

LES ENSEIGNANTS DE MATHÉMATIQUES ET LES TECHNOLOGIES : PRATIQUES ET USAGES

Maha **ABBOUD-BLANCHARD**

LDAR – Université de Cergy Pontoise

maha.abboud-blanchard@univ-paris-diderot.fr

Résumé

Ce texte présente une synthèse de plusieurs de travaux centrés sur l'étude du professeur de mathématiques intégrant les technologies numériques dans son enseignement. La perspective adoptée est pragmatique dans le sens où l'objectif poursuivi est d'observer et d'analyser des pratiques d'enseignement s'exerçant dans des contextes *ordinaires* afin de mieux les comprendre et de mettre en lumière les facteurs qui les déterminent. Une première partie rend compte des changements voire de la déstabilisation des pratiques qu'engendrerait l'intégration des technologies. Synthétiser les résultats correspondants conduit à une première élaboration théorique organisée autour de trois axes : *l'axe cognitif, l'axe pratique/pragmatique et l'axe temporel*. Une seconde partie met le focus sur les usages des technologies que les enseignants développent à terme, dans une dynamique combinant une appropriation à la fois *personnelle* et *professionnelle* de ces technologies. La modélisation de ces développements en termes de *genèses d'usages des technologies* offre alors une deuxième élaboration théorique. La corrélation entre les deux entrées, fournit un cadre d'analyse des pratiques et des usages ayant une proximité directe avec l'expérience vécue par les enseignants et en permettant une compréhension approfondie ; condition nécessaire au développement de pratiques de formation plus riches et répondant aux besoins des formés.

Mots clés

Technologies – Mathématiques – Usages – Enseignant – Pratiques – Formation

1. INTRODUCTION

Cela fait plusieurs décennies maintenant que l'injonction d'intégrer les technologies dans l'enseignement des mathématiques engendre un phénomène original, présentant peu de décalage temporel 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. Dès ses débuts, ce phénomène a interpellé les chercheurs en didactique des mathématiques. 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 vers 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 dans le champ de la didactique des mathématiques. Un autre exemple en est le cas de Monaghan (en Grande Bretagne) qui explique dans 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, ce qui l'a amené à faire appel à un modèle culturel holistique, le modèle de Saxe (1991). 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.

Notre propre démarche en tant que chercheuse s'attaquant à un fait original pour lequel elle n'avait pas assez de références théoriques internes a été de choisir d'observer la réalité que ce phénomène engendre pour essayer dans un premier temps de la comprendre, faute d'autres références. Nos recherches se sont ainsi centrées sur l'étude des pratiques d'enseignement dans les contextes dans lesquels elles ont lieu en les abordant sous deux angles. 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. Le deuxième est celui des usages que les enseignants développent à terme, ce qui oblige à tenir compte de la réalité des contraintes qu'ils éprouvent.

Synthétiser les résultats de ces 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 du cadre théorique d'origine pour remonter vers des élaborations théoriques synthétiques et modélisantes. C'est ce qui sera exposé et commenté dans cet article²⁸.

2. UNE SYNTHÈSE DES RECHERCHES SUR LES PRATIQUES D'ENSEIGNANTS DE MATHÉMATIQUES UTILISANT LES TECHNOLOGIES : VERS UN NOUVEAU CADRAGE THÉORIQUE

Les différentes recherches que nous avons menées sur les pratiques enseignantes visaient non seulement à étudier ces pratiques dans 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. Dans une lecture rétrospective des résultats de ces recherches, nous avons tenté d'identifier des caractéristiques liées à l'intégration des technologies qui dépasseraient les cas étudiés.

Dans le paragraphe qui suit, nous présentons les contextes et problématiques de ces recherches ainsi que le cadre théorique d'analyse, nous reviendrons ensuite sur leurs résultats.

2.1 Les contextes et le cadre théorique de référence

Les deux premières recherches portaient sur les pratiques d'enseignants expérimentés.

La première d'entre elles s'intéressait aux pratiques d'enseignants utilisant des Bases d'Exercices en Ligne (désormais BEL). Les questions générales de recherche étaient : Pourquoi et comment les enseignants utilisent-ils les BEL ? Quels effets cette utilisation a-t-elle sur leur activité d'enseignement ? Les données étaient issues d'un projet académique d'expérimentation de l'usage des BEL afin d'en évaluer l'impact et l'efficacité en tant que

²⁸ Cet article reprend d'une manière condensée, les deux premiers chapitres de la note de synthèse présentée pour l'obtention de l'Habilitation à Diriger des Recherches (Abboud-Blanchard 2013)

soutien à l'action pédagogique en mathématiques (Artigue 2006). Elles provenaient 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, regroupait six enseignants pour lesquels les données sont plus nombreuses ce qui a permis une étude fine de leurs pratiques de classe et des évolutions de ces pratiques (Abboud-Blanchard, Cazes & Vandebrouck, 2008 et 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 TICE²⁹ et exerçait dans un contexte ordinaire de classe. 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, 2009). Afin de cerner ce qui peut être spécifique à l'environnement technologique, nous avons mené une analyse comparative avec 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 2008).

La troisième recherche visait à explorer les pratiques professionnelles des professeurs stagiaires³⁰ dans le domaine de l'intégration des TICE pendant leur année de stage. 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 l'évolution de ces rapports 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 ce qui en est rapporté dans des écrits professionnels portant sur l'intégration des TICE et via des entretiens explicites à la fin de l'année de formation (Abboud-Blanchard et al. 2008 et 2013).

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 nous a paru pertinent pour avoir une approche des pratiques prenant en compte leur complexité et les facteurs qui les déterminent. 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). C'est la prise en compte, de manière imbriquée, des apprentissages visés pour les élèves et du métier de l'enseignant agissant comme professionnel qui a donné lieu à ce cadre théorique (Robert et Rogalski, 2002, 2005). Une analyse des pratiques dans ce cadre met en scène cinq composantes et trois niveaux d'organisations des pratiques. Dans cette première partie de l'article, nous mettons en avant nos analyses se rapportant aux cinq composantes, nous reviendrons sur les niveaux d'organisation dans la deuxième partie.

Les deux premières composantes, cognitive et médiative, permettent d'analyser les pratiques observées en prenant en compte les tâches proposées aux élèves et la gestion des séances. La composante cognitive traduit 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. La composante médiative est relative aux choix de déroulements, aux types d'interventions, notamment les aides, pour accompagner le travail des élèves. La composante institutionnelle considère la gestion par l'enseignant des conditions et contraintes liées à l'institution telles que les programmes, les horaires et les ressources imposées. La composante sociale correspond à ce qui est 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

²⁹ Technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement

³⁰ PLC2 de mathématiques (dans le contexte de formation initiale d'avant la réforme de la masterisation)

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 recombinaison de ces cinq composantes qui permet d'accéder à la compréhension 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. Cette stabilité qui implique que les pratiques ne changent pas facilement peut donc expliquer dans le cas de nos études les perturbations et les choix faits lors d'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, comme le montrent par exemple les travaux de Lenfant (2002) et de Mangiante (2012) sur les pratiques d'enseignants débutants.

2.2 Une synthèse des résultats des recherches : un nouveau cadrage théorique

Chacune des recherches que nous venons de présenter est contextualisée, singulière et relative à des individus ou à des groupes professionnels restreints. Il ne s'agit pas ici de rendre compte séparément des résultats de chacune d'entre elles, mais plutôt d'avoir un regard synthétique sur l'ensemble permettant de relever des caractéristiques communes liées à l'intégration des technologies qui dépasseraient les cas étudiés. Notre objectif est d'essayer de repérer 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 (Abboud-Blanchard et al. 2013).

Ce regard croisé sur les résultats montre un phénomène de cristallisation des régularités autour de trois questions majeures : Comment enseigner les mathématiques en intégrant les technologies ? Comment gérer l'enseignement dans des environnements technologiques ? Comment gérer le temps de l'enseignement et de l'apprentissage lors de l'intégration des technologies ?

En nous basant sur notre cadre de référence, la DA, nous avons défini un nouveau cadrage théorique permettant de rendre compte de ce phénomène ; les trois axes d'analyse le structurant sont : l'axe Cognitif, l'axe Pratique/Pragmatique et l'axe Temporel, (Abboud-Blanchard 2014). Les cinq composantes définies dans le cadre de la DA sont ainsi reconfigurées pour le contexte de l'utilisation des technologies comme le montre le schéma ci-dessous :

- l'axe cognitif rend compte de la composante cognitive ;
- l'axe pratique/pragmatique intègre la composante médiative, mais va au-delà ;
- l'axe temporel vient se rajouter à une place aussi importante que les deux précédents
- les composantes personnelle (incluant le rapport aux TICE), sociale et institutionnelle jouent un rôle de déterminants permettant de mieux comprendre l'analyse des pratiques selon les trois axes.

De plus, ces trois axes sont entrelacés et certaines interprétations au sein de l'un d'eux pourraient se rapporter à un autre.

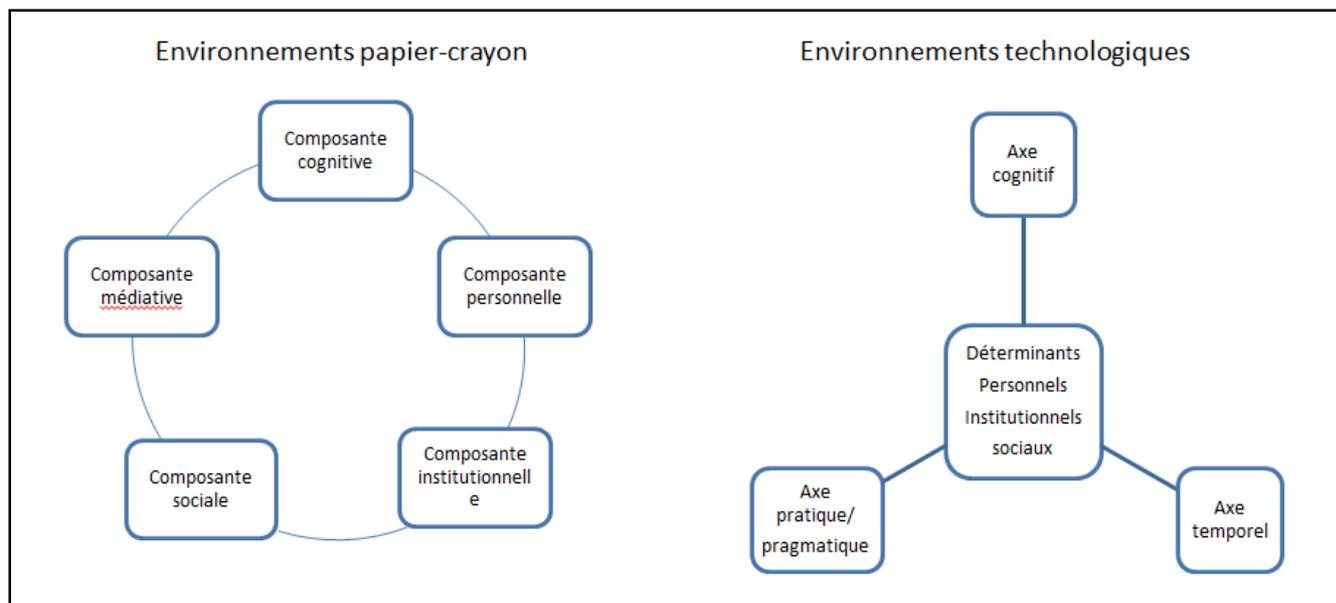


Fig 1 : Une reconfiguration des cinq composantes pour le contexte des technologies en classe et pour la classe

Dans ce qui suit, nous définissons plus en détail ces trois axes en présentant certains des résultats les exemplifiant.

2.2.1 Des résultats relatifs à l'axe cognitif

Les enseignants de mathématiques sont fortement incités par l'institution à l'utilisation des TICE (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 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 les interprétations qu'il fait 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...

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. Dans ces cas, nous relevons que les tâches mathématiques préparées pour les élèves sont plus riches qu'en P/C puisqu'elles demandent de nombreuses adaptations 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. 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.

2.2.2 Des résultats relatifs à l'axe pratique/pragmatique

Notons pour commencer que la dénomination de cet axe par « pratique/pragmatique » 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. Notons aussi que nous aurions pu à l'instar de l'axe précédent (axe cognitif) nommer 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. 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 ? Sur l'activité des élèves ? Pour répondre à ces questions, nous distinguons trois entrées.

Le rôle de l'enseignant pendant la séance : nous constatons dans ce type d'environnement que les élèves sont en général motivés et les interventions de l'enseignant à but d'enrôlement sont beaucoup plus faibles que celle généralement observée dans des séances P/C. Cependant, nous notons que l'enseignant est indispensable 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, mais aussi car ils ont du mal à interpréter les feedbacks du logiciel qui sont parfois décalés par rapport à leurs activités réelles. 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, même si cette mobilisation semble être la règle chez les enseignants expérimentés observés, on note chez les enseignants stagiaires une volonté de préparer des séances très guidées qui s'appuient sur une fiche élève détaillée. 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 à des enseignants débutants, son existence semble favoriser chez eux une tendance à se situer en retrait (l'élève supposé être bien « guidé ») pendant la séance en laissant les élèves interagir directement avec le logiciel sans leur médiation.

Les interventions de l'enseignant : les analyses des déroulements montrent des interventions collectives très réduites et une domination des interventions individuelles de l'enseignant auprès des élèves. Ces interventions sont de plusieurs natures : relatives au contenu mathématique ; liées au logiciel et au fait que les mathématiques soient déclinées dans un environnement informatique (interventions que nous avons désigné par instrumentales); relatives à l'utilisation du P/C et le renvoi au cours. Elles peuvent viser plusieurs objectifs comme par exemple la structuration ou l'évaluation de l'activité de l'élève mais sont 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 exercices sur lesquels ils travaillent et les aides constructives qui permettent de comprendre plus que ce qui est en jeu dans l'exercice en ajoutant quelque chose entre l'action de l'élève et la construction (espérée) de la connaissance qui pourrait en résulter (par exemple par des rappels et 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 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 et une simplification des tâches, voire même les réduisant à l'exécution mécanique d'une série de commandes (nous avons défini ces dernières comme étant des aides «manipulatoires»).

Les aides constructives, moins fréquentes, sont l'occasion d'amener les élèves à réussir les tâches sur lesquelles ils travaillent en retenant des connaissances qui vont au-delà de celles mises en jeu pour la résolution. L'analyse de leur contenu 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. Elle montre aussi que ces aides sont difficiles à prévoir par l'enseignant dans la mesure où elles doivent être ajustées au parcours particulier de chaque groupe devant une machine.

L'éclatement de la classe et la quasi disparition des phases collectives : l'analyse des déroulements en salle informatique concerne également 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, nous assistons à un éclatement du groupe classe en plusieurs groupes (plusieurs 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 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 en salle informatique. Même si on peut l'observer également dans des séances P/C de travail en groupes, il est plus marqué en environnement technologiques, sans doute car 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.

Cette autonomie des élèves, dans un environnement TICE, implique aussi pour l'enseignant une 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). Drijvers (2011) relève également ce type de complexité et note que ce modèle de gestion demande à l'enseignant en environnement technologique des « compétences élevées » de diagnostic pour comprendre le problème que rencontre l'élève et pouvoir l'aider.

Ces conditions de déroulement d'une séance en salle informatique rendent souvent

problématique l'existence de moments de bilan collectif. Les corrections ne sont plus collectives et n'interviennent pas au même moment pour tous les élèves : elles sont individuelles et parfois médiatisées par le logiciel.

2.2.3 Des résultats relatifs à l'axe temporel

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 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. deuxième partie de cet article).

Préparer une séance TICE avec un logiciel nouveau ou non encore maîtrisé est particulièrement **coûteux** car cela nécessite un temps d'exploration pour connaître les potentialités 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.

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. En effet, en plus des problèmes techniques qui peuvent parfois parasiter la séance, les écarts de vitesses d'exécution des tâches par les élèves 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. Notons que cette lenteur est parfois liée aux caractéristiques de l'environnement. 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.

Enfin, les évolutions que l'on observe relativement à cette question du temps 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 décroître 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 fortement incités par l'institution.

Pour terminer cette première partie, soulignons, que ce cadrage théorique a certainement des limites. Un exemple en est celui de gommer l'effet « enseignant individuel ». En effet, pour un même enseignant, les résultats peuvent 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. partie suivante) ou bien le fait que la stabilité de ses pratiques (postulée dans la DA) 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 la partie qui suit.

3. LES USAGES DES TECHNOLOGIES : VERS UNE MODELISATION DES GENESES

Dans la partie précédente, nous avons exposé une synthèse de nos travaux sur les pratiques mettant en avant les changements que l'intégration des technologies engendre sur les pratiques usuelles, plus ou moins stabilisées. Dans cette partie, nous en adoptons une entrée relative aux usages des technologies qui émergent et s'installent et à l'évolution de ces usages dans le temps.

Parler d'usages, 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). En didactique des mathématiques, Artigue, dans plusieurs écrits de synthèse (cf. par exemple, Artigue 2007), souligne le fait qu'une réelle intégration des technologies est celle qui assure un équilibre raisonnable entre leurs valences épistémique et pragmatique. Elle ajoute que les utilisations majoritaires actuelles privilégient les fonctionnalités pragmatiques, cantonnant par-là les technologies dans un rôle « d'adjuvant » pédagogique.

Dans nos travaux, nous avons décliné la problématique des usages 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, 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 cas, en plus de notre inscription dans le cadre de la double approche, nous nous sommes appuyée sur un cadre théorique spécifique aux technologies développé par Rabardel (1995) et inscrit dans le champ de l'ergonomie cognitive : l'approche instrumentale. Il s'agit, dans cette approche, de distinguer 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. 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 Guin & Trouche 2002 et Trouche 2003).

Le concept de genèse instrumentale s'est élargi au fil des travaux dans le champ de la didactique professionnelle, à la fois relativement à la notion « d'instrument » et à la notion de « genèse ». Ainsi, Rabardel et Bourmaud (2005) abordent le fait que les instruments ne sont pas isolés et que l'activité du sujet implique souvent le recours à plusieurs instruments. Ces derniers sont mobilisés au fil de l'action en fonction des buts et des besoins opérationnels du moment. Rabardel et 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.

C'est l'ensemble de ces considérations théoriques que nous mobilisons dans les paragraphes qui suivent.

3.1 Délimitation de trois cadres d'usages des technologies

Une première recherche a été menée dans le cadre du projet : « Appropriation des TIC par les stagiaires IUFM et effets sur les pratiques professionnelles » (Lagrange, Lecas & Parzysz 2006). Une étude quantitative de plus de 800 questionnaires, de début et de fin d'année, a permis de mieux connaître les rapports aux TIC des enseignants stagiaires et de comprendre comment ces rapports évoluent au cours de la formation. Cette première étude a été complétée par une autre, qualitative. Cette dernière 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 permis de délimiter trois cadres d'usage des outils technologiques par l'enseignant qui correspondent aux différents contextes d'activité et à l'emploi de technologies 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. Un exemple des usages des TIC dans ce cadre est 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. Il peut s'agir du travail de conception de tâches destinées aux élèves, de production de fiches de préparation,

d'élaboration et organisation de documents d'évaluation... Les 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. Les usages des technologies dans ce cadre ont pour objectif de soutenir des apprentissages mathématiques. Ils tirent parti le plus souvent des logiciels spécifiques à la discipline ou constituent une utilisation spécifique de logiciels généraux. Dans ce troisième cadre, l'instrumentation de l'activité de l'enseignant s'articule avec une activité instrumentée des élèves.

Dans Abboud-Blanchard & Lagrange (2006), nous montrons que les usages dans le premier cadre s'installent rapidement (ou sont déjà présentes). Ils permettent 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. partie précédente) ou bien à une contrainte d'efficacité ne permettant pas les stratégies d'essais-erreurs. S'agissant d'enseignants débutants, il peut y avoir aussi la confiance a priori dans ce qui a été produit par ceux qu'ils estiment plus experts qu'eux.

Malgré une instrumentation personnelle en développement dans la sphère privée et hors-classe, les usages significatifs dans la classe semblent peu fréquents et l'instrumentation professionnelle insuffisante. Le troisième cadre est en effet le plus contraint. Les professeurs stagiaires semblent chercher à construire des usages compatibles à la fois avec des normes professionnelles perçues et leurs propres représentations des mathématiques et de leur enseignement. De plus, ils 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 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. 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 » (apport indéniable des technologies, changement des méthodes classiques d'enseignement, motivation des élèves...), sans réelle interrogation sur les spécificités relatives aux apprentissages mathématiques.

En prolongeant cette première recherche par une autre plus fine, par études de cas, nous avons repéré des évolutions, réelles et projetées, des usages au fil de l'année de stage (Abboud-Blanchard et al. 2013). Nous avons montré que ces évolutions sont d'une part déterminées par les représentations initiales des TICE chez les stagiaires et par la formation reçue au cours de l'année de stage, 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 que lorsque le stagiaire a pris conscience des problématiques didactiques liées à l'intégration des technologies en classe à travers ses propres expériences (Abboud-Blanchard & Lenfant-Corblin 2009).

3.2 Des genèses instrumentales aux genèses d'usages des technologies

Le concept de genèse instrumentale désigne le processus de transformation, pour un individu, d'un artefact donné en un instrument pour des utilisations données. Dans nos 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 (cf. plus haut). En effet, dans chacun des trois cadres, 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 des genèses d'usages des technologies incluant deux dimensions : personnelle et professionnelle. Le schéma ci-dessous représente les différentes genèses d'usages, entrelacées, complexes et différenciées :

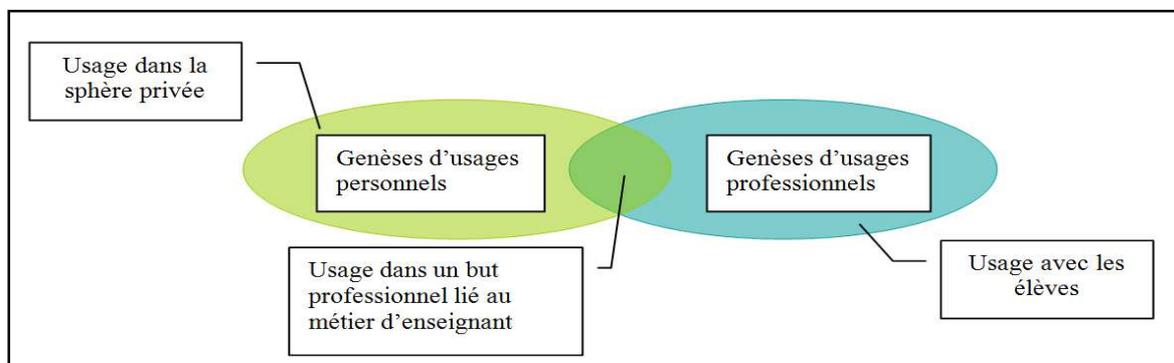


Fig 2 : Les différentes genèses d'usages des technologies

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 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 liées 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 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, comme nous l'avons souligné précédemment.

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.

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

Cette deuxième élaboration théorique trouve son origine dans notre participation au projet GUPTEn : « Genèses d'usages professionnels des technologies par les enseignants » (Lagrange et al. 2009). L'un des deux axes de travail : l'axe didactique du projet visait l'étude de l'activité de l'enseignant à travers les usages et les dispositifs dans lesquels ces usages s'inscrivent. 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, chacune de ces recherches ayant sa spécificité théorique. Notre essai de synthèse des résultats de ces différentes recherches nous a amenée à définir avec Vandebrouck (Abboud-Blanchard & Vandebrouck 2012) un construit théorique qui rend compte de la dynamique des genèses. Il se base à la fois sur la théorie de la double approche et l'approche instrumentale, toutes deux apparentées à la théorie de l'activité.

Comme nous l'avons détaillé dans la première partie de l'article, la stabilité des pratiques stipulée dans la double approche résulte notamment de la cohérence entre ce que recouvrent les cinq composantes. En plus de ces dernières et pour accéder aux évolutions individuelles de l'activité, la double approche prend en compte trois niveaux d'organisation permettant ainsi une lecture des pratiques recomposant les temporalités et les composantes. Ces trois niveaux d'organisation (micro, local et global) prennent à la fois en compte la temporalité et le grain - le niveau de détails- des activités enseignantes à analyser (Robert 2008).

Le niveau micro est celui des automatismes et des routines ; par exemple les gestes élémentaires, aussi bien pour la préparation que dans la gestion des séances.

Le niveau local est celui de la classe au quotidien. C'est le niveau correspondant au temps moyen de l'action, là où se rencontrent les préparations et les improvisations, le niveau de des adaptations de l'activité de l'enseignant à celle des élèves.

Le niveau global est celui des projets, des scénarios, des préparations et correspond au temps long de l'action.

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. En réponse à cette surcharge du niveau local, plusieurs phénomènes dynamiques se mettent en place que nous illustrons par le schéma suivant :

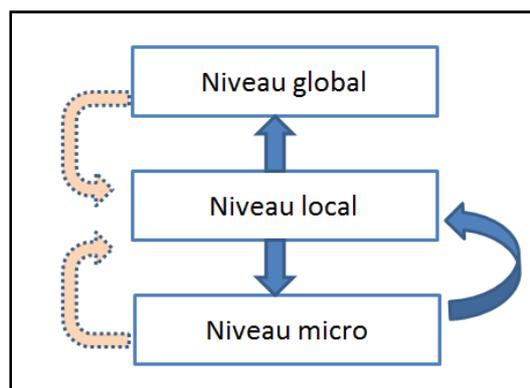


Fig 3 : Un modèle des genèses d'usages professionnels des technologies

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 répétés 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 technologiques). 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 (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.

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.

Enfin, 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 élaboration théorique vient enrichir la double approche en y ajoutant une modélisation dynamique permettant de rendre compte de l'évolution des pratiques enseignantes.

4. DISCUSSION : CORRELATION DES DEUX ELABORATIONS THEORIQUES ET RESULTATS CROISES

La décomposition ou la déclinaison des résultats de nos recherches selon les deux entrées précédentes nous a semblé nécessaire pour mieux comprendre les phénomènes observés et étudiés. Dans un premier temps, nous avons mis en évidence un cadrage théorique 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 un second temps, nous avons montré comment nous modélisons les évolutions des usages sur le long terme en distinguant des évolutions relatives aux trois niveaux d'organisation des pratiques : micro, local et global. Nous tentons dans cette partie de corréliser 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) 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. Evidemment 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

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 plus haut 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 destabilisé 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 que pour assister les phases de bilan. Drijvers (2010) 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.

Enfin, comme nous le soulignons 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 sur l'évolution des scénarios construits par des enseignants utilisant le logiciel de géométrie dynamique Cabri, Laborde (2001) 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 sur une longue durée (3 ans), l'auteure a pu y montrer une évolution en 6 étapes du rôle donné aux technologies dans les scénarios construits. Les enseignants conçoivent ainsi :

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 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. Notons que les enseignants que Laborde 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 3ème et la 4ème 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.

5. POUR CONCLURE. POUR ALLER PLUS LOIN...

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. Cependant, comme nous l'avons montré, 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 global³¹, 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 (cf. par exemple Ruthven 2014). 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. 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, 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, nous pensons qu'il devient essentiel 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 « ordinaires », mettre en avant des caractéristiques communes et des routines qui se mettent en place, étudier les évolutions des usages est un préalable que nous nous sommes fixé, et que nous proposons à la communauté des didacticiens de prendre en charge, pour mieux aborder les questions de formation des enseignants et de formation des formateurs³².

³¹ Evidemment, il faudrait prendre en compte la variété des problématiques, des méthodologies et des cadres théoriques pour pouvoir faire une comparaison détaillée

³² Pour plus de détails, voir le troisième chapitre de la note de synthèse (Abboud-Blanchard 2013)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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., CAZES C. & VANDEBROUCK F. (2007). Teachers' activity in exercises-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., (2009). 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., 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. & 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). *Les technologies dans l'enseignement des mathématiques. Etudes des pratiques et de la formation des enseignants. Synthèses et nouvelles perspectives*. Note de synthèse pour l'Habilitation à Diriger des Recherches. Université Paris Diderot.
- ABBOUD-BLANCHARD M., LENFANT-CORBLIN A. & PARZYSZ B. (2013). 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-PEZARD 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.
- ABBOUD-BLANCHARD M. (2014). 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* (pp. 297-318). London : Springer.
- 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. (2011). L'impact curriculaire des technologies sur l'éducation mathématique. In actes du XIII CIAEM-IACME, Recife, Brasil.
- 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.
- 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.
- DRIJVERS P. (2011). From 'work-and-walk-by' to 'shepa-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.
- GUIN D. & TROUCHE L. (Eds.). (2002). *Calculatrices symboliques. Faire d'un outil un instrument du travail mathématique, un problème didactique*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- LABORDE C. (2001). The use of new technologies as a vehicle for restructuring. In F.-L. Lin et T.J. Cooney (Eds.), *Making sense of mathematics teacher education* (pp. 87-109). Netherlands : Kluwer academic publishers.
- 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.
- 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. (2004), Teachers' activities in technology-based mathematics lessons. *The International Journal of computers for mathematical learning*, vol.9, 327-357.
- RABARDEL R. (1995). *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Ed. Armand Colin.
- RABARDEL P. & PASTRE 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. & 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.
- 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. (2010). Constituer les outils et les supports numériques en ressources pour la classe. In Gueudet et Trouche (Eds.). *Ressources vives, le travail documentaire du professeur* (pp.183-199). France : Presses Universitaires de Rennes.
- RUTHVEN K. (2014). Frameworks for analyzing the expertise that underpins successful integration of digital technologies into everyday teaching practice. In A. Clark-Wilson, O. Robutti & N. Sinclair (Eds.), *The Mathematics Teacher in the Digital Era: An International Perspective on Technology Focused Professional Development* (pp. 373-394). London : Springer.
- 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.