans l'élaboration plus générale de l'expérience* ». (ibid p. 10)
En nous inspirant de ces travaux, nous avons considéré le concept de *genèse d'usages des technologies* relative à l'enseignement des mathématiques en partant d'une acception élargie du concept de genèse instrumentale. En effet, dans chacun des trois cadres d'usage définis plus haut, s'opèrent des genèses instrumentales liées aux artefacts utilisés, les transformant en des instruments pour l'enseignant, spécifiques du cadre. Nous considérons les genèses instrumentales de l'enseignant comme inscrites dans des dynamiques plus globales de développement de connaissances et de compétences (à but professionnel ou non). Y interagissent des phénomènes d'instrumentation s'inscrivant dans les divers contextes d'activité du sujet enseignant. Ces dynamiques sont relatives à une genèse d'usages des technologies incluant deux dimensions : personnelle et professionnelle. Le schéma ci-dessous représente les différentes genèses d'usages, entrelacées, complexes et différenciées.



Des genèses d'usages personnels concernent en même temps l'activité de l'enseignant indépendamment de son contexte professionnel, dans la sphère privée (ou professionnelle[20] non liée au métier d'enseignant) et son activité en différé dans le projet de préparer ou gérer ce qui peut se rapporter au contexte d'enseignement, cette dernière relevant à la fois de genèses d'usages personnels et professionnels. Des genèses d'usages professionnels sont directement reliées à un usage avec les élèves, elles incluent l'appropriation d'un outil dans un but professionnel et s'étendent à l'utilisation de cet outil dans le cadre de la classe.

Ainsi, pour certains artefacts tels que les BEL (cf. chapitre 1), les genèses d'usages sont directement liées aux pratiques avec les élèves : il s'agit uniquement de genèses professionnelles parce que ces artefacts sont conçus pour un usage d'enseignement exclusivement. Pour d'autres artefacts comme un logiciel de géométrie dynamique, l'usage dans la classe passe d'abord par une phase où l'enseignant se l'approprie progressivement au cours d'une genèse personnelle mais liée à l'exercice de son métier. Toutefois, cette appropriation personnelle peut ne pas entraîner une utilisation en classe. Nous avons relevé dans le cas des professeurs stagiaires que des genèses personnelles dans les premier et deuxième cadres des usages n'intègrent pas nécessairement des éléments de réflexion didactique qui prépareraient des usages dans le troisième cadre. Elles peuvent même parfois inhiber cette réflexion en conduisant le professeur stagiaire à se focaliser sur les aspects techniques, soit parce qu'il les domine et pense ainsi que l'usage en classe sera sans problème, soit au contraire parce qu'il a le sentiment de ne pas les maîtriser suffisamment et «verrouille» l'usage par les élèves dans l'espoir ne pas rencontrer de difficulté.

Enfin, nous rejoignons Lagrange (2013) lorsqu'il précise qu'à la différence des genèses instrumentales, les genèses d'usages transcendent les artefacts et leur diversité pour prendre en compte l'unité des pratiques pour un enseignant donné. Dans ce qui suit, nous montrons comment ces genèses peuvent être mises en évidence à travers des processus dynamiques entre les différents niveaux d'organisation des pratiques.

4. Les genèses d'usages : une modélisation articulant deux cadres théoriques

Cette élaboration théorique a son origine dans notre participation au projet GUPTEn : Genèses d'usages professionnels des technologies par les enseignants (Lagrange et al. 2009)[21]. Au sein de ce projet, nous avons coordonné l'un des deux axes de travail : l'axe didactique du projet. Cet axe s'intéresse directement à l'activité de l'enseignant à travers les usages des TICE qu'il développe pour des finalités d'apprentissages mathématiques de ses

[20] Par exemple, ceux qui ont exercé un autre métier avant de se tourner vers l'enseignement

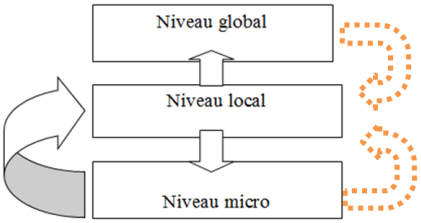
[21] Il s'agit d'un projet de recherche fédérant le travail de plusieurs chercheurs au niveau national, mené en réponse à un appel de l'action concertée incitative (ACI) «Éducation-formation et technologies d'information et de communication», lancée par le ministère de la recherche en 2004.

élèves. L'objectif commun des recherches composant cet axe était de mettre en évidence et d'analyser des genèses d'usage chez des enseignants utilisant les TICE. Nos propres recherches engagées dans ce projet sont celle sur les BEL présentée dans le chapitre précédent et celle sur les professeurs stagiaires présentée plus haut. La synthèse des résultats des recherches participant à cet axe nous a amenée à définir avec Vandebrouck (co-coordonateur de cet axe) un construit théorique qui rend compte de la dynamique des genèses d'usages des technologies dans l'enseignement des mathématiques. Il se base à la fois sur la théorie de la double approche et l'approche instrumentale, toutes deux apparentées au cadre de la théorie de l'activité (Abboud-Blanchard & Vandebrouck 2012).
Comme le précisent Gueudet & Vandebrouck (2011), les récents développements des recherches sur les pratiques enseignantes dans le cadre de la double approche et de l'approche instrumentale ont aidé à préciser la dialectique qui se joue entre pratique et activité(s). La double approche déclare en effet viser l'étude des pratiques du professeur à partir de l'étude de diverses formes de son activité en situation, tandis que l'approche instrumentale permet un focus sur l'activité du professeur en situation d'usage des technologies, sa structure et ses évolutions. Dans la double approche, ces évolutions intéressent le chercheur notamment sur les plans cognitifs et médiatifs, en lien avec les évolutions qu'elles induisent *in fine* dans l'activité potentielle des élèves. L'articulation des deux approches au sein de la théorie de l'activité nous permet de prendre en compte pour l'étude des genèses d'usages des technologies la dialectique complexe entre stabilité des pratiques à un certain niveau et évolutions de l'activité en situation.

Comme nous l'avons détaillé dans le chapitre 1 de cette note, la stabilité des pratiques reconnue dans la DA résulte notamment de la cohérence entre ce que recouvrent les cinq composantes. Cette stabilité ne signifie pas pour autant invariance de l'activité de l'enseignant, celle-ci peut évoluer, certes, dans le temps. Pour accéder à l'organisation interne des pratiques, et dans notre cas, aux évolutions individuelles dans le travail réel de l'enseignant, la DA prend en compte trois niveaux d'organisation permettant ainsi une lecture des pratiques recomposant les temporalités et les composantes (Robert 2008). Ces trois niveaux d'organisation (micro, local et global) prennent à la fois en compte la temporalité et le grain des activités enseignantes à analyser :
Le niveau micro est celui des automatismes et des routines ; par exemple y participent les gestes professionnels élémentaires, aussi bien pour la préparation que dans la gestion des séances ou dans le discours (concernant ce qui n'est pas préparé). Ce niveau peut être relié à ce qui intervient au stade de construction des schèmes d'utilisation dans le cadre de l'approche instrumentale. Notons de plus que la construction des gestes relevant de ce niveau des pratiques ne peut se faire que sur le long terme de l'activité.
Le niveau local est celui de la classe au quotidien où se rencontrent les préparations et les improvisations, le niveau des adaptations de l'activité de l'enseignant à l'activité des élèves.
Le niveau global est celui des projets, des scénarios…, il se situe dans une temporalité longue. Son évolution est conditionnée en particulier par des contraintes institutionnelles et sociales et par les données personnelles.

La considération de l'interdépendance de ces niveaux est fondamentale dans notre travail : l'introduction de la technologie va entraîner des évolutions imbriquées dans les trois niveaux. C'est ainsi l'articulation des évolutions entre ces niveaux qui nous permet de modéliser les genèses d'usages des technologies.
Nous faisons l'hypothèse qu'un enseignant qui débute dans l'utilisation d'un outil technologique ne dispose pas d'automatismes et de routines pour cet usage, ni de vision globale sur l'organisation d'un enseignement cohérent intégrant cet outil. De ce fait, faute de

suffisamment de possibilité d'agir aux niveaux micro et global, le niveau local occupe toute la scène. Robert (2008) parlant des premières séances des enseignants débutants de mathématiques désigne ce phénomène par « une surcharge » du niveau local. Dans le cas des TICE, en réponse à cette surcharge, plusieurs phénomènes dynamiques se mettent en place que nous illustrons par le schéma suivant :



Un premier processus (flèche courbe pleine) correspond au fait que le niveau micro des pratiques habituelles vient soutenir le niveau local. Il traduit *un recours* aux pratiques habituelles (au niveau micro), hors TICE ou/et avec un autre outil technologique, pour le contexte d'usage d'un nouvel outil.
Deux autres processus que nous désignons comme des « *mouvements* » vont du niveau local des pratiques vers respectivement le niveau global et le niveau micro. En premier lieu, il y a un mouvement du local vers le global qui traduit l'évolution du projet global d'enseignement à partir d'utilisations répétées de l'outil technologique en question. En parallèle, il y a un mouvement du local vers le micro qui traduit le développement au niveau micro de nouveaux automatismes liés directement à l'outil technologique (voire se composant avec d'autres automatismes relatifs à d'autres outils). Les genèses d'usages des technologies se déclinent pour nous en ces deux mouvements.
Nous faisons l'hypothèse que les retombées sur le niveau local du développement des niveaux micro et global sur le long terme (cf. flèches en pointillés) sont à l'origine de la stabilisation des usages en classe, soulageant ainsi la surcharge vécue lors des premières utilisations de l'outil technologique. D'ailleurs, en se stabilisant, ces usages participeraient à leur tour à rendre gérable une surcharge de ce niveau due à l'utilisation d'un nouvel outil.
Nous expliquons ci-après les trois processus en donnant pour les illustrer des exemples issus de nos travaux.

Un recours aux pratiques habituelles : du micro vers le local

Les premières séances en classe d'un enseignant utilisant un nouvel outil sont révélatrices de phénomènes qui le conduisent à une gestion de sa séance sur un mode « d'improvisation ». Quand bien même la séance est préparée, il y a souvent des problèmes, en termes de gestion de la classe notamment. Il arrive que l'enseignant prenne appui sur sa pratique habituelle en P/C (voire avec un autre outil technologique), ce qui lui permet de gérer au mieux sa séance au niveau local. Autrement dit, des automatismes qui régulent la pratique enseignante au niveau micro permettent à l'enseignant de faire face aux difficultés émergentes pendant sa séance TICE au niveau local.
Par exemple, une enseignante utilisant les BEL décline ses aides aux élèves différemment selon qu'ils sont plus ou moins en difficulté, renforçant une méthode si l'élève est vraiment en difficulté, enrichissant son capital de méthodes disponibles s'il est plus à l'aise. Cependant, elle semble (lors de l'entretien post-observation) ne pas être consciente de cette aide différenciée ce qui laisse supposer qu'il s'agit là d'une caractéristique de sa pratique habituelle au niveau micro. Un autre exemple est celui des professeurs stagiaires qui expliquent aux élèves les objectifs mathématiques de la séance TICE dans le but de les faire

adhérer à leur projet d'enseignement : ils mettent à profit ce qu'ils ont appris des méthodes de gestion de classe présentées dans la formation, et qui constituent, d'une façon transitoire, leur répertoire « d'automatismes conscients » au niveau micro.
Toutefois, le recours à des automatismes du niveau micro ne permet pas toujours d'assurer la « survie » au niveau local. De ce fait, certains enseignants évolueront vers le besoin de construire des pratiques spécifiques aux TICE ; on assistera ainsi à des genèses d'usages. D'autres, par contre, seront plutôt amenés à réduire la place des technologies dans leur enseignement. Par exemple, les élèves d'un professeur stagiaire n'avaient pas compris la consigne lors du travail sur machines, il a alors répété la consigne plusieurs fois comme à son habitude dans les séances P/C. C'est seulement à l'issue de la séance qu'il s'est rendu compte que certains élèves « *n'ont pas trouvé ce qu'ils devaient trouver* ». Cette constatation l'a amené lors de la séance P/C suivante à revenir sur ce qui s'est passé pendant la séance TICE pour réexpliquer l'objectif de la séance et ce qu'il fallait faire. Le bilan qu'il fait de cet épisode l'amène à prévoir des réajustements de la progression qui n'incluraient plus cette tâche relative à la technologie.

Un premier mouvement traduisant les genèses d'usages : du local vers le global

Le mouvement majeur mis en évidence dans nos travaux est une évolution au niveau des scénarios et de la gestion prévue *a priori* : on observe par exemple de nouveaux équilibres entre séances TICE et séances P/C, entre phases de travail individuel et phases de travail collectif, ou encore dans les rapports « connaissances anciennes/ connaissances nouvelles » mises en jeu lors des séances TICE.
Ainsi par exemple, les enseignants stagiaires commencent par construire des scénarios avec des utilisations limitées du logiciel et peu d'interrelations avec les autres activités en P/C, dans une tentative de minimiser les perturbations que l'utilisation du logiciel engendrerait dans leur enseignement. Ces scénarios évoluent en général vers des réajustements visant à mieux gérer les perturbations réellement rencontrées et à assurer une cohérence, même si elle reste parfois limitée, avec les activités mathématiques hors TICE.
Tous les enseignants étudiés développent assez tôt l'usage de la trace papier chez leurs élèves lors d'activités avec les technologies. Les professeurs stagiaires éprouvent rapidement le besoin d'avoir des traces écrites à l'issue des séances TICE, à la fois pour les élèves mais aussi pour eux-mêmes, afin d'organiser des phases de synthèse ultérieures de ces séances. Les enseignants utilisateurs des BEL insistent assez vite pour que les élèves utilisent une feuille « pour garder une trace » ; certains évoluent vers l'utilisation par les élèves d'un cahier d'informatique. Cette utilisation du papier marque aussi l'insertion des activités TICE dans les activités ordinaires de la classe et la rend visible pour les élèves. L'insertion des activités TICE dans les activités ordinaires de la classe peut aussi se traduire dans l'évaluation : la plupart des enseignants qui développent une utilisation significative des BEL intègrent des exercices analogues dans les contrôles.
Un autre aspect de l'évolution de l'activité de l'enseignant, lié au précédent, est relevé à travers la progression, chez certains enseignants, vers la mise en place de phases collectives de bilan et d'institutionnalisation à l'issue des séances TICE. Ces phases se basent en général sur l'utilisation par l'enseignant de traces écrites produites pendant les séances, qui permettent de reprendre des interventions individualisées pour en faire l'objet des reprises collectives. Néanmoins, ce mouvement peut ne pas avoir lieu du fait d'une stabilité forte des pratiques P/C qui réduirait les usages des technologies au stade de l'utilisation épisodique basée sur des apports techniques (cf. valence pragmatique des technologies) et non articulée avec le reste de l'enseignement.

Un deuxième mouvement traduisant les genèses d'usages : du local vers le micro

Ce mouvement concerne des développements sur le niveau micro qui émanent des utilisations répétées au niveau local, il est à la fois relatif aux usages hors-classe et en classe. Ces développements concernent en particulier les séances relatives aux technologies mais peuvent aller au-delà et impacter le niveau micro des pratiques en général.
Ainsi par exemple un enseignant stagiaire très familiarisé avec les usages des technologies informatiques sur le plan personnel s'est rapidement approprié les outils présentés dans la formation et a développé des usages variés en classe avec les élèves. A la fin de l'année, il en envisage un usage régulier en classe allant dans le sens de la « banalisation » de l'outil: « *pendant deux heures, j'amenais mon ordinateur, je ne l'utilisais pas pendant les deux heures, mais par petits passages de 10 minutes, on prenait le temps de le faire* ». A l'opposé, on observe un autre enseignant stagiaire passer durant l'année de stage d'une position de réserve, voire d'appréhension des technologies (« *c'est un truc qui me faisait peur* »), au développement d'un certain type de pratiques en lequel il se sent confiant. En effet, après avoir tenté des utilisations en salle informatique qui ne l'ont pas satisfait, il a installé en fin d'année un usage qui semble lui convenir : la vidéo projection en classe entière, où il contrôle seul l'ordinateur et décide des moments opportuns pour son utilisation.
Les enseignants utilisant les BEL développent des usages dans des séances d'aide individualisée dans le but de soutenir des élèves en difficulté et de gérer l'hétérogénéité dans la classe. Cette utilisation se stabilise au cours de l'année donnant lieu à des actions spécifiques, comme par exemple celui de cet enseignant quand il arrive pour aider un élève : il fait un bilan diagnostic de la situation pour comprendre l'itinéraire qui a été suivi par l'élève (avant que celui-ci ne demande de l'aide) en le questionnant sur les fonctions du logiciel qu'il a utilisées et les aides (du logiciel) qui lui ont été fournies.
Dans le cadre de la préparation de la classe, d'autres automatismes se développent comme par exemple dans le cas de cet enseignant stagiaire qui évolue vers la réalisation complète, pendant sa préparation, des tâches technologiques prévues pour la classe, afin de repérer toutes les rétroactions du logiciel et toutes les lieux de difficultés aussi bien au niveau technique qu'au niveau mathématique : « *On prépare non seulement la séance comme sur papier mais en plus il faut quand même prévoir avant chez soi, essayer toute la séance pour voir si et comment ça marche* ». Un autre exemple concerne l'utilisation d'une BEL par un enseignant stagiaire qui se sert rapidement du suivi des résultats des élèves, disponibles dans cette BEL, pour son propre suivi des élèves et pour adapter les tâches qu'il leur proposera ensuite individuellement.

Pour terminer, notons que la modélisation des genèses d'usages des technologies est un travail en cours (Abboud-Blanchard & Vandebrouck 2012). Au stade actuel, nous considérons que cette conceptualisation des genèses d'usages -et des genèses instrumentales qui les accompagnent- nous permet de saisir la complexité de l'émergence in situ et de l'évolution à moyen et long terme des usages des technologies. D'un côté, la variété et la multiplicité des usages au niveau local rejaillissent au niveau global. Une évolution conjointe des utilisations personnelle et/ou professionnelle des technologies se traduit en particulier par une évolution des projets et des scénarios de l'enseignant, et va au-delà des seules genèses instrumentales liées à tel ou tel artefact. D'un autre côté, le développement sur le niveau local entraine un développement au niveau micro et se traduit par la construction d'automatismes liés à l'usage des technologies en classe. Evidemment ces automatismes sont liés aux schèmes d'utilisation spécifiques aux artefacts mais peuvent aussi concerner des schèmes liés à la conception de tâches mathématiques et à la gestion de la classe.

En outre, la stabilité des pratiques enseignantes semble aider au « pilotage » du niveau local des pratiques au quotidien par des automatismes relevant du niveau micro. A contrario, elle rend difficile, pour des enseignants ayant des difficultés à gérer le niveau local, aussi bien la construction de nouveaux automatismes spécifiques aux TICE au niveau micro que l'évolution des pratiques au niveau global. La stabilité des pratiques hors TICE agirait alors comme un frein à une évolution permettant l'intégration de nouveaux outils.
Partant de la notion de niveaux d'organisation des pratiques définis dans le cadre de la double approche, nous avons introduit une perspective développementale qui n'est pas spécifiquement mise en avant dans ce cadre théorique. Nous pensons que notre conceptualisation vient enrichir la double approche en y ajoutant une modélisation dynamique permettant de rendre compte de l'évolution des pratiques enseignantes. Même si cette perspective développementale semble appropriée à l'étude du développement des pratiques dans le cadre des environnements technologiques, nous supposons qu'elle peut être étendue à l'étude de toute pratique ; c'est l'une de nos perspectives futures de travail.

5. Discussion

Dans le chapitre précédent nous avons mis en évidence une démarche pour étudier les pratiques des enseignants utilisant les technologies à court ou à moyen terme en distinguant trois axes pour nous guider : l'axe cognitif, l'axe pragmatique, l'axe temporel. Dans ce chapitre nous avons montré comment nous proposons de modéliser les évolutions de ces pratiques sur le long terme en distinguant des évolutions relatives aux trois niveaux d'organisation des pratiques : micro, local et global. Cette décomposition des résultats de nos recherches sur les pratiques nous semblait nécessaire pour mieux comprendre les phénomènes que nous observons et que nous étudions. Nous tentons dans cette partie de corréler ces deux entrées.

D'abord nous remarquons que l'axe temporel est omniprésent ; la prise en compte de la problématique du temps conditionne les genèses d'usages professionnelles hors-classe et en classe. Les évolutions correspondantes vont dans le sens d'une régulation de la perte du temps (des temps, cf. chapitre 1) dans le cadre de la classe et d'un rééquilibrage du temps (des temps) entre le cadre du travail en classe et le cadre du travail en différé. On repère ces phénomènes de régulation et de rééquilibrage par exemple dans l'évolution au niveau macro, vers des scénarios moins chronophages qui prennent cependant en compte la possibilité, en environnement technologiques, d'individualisation du travail des élèves. L'enseignant prépare ainsi un scénario général identique pour tous les élèves mais qui contient aussi quelques sous-tâches différenciées en fonction du niveau de chaque élève ou groupe d'élèves. Toujours, sur le niveau global, il est visible aussi dans le renoncement à la juxtaposition des séances P/C et TICE au profit de la mise en place d'une meilleure articulation entre les deux types de séances. Evidement ce constat est aussi relatif aux deux autres axes (pragmatique et cognitif) comme nous y reviendrons plus loin, mais le souci de gain du temps y participe aussi. Nous le relevons au niveau micro et local, lorsqu'un enseignant par exemple, déclare qu'il a remarqué que les élèves se familiarisent avec les logiciels en le voyant lui-même les utiliser en classe. Il a alors pris l'habitude de ne pas projeter des constructions toutes faites (figures, tableaux, graphiques) mais de les faire en classe devant les élèves. Il commente ce nouvel automatisme en disant que cela lui permet de gagner du temps quand les élèves travailleront seuls sur les machines car ils seront déjà familiarisés avec les commandes et les méthodes permettant de résoudre des tâches mathématiques. Le phénomène de rééquilibrage est présent aussi dans l'évolution des usages hors classe, lié à une meilleure exploration des feedbacks des logiciels

(cf. § suivant) pour permettre une gestion en classe plus rapide et moins hasardeuse des demandes d'aide correspondantes des élèves. D'une façon générale, la prise en compte des préoccupations liées au temps dans les genèses, induite par cet axe, est quasiment toujours liée à un, voire aux deux autres, axe(s) ; nous disions déjà dans le chapitre précédent que ces axes sont entrelacés et que certaines interprétations relatives à l'un peuvent aussi se rapporter à un autre.

Ensuite, la lecture des genèses d'usages selon l'axe pragmatique de la pratique de classe est essentiellement relevée dans nos travaux par l'intermédiaire du rôle que donne l'enseignant aux interactions des élèves avec la machine, des formes d'organisation de la classe et des phases à l'intérieur d'une séance TICE.
En effet, arriver à gérer les interactions des élèves avec la machine sans se laisser déborder par des aides trop techniques ou sans être trop déstabilisé par un comportement inattendu du logiciel, demande à l'enseignant un travail conséquent en amont des séances avec le logiciel. Nous constatons une évolution chez les enseignants vers une étude des feedbacks du logiciel relatifs à la tâche prévue. Il en résulte un temps de travail conséquent hors-classe pour maîtriser non seulement ces feedbacks mais aussi pour envisager comment les élèves y réagiraient et quelles pourront alors être les interventions du professeur. Cette évolution va dans le sens d'une meilleure gestion de l'avancement du temps de travail en classe.
Les premières utilisations des technologies en salle informatique montrent des phases de bilan (voire d'institutionnalisation) qui se passent en dehors des séances TICE. L'évolution est de deux types. D'un côté certains enseignants vont ménager des phases de bilan toujours en dehors des séances TICE mais en y faisant explicitement référence à travers les traces papiers qu'on demande aux élèves de garder. D'un autre côté, d'autres (ou les mêmes à d'autres occasions) vont aménager des phases de bilan pendant la séance TICE pour contribuer à ce que des connaissances développées par les élèves dans leur travail individuel sur la machine soient socialement partagées. Ceci est rendu possible par une utilisation croissante de la vidéo projection aussi bien pour expliquer à la classe une notion ou une procédure ou parfois pour assister les phases de bilan. Drijvers (2010) dans sa typologie des types d'orchestration (cf. chapitre 1) décrit ainsi des utilisations de la vidéo projection en classe entière de l'écran d'ordinateur, où l'enseignant peut apporter des aides relatives à la manipulation du logiciel, expliquer les notions mathématiques en jeu dans les tâches utilisant le logiciel mais aussi montrer la relation entre ce qui est appris en P/C et en environnement technologique. Nos propres analyses des données n'ont pas atteint ce niveau de granularité. Néanmoins, ces formats de gestion du groupe classe ne sont pas particulièrement construits pour les environnements technologiques, ils sont plutôt adoptés du format traditionnel en y ajoutant des facilités/spécificités apportées par la technologie. Drijvers suggère de parler dans ce cas d'évolution plutôt que de révolution due aux technologies. Nous pensons qu'une étude des genèses des usages relatives aux niveaux local et micro, devrait prendre en compte ce grain d'analyse pour essayer de mieux comprendre les lieux et les moments où des évolutions par rapport aux formats P/C stabilisés se produisent. Nous l'inscrivons dans nos perspectives de travail.

Enfin, comme nous le soulignions plus haut, l'évolution principale que nous avons observée correspond à une évolution du niveau global des pratiques et elle est essentiellement relative à l'axe cognitif. En effet lorsque les perturbations dues à l'usage des technologies à court/moyen terme engendrent une évolution, celle-ci se situe principalement au niveau des projets globaux et des scénarios d'enseignement. L'enseignant tend alors à mieux articuler dans ses préparations des activités P/C et des activités liées à la technologie, à rendre cette articulation « visible » pour les élèves (rôle des traces papiers), à donner un rôle dans

l'évaluation aux activités effectuées avec la technologie. Dans sa recherche déjà évoquée dans le chapitre précédent, Laborde (2001b) a étudié particulièrement l'évolution des scénarios construits par des enseignants utilisant le logiciel de géométrie dynamique Cabri sur une période de trois ans. Elle souligne elle aussi que les enseignants évoluent vers des devoirs à la maison où l'utilisation de l'outil s'avère utile et ceci pour donner un statut institutionnel à l'utilisation des technologies, en direction des élèves.
Toutefois, nos données ne nous permettent pas de repérer des évolutions plus fines au niveau de l'évolution des tâches mathématiques. D'une part, notre volonté d'étudier des pratiques d'enseignants ordinaires exerçant dans des contextes non expérimentaux, nous a contrainte à limiter le nombre de séances observées et d'autre part, nos études se sont déroulées sur des périodes restreintes d'un ou deux ans. La recherche de Laborde (ibid) étant plutôt ciblée sur l'analyse des tâches construites, l'auteure a pu y montrer une évolution en 6 étapes du rôle donné aux technologies dans les scénarios construits par ces enseignants. Ceux-ci conçoivent successivement :

1. des tâches TICE isolées et épisodiques non reliées au reste du projet global d'enseignement ;
2. des tâches où les technologies aident à l'entraînement sur des notions déjà apprises en cours traditionnel P/C ;
3. des tâches aidant l'introduction de notions mathématiques à travers l'utilisation des technologies ;
4. des tâches articulant des connaissances mathématiques et des connaissances instrumentales, l'utilisation des technologies étant intrinsèquement liée à la tâche mathématique ;
5. des tâches choisies où l'utilisation des technologies apporte un plus à l'enseignement d'une notion ; par souci d'économie du temps, ces tâches ne relèvent pas du tout technologique mais l'utilisation des technologies y est bien ciblée
6. des phases d'institutionnalisation se basant aussi sur des activités avec les technologies servant dans des phases d'introduction.

Les évolutions que nos propres travaux ont révélées, et qui ont été synthétisées en particulier dans ce chapitre, sont majoritairement relatives aux trois premières étapes, avec des projections d'évolution vers la quatrième. En effet, les deux premières étapes sont associées à ce qui permet de minimiser, dans le travail de l'enseignant, les perturbations que pourraient engendrer l'utilisation des technologies, La troisième permet d'utiliser les technologies pour assister, d'un point de vue fonctionnel (cf. valence pragmatique des technologies), les modes habituels d'enseigner les mathématiques. Les trois étapes suivantes impliqueraient un changement plus profond dans la façon de considérer les mathématiques et leur enseignement. Laborde souligne que ce changement se fait sur le long terme car « *it takes time for them* [les enseignants] *to accept that learning might occur in computer-based situations without reference to paper-and-pencil environment and to be able to create appropriate learning situations* » (Laborde 2001a, p. 311). Notons que les enseignants que l'auteure a étudiés étaient engagés dans un projet académique et travaillaient d'une façon collaborative entre eux et avec les chercheurs qui participaient à ce projet. Ceci constitue une différence essentielle avec nos propres travaux. Les enseignants que nous avons étudiés étaient des enseignants exerçant dans des conditions non expérimentales. Est-ce à dire que l'évolution des pratiques sur l'axe cognitif d'un enseignant « ordinaire » (voire « isolé ») atteint à un moment un seuil (se situant entre la 3eme et la 4eme étape) qu'il ne peut franchir qu'en s'engageant dans un travail collaboratif, qu'il soit entre enseignants uniquement ou impliquant aussi des acteurs extérieurs ? Nous le pensons.

Nous faisons aussi l'hypothèse que passer aux étapes 4, 5 et 6 dans la progression de Laborde ou donner une place plus conséquente à la valence épistémique des technologies (définie par Artigue (op.cit.)) ne peut avoir lieu d'une façon spontanée et isolée. Arriver à changer la nature des tâches mathématiques pour les penser à travers leurs accomplissements avec des outils technologiques et à construire ou reconstruire les scénarios didactiques associés demanderait :

- de changer sa vision des *priorités* dans les mathématiques à enseigner. Par exemple, qu'est-ce qui est plus important pour un élève de seconde : apprendre des méthodes pour tracer une courbe ou visualiser qu'une courbe représentative d'une fonction est constituée des points dont les coordonnées sont (x, f(x)), en en observant un très grand nombre et en faisant des tâches associées de manipulation sur l'écran, d'étude du comportement…
- d'avoir une relative *certitude* que ce type de tâches permet à l'élève d'apprendre les mathématiques qu'il est supposé apprendre à l'école ; cette certitude peut être apportée par des objectifs et des représentations partagés au sein d'un collectif et sera peut-être associée à une évolution de ces objectifs ;
- de construire ces nouvelles tâches via un processus de fonctionnement-développement, qui se déroule dans le temps long. En effet, ces tâches ne sont pas usuelles dans le paysage des ressources pédagogiques communément présentes, les construire ou bien en adapter certaines présentes à sa propre pratique nécessite de les tester, les améliorer, les re-tester…
- de pouvoir disposer de résultats de recherches (dans la littérature professionnelle) étudiant la conception et la mise en œuvre de telles tâches ainsi que leurs effets sur les apprentissages.

Or le métier de l'enseignant est contraint, institutionnellement et socialement, et même si ce dernier évolue dans sa réflexion sur l'objet de son enseignement, traduire cette réflexion dans l'action demande sans doute d'être aidé par d'autres acteurs du système. Nous pensons que la formation continue pourra jouer ici un rôle déterminant, c'est ce que nous développerons dans le chapitre 3 suivant.

Nous avons commencé le chapitre en soulevant des questions sur l'acception faite dans la recherche du vocable « intégration » des technologies. Nous rejoignons ici Laborde (2011a, p. 316) quand elle termine son texte sur les évolutions observées chez les enseignants engagés dans son projet en disant : « *the reaction of the participating teachers was to reinforce the links between mathematics and technology : technology gives meaning to mathematics and mathematics justifies the use of technology. This could be our final proposal for the definition of integration* » !

Chapitre 3

Les recherches sur la formation aux technologies : plusieurs directions de travail

La formation des professeurs de mathématiques aux technologies est un axe principal dans notre parcours de recherche, que nous avons initié dès notre travail de thèse. Dans le deuxième chapitre, nous avons évoqué nos travaux sur la formation *initiale* du point de vue des *formés*. Notre entrée dans ce troisième chapitre est celle des *formateurs* et des stratégies de *formation continue* ainsi que celle de la *formation de formateurs*. Après une introduction générale, nous présentons nos travaux en deux parties. La première partie met en avant la relative stabilité des profils des formateurs et des stratégies de formation, associée à un constat d'insuffisance de la diffusion des technologies dans l'enseignement. La deuxième partie illustre comment le changement de perspective récent, qui prend davantage en compte la complexité du projet de formation des pratiques aux technologies et associe de plus en plus directement les chercheurs, s'est traduit pour notre part en une centration sur la formation des formateurs et le travail sur les ressources. Cela fait émerger de nouvelles questions que nous exposons en conclusion de cette partie.

La revue de littérature sur l'intégration des technologies à laquelle nous avons participé à la fin des années quatre-vingt-dix, et que nous avons présentée au chapitre 1, montre que les recherches sur la formation étaient très rares à l'époque. La formation des enseignants y est abordée le plus souvent sous forme de comptes rendus d'actions de formation, rarement enrichis d'analyses et restant dans un cadre de réflexion générale sur le transfert de la formation vers les pratiques de classe. Une synthèse de Peraya, Viens & Karsenti (2002, p.250) sur l'histoire de la recherche dans le domaine des technologies, confirme ce résultat :

> *« Durant ces vingt premières années, la formation des maîtres aux TIC s'est faite dans l'urgence, pour l'appropriation de l'outil sans que soit vraiment développée une réflexion critique sur les orientations et les stratégies pédagogiques mises en place. La recherche s'intéressait, peu, quant à elle, à la formation des maîtres ou des formateurs : elle tentait surtout de justifier le recours à l'utilisation de l'ordinateur en montrant ses effets potentiels et en le comparant à une pédagogie traditionnelle ».*

Llinares & Krainer (2006) dans une des premières revues de recherches sur la formation générale (non spécifique aux technologies) des professeurs de mathématiques, soulignent que ces recherches sont surtout l'œuvre de formateurs étudiant leurs propres formations. Elles sont parfois directement liées à des changements curriculaires ; leur objectif étant de montrer comment la formation peut accompagner ces changements. Ces recherches ont donc été très locales, racontant une histoire ponctuelle de formation sans se donner les moyens de décontextualisation nécessaire pour la situer dans des perspectives plus générales de modification des pratiques.

Nous retrouvons le même constat du côté des formations aux technologies où la littérature correspondante consistait jusqu'à récemment en des comptes rendus d'actions dont la visée était la formation des enseignants à un outil technologique et/ou son utilisation en classe

(Grugeon, Lagrange & Jarvis 2010). Ainsi dans ces formations, il y a toujours une vision des enseignants comme apprenants sans pour autant que soient données des indications sur ce qu'ils ont effectivement appris et sans référence aux liens de ces apprentissages avec l'expérience vécue (passée et future).

La situation semble toutefois évoluer, principalement dans le sens d'une implication de plus en plus fréquente des chercheurs dans les formations à travers des dispositifs variés qu'ils participent d'une part, à concevoir et mettre en œuvre et d'autre part, à étudier. De plus, la conception de ces dispositifs se base plus qu'avant sur les résultats de la recherche relative à l'apprentissage et à l'enseignement avec les technologies plus que sur une vision idéologique « innovante » de leurs potentialités. Même si l'objectif général est bien l'utilisation effective des technologies dans les classes, les conceptions qui sous-tendent ces formations varient entre la vision que les technologies vont indiscutablement améliorer les apprentissages et celle considérant comme problématique la contribution des technologies aux apprentissages, en passant par une position neutre où les technologies sont présentées comme complémentaires à l'enseignement traditionnel sans améliorer en soi les apprentissages (ibid).Notons aussi que l'accent dans ces recherches est plus mis sur la formation initiale que continue. Toutefois, les recherches sur la formation restent peu nombreuses, et ne « balisent » guère le champ.

C'est dans ce contexte général que s'est située notre recherche doctorale (Abboud-Blanchard 1994) ainsi que les directions de travail qu'elle a initiées et que nous poursuivons actuellement.
En effet, notre première étude relative à la formation aux technologies a eu lieu aux débuts des années quatre-vingt-dix dans un contexte marqué par deux constats. D'un côté, les premières recherches didactiques commençaient à converger vers une mise en évidence de la complexité des situations d'apprentissage intégrant les technologies : la nature des outils manipulés et des savoirs en jeu, les tâches proposées aux élèves, l'activité de l'enseignant et la gestion des élèves présentant des caractéristiques spécifiques différant de celles des situations traditionnelles papier-crayon. D'un autre côté, malgré l'effort « quantitatif » fait sur la formation des enseignants lors de la mise en place du plan Informatique Pour Tous[22] et dans les années qui l'ont suivie, le faible taux d'utilisation d'outils informatiques dans les classes était un fait incontestable. Ces constats nous ont alors incitée à amorcer une exploration du système de formation continue des enseignants aux technologies. Notre travail était pionnier dans le sens où, à l'époque, le champ de la formation des enseignants aux technologies n'était pas étudié par la recherche en didactique. Ce premier travail a fourni des *éclairages ponctuels* sur ce champ qui nous ont permis de définir des directions de travail que nous avons développées au fil de notre parcours et qui participent à nos *recherches actuelles* et influencent nos *orientations futures*.
Nous organisons la présentation de ces recherches en deux parties, la première relative au profil des formateurs et aux stratégies de formation et la deuxième à la formation des formateurs.

1. Profils des formateurs et stratégies de formation

Nous déroulons ici l'exposé de nos travaux en suivant les évolutions dans la formation continue aux technologies.

[22]Le plan Informatique Pour Tous (IPT) avait permis en 1985 la dotation en ordinateurs de 33 000 écoles et a représenté 5 500 000 heures de formation pour les enseignants.

La formation aux technologies : des débuts marqués par des problématiques d'innovation

Dans un retour réflexif sur la première période de formation aux TICE, Baron (2000) souligne la focalisation de ces formations sur des aspects techniques, du reste légitimes mais au détriment des aspects pédagogiques. Il note par ailleurs que c'est l'action des innovateurs développant des idées pédagogiques nouvelles qui y est donnée en exemple et que cette action est cependant rarement « contagieuse ». Artigue (1998) est aussi revenue sur cette période pour relever que la formation y était basée sur des problématiques d'innovation et de militantisme qui ont montré leurs limites. Elle a ajouté que les difficultés et la complexité liées à la mise en place de situations d'apprentissage dans ces environnements étaient montrées comme des « phénomènes parasites » qui pourraient être évités par des choix adéquats des variables de ces situations.

Notre première recherche sur la formation continue a été basée sur une étude des descriptifs des stages proposés dans les plans académiques de formation, sur des comptes rendus publiés de stages et sur des entretiens avec des formateurs assurant certaines de ces formations (Abboud-Blanchard 1994, 1995). Elle nous a permis de dégager deux voies d'investigation qui paraissaient intimement liées et qui pourraient contribuer à éclairer l'échec relatif des formations à l'époque : le statut du formateur et les stratégies de formation.
Un premier résultat est que le formateur, en formation continue, est en général un enseignant qui a réussi à intégrer efficacement les outils informatiques dans ses pratiques. Cela le conduit à avoir une attitude partisane et militante vis-à-vis des technologies, l'amenant à minimiser les contraintes et difficultés qui accompagnent leur intégration dans l'enseignement. Par voie de conséquence, la formation qu'il assure vise à la fois à convaincre les stagiaires[23] de l'utilité de tel ou tel outil technologique et à leur « transmettre » certaines compétences relatives à son utilisation en classe. De plus un deuxième aspect fortement lié au premier est le fait qu'il n'existe pas de « savoir de formation » auquel le formateur pourrait se référer ce qui l'incite à utiliser sa propre pratique d'enseignant dans sa formation. Il se base en général sur des situations d'enseignement qu'il a lui-même construites (ou adaptées d'autres existantes dans la littérature professionnelle) et utilisées dans sa classe et dont il est sûr qu'elles « marchent bien ». Cette conjonction de facteurs se traduit par une forte personnalisation des contenus et un manque de distanciation entre le formateur et le contenu de formation. A la lumière de notre cadre théorique de référence actuel, on pourrait relire ce résultat en émettant l'hypothèse qu'une telle formation manquerait d'une véritable mise en situation des participants, ne donnant à voir qu'une partie de ce qui peut alimenter la composante cognitive, minorant le rôle de la composante médiative et majorant de fait celui de la composante personnelle.
Un deuxième résultat est relatif à la question des stratégies de formation. La formation aux TICE est d'abord articulée autour de deux familles de stratégies: les stratégies par monstration et les stratégies par homologie (Houdement & Kuzniak 1996), les dernières étant les plus utilisées. Il peut s'agir d'homologie simple : faire vivre aux stagiaires la situation telle qu'elle serait proposée à des élèves et prolonger ce vécu par des commentaires, ou d'homologie plus complexe : faire vivre la situation et prolonger ce vécu par une analyse de la situation. Ce modèle de formation est à lier au statut du formateur évoqué précédemment, mais il est aussi dû, en partie, à la durée courte des formations continues. Comme le rappellent Nallet et Caspar (2006), parlant du modèle professionnel de formation : « *le plus rapide et le plus facile, consiste à postuler qu'un professionnel transmettant à un tiers son métier va permettre*

[23] Nous utiliserons dans ce chapitre le terme « stagiaire » pour désigner les enseignants participants aux stages de formation continue

à celui-ci de devenir lui-même un professionnel ». Or les environnements TICE sont complexes et surtout n'ont rien de transparent. Leur intégration effective dans l'enseignement passe par la rupture avec la vision traditionnelle des outils à la disposition de l'enseignant, qui grossièrement peut s'exprimer par: « si je sais utiliser l'outil moi-même, je saurai m'en servir dans mon enseignement ». Nous faisons l'hypothèse qu'une telle rupture ne va pas de soi et ne sera possible que si l'enseignant y est sensibilisé et préparé par sa formation continue, mais surtout initiale. Or cette sensibilisation à travers la formation ne peut vraisemblablement avoir lieu que si le formateur (« expert » TICE) reconstitue la non-transparence de ce qui, pour lui expert, est devenu transparent et s'il considère important de transmettre cette réflexion dans la formation qu'il assure, garantissant ainsi les conditions nécessaires à son adoption (Abboud-Blanchard, 1998). En référence à nos élaborations théoriques actuelles (cf. chapitre 2), nous pouvons rajouter qu'à travers un retour réflexif sur ses propres genèses d'usages des technologies, le formateur peut rendre visible à ses stagiaires certains jalons de ces genèses et les facteurs qui les ont déterminés. Une telle approche des genèses dans la formation participerait alors au développement des pratiques des stagiaires eux-mêmes.

Cette première recherche nous a permis, dans le contexte post IPT en France, de faire des repérages dans le système de formation continue aux technologies, sans pour autant, notons-le, avoir à l'époque des cadres théoriques adéquats pour mener une recherche plus approfondie.

Une situation qui évolue, mais une difficulté à cerner la complexité des pratiques à former qui perdure

Au début des années deux mille plusieurs enquêtes auprès des enseignants, au niveau national et européen[24], ont cherché à repérer les raisons d'une intégration des technologies qui restait faible dans l'enseignement et n'exploitait pas pleinement leurs potentialités. Elles ont relevé parmi les premières raisons évoquées une formation inadaptée et un rôle prédominant de l'autoformation. Les problèmes de formation apparaissaient ainsi comme une des explications potentielles des difficultés des enseignants à intégrer les technologies de façon satisfaisante.
Partant de ce constat d'inefficacité générale des formations malgré les efforts quantitatifs déployés par l'institution et souhaitant explorer plus en avant les formations continues aux technologies, nous avons encadré une thèse portant sur ces questions de formation. Emprin (2007) revisitait ainsi les formations aux TICE dans un contexte plus favorable. En effet, sur le plan empirique, le public de stagiaires n'était pas le même, 20 ans après le plan IPT, et les conceptions vis-à-vis des TICE avaient évolué notamment en lien avec l'évolution des technologies et leur généralisation dans le quotidien. Sur le plan théorique, des cadres étaient alors disponibles pour l'étude des pratiques enseignantes, sans toutefois qu'ils soient spécifiques à l'étude de la formation. Le choix a été de spécifier les deux cadres de la double approche et de l'approche instrumentale (déjà évoquées dans les chapitres 1 et 2) pour l'étude des pratiques des formateurs. Les données recueillies étaient d'abord des réponses à des questionnaires détaillés adressés à un échantillon, jugé représentatif, d'une quinzaine de

[24]EMPIRICA EUROPEAN COMMISSION (2006) *Information Society and Media Directorate General, Benchmarking Access and Use of ICT in European Schools 2006 Final Report from Head Teacher and Classroom Teacher Surveys in 27 European Countries*.
Korte, W.B., Hüsing, T. (2006). Benchmarking Access and Use of ICT in European Schools 2006 - Results from Head Teacher and Classroom Teacher Surveys in 27 European Countries.
Ministère de l'Education Nationale, (2004). Les attitudes des enseignants vis-à-vis des technologies de l'information et de la communication dans les premier et second degrés. Les dossiers, n° 257.
Larivain, C & Cormier, J.Y. (2005). Portrait des enseignants de collèges et lycées Interrogation de 1 000 enseignants du second degré. Les dossiers évaluations et statistiques, n°163.

formateurs de plusieurs académies. L'analyse de ces réponses permettait d'accéder aux composantes personnelles, sociales, et institutionnelles des pratiques des formateurs ainsi qu'à des éléments de leurs genèses instrumentales personnelles et professionnelles. Ces analyses ont été ensuite complétées par une étude des plans de formations des académies correspondantes. Enfin, pour accéder aux composantes cognitives et médiatives des pratiques, trois formations (les formateurs faisant partie du corpus précédent) ont été observées.

Avant d'exposer les résultats issus de cette recherche, nous interrompons notre récit pour noter la complexité, notamment méthodologique, qu'engendre, pour le chercheur, l'observation et l'analyse de séances de formation, notamment lorsque celles-ci contiennent des analyses de situations de classe. Deux types de pratiques sont alors potentiellement observables, celle du formateur et celle de l'enseignant dont on analyse la situation. Toutefois, l'analyse des pratiques du formateur amène à distinguer deux niveaux, celui de ses pratiques professionnelles en tant que formateur mais bien souvent également celui de ses pratiques professionnelles en tant qu'enseignant (le formateur ayant souvent été ou étant toujours enseignant comme nous l'expliquerons plus loin). Le stagiaire en formation continue a également des pratiques professionnelles que la formation vise à faire évoluer. Quatre types d'activités sont en cause : l'activité du formateur, celle du stagiaire en formation, celle de l'enseignant dans sa classe et enfin celle de l'élève. De nombreuses interactions existent entre ces différents niveaux d'activité qu'il conviendrait d'étudier. De plus, et c'est tout à fait spécifique, l'enjeu de la formation est en général de contribuer aux genèses instrumentales professionnelles de l'enseignant pour l'amener à être capable de mener des situations permettant d'organiser les genèses instrumentales des élèves. Nous sommes donc en présence d'une triple genèse instrumentale imbriquée, celles de l'élève, de l'enseignant et du formateur. Cette complexité inhérente à la situation de formation aux technologies amène à considérer qu'il est difficile de l'aborder par un seul cadre théorique, comme elle peut expliquer l'absence de cadres théoriques spécifiquement adaptés à l'étude de ce type de formation (Bergsten, 2008). Cela soulève d'emblée la question (toujours ouverte) du choix de cadres théoriques permettant l'analyse des situations de formation. Nous rejoignons ici Llinares et Krainer (2006) qui soulignent que les recherches sur la formation des enseignants de mathématiques reflètent une grande variété de références théoriques, souvent liées à des spécificités locales, ce qui pose indéniablement la question de la généralisation de leurs résultats.

Dans Abboud-Blanchard & Emprin (2009, 2010), nous croisons les résultats des deux recherches doctorales (la nôtre et celle d'Emprin). Notre hypothèse est alors qu'il existe un déficit « qualitatif » dans les formations des enseignants qui entraîne une inefficacité de ces formations en ce qui concerne la diffusion et la diversification des usages des technologies. Notre objectif premier est d'identifier des facteurs explicatifs de ce déficit. Nous revenons ici sur les plus marquants de ces facteurs explicatifs, qui ne sont pas indépendants et semblent se renforcer mutuellement.

Le *premier facteur*, déjà évoqué et retrouvé ici, issu du premier temps de travail, est que les formations sont fortement personnalisées et « militantes ». Ce fait perdure chez des formateurs qu'Emprin (2007) désigne comme les « mordus talentueux », principalement caractérisés par des usages personnels des TICE assez riches. Pour ces formateurs, l'artefact prime, la maîtrise de ses potentialités suffit à engendrer son utilisation. On note cependant, l'apparition d'une nouvelle catégorie de formateurs, les « optimistes besogneux » (selon Emprin). Ces formateurs sont engagés dans la formation pour des raisons pragmatiques indépendantes de leur goût personnel. Pour eux, une raison extérieure ou une plus-value visible de l'usage des TICE sont nécessaires pour qu'ils les utilisent en formation. Notons par

ailleurs l'influence remarquée des mordus talentueux dans le milieu, ils sont plus nombreux et considérés comme des spécialistes, les plus anciens d'entre eux ayant joué un rôle dans la genèse instrumentale professionnelle des autres. De plus, en règle générale, les formateurs sont ou ont été eux-mêmes des enseignants. Cette coexistence de l'identité d'enseignant et celle de formateur amène une oscillation entre deux postures : tantôt le formateur vit la situation avec les stagiaires sans aucune distanciation (au moins consciente), tantôt cette distanciation est intentionnellement mise en œuvre.

Le *deuxième facteur*, avancé aussi dès le premier temps de recherche, concerne les formations par homologie qui restent dominantes. Cette démarche est liée au cadre contraint des formations continues (limitées dans le temps et souvent dissociées des pratiques), elle permet d'aborder les pratiques utilisant les technologies en amenant les stagiaires à s'approprier de nouveaux outils TICE. Le principal biais, ou en tout cas un biais important, d'une telle formation basée sur l'homologie, est que celle-ci permet difficilement de dissocier la genèse instrumentale de l'enseignant de celle qui serait celle des élèves. Lorsque la clarification entre ce qui est du côté des élèves et ce qui est spécifique à l'enseignant n'est pas prise en charge par la formation, des lacunes peuvent apparaître dans l'appréhension que peut avoir le stagiaire de la genèse instrumentale des élèves, et des questions peuvent émerger : comment faire pour ne pas calquer exactement les situations qu'il a vécues et quel travail spécifique faire avec les élèves pour leur propre appropriation de l'artefact ? Notons par ailleurs que parfois les enseignants stagiaires n'ont pas suffisamment « d'avance » sur les élèves (notamment lorsqu'il s'agit d'une nouvelle technologie comme par exemple récemment le TBI) pour prendre du recul par rapport à ce que le formateur leur fait faire et qui est proche de ce qu'ils feraient faire aux élèves. Dans tous les cas, les compétences personnelles des stagiaires et leur propre genèse instrumentale professionnelle risquent de ne pas être assez avancées pour effectuer le transfert entre les situations vécues en formation et les situations d'enseignement.

Enfin, le *troisième facteur* est relatif à la persistance d'une quasi absence de « contenus de formation » précis dont l'acquisition soit identifiée par les formateurs comme objectif de la formation aux technologies. Les contenus des formations déclarés ou/et observés sont centrés principalement sur les artefacts et sont peu ancrés sur les aspects didactiques de leur utilisation avec les élèves. Même si elles visent un travail sur la démarche d'utilisation des technologies, la majorité des formations restent donc au niveau des exemples qui peuvent être amenés par les formateurs sans viser l'acquisition de savoirs professionnels spécifiques. La plupart des formateurs désignent le niveau de généralité du contenu comme étant celui de savoir utiliser des technologies dans la classe sans pour autant expliciter les moyens et les enjeux de l'acquisition de ce savoir. Ces savoirs professionnels peuvent parfois apparaître sous forme d'affirmations du formateur qui sont souvent isolées du travail effectif du stagiaire (comme par exemple le fait de dire que l'utilisation de la géométrie dynamique devrait permettre une vraie activité expérimentale chez l'élève, sans pour autant étudier ce qu'est une vraie activité expérimentale, ce qu'elle implique comme apprentissage mathématique ni comment construire des tâches spécifiques permettant à une telle activité d'avoir lieu). Dans tous les cas, les contenus de formation sont souvent peu identifiés et mal définis par les formateurs, et souvent réduits.

Aujourd'hui : d'un manque à combler à un enrichissement à organiser

De nos jours, la situation que nous venons de décrire semble commencer à changer mais essentiellement dans des dispositifs de formation liés à des contextes de recherche-développement. Ces changements ne sont pas spécifiques à la formation aux technologies mais correspondent à une nouvelle tendance de la formation des enseignants. Jaworski (2011)

résume cette tendance en notant que la recherche dans le domaine a évolué d'une vision de l'enseignant comme un professionnel ayant une « déficience » ou une insuffisance dans ses connaissances que la formation contribue à combler, à une reconnaissance de la complexité des connaissances de l'enseignant et leurs relations intimes avec l'expérience que la formation contribue à mettre en lumière et à enrichir. Elle ajoute que les dispositifs de formation continue peuvent relever de différents modèles : formations classiques courtes, formations où les stagiaires participent en mettant en jeu leur propre expertise, ou formations sous forme de recherche-développement. Le but des deux dernières formations est de participer au développement professionnel des enseignants, lié à des visions différentes du rôle de l'enseignant dans ces dispositifs : simple apprenant, participant ou partenaire de la formation. On retrouve ces modèles dans la formation aux technologies à travers de nouvelles stratégies de formation. Ainsi, Grugeon, Lagrange et Jarvis (2010) mettent en évidence quatre stratégies de formation aux technologies à l'heure actuelle : former par monstration, former par homologie, développer une pratique réflexive chez l'enseignant, apprendre en communautés[25]. Les deux premières sont celles que nous avons déjà relevées ci-dessus et qui restent majoritaires dans les stages courts de formation, les deux dernières sont plus récentes et rejoignent la tendance générale expliquée par Jaworski et dans lesquelles le profil du formateur est particulier puisqu'il est souvent à la fois formateur et chercheur.

2. Formation des formateurs

Nous abordons dans cette partie le système des formations des professeurs de mathématiques aux technologies mais en adoptant une autre entrée, celle de la formation des formateurs. Nous faisons l'hypothèse que les recherches (dont les nôtres) traitant de l'intégration des technologies dans l'enseignement des mathématiques nous permettent actuellement de mieux comprendre les pratiques correspondantes des enseignants mais que malgré la quantité et la qualité de ces recherches, la formation des enseignants dans ce domaine reste globalement inadéquate (voir par exemple Artigue 2010). Nous pensons que ce que la capitalisation de résultats sur les pratiques enseignantes nous permet à l'heure actuelle, c'est d'abord d'envisager des passerelles entre ces recherches, ce qui se passe effectivement en classe et son impact sur les apprentissages des élèves. Une de ces passerelles se situe du côté des formateurs eux-mêmes, messagers entre deux mondes, celui de l'école et de la classe et celui plus large s'étendant entre deux frontières : la recherche théorique relative à l'apprentissage et l'enseignement dans des environnements technologiques d'une part ; l'institution et les politiques éducatives d'autre part. De plus, la formation des enseignants en France est contrainte par des cadres institutionnels bien définis (que la formation soit initiale ou continue) ; les principales marges de manœuvre dans le choix des objectifs et des modalités des formations se situent du côté du formateur. D'où notre intérêt pour la formation des formateurs et les façons dont ils pourraient investir ces marges de manœuvre.

L'orientation actuelle de nos travaux sur la formation aux technologies se situe donc du côté de la formation de formateurs. Signalons que cette orientation était en germe dans notre thèse qui se terminait par l'hypothèse que « la pierre angulaire » d'une intégration réussie des technologies dans l'enseignement n'est pas uniquement la formation des enseignants mais aussi celle des formateurs. A l'époque nous écrivions déjà que l'enjeu pour cette formation était de parvenir à faire coopérer des chercheurs, des formateurs et des enseignants « experts » en technologies (Abboud-Blanchard 1994).

[25] Dans le texte en anglais : Showing how, Role playing, Teacher as reflective practioner, Learning in communities.

2.1. Les ressources pour la formation : un coup de projecteur sur un élément constitutif de la culture professionnelle du formateur

Nos études du système de formation nous ont souvent amenée à constater l'existence de documents qui accompagnent ces formations. Il peut par exemple s'agir de documents issus de la formation que les stagiaires eux-mêmes ont construits pendant le stage sous forme de scénarios d'enseignement, ou bien de documents sous forme d'activités pour la classe construits par un (des) formateur(s) comme base de données pour ses (leurs) formations. Mais il peut aussi s'agir de rapports de stages montrant des modalités et des programmations de formation. Dans tous les cas, ce type de ressources semble faire partie de la littérature professionnelle du formateur et a souvent un rôle incontournable dans la conception et la mise en place des formations.

Dans notre travail de thèse, nous avons analysé des documents issus de stages de formation qui présentaient des situations de classe intégrant les technologies. Ces documents étaient présentés selon des modes descriptifs donnant l'apparence de produits « clé en mains ». Le modèle courant était : une fiche prête à l'emploi à distribuer aux élèves accompagnée éventuellement d'une fiche destinée à l'enseignant décrivant succinctement la mise en œuvre en classe. On n'y notait aucune analyse des éléments clés de la situation, ni de discussion sur l'apport de la technologie, ni des points sensibles lors de la mise en œuvre. Notons toutefois que ce modèle semblait commencer à évoluer notamment à travers les parties introductives de ces documents qui laissaient apparaître une volonté de faire des analyses a priori des activités proposées prenant en compte leurs aspects didactiques.
Par la suite nous avons eu l'opportunité, à travers notre participation à un projet de recherche autour du logiciel de calcul formel DERIVE (Abboud-Blanchard et al. 1995), de revenir sur cette problématique des ressources pour la formation (Abboud-Blanchard & Lachambre 1996). En nous basant sur les analyses de mises en place de situations d'enseignement conçues par des enseignants « experts » en TICE et dans une tentative de pallier les manques relevés précédemment, nous avons élaboré des ressources à destination des formateurs qui ont été utilisées dans des stages de formation continue (Abboud-Blanchard 1996). Chacune des ressources présentait deux aspects : la situation pour l'enseignant et les modalités de mise en œuvre, en formation, pour le formateur. L'organisation de la ressource suivait le schéma suivant : présentation générale de la situation (y compris son insertion dans le reste de la progression sur l'enseignement d'une notion donnée), document pour les élèves commenté, éléments d'analyse basés sur des réalisations en classe, exemple de travaux d'élèves, intérêt de la situation pour la formation et proposition d'un scénario pour la formation. Notons que ce travail sur les *ressources pour la formation* peut être considéré comme précurseur dans le champ de la didactique en France.
D'autres travaux ont succédé, mais ils visaient en premier lieu la conception de ressources pour l'enseignement, la formation qui en découlait concernait les enseignants directement engagés dans la conception de ces ressources. Citons par exemple le travail d'élaboration de scénarios d'enseignement avec le logiciel Cabri-géomètre (Laborde, Clarou & Capponi 2001). Ce travail est parti du constat d'une grande inertie face aux incitations à l'intégration des technologies qui serait due en partie selon les auteurs *« à l'absence d'aide aux enseignants leur permettant de concevoir des scénarios de classe intégrant un logiciel ; plus encore, si des scénarios d'utilisation existent et sont diffusés, les questions de leur mise en œuvre pratique en classe, les problèmes didactiques et pédagogiques susceptibles d'apparaître ne sont que très peu abordés »* (P.7). Les scénarios construits dans le cadre de ce projet s'appuyaient au contraire sur l'identification de difficultés d'apprentissage et des apports

spécifiques de l'environnement de géométrie dynamique ainsi que sur l'analyse des savoirs en jeu ; ils ont été mis au point suite à des expérimentations en classe.
Dans la lignée de ces travaux, d'autres se sont développés en France et au niveau européen visant la conception de ressources pour l'enseignement et leur enrichissement à partir de l'expérience de leurs utilisateurs. Ces ressources sont donc destinées à évoluer dans l'usage et à travers la collaboration des enseignants concepteurs et utilisateurs, ce qui en retour participe au développement professionnel de ces enseignants. Deux projets en sont des illustrations : SFoDEM, un projet de conception collaborative de ressources pour l'enseignement des mathématiques (Guin, Joab & Trouche 2008) et Intergeo, un projet européen dont les objectifs sont la mutualisation de ressources correspondant à de nombreux logiciels de géométrie dynamique, et la mise en place d'une démarche qualité sur ces ressources visant leur amélioration et non seulement leur évaluation (Trgalová, Jahn, & Soury-Lavergne 2009).
Evoquons pour terminer un nouveau dispositif qui intègre l'utilisation et la conception des ressources dans un but de formation aux technologies : le dispositif national Pairform@nce[26]
Il vise la production de parcours de formation et la mise en place de formations continues, alternant travail en présence et à distance et privilégiant le travail entre pairs. Son objectif est non seulement de former les enseignants aux usages des TICE, mais aussi au travail collaboratif en réseau. Un parcours de formation se définit dans le cadre de ce dispositif comme un scénario de formation structuré, portant sur une thématique particulière, intégrant des ressources et des activités à mettre en œuvre dans le cadre d'une démarche pédagogique de formation.
Plus généralement, nous assistons de nos jours à un intérêt croissant dans l'enseignement pour les problématiques liées aux ressources, en témoigne l'abondance des communications dans les groupes de travail qui y sont dédiés dans des congrès internationaux comme CERME ou EMF ainsi que le développement d'un cadre théorique spécifique : la genèse documentaire (Gueudet & Trouche 2009, 2010). La recherche que nous menons actuellement intègre entre autres une réflexion sur la problématique des ressources pour la formation se situant dans ce même paradigme. Cependant, nous n'y considérons pas la conception de ces ressources comme un objectif mais plutôt comme *une modalité de formation*. C'est ce que nous expliciterons dans la partie suivante.

2.2. Former des formateurs : une recherche en cours

Nous développons depuis près d'un an une recherche basée sur la mise en place d'une formation de formateurs aux technologies et visant l'étude du développement professionnel des formateurs à travers cette formation (Abboud-Blanchard 2011). A l'instar de plusieurs recherches actuelles sur la formation des enseignants (voir Bednarz, Fiorentini & Huang 2011) dans lesquelles les chercheurs assument souvent un double rôle, nous avons conçu un dispositif de formation de formateurs où nous assumons les rôles de formateur et de chercheur à la fois. Dans notre parcours personnel, cette recherche nous permet de *mettre ensemble* des résultats et des hypothèses correspondant à nos différents travaux : les hypothèses relevant de nos travaux sur la formation (ce chapitre), les régularités que nous avons repérées dans les pratiques des enseignants (cf. chapitre 1) et les problématiques liées aux usages des technologies et à leurs genèses (cf. chapitre 2).

Sur le plan théorique, cette nouvelle recherche s'installe dans le cadre théorique unificateur de nos recherches, celui de la double approche ergonomique et didactique des pratiques. La démarche suivie amène à une action (expérience) analysée qui se place dans un dispositif plus

[26] http://national.pairformance.education.fr/)

général de formation de formateurs en mathématiques[27] orienté par ce même cadre théorique et cherchant à donner aux participants les moyens de conduire des formations professionnelles d'enseignants de mathématiques du second degré, initiales ou continues, en relation directe avec le travail de l'enseignant en classe et pour la classe. La formation doit fournir ainsi aux participants les outils dont ils ont besoin « *à la fois pour apprécier les injonctions institutionnelles et les recherches, pour s'adapter aux enseignants qu'ils connaissent bien (puisqu'ils en sont) mais en se décentrant de leurs propres choix, en ouvrant la palette des possibles pour tous et pour disposer de quelques leviers concernant les formations professionnelles adaptées au travail spécifique des enseignants* » (Robert & Vivier à paraître).

La formation dans le cadre de ce dispositif général est sous-tendue par des hypothèses théoriques qui donnent lieu à trois principales orientations qui la structurent. Si la spécificité de la complexité des pratiques des enseignants de mathématiques a déjà été bien travaillée dans le cadre théorique de référence, la DA, en revanche sa traduction en termes de développement des pratiques reste à l'état d'hypothèses, à tester (Robert et al. à paraître).
La première orientation est relative aux modalités de formation, et concerne aussi bien les formateurs que les enseignants. Il s'agit de développer en formation un travail collectif qui peut influencer les pratiques effectives, en en respectant la complexité, tout en étant orienté par les choix à faire sur les activités des élèves. Le choix de modalité le plus important peut s'énoncer d'une manière schématique par : « *partir des pratiques pour contribuer collectivement à former des pratiques* » (ibid). Dans ce schéma, un rôle particulier est dévolu au collectif des participants et au formateur, permettant des allers-retours permanents de l'inter-individuel à l'intra-individuel : il s'agit de faciliter, grâce aux discussions, l'émergence de questionnements et les prises de conscience préalables aux acquisitions éventuelles visées. C'est ce qui permet les «remontées» à des questions plus globales, décontextualisations nécessaires aux réinvestissements ultérieurs.
La deuxième orientation, beaucoup plus spécifique aux formations de formateurs, est de partager avec les participants des outils d'analyse utilisés en recherche, en les adaptant (voire les transposant, dans la mesure où ces outils sont détournés de leurs usages initiaux) et les mutualisant au fur et à mesure. L'hypothèse faite est que ces outils vont permettre aux formateurs qui s'en emparent et se les approprient, de compléter leur propre expérience et de présenter des formations référées aux activités des élèves en faisant discuter les alternatives et les palettes de possibles pour les enseignants.
La troisième orientation, commune à toutes les formations, est relative à la prise en compte de la complexité du travail de l'enseignant dans son ensemble. Cela conduit d'une part à séparer le moins possible les analyses des préparations des séances de celles de leurs déroulements, d'autre part à étudier explicitement les contraintes (programmes et autres) et les marges de manœuvre réelles, individuelles, ainsi que les régularités inter-enseignantes, traduisant des incontournables.

La formation de formateurs aux technologies s'inscrit dans ce dispositif général et en adopte globalement la démarche et les orientations issues du cadre théorique. Elle consiste à mettre en place un environnement collaboratif de formation aux utilisations des technologies basé sur un double mouvement, qui prend en compte les spécificités des usages des technologies :

- à travers le premier mouvement, ascendant (*bottom-up*), les enseignants, futurs formateurs, partagent leurs expériences, pratiques, visions et connaissances relatives à l'intégration des TICE dans l'enseignement ;

[27] Un master professionnel de formation de formateurs de l'Université Paris Diderot, parcours du master de didactique (M2).

- le deuxième mouvement descendant (*top-down*), consiste, tout en s'adaptant aux besoins de ces enseignants, de leur permettre d'accéder aux résultats des recherches relatives à ce domaine et de s'emparer des questions qui y sont débattues, en portant un regard critique soutenu par leurs propres expériences.

Le rôle du chercheur-formateur dans cette formation est double. Dans sa posture de formateur, il s'adapte aux besoins des participants, repère et s'appuie sur leurs familiarités et expériences avec les technologies et adapte les modalités et contenus de formation aux connaissances, déjà là, des participants. Dans la posture du chercheur, d'une part, il s'appuie certes sur les recherches dans le domaine mais ne se limite pas à la simple diffusion de résultats ou d'outils d'analyse, il contribue à les compléter en fonction de l'usage qui en est fait dans la formation, d'autre part, il observe, analyse et problématise l'action de formation et le développement professionnel des participants. Notons que ce rôle double est flexible et varie selon l'activité de formation en cours.

Précisons également ce que nous entendons par environnement collaboratif et le sens à donner à la « collaboration ». Il paraît évident que celle-ci ne va pas «automatiquement » permettre d'atteindre les objectifs de la formation. En général, la collaboration en formation des enseignants englobe plusieurs enjeux : travailler ensemble, partager les mêmes objectifs, contribuer à l'étude des pratiques à travers différentes perspectives et connaissances professionnelles, s'ouvrir sur de nouvelles possibilités (Bednarz, Fiorentini & Huang 2011). Dans notre cas, il s'agit de partager à la fois des expériences professionnelles entre les participants et avec le formateur-chercheur, et des connaissances théoriques et empiriques entre l'ensemble des membres du collectif. Ce travail, vise à dégager, avec l'assistance du formateur, ce qui est objectivement partagé, voire expliciter ce qui est encore implicite. Ainsi chacun collabore en activant des connaissances et des expériences issues de sa propre pratique dans le but de co-construire de nouvelles connaissances ancrés dans la pratique et situées par rapport à des perspectives théoriques.

Dans un premier temps, la formation est organisée en modules, chacun relatif à un outil technologique donné, familier à au moins un groupe de participants. Chaque module est constitué de trois épisodes. Dans le premier, un groupe d'enseignants présente et analyse ses propres utilisations de l'outil en classe, agrémentées d'une revue des ressources disponibles en ligne relatives à cet outil. Le deuxième consiste en un apport du côté de la recherche sous forme de résultats et/ou d'outils d'analyse spécifiques. Cet apport est pris en charge aussi bien par le chercheur-formateur que par les participants eux-mêmes via des lectures théoriques choisies. Dans le troisième épisode, une discussion est engagée qui vise à envisager collectivement les principales questions à soulever et les éléments à mettre en avant dans une formation des enseignants à l'utilisation de cet outil technologique.

Sur le plan des modalités de formation, certaines activités clés sont mises en place à des moments opportuns. Elles incluent des analyses d'extraits de séances utilisant les technologies, qui agissent comme expérience partagée support des discussions, des lectures théoriques et professionnelles, la rédaction de comptes rendu réflexifs sur des usages ponctuels… L'analyse de ressources en ligne est une des activités régulières pendant la formation. *D'un côté,* la formation ne peut pas faire abstraction de ces ressources qui constituent à l'heure actuelle la source principale de documentation de l'enseignant lorsqu'il s'agit d'avoir des supports pour construire un enseignement intégrant les technologies. Identifier alors des ressources pertinentes à utiliser pour sa classe et pour une notion mathématique donnée est en soi une activité complexe et chronophage pour l'enseignant. De plus, certaines ressources sont difficilement utilisables en dehors du cercle restreint de leurs concepteurs puisque les enjeux d'apprentissage, les difficultés et les moments délicats dans le déroulement sont peu explicités. Prenons par exemple le cas d'un enseignant souhaitant

utiliser un logiciel de géométrie dynamique, il a d'abord à choisir (si ce choix n'est déjà fait au niveau de l'établissement) un logiciel parmi plusieurs sur le marché. Ce choix peut être relatif à l'accessibilité du produit (logiciels libres d'accès ou non) ou aux caractéristiques ergonomiques et/ou didactiques du logiciel. Il a ensuite à gérer sa propre maîtrise du logiciel et la familiarité de ses élèves avec la manipulation du logiciel. Enfin, parmi la variété de l'offre des ressources présentant des activités de classe, il doit trouver et évaluer celles qui lui semblent pertinentes et correspondant à son projet d'enseignement ; sans toutefois perdre de vue l'équilibre coût–bénéfice en matière de temps d'investissement et temps d'apprentissage (cf. chapitre 1). *D'un autre côté,* les ressources sont de différentes natures (séances clés en mains, bases d'exercices en ligne, programmations sur un thème mathématique…) de provenances diverses (sites académiques, IREM, collectifs d'enseignants, productions individuelles…) et de formats variés (simple activités d'élèves avec un artefact, scénario d'enseignement commenté ou non…). Leurs analyses permettent aux participants à la formation de mieux comprendre l'existant en termes d'utilisation des technologies dans ses points forts et dans les manques qui rendraient ces ressources inefficaces.

A travers ces différents types d'activités, nous espérons deux retombées majeures. Premièrement, les participants sont supposés développer une *prise de conscience* des spécificités, grossières et fines, de l'enseignement dans des environnements technologiques. Ces spécificités sont vues soit du côté de l'élève : accroissement de l'hétérogénéité de l'activité des élèves, risque d'une activité liée à l'utilisation de l'ordinateur mais non productrice de réflexion au niveau mathématique… ; soit du côté de l'enseignant : une préparation en amont plus exigeante qu'habituellement du travail de l'élève, nature et moment des aides à fournir à l'élève, les interventions collectives (moments et visées)… ; soit du côté des mathématiques à enseigner : changement de vision des objets dans le cas de géométrie dynamique ou des tableurs, approches variées des notions via des jeux de cadres facilités et plus fréquents, analyse de tâches modifiée… ; soit des conditions et contraintes matérielles de la mise en œuvre des séances. Cette prise de conscience serait propice à la conception de formations plus ciblées sur des aspects didactiques dépassant la tendance de centration sur les artefacts. Deuxièmement, les participants pourront construire un vocabulaire professionnel commun qui devrait leur permettre de décrire des situations vécues/observées en les dépersonnalisant, ce qui améliorerait leur transférabilité à d'autres enseignants, notamment leurs futurs stagiaires. Le but du travail ainsi entrepris est d'amener progressivement les participants à identifier collectivement, pour chaque artefact choisi, des éléments qu'ils jugent essentiels à être pris en compte par, et/ou aborder dans, la formation des enseignants aux technologies. Ces éléments sont de différentes natures :

- conditions matérielles et contraintes relatives aux : types de logiciels existants dans l'établissement, caractéristiques techniques des outils, salles dans lesquelles ont lieu les séances (salles informatique, salle de classe avec dispositif de projection, TBI…) ;
- différences entre les environnements de travail classique et technologique et leur implication sur l'activité de l'élève et de l'enseignant ;
- apports et limites relativement aux apprentissages mathématiques et palette des tâches à proposer aux élèves (cf. chapitre 2), à préciser pour une notion mathématique donnée et par rapport à un logiciel donné (l'articulation arithmétique-algèbre pour le tableur, l'ajout d'une dimension expérimentale à l'émission de conjectures et de preuves en géométrie dynamique…) ;
- caractéristiques de l'activité de l'enseignant et nature des interactions en classe (cf. chapitre1)

Dans un second temps, cette identification « prend forme » à travers la conception par chaque groupe de participants d'une ressource destinée à être utilisée en formation des enseignants. Cette ressource est ensuite présentée à, et discutée avec, l'ensemble des participants. La ressource est basée sur une réelle activité mise en place dans la (les) classe(s) du (des) concepteur(s) de la ressource. Nous faisons l'hypothèse que concevoir une ressource basée sur une activité réelle de l'enseignant puis rédiger et discuter collectivement un document expliquant cette conception exige du concepteur de clarifier les éléments implicites rencontrés au cours de la phase de création et d'accéder à une dimension réflexive de son travail. De ce fait, dans notre travail, la conception de la ressource n'est pas un but en soi (contrairement à la majorité des dispositifs évoqués en §2.1) mais plutôt une modalité pour la formation. De plus, faire ce travail contribue à une prise de conscience accrue de la complexité des pratiques liées aux technologies, cela contribue aussi à mieux comprendre le processus à travers lequel on se construit en tant que formateur. D'un autre côté, ce travail réflexif écrit, favoriserait une réflexion métacognitive, distanciée, sur les mathématiques en jeu dans des environnements technologiques à travers l'analyse détaillée des tâches et le repérage de l'impact des interactions en classe sur les apprentissages mathématiques des élèves.

Du côté de la recherche, qui en est encore à ses débuts, les données recueillies sont de nature diverse et relevées à des moments divers de la formation : des questionnaires de début de formation visant à repérer les rapports et les expériences des participants relativement aux technologies, des questionnaires de fin pour évaluer ce que les participants jugent eux-mêmes comme retombées de la formation sur leur développement professionnel ; des analyses libres en début de formation de ressources-activités d'apprentissage à comparer aux analyses faites dans la ressource conçue pour la formation ; les documents produits lors des épisodes 1 et 2 présentés ci-dessus…

2.3. Questions ouvertes

Dans cette recherche en cours, nous sommes encore dans les premières phases d'analyse. Même si nous repérons des germes de régularités dans le développement professionnel des participants, nous relevons aussi des variabilités. Par exemple nous constatons que des enseignants ayant travaillé ensemble et conçu la même ressource ont évolué certes dans la même direction mais selon des trajectoires différentes (Abboud-Blanchard & Robert 2013). Ce processus de développement garde donc pleinement son caractère individuel relatif à l'histoire, les connaissances professionnelles et les conceptions de chacun, mettant en évidence encore une fois l'importance de la composante personnelle dans la formation des pratiques. Il est surtout difficile, dans l'état actuel de la recherche, de déterminer d'une façon précise quels peuvent être des indicateurs « systématiques » de développement professionnel des formateurs, permettant une certaine appréciation des formations. De plus, ce développement est nécessairement déterminé non seulement par des facteurs personnels, mais aussi par des facteurs institutionnels et sociaux extérieurs à la formation dispensée et qui ne sont pas encore accessibles à la recherche.

De plus un questionnement revient en force dans nos premières analyses. Les participants à cette formation sont des enseignants en exercice et de ce fait, il est difficile de différencier leur développement professionnel en tant qu'enseignants de celui en tant que futurs formateurs. Mais y a-t-il des différences entre les deux processus, et si oui lesquelles ?

En comparant la formation des enseignants et la formation des formateurs, Llinares & Krainer (2006) situent la différence essentiellement par rapport aux contraintes que chacun des deux groupes subit dans l'exercice de son métier. Alors que les enseignants ont des contraintes

institutionnelles fortes liées notamment aux programmes, aux niveaux d'enseignement et aux mathématiques à apprendre, les formateurs ont une liberté de définir leurs propres contenus et la façon de les apprendre. Les formateurs ont de plus une liberté quant aux moyens à mettre en œuvre pour se développer eux-mêmes dans leur pratique. Nous partageons ce constat et nous pensons aussi qu'enseignants et formateurs sont des professionnels ayant des activités différentes qui sont-elles mêmes sources de leurs propres connaissances. Quand un enseignant est en train de se former en tant que formateur ces différentes connaissances vont se retrouver en présence les unes des autres. Les questions que nous nous posons sont alors les suivantes : comment vont-elles s'articuler ? Certaines vont-elles occuper le devant de la scène ? Y a-t-il des connaissances communes différentes qui vont émerger ? Comment en tant que chercheurs pouvons-nous alors les repérer et en tant que formateurs favoriser leur émergence ?

On peut penser que nos interrogations précédentes sont communes à toute formation de formateurs. D'autres, en revanche, sont plus spécifiques à la formation aux technologies et constituent aussi pour nous des pistes de recherches à développer.
La formation continue des enseignants en France reste généralement associée à des actions (stages) limitées dans le temps et basée sur des initiatives des formateurs sans possibilités réelles de prise en compte des besoins des formés. A ces caractéristiques factuelles viennent s'ajouter régulièrement de nouvelles demandes de formation liées à des changements dans les programmes nécessitant l'usage de technologies adaptées (comme par exemple l'introduction de l'algorithmique dans les programmes du lycée) ou des incitations institutionnelles à l'usage d'un nouvel outil (comme par exemple l'usage du TNI). Comment le formateur peut-il gérer la tentation forte de centrer la formation sur l'apprentissage de l'utilisation des outils correspondants avec peu d'étude des problématiques liées aux apprentissages mathématiques des élèves, même s'il est conscient que c'est cette dernière qui prime dans une démarche d'intégration de ces outils ?
De plus, des recherches dans le champ de l'intégration des technologies en mathématiques et parmi lesquelles les nôtres (synthétisées dans ce document), nous retenons que former l'enseignant à intégrer les technologies dans son enseignement nécessite :

- d'inscrire la formation dans un temps long permettant au processus de genèses des usages des technologies en général et des genèses instrumentales relatives aux différents artefacts d'avoir lieu ;
- de créer dans la formation les conditions d'un changement de point de vue sur la valeur des technologies dans l'enseignement qui va dans le sens d'un équilibre entre leur valence épistémique et pragmatique ;
- de sensibiliser à la complexité des pratiques en classe avec les technologies et d'étudier la palette des possibilités et des alternatives au niveaux mico, local et macro des pratiques ;
- permettre un travail avec autrui (des collaborations) sortant les usages de leur caractère privé et les inscrivant dans une dimension collective, permettant d'emblée d'une part la communicabilité de ces usages et d'autre part l'existence de modèles auxquels la formation initiale des enseignants pourrait se référer.

Comment former les formateurs à prendre en compte ces différents éléments dans les formations qu'ils assurent ? Le dispositif mis en place dans notre recherche en cours tend vers cet objectif. Nous faisons l'hypothèse qu'il dispense, a minima, une palette de marges de manœuvre qu'il revient au formateur d'investir dans ses formations. Toutefois, le développement professionnel des enseignants relativement à l'intégration des technologies est un processus qui se déroule dans la durée et en grande partie selon une trajectoire individuelle fonction de déterminants personnels, institutionnels et sociaux propres à chaque enseignant. Comment la formation continue pourrait-elle cibler des moments cruciaux dans cette

trajectoire pour permettre par exemple de franchir des seuils sur le plan cognitif (cf. chapitre 2) ou d'enrichir les modalités de la gestion des enseignements (cf. chapitre 1), etc. Bref, des moments où l'enseignant est plus à l'écoute d'une formation qui serait « en phase » avec son évolution dans l'usage des technologies ? Comment former les formateurs à prendre en compte ces moments et à gérer leur diversité dans un même stage de formation ?

Nous terminons par une question générale que nos travaux sur la formation et sur les usages nous amène à nous poser. L'expérience (d'une trentaine d'années) acquise relative à la formation des enseignants, qui évolue peu, et l'état actuel des usages des technologies dans l'enseignement des mathématiques, qui reste majoritairement du côté de leur valence pragmatique, ne devraient-ils pas induire un inversement de perspective dans la formation aux technologies : passer d'une perspective de formation à l'intégration des technologies à une perspective de formation en mathématiques intégrant les technologies ?

Conclusion et perspectives

L'injonction d'intégrer les technologies dans l'enseignement des mathématiques a engendré un phénomène original, présentant peu de décalages temporels avec des évolutions sociétales aussi bien dans la vie quotidienne des enseignants que dans leur milieu professionnel. Ce phénomène est aussi porteur d'idéologie qui plus est non spécifiquement mathématique. Il est donc « neuf » à certains égards, et diffère d'autres tentatives de transformation de l'enseignement pilotées plutôt par des principes relatifs aux contenus mathématiques eux-mêmes. Ce phénomène a interpellé les chercheurs dès ses débuts. La recherche en didactique s'y est d'abord attaquée avec son outillage de cadres théoriques relatifs à l'apprentissage et à l'enseignement dans des environnements « classiques ». Cependant, la complexité de la situation d'enseignement dans un environnement technologique n'a pas tardé à être mise en lumière et l'insuffisance des références théoriques classiques pour l'appréhender fut avérée. La réalité de l'utilisation de nouveaux outils puissants, porteurs de dimensions épistémique et technique-pratique dans la classe, a amené certains spécialistes du champ à faire appel à des cadres extérieurs à la didactique pour leur permettre de mieux apprécier cette réalité. Ce fut notamment le cas en France lorsqu'en se tournant du côté de l'ergonomie cognitive, certains didacticiens y ont puisé des compléments à leurs cadres d'analyses usuels (voir en particulier Artigue 2002 et 2007). C'est ce qui a alors donné naissance aux développements de l'approche instrumentale[28] dans le champ de la didactique des mathématiques. Un autre exemple en est le cas du chercheur britannique Monaghan qui explique dans un article récent (Lagrange et Monaghan 2009) comment le fait que ses outils d'analyse classiques ne lui permettaient pas d'interpréter pleinement les résultats de ses observations l'a amené à faire appel à un modèle culturel holistique. Ce dernier lui a donné la possibilité de délimiter un ensemble de paramètres de la situation d'utilisation des technologies en classe plus propice à son étude[29].

Notre propre démarche en tant que chercheur s'attaquant à un fait original pour lequel il n'avait pas assez de références théoriques internes a été de choisir de regarder la réalité que ce phénomène engendre (ou ce qui en est observable) pour essayer dans un premier temps de comprendre cette réalité, faute d'autres références. Nos recherches se sont ainsi centrées sur l'étude des pratiques d'enseignement et des pratiques de formation dans les contextes dans lesquels elles ont lieu. De ce fait le cadre théorique à adopter pour avoir ce regard réaliste sur les pratiques devait être assez « flexible », pour permettre à la fois d'observer des faits didactiques liés à l'enseignement des mathématiques et des faits liés aux contextes dans lesquels les sujets dont nous observons les pratiques exercent leurs métiers. Le cadre de la double approche didactique et ergonomique était ainsi le plus approprié à nos yeux. Etudier les pratiques des enseignants dans ce cadre nous a permis de les voir sous deux angles, en adaptant les méthodologies correspondantes à la spécificité de nos objets d'étude. Le premier est celui des changements voire de la déstabilisation des pratiques qu'engendrerait l'intégration des technologies, notamment liés aux contenus mathématiques en jeu et aux déroulements particuliers des séances correspondantes. Le deuxième est celui des usages que les enseignants développent à terme, ce qui nous oblige à tenir compte de la réalité des contraintes qu'ils éprouvent. Cela nous amène également à apprécier globalement les conséquences de ces usages (si ce n'est les causes), mettant en jeu là encore les choix de

[28] Nous avons présenté cette approche dans le chapitre 2 de cette note.
[29] Nous avons présenté cette étude dans le chapitre 1 de cette note.

contenus mathématiques et les modalités de l'enseignement, et à en appréhender l'évolution temporelle éventuelle (suite ou non à des formations précises).
Synthétiser les résultats de nos recherches sur les pratiques des enseignants avait pour but de dépasser ce qui relève du caractère contextualisé des différentes observations menées dans le cadre de cette démarche pour accéder à un certain niveau de décontextualisation. Faire ce saut « conceptuel » a nécessité de partir de notre cadre théorique d'origine pour remonter vers des élaborations théoriques synthétiques et modélisantes. C'est ce que qui a été exposé dans les chapitres 1 et 2 de cette note.
C'est cette posture de recherche que nous avons adoptée face à un domaine d'étude non habituel en didactique des mathématiques, qui constitue une des principales originalités de notre travail. Prendre d'abord un cadre général, la double approche, pour observer les pratiques en captant le plus possible de leur réalité. Développer ensuite des moyens théoriques pour interpréter les résultats dans ce qu'ils ont de didactique et de transversal dépassant le didactique, en lien avec les apprentissages des élèves et le travail des enseignants. C'est justement ce cheminement qui nous permet actuellement d'avoir une référence solide sur les pratiques nous aidant à développer à la fois nos études des formations et notre participation à la formation, qui ont été l'objet du chapitre 3 de cette note.

Nous reviendrons ci-après sur le tableau que nous avons peint à travers les trois chapitres de cette note pour en souligner les saillies qui ouvre des perspectives de développement et d'expansion de nos travaux.

S'attaquant à l'étude des changements dans les pratiques des enseignants de mathématiques qu'impliquerait l'intégration des technologies, nous avons présenté dans le chapitre 1 une relecture synthétique de nos résultats correspondants. Nous avons essayé d'identifier, à travers les situations singulières que nous avions étudiées, des caractéristiques communes liées à l'intégration des technologies qui dépasseraient les cas étudiés. Notre but était de repérer ce qui est objectivement partagé dans les réponses aux contraintes ressenties et dans les réponses aux incitations (institutionnelles, sociétales…) à intégrer les technologies dans l'enseignement des mathématiques. Ce regard croisé sur les résultats a montré des régularités qui se cristallisent autour de trois directions relatives respectivement au contenu mathématique enseigné avec les technologies, à ce que fait et dit l'enseignant en mettant en œuvre une situation utilisant des technologies et aux différentes facettes de la gestion du temps relative à cette situation. Nous avons élaboré ainsi une synthèse structurée des résultats sur les pratiques des enseignants de mathématiques utilisant les technologies organisée autour de trois axes : l'axe cognitif, l'axe pratique/pragmatique et l'axe temporel. Dans un souci d'éviter le risque de « sur généralisation » qu'aurait pu engendré ce processus de synthétisation, nous ne nous sommes pas basée uniquement sur nos propres résultats mais nous avons intégré aussi à notre synthèse des résultats d'autres recherches dans le domaine. En effet, il nous semble « légitime » à l'heure actuelle de tenter une telle synthèse des résultats d'un ensemble de recherches sur les pratiques (au-delà des problématiques, contextes et cadres théoriques qui ont produits ces recherches) et de structurer cette synthèse selon des dimensions bien identifiées. Cette tentative serait soutenue par l'existence d'un corpus de résultats sur les pratiques des enseignants qui peuvent aider à comprendre les freins à une généralisation significative des technologies dans l'enseignement des mathématiques. Toutefois, cette élaboration synthétique originale est à portée théorique restreinte quand il s'agit d'étudier les pratiques des enseignants. Elle permettrait essentiellement d'attirer le regard du chercheur sur des dimensions globales rendant compte de l'expérience vécue par les enseignants dans leur classe. Elle viendrait compléter le regard fin qu'il porterait sur les objets relativement circonscrits de son étude de pratiques d'enseignants donnés dans un contexte donné. En

revanche, cette élaboration met en avant la dimension collective dans les réponses des enseignants à des questions et des contraintes existantes dans les contextes professionnels « ordinaire », ce qui peut avoir un impact direct sur la formation des enseignants, notamment en enrichissant le recueil de connaissances dont disposent les formateurs. De toute façon, elle peut constituer un préalable qui permettrait d'aborder des questions de formation et d'élargir les perspectives correspondantes de recherche.

Les régularités que nous avons repérées à court et moyen terme sont sujettes à des évolutions sur le long terme. De plus, bon an mal an, les technologies ont effectivement diffusé dans le système scolaire depuis leurs premières introductions il y a quelque dizaines d'années. Les enseignants en ont développé des usages soumis, à des degrés divers, aux conditions d'exercice du métier. Nous avons appréhendé la problématique des usages en la déclinant dans nos travaux[30] exposés en chapitre 2, selon deux angles d'attaque. Le premier est relatif à l'espace ou plutôt aux espaces dans lesquels naissent et se développent les usages des technologies, dédiées ou non aux apprentissages scolaires, ainsi qu'aux corrélations entre ces espaces : la sphère privée, l'espace professionnel privé et l'espace professionnel public. Sur le plan théorique, cela a abouti à la délimitation de trois cadres d'usages des outils technologiques par l'enseignant qui correspondent aux différents contextes de son activité et à l'emploi d'outils technologiques spécifiques ou non à ces contextes. Le premier cadre concerne les activités non directement liées à la classe s'exerçant individuellement ou collectivement dans la sphère privée. Le second cadre est celui qui concerne la classe mais s'exerce hors-classe. Le troisième cadre est celui de la classe.
Le deuxième angle d'attaque est relatif au temps, au sens où une étude des usages demande à les penser dans la durée. En effet, nous considérons que les usages ne se développent pas uniquement à travers l'accumulation de connaissances/expériences sur/avec les technologies mais aussi dans une dynamique liée à une appropriation personnelle et professionnelle et à une prise de conscience croissante de leurs potentialités et de leurs limites.

Partant de la notion de cadres d'usages et nous basant sur la distinction de trois niveaux d'organisation (micro, local et global) des pratiques définie dans le cadre de la double approche, nous avons introduit une modélisation des genèses d'usages des technologies en classe de mathématiques en considérant ces genèses comme des mouvements entre ces niveaux d'organisation des pratiques. Cette élaboration théorique a prouvé son efficacité dans des recherches que nous avons coordonnées, mais elle nécessite à l'avenir d'être consolidée et développée. En effet, nous pensons qu'elle vient enrichir le cadre théorique de la double approche en y ajoutant une modélisation dynamique permettant de rendre compte de l'évolution des pratiques enseignantes. Même si cette perspective développementale semble appropriée à l'étude de l'évolution des pratiques dans le cadre des environnements technologiques, nous supposons qu'elle peut être étendue à l'étude de toutes pratiques, c'est l'une de nos perspectives futures de travail. De plus, nous avons défini cette modélisation en articulant la notion de genèses instrumentales avec celle de niveaux d'organisation des pratiques. Les développements futurs iront dans le sens de repérer des schèmes d'utilisation, dans leur dimensions privée et socio-professionnelle dont l'appropriation jalonne ces genèses d'usages. Enfin, nous avons esquissé une étude des déterminants de ces genèses qu'il convient de développer en élargissement le champ de nos observations aussi bien du côté des contextes dans lesquels se développent les usages, que du côté de la diversité des outils technologiques en jeu.

[30] Rappelons que ces travaux ont été effectués au sein de groupes de recherche dans le cadre de projets nationaux.

Ce dernier point est l'occasion de souligner ici que nous avons utilisé fréquemment le terme « technologies » d'une façon globalisante. Néanmoins, nous avons régulièrement distingué dans les résultats ce qui relève du caractère particulier de telle ou telle technologie, de ce qui est commun à toutes. En effet, il est utile de noter que la valeur épistémique n'est pas la même d'une technologie à l'autre et les résultats relatifs à leur utilisation en classe en sont dépendants à un certain niveau. Ainsi, nous avons montré (cf. chapitre 2) que l'évolution des pratiques relativement à l'axe cognitif concernerait essentiellement des logiciels ouverts comme les logiciels de géométrie dynamique. Les résultats relatifs aux technologies conçues à but d'entraînement, comme les bases d'exercices en ligne, mettent, eux, en avant plutôt des genèses d'usages qui se situent du côté de l'axe pratique/pragmatique. D'autres outils technologiques non dédiés aux mathématiques, comme le tableau blanc interactif, participent non seulement au développement des usages relativement aux aspects de gestion des élèves et des enseignements mais aussi à un changement des dynamiques et économies relativement à l'axe temporel. A ce propos, nous encadrons actuellement deux recherches visant l'une, l'étude des usages du TBI et leurs déterminants et l'autre, l'étude les accélérations/décélérations du temps micro-didactique dans le contexte d'une séance/séquence d'enseignement. Les deux recherches envisageront les retombées sur les apprentissages mathématiques des élèves.

Enfin, l'entrée dans la problématique de la formation des enseignants aux utilisations des technologies s'est accomplie dans nos travaux présentés dans le chapitre 3 via deux voies. La première a consisté à entrer dans l'intimité du fonctionnement des formations continues pour en comprendre l'économie et les dynamiques. Nous avons alors mis en évidence l'évolution lente des profils des formateurs et la relative stabilité des stratégies de formation. Ces deux faits contribueraient à un manque d'efficacité global des formations continues, notamment associé, dans le contexte français, à leurs durées assez courtes et à une contrainte de demande de transfert « immédiat » vers les usages en classe. Nous avons alors considéré des facteurs explicatifs de ce manque. Ils sont d'abord liés à un manque de distanciation de la part des formateurs par rapport aux situations d'enseignement montrées dans la formation qui rendrait difficile leur transférabilité par les stagiaires dans leurs classes. Ensuite, l'étude des stratégies de formation a montré que celles majoritaires sont toujours les stratégies par homologie (i.e. stagiaire en position d'élève) qui ont tendance à confondre plusieurs genèses instrumentales (celles de l'élève, de l'enseignant en tant que stagiaire, de l'enseignant). La non prise en compte de cette confusion par le formateur fait que ce qui est vécu par l'enseignant dans la formation peut être difficilement reproduit dans sa classe. Enfin, nous avons relevé la persistance d'une absence de « savoirs pour la formation » qui soient identifiés comme tels par les formateurs.

La deuxième voie est liée à un changement de perspective relativement récent, qui prend davantage en compte la complexité du projet de formation des pratiques relatives aux technologies et associe de plus en plus directement les chercheurs. Il s'est traduit pour notre part en une centration, dans un premier temps, sur la formation des formateurs et le travail sur les ressources pour la formation. Nous avons exposé notre recherche en cours sur ce thème ainsi que les hypothèses qui l'orientent et les questions qui y sont soulevées. Elle est enrichie par les résultats de nos travaux sur les pratiques des enseignants. Elle consiste à concevoir un dispositif collaboratif de formation des formateurs et à observer l'impact de ce dispositif sur leur développement professionnel. Nous ne reviendrons pas ici sur l'ensemble des questions qui se posent à nous via cette nouvelle recherche, nous en reprenons uniquement une qui nous semble refléter l'articulation que nous faisons de nos diverses recherches.

Le développement professionnel des enseignants relativement à l'intégration des technologies est un processus qui se déroule dans la durée et en grande partie selon une trajectoire

individuelle fonction de déterminants personnels, institutionnels et sociaux propres à chaque enseignant. Comment la formation continue pourrait-elle cibler des moments cruciaux dans cette trajectoire pour permettre par exemple de franchir des seuils sur le plan cognitif ou d'enrichir les modalités de la gestion des enseignements. Bref, des moments où l'enseignant est plus à l'écoute d'une formation parce qu'elle serait « en phase » avec son évolution dans l'usage des technologies ? Comment former les formateurs à prendre repérer et prendre en compte ces moments et à gérer leur diversité dans un même stage de formation ?

En outre, les travaux sur la formation initiale que nous avons coordonnés et qui visaient l'étude des pratiques relatives aux technologies d'enseignants stagiaires[31], nous amènent à envisager d'entreprendre une nouvelle recherche sur la formation de ces pratiques. En effet, à plusieurs reprises dans nos analyses des utilisations des technologies par les enseignants débutants, nous avons esquissé une notion qui nous semble importante : « la prise de conscience » des enjeux et difficultés de l'intégration des technologies, qui conditionnerait le développement professionnel correspondant. Nous projetons d'entreprendre une étude de cette notion, en en délimitant les pourtours et en en identifiant les déterminants.
En effet, nos résultats nous ont amené à la conclusion générale que le stagiaire, en formation initiale, n'est réceptif à une formation aux technologies que s'il a lui-même vécu des expériences de leur utilisation en classe. La recherche que nous envisageons de développer se base sur l'hypothèse que la stabilisation des pratiques relatives aux technologies va passer par une négociation constante, entre trois éléments en jeu pendant la première année d'enseignement et en formation initiale : les représentations et le profil initial de l'enseignant stagiaire vis-à-vis des technologies, l'observation de « modèles » de pratiques relatives aux technologies de ses aînés, le discours des formateurs et les activités de formation. Cette négociation ne peut aboutir à l'installation de pratiques durables qu'à l'issue d'une prise de conscience procurée par l'expérience vécue. Dans cette recherche, plusieurs axes d'étude seront envisagés :
- le rôle joué dans cette prise de conscience par les : habitudes, rythmes institutionnels et sociaux et exploitations de l'équipement technologique, existants dans le premier établissement d'exercice ;
- les éléments que l'enseignant débutant capte, au premier plan, du discours et de l'observation de ses aînés (conseillers pédagogiques, stage de formation accompagnée…) ;
- la corrélation entre la prise de conscience individuelle et la prise de conscience collective au sein d'une promotion locale de stagiaires ou plus largement au sein de communautés en ligne.
D'une façon générale, nous faisons l'hypothèse de l'existence d'une multitude de prises de conscience qui sont propices à tel ou tel développement d'usages. Quelles sont alors les expériences cruciales qui les déclenchent ? Quel rôle la formation initiale peut-elle y jouer ? Une question corollaire est alors relative aux prises de conscience ultérieures. Comment la formation continue peut-elle donner l'occasion de rencontrer des expériences nouvelles et/ou donner les moyens de réfléchir sur de telles expériences ?

Pour terminer, soulignons que l'espace de recherche que nous avons délimité pour traiter les problèmes auxquels nous nous sommes attaquée tout au long de notre parcours, présente une cohérence à double facette : celle de la thématique de recherche et celle de la démarche. Cette cohérence conjuguée avec la diversité de nos travaux à la fois sur le plan contextuel et méthodologique, tout en accordant une attention constante aux possibilités d'exploitation des résultats dans la formation, nous procure aujourd'hui un large spectre pour nos perspectives de recherches et pour diriger de futures recherches.

[31] PLC2 mathématiques dans le contexte de la formation en IUFM, antérieur à la réforme de la masterisation

Références

Abboud-Blanchard, M. (1994). *L'intégration de l'outil informatique à l'enseignement secondaire des mathématiques : symptômes d'un malaise. Un exemple : l'enseignement de la symétrie orthogonale.* Université Paris 7, thèse de doctorat (sous la direction de Michèle Artigue). Eds. IREM de Paris 7.

Abboud-Blanchard, M. (1995). Dix ans après, l'outil informatique a-t-il trouvé son chemin vers la classe de mathématiques ? In : *Fascicule de didactique des mathématiques et de l'EIAO*. Eds Institut Mathématiques de Rennes, Université de Rennes 1.

Abboud-Blanchard, M., Artigue, M., Drouhard, J.P. & Lagrange, J.B. (1995). *Une recherche sur le logiciel DERIVE*. Cahier Didirem spécial n°3. Eds. IREM de Paris7.

Abboud-Blanchard, M. (1996). *Maquette pour la formation à l'utilisation de DERIVE au collège. Situations de parenthésages et fractions*. Eds. IREM de Paris7.

Abboud-Blanchard, M. (1998). Réflexions sur la formation des enseignants à l'utilisation de logiciels dans leur enseignement. Le cas DERIVE. In *: Faire des mathématiques avec un système de calcul formel, Tome1* (pp 137-154). Ed. CNDP - Ministère de l'Education Nationale.

Abboud-Blanchard, M. (2005). Uses of ICT by pre-service teachers, in Proceedings of the *7th International Conference on Technology in Mathematics Teaching* (pp. 74-78).University of Bristol.

Abboud-Blanchard, M. & Lagrange, J.B. (2006). Uses of ICT by pre-service teachers: towards a professional instrumentation? *The International Journal for Technology in Mathematics Education,* vol 13.4, 183-191.

Abboud-Blanchard, M. & Chappet-Paries, M., (2007). Pratiques d'enseignants et activités d'élèves dans un environnement TICE. In Actes du colloque international du pôle Nord-Est des IUFM, *Les effets des pratiques enseignantes sur les apprentissages des élèves.* Université de Besançon.

Abboud-Blanchard, M., Cazes, C. & Vandebrouck, F. (2007). Teachers' activity in exercices-based lessons. Some case studies. In Pitta-Pantazi & Philippou (Eds.), *Proceedings of the Fifth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (*pp 1827-1836). Cyprus.

Abboud-Blanchard, M. (2008). Mathematics teachers in technology environments. In Proceedings of the *5th Nordic Conference on Research in Mathematics Education,* University of Copenhagen.

Abboud-Blanchard, M. & Chappet-Paries, M. (2008). L'enseignant dans une séance de géométrie dynamique. Comparaison avec une séance de géométrie papier-crayon. In F. Vandebrouck (Ed.), *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 261-292). Toulouse : Octarès.

Abboud-Blanchard, M., Cazes C., & Vandebrouck, F. (2008). Une base d'exercices en ligne dans la classe : l'analyse de l'activité des enseignants. In F. Vandebrouck (Ed.), *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 319-344). Toulouse : Octarès.

Abboud-Blanchard, M., Leborgne, P. & Lenfant A. (2008). Le mémoire professionnel en IUFM, document "témoin" de la formation et "trace" de genèses de pratiques. In I. Bloch, F. Conne (Eds.), *Nouvelles perspectives en didactique des mathématiques.* Grenoble : La Pensée Sauvage.

Abboud-Blanchard, M., Fallot, J.P., Lenfant, A. & Parzysz, B. (2008). Comment les enseignants en formation initiale utilisent les technologies informatiques dans leurs classes. *Teaching Mathematics and Computer Science Journal*, vol 6.1., 187-208.

Abboud-Blanchard, M., (2009a). How mathematics teachers handle lessons in technology environments. In C. Winslow (Ed.), *Nordic Research on Mathematics Education* (pp. 237-244). Denmark :Sense Publishers.

Abboud-Blanchard, M., (2009b). Le développement professionnel relatif à l'utilisation des technologies chez les enseignants en formation initiale. In Actes du *7e colloque international Recherche(s) en éducation et en formation*, Université de Rouen.

Abboud-Blanchard, M. & Emprin, F. (2009). Pour mieux comprendre les pratiques des formateurs et de formations TICE, *Recherche et Formation*, n°62, 125-140.

Abboud-Blanchard, M., Lenfant-Corblin, A. (2009). What professional development of pre-service teachers to the use of ICT ? In Proceedings of the *9th International Conference on Technology in Mathematics Teaching*, University of Metz.

Abboud-Blanchard, M., Cazes, C. & Vandebrouck, F. (2009). Activités d'enseignants de mathématiques intégrant des bases d'exercices en ligne. *Quadrante, Special Issue ICT in Mathematics Education*, 18(1/2), 147-160.

Abboud-Blanchard, M. (2010). Technology and mathematics teaching practices: about in-service and pre-service teachers. In Proceedings of the *sixth Conference of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 1880-1889). France : University of Lyon, INRP.

Abboud-Blanchard, M. & Emprin, F. (2010). L'analyse d'un problème professionnel dans la formation aux technologies des enseignants de mathématiques. In Actes du *colloque de l'AREF: Actualité de la recherche en éducation et en formation.* Université de Genève.

Abboud-Blanchard, M. (2011). Mathematics and technology: Exploring teacher educators' professional development. In Proceedings of the *10th International Conference on Technology in Mathematics Teaching*, University of Portsmouth and University of Chichester, UK. 48-56.

Abboud-Blanchard, M. & Vandebrouck, F. (2012). Analysing teachers' practices in technology environments from an Activity Theoretical approach. *The International Journal for Technology in Mathematics Education,* vol 19.4, 159-164.

Abboud-Blanchard, M. (2013). Teachers and technologies: shared constraints, common responses. In A. Clark-Wilson, O. Robutti & N. Sinclair (Eds.), *The Mathematics Teacher in the Digital Era: An International Perspective on Technology Focused Professional Development.* London : Springer.

Abboud-Blanchard, M. & Robert, A. (2013). Strategies for training Mathematics teachers. The first step: Training the teachers. In F. Vandebrouck (Ed.), *Mathematics Classrooms: Students' Activities and Teachers' Practices* (pp. 229–245). The Netherlands: Sense Publishers.

Abboud-Blanchard, M., Lenfant-Corblin, A. & Parzysz, B. (2013, in press). Double approche et genèses d'usages : le cas d'enseignants en formation. In J.B. Lagrange (Ed.), *Les technologies numériques pour l'enseignement : usages dispositifs et genèses*. Toulouse : Octarès.

Abboud-Blanchard, M., Charles-Pézard, M., Chesnais, A. & Masselot, P. (2013). Interroger la profession d'enseignants de mathématiques. Trois exemples dans l'enseignement primaire et secondaire. In A. Bronner (Ed.), *Des problèmes de la profession au rôle du langage.* Grenoble: La pensée sauvage.

Artigue, M. (1998). Teacher training as a key issue for the integration of computer technologies. In D.Tinsley & D.C.Johnson (eds), *Information and Communication Technologies in School Mathematics,* (pp. 121-130). London: Chapman & Hall.

Artigue, M. (dir), (2000). Recherche inter-équipes (DIDIREM, ERES, EIAH, LIUM, IRMAR), *De l'analyse de travaux concernant les TICE à la définition d'une problématique de leur intégration à l'enseignement.* Rapport CNCRE, Paris.

Artigue, M. (2002). Learning mathematics in a CAS environment: the genesis of a reflection about instrumentation and the dialectics between technical and conceptual work. *International Journal of Computers for Mathematics Learning*, n°7,245-274.

Artigue, M. (2006). L'utilisation de ressources en ligne pour l'enseignement des mathématiques au lycée : du suivi d'une expérimentation régionale à un objet de recherche, Actes du *Colloque EMF 2006,* Sherbrooke, Canada

Artigue, M. (2007) Digital technologies: a window on theoretical issues in mathematics education. In, D. Pitta-Oantazi & G. Philippou (eds), *Proceedings of CERME 5 (*pp. 68-82). Cyprus University Editions.

Artigue, M. (2010). The future of teaching and learning mathematics with digital technologies. In Hoyles & Lagrange (Eds.) *Digital technologies and Math Education. Rethinking the terrain. The 17th ICMI Study* (pp. 463-475). New York: Springer.

Artigue, M. (2011). L'impact curriculaire des technologies sur l'éducation mathématique. In actes du XIII CIAEM-IACME, Recife, Brasil. http://www.cimm.ucr.ac.cr/ocs/index.php/xiii_ciaem/xiii_ciaem/paper/viewFile/2891/1189

Artigue, M., Abboud-Blanchard, M., Cazes, C. & Vandebrouck, F. (Eds). (2007). *Suivi de l'expérimentation de la région Ile de France : ressources en ligne pour l'enseignement des mathématiques en classe de seconde.* Rapport final. IREM de Paris 7.

Baron, G.L. (2000). Technologies de l'information et de l'éducation : quelles compétences pour les enseignants ? *Education et Formation*, n° 56, 153-159.

Baron, G.L. & Bruillard, E. (1996). *L'informatique et ses usages dans l'éducation*. Paris : Puf

Baron, G.L. & Bruillard, E. (dir) (2002). *Les technologies en éducation. Perspectives de recherche et questions vives*. INRP – IUFM de Basse Normandie

Baron, G.L. & Bruillard, E. (2006). Usages en milieu scolaire : caractérisation, observation et évaluation. In Grandbastien & Labat (eds.) *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain* (pp. 269-284). Paris : Hermès-Lavoisier.

Bednarz, N., Fiorentini, D. & Huang, R. (dir.) (2011). *International approches to professionnal development for mathematices teachers.* University of Ottawa press.

Bergsten, C. (2008). Teacher education and use of ICT in mathematics learning. In proceedings of *the fifth Nordic Conference on research in Mathematics Education.* Copenhagen.

Bottino, R.M. & Furinghetti, F. (1994). Teaching mathematics and using computers: links between teachers' beliefs in two different domains, in Ponte J. P., Matos J. F. (eds), *Proceedings of PME XVIII*, Lisboa, vol. 2, 112-119

Bottino, R.M. & Furinghetti, F. (1996). The emerging of teachers' conceptions of new subjects inserted in mathematics programs: the case of informatics. *Educational Studies in Mathematics* 30, 109-134.

Bueno-Ravel, L., Gueudet, G. (2009). Online resources in mathematics : teachers' geneses and didactical techniques. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 14(1), 1-20.

Caliskan-Dedeoglu, N. (2006). *Usages de la géométrie dynamique par des enseignants de collège. Des potentialités à la mise en œuvre : quelles motivations, quelles pratiques ?* Thèse de doctorat, Université Paris 7.

Chevallard, Y. (1992), Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques* 12/1, 77-111.

Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 19.2, 221-266.

Chevallard, Y. & Mercier, A. (1987). *Sur la formation historique du temps didactique*. Publication de l'IREM d'Aix-Marseille, n◦8, Marseille.

Chopin M. P. (2005). Le Temps didactique en théorie anthropologique du didactique. Quelques remarques méthodologiques à propos des « moments de l'Étude ». *I^er^ Congrès International sur la Théorie Anthropologique du Didactique : « Société, École et Mathématiques : Apports de la TAD »*. Baeza – Espagne.

Day, C. (1999). *Developing teachers. The challenge of lifelong learning*. Londres : Palmer Press.

Drijvers, P. (2011). From 'work-and-walk-by' to 'sherpa-at-work'. *Mathematics Teaching*, 222, 22-26.

Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P., Reed, H. & Gravemeijer, K. (2010). The teacher and the tool: instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. *Educational Studies in mathematics*, 75, 213-234.

Emprin, F. (2007). *Formation initiale et continue pour l'enseignement des mathématiques avec les TICE : cadre d'analyse des formations et ingénierie didactique*. Thèse de didactique des disciplines. Université Denis Diderot.

Grugeon, B., Lagrange, J.B. & Jarvis, D. (2010). Teacher education courses in mathematics and technology : Analyzing views and options. In Hoyles & Lagrange (Eds.) *Digital technologies and Math Education. Rethinking the terrain. The 17^th^ ICMI Study* (pp. 329-345). New York: Springer.

Gueudet, G. & Trouche, L. (2009) Towards new documentation systems for teachers? *Educational Studies in Mathematics*, 71(3), 199-218.

Gueudet, G. & Trouche, L. (Eds.) (2010). *Ressources vives, le travail documentaire du professeurs* (pp.183-199). France : Presses Universitaires de Rennes.

Gueudet, G. & Vandebrouck, F. (2011). Technologies et études des pratiques enseignantes: études de cas et éclairages théoriques. *Recherche en Didactique des Mathématiques*, 31.3, 271-314.

Guin, D. & Trouche, L. (Eds.). (2002). *Calculatrices symboliques. Faire d'un outil un instrument du travail mathématique, un problème didactique*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Guin, D., Joab, M. & Trouche, L. (2008). *Conception collaborative de ressources pour l'enseignement des mathématiques, l'expérience du SFoDEM (2000-2006)*. INRP – IREM de de l'université de Montpellier II.

Houdement, C. & Kuzniak, A. (1996). Autour des stratégies utilisées pour former les maîtres du premier degré en mathématiques, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 16.3.
Hoyles, C. & Lagrange, J.B. (Eds.) (2010). *Digital technologies and Math Education. Rethinking the terrain. The 17th ICMI Study*. New York: Springer.

Jaworski, B. (2011). Situating mathematics teacher education in a global context. In Bednarz, Fiorentini & Huang (Eds.), *International approaches to professional development of mathematics teachers* (pp. 2-50). University of Ottawa Press.

Kendal, M. & Stacey, K., (2002), Teachers in transition: Moving towards CAS-supported classrooms, *ZDM*, 34(5), 196-203.

Laborde, C. (2001a). Integration of technology in the design of geometry tasks with Cabri-geometry. *IJCML* 6, 283-317.

Laborde, C. (2001b). The use of new technologies as a vehicle for restrucuring. In F.-L. Lin et T.J. Cooney (Eds.), *Making sense of mathematics teacher education* (pp. 87-109). Netherlands : Kluwer academic publishers.

Laborde, C. (2008). Technology as an instrument for teachers. *Proceedings of Working Group4: Resources and technology throughout the history of ICMI, Symposium on the Occasion of the 100th Anniversary of ICMI*, Rome, Italy.
http://www.unige.ch/math/EnsMath/Rome2008/WG4/Papers/LABORD.pdf

Laborde, C., Clarou, P. & Capponi, B. (2001). *Géométrie avec cabri : scénarios pour le lycée*. Grenoble : CRDP.

Lagrange, J. B., Artigue, M., Laborde, C., & Trouche, L. (2003). Technology and math education: a multidimensional overview of recent research and innovation. In J. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick, & F. Leung (Eds.), *Second International Handbook of Mathematics Education* (pp. 237-270). Dordrecht, the Netherlands: Kluwer.

Lagrange, J.B. (dir), (2004). Équipe en Projet INRP-IUFM "*Appropriation des outils TIC par les stagiaires d'IUFM et effets sur les pratiques professionnelles*". Rapport final, INRP-IUFM de Reims.

Lagrange J.-B., Lecas J.-F. & Parzysz B. (2006) Les professeurs stagiaires d'IUFM et les technologies, quelle instrumentation ? *Recherche et Formation*, n° 52, 131-147.

Lagrange, J.B., Abboud-Blanchard, M., Loisy, C. & Vandebrouck, F. (2009). *Genèses d'usages professionnels des technologies chez les enseignants*, Rapport final. http://gupten.free.fr/g-rapres.htm

Lagrange, J.-B., & Monaghan, J. (2009). On the adoption of a model to interpret teachers' use of technology in mathematics lessons. In Proceedings of the *sixth Conference of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 1605-1614). France: University of Lyon, INRP.

Lagrange, J.B. (Ed.) (2013, à paraître). *Les technologies numériques pour l'enseignement : usages et genèses*. Toulouse : Octarès.

Lenfant, A. (2002). *De la position d'étudiant à la position d'enseignant : l'évolution du rapport à l'algèbre de professeurs stagiaires*. Thèse de doctorat. Université Paris 7.

Llinares, S. & Krainer, K. (2006). Mathematics (student) teachers and teacher educators as learners. In Gutiérrez & Boero (Eds.) *Handbook of research on the psychology of mathematics education. Past, present and future* (pp. 429-459). UK : Sens Publishers.

Mangiante Orsola, C. (2012). Une étude de la cohérence en germe dans les pratiques de professeurs des écoles en formation initiale puis débutants. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 32.3.

Monaghan, J. (1998). Teachers and technology. In D. Guin (ed.) Acte du colloque francophone européen, *Calculatrices symboliques et géométriques dans l'enseignement des mathématiques*: IREM de Montpellier.

Monaghan, J. (2003). Teachers using technology: the complexities of practice**.** In actes *du* colloque ITEM : *Intégration des Technologies dans l'Enseignement des Mathématiques.* France : IUFM de Reims.

Monaghan, J. (2004), Teachers' activities in technology-based mathematics lessons. *The International Journal of computers for mathematical learning*, vol.9, 327-357.

Nallet, J.F. & Caspar, P. (2006). Formation des adultes, formation des enseignants, *Recherche et formation*, n° 53.

Noss, R. & Hoyles, C. (1996). *Windows on mathematical meaning: learning cultures and computers*. London: Kluwer Academic Publishers.

Peraya, D., Viens, J. & Karsenti, T. (2002). Formation des enseignants à l'intégration pédagogique des TIC. Esquisse historique des fondements des recherches et des pratiques. *Revue des sciences de l'éducation,* vol 28, n°2. 243-264.

Rabardel, R. (1995). *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Ed. Armand Colin.

Rabardel, P. & Pastré, P. (Eds) (2005). *Modèles du sujet pour la conception*. *Dialectiques activités développement*. Toulouse : Octarès.

Rabardel, P. & Bourmaud, G. (2005). *Instruments et systèmes d'instruments. In Rabardel et Pastré (Eds), Modèles du sujet pour la conception*. *Dialectiques activités développement* (pp. 211- 229). Toulouse : Octarès.

Robert, A. (2008). La double approche didactique et ergonomique pour l'analyse des pratiques d'enseignants de mathématiques. In F. Vandebrouck (Ed.), *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 59-68). Toulouse : Eds Octarès.

Robert, A. (2010). *Enseignants de mathématiques du secondaire : stages et formation professionnelle en master ?* Document pour la formation n°13, IREM de Paris 7.

Robert, A. & Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques: une double approche. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies,2/4,* 505-528.

Robert, A. & Rogalski, J. (2005). A cross-analysis of the mathematics teacher's activity. An example in a French 10th grade class. *Educational Studies in Mathematics, 59*, 269-298.

Robert, A., Lattuati, M. & Penninckx, J. (2013). *Une caméra au fond de la classe de mathématiques. (Se) former au métier d'enseignant du secondaire à partir d'analyses de vidéos.* Presses Universitaires de Franche Comté.

Robert, A. & Vivier, L. (à paraître). Analyser des vidéos sur les pratiques des enseignants du second degré en mathématiques : des utilisations contrastées en recherche en didactique et en formation de formateurs. *Education et Didactique.*

Rogalski, J. (2008). Le cadre général de la théorie de l'activité. Une perspective de psychologie cognitive. In F. Vandebrouck (Ed.), *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* (pp. 23-30). Toulouse : Eds Octarès.

Ruthven, K. & Hennessy, S. (2002). A practitioner model of the use of computer-based tools and resources to support mathematics teaching and learning. *Educational Studies in Mathematics* 49(1), 47-88.

Ruthven, K. (2006), Embedding new technologies in complex ongoing practices of school mathematics education. *International Journal for Technology in Mathematics Education* 13(4), 161- 167.

Ruthven, K. (2009). Towards a naturalistic conceptualisation of technology integration in classroom practice: The example of school mathematics. *Education et Didactique* 3(1), 131-149.

Ruthven, K. (2010). Constituer les outils et les supports numériques en ressources pour la classe. In Gueudet et Trouche (Eds.). *Ressources vives, le travail documentaire du professeurs* (pp.183-199). France : Presses Universitaires de Rennes.

Tinsley, D. & Johnson, D.C. (eds.) (1998). *Information and Communication Technologies in School Mathematics*. London: Chapman & Hall.

Trgalová, J., Jahn, A. P., Soury-Lavergne, S. (2009). Quality process for dynamic geometry resources: the Intergeo project. In Proceedings of the *sixth Conference of the European Society for Research in Mathematics Education*. France : University of Lyon, INRP.

Trouche L., (2003). *Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations*. Document de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches, Université Paris7.

Vandebrouck, F. (Ed.) (2008). *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants*. Toulouse : Eds Octarès.