

CADRES THEORIQUES POUR ANALYSER L'ACTIVITE INSTRUMENTEE DE L'ENSEIGNANT DE MATHEMATIQUES

Maha **ABBOUD**

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

Janine **ROGALSKI**

rogalski.muret@gmail.com

Laboratoire de Didactique André Revuz

Résumé

L'utilisation des technologies numériques en classe de mathématiques continue à se développer. Cependant, cette utilisation reste complexe et demeure régie par des incertitudes lors des mises en place avec les élèves même quand les séances sont bien préparées en amont. Cet article présente des cadres et des outils théoriques pour analyser l'activité d'enseignants lors de séances intégrant des logiciels de mathématiques. Nous présentons d'abord notre cadre théorique et nous le comparons ensuite à un autre, proche, anglais. Nous montrons ensuite que malgré la différence des contextes, des notions mathématiques en jeu et des choix méthodologiques, les résultats en termes d'analyse des pratiques enseignantes sont très proches. Ils participent à la compréhension de la complexité de l'intégration des technologies dans les pratiques ordinaires des enseignants et des décisions qu'ils sont amenés à prendre in situ et sur le long terme.

Mots clés

Technologies, enseignants, activité, tensions, perturbations, hiccups

Préambule

Ce texte ne reprend pas exactement l'exposé fait lors du séminaire national de février 2018. La recherche qui a été présentée lors du séminaire a déjà fait l'objet d'un article détaillé publié dans le n° 37 de la revue RDM (Abboud & Rogalski, 2017) auquel nous renvoyons le lecteur. Nous choisissons pour le texte présent de discuter d'une comparaison avec un cadre théorique anglais portant sur la même thématique de recherche et que nous avons évoqué, sans le détailler, dans notre exposé oral. Cette comparaison a été faite conjointement avec les collègues anglais au sein d'un projet commun franco-anglais, dont les résultats feront l'objet d'un numéro spécial de la revue *Annales de didactique et de sciences cognitives* (Abboud & Coles (Ed.), 2018).

I. INTRODUCTION

L'intégration de la technologie dans le travail de classe est un processus complexe pour les enseignants (Hoyles & Lagrange, 2005 ; Clark-Wilson, Robuti & Sinclair, 2014). Des études qui ont déjà exploré la nature de cette complexité (Abboud-Blanchard, 2013 ; Clark-Wilson,

2010) ont montré le besoin de cadres théoriques et d'outils méthodologiques qui permettraient à la fois aux chercheurs de comprendre la complexité des pratiques enseignantes et aux formateurs d'aider les enseignants à développer ces pratiques en conséquence.

En Angleterre comme en France, les enseignants de mathématiques ont introduit dans leurs pratiques des environnements numériques en vue d'aider les élèves à s'engager dans l'étude des notions mathématiques et de leur donner du sens (Ruthven, Hennessy & Deane, 2008). Les enseignants, suivant souvent en cela les recommandations du curriculum, conçoivent des tâches basées sur l'utilisation d'environnements numériques où les élèves travaillent sur le mode de l'investigation, impliquant d'abord l'émission de conjectures visant ensuite la généralisation. Toutefois, cette ouverture à l'exploration des élèves conduit les enseignants à rencontrer le défi pédagogique de gérer les réponses multiples des élèves et leurs interactions avec ces environnements. Dans ce papier, nous présentons et comparons deux cadrages théoriques différents visant à analyser l'activité de l'enseignant dans ces environnements.

Le premier cadre (le contexte français) s'appuie à la fois sur la Double Approche (Robert & Rogalski, 2005) étendue aux environnements technologiques (Abboud-Blanchard, 2013) et sur l'Approche Instrumentée (Rabardel, 1995). Ce cadre, considère l'utilisation de la technologie par l'enseignant comme une gestion d'un environnement dynamique 'ouvert' (qui accroît les incertitudes de l'enseignant dans la classe). Y sont introduites, les notions de tensions et de perturbations de l'itinéraire cognitif prévu pour les élèves qui permettent d'analyser finement l'activité des enseignants en classe (Abboud & Rogalski, 2017).

Le second cadre (le contexte anglais) s'appuie sur la théorie de Vérillon et Rabardel (1995) de l'activité instrumentée du sujet dans des environnements avec médiation technologique. Il introduit la notion théorique de '*hiccup*',¹ qui décrit la rupture épistémologique que rencontre l'enseignant lorsqu'il développe sa connaissance professionnelle à travers sa pratique, développement stimulé par l'utilisation que font les élèves des technologies (Clark-Wilson, 2010).

Les deux cadres relèvent tous les deux de la théorie de l'activité instrumentée (Rabardel, 1995). Nous explorons leurs différences en ce qui concerne la relation entre chercheurs et enseignants dont l'activité est étudiée. En particulier, deux points de vue différents sont utilisés dans la manière dont chacun 'entre' dans la classe de mathématiques pour essayer de comprendre les aspects de la connaissance des enseignants (et celle des élèves) qui sont en jeu dans l'utilisation de la technologie. Alors que le contexte, les objectifs de la recherche et les outils théoriques et méthodologiques diffèrent, il apparaît que les résultats (en termes de pratiques des enseignants) sont proches dans les deux cadres. Cela soulève la question de savoir si on peut connecter les deux perspectives théoriques et, si oui, comment.

II. CADRE ET CONTEXTE FRANÇAIS

Comme précisé plus haut, le texte de cette partie est basé sur des extraits d'un article paru dans RDM (Abboud & Rogalski, 2018)

¹ En anglais, le mot « hiccup » (hoquet en français) a un sens supplémentaire : petit problème ou difficulté qui ne dure pas longtemps.

L'objectif de cette recherche est de comprendre ce qu'expérimente un enseignant "ordinaire" utilisant un outil technologique d'une façon non régulière mais en essayant de l'intégrer dans la pratique habituelle de la classe. D'une part, nous cherchons à identifier ce qui détermine le choix des tâches/activités prévues de l'élève et leur devenir pendant le déroulement de la séance. D'autre part, nous visons à analyser l'activité de l'enseignant pendant le déroulement de la séance en étudiant les caractéristiques de la gestion qu'il met en place pour maintenir les élèves dans l'itinéraire cognitif prévu (Robert et Rogalski, 2005), les incertitudes qu'il éprouve et qui sont inhérentes à ce type d'environnement dynamique ouvert (Rogalski, 2003).

Nous situons notre travail dans le cadre de la double approche ergonomique et didactique (Robert et Rogalski, 2002, 2005) et l'adaptation qui en avait été faite pour l'étude de l'activité de l'enseignant utilisant les technologies par Abboud-Blanchard (2013, 2015). La double approche 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. En nous plaçant dans le cadre de la théorie de l'activité, nous reprenons aussi à notre compte l'idée développée par Beguin et Rabardel (2000) que la relation entre le sujet (pour nous : l'enseignant) et l'objet de son activité (le rapport entre savoir mathématique et élève) passe par la médiation de l'instrument et que ce dernier n'est pas neutre.

Nous introduisons une notion centrale pour les analyses que nous effectuons : il s'agit de la notion de tensions. Ce sont des manifestations de conflits entre la visée de l'enseignant de maintenir l'itinéraire cognitif voulu et la nécessité de s'adapter aux phénomènes qui surgissent et qui sont dus à la dynamique de la situation de classe. Ces tensions, lorsqu'elles ne sont pas gérées ou le sont de façon inappropriée conduisent à des perturbations qui éloignent le travail mathématique en classe de l'itinéraire prévu.

Dans notre approche, nous nous séparons de la manière dont Kaptelin et Nardi, (2012) utilisent les termes de tensions et de perturbations, dans leur sens commun, quand ils présentent le concept de contradictions qui est central dans le cadre théorique d'Engeström pour étudier comment les systèmes d'activité se développent (Engeström, 2008). La contradiction comme moteur de développement du système d'activité enseignant concernerait éventuellement le long terme de la vie professionnelle, mais nous considérons ici le court terme de la situation de classe.

Dans notre approche, la notion de tension relève non pas d'une contradiction mais est liée à une "compétition" entre les buts de l'enseignant. Un exemple typique en est celui de la tension entre poursuivre l'itinéraire cognitif prévu pour la séance et traiter une erreur qui peut être largement partagée et nécessiterait un retour en arrière (remise à niveau). Nous considérons dans cet article des tensions et perturbations relatives au niveau local d'une séance de classe ; néanmoins il existe des tensions à un niveau plus global de l'activité de l'enseignant. Un exemple classique en est la tension entre « finir le programme » et assurer des acquisitions conceptuelles chez tous les élèves.

En reprenant le schéma de l'activité instrumentée de Beguin et Rabardel (2000) dans le contexte d'un enseignant préparant sa séance avec un outil technologique puis en la menant avec sa classe, nous pouvons illustrer notre propre utilisation des notions de tensions et perturbations comme suit :

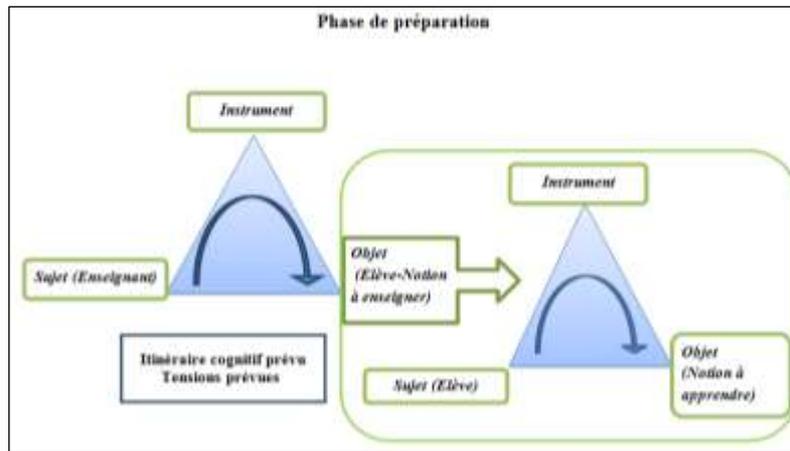


Figure 1 : Activité instrumentée de l'enseignant en phase de préparation.

Lors de la phase de préparation, l'objet de l'activité de l'enseignant est le rapport élève-notion à enseigner, la relation avec cet objet étant médiée par un instrument technologique, voire par un ensemble d'instruments (technologique et papier/crayon). Il y envisage un itinéraire cognitif prenant en compte l'activité instrumentée supposée de l'élève. Sa genèse d'usages, personnel et professionnel, des technologies (Abboud-Blanchard, 2013) y joue un grand rôle. Il peut ainsi prévoir des tensions qui peuvent survenir et les façons de les gérer. Un exemple fréquent en est lorsque les élèves partent dans une stratégie d'essais-erreurs qui se déroulent très rapidement, sans réelle analyse de la rétroaction de la machine. On a observé plusieurs fois que dans ces cas, l'enseignant prévoit de demander aux élèves de mettre par écrit (sur papier) les essais qu'ils ont faits ainsi que leurs issues (Abboud-Blanchard, Cazes & Vandebrouck, 2013).

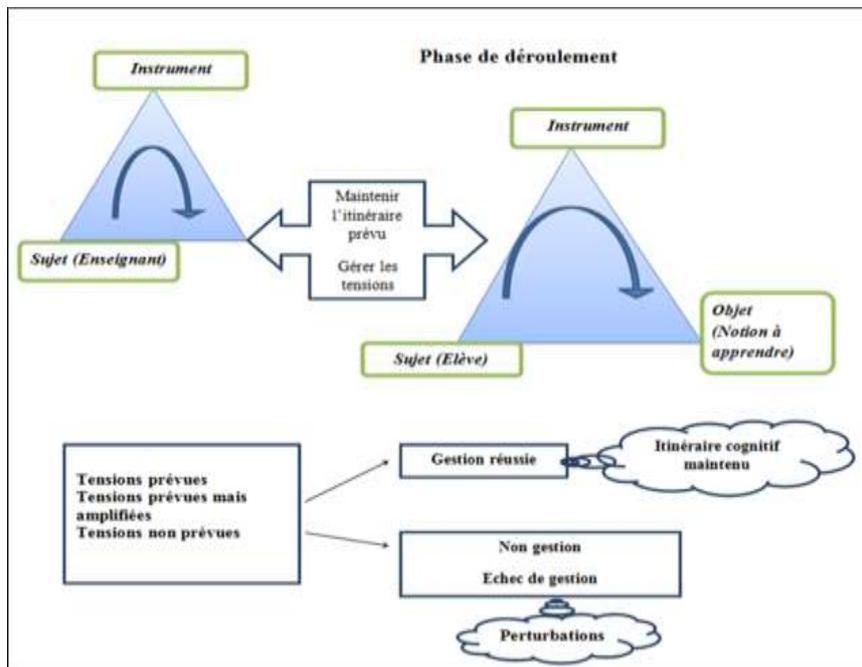


Figure 2 : Tensions et perturbations dans l'activité instrumentée de l'enseignant dans la phase de déroulement.

Pendant la phase de déroulement en classe, l'activité de l'enseignant entre en interaction avec l'activité de l'élève et sa relation avec la notion à apprendre, médiée par les instruments de l'élève (prévus ou non par l'enseignant). Dans le cas de l'utilisation d'un instrument technologique, l'enseignant est souvent confronté à des tensions dues au rôle que

l'environnement technologique joue dans l'activité de l'élève. Certaines de ces tensions surgissent comme prévu lors de la préparation et l'enseignant en a anticipé la gestion, qu'il met en œuvre. Elles peuvent également avoir été prévues mais apparaître d'une façon amplifiée non attendue. D'autres enfin n'ont pas été prévues. Dans les deux derniers cas, deux issues sont possibles. Soit, l'enseignant arrive à maintenir l'itinéraire prévu en gérant la tension a minima ou a maxima. Cette gestion de l'imprévu est souvent due à des routines de sa pratique et/ou à une genèse avancée d'usage professionnel des technologies. Soit, l'enseignant n'arrive pas, ou gère mal, la tension ce qui conduit à des perturbations faisant dévier l'itinéraire cognitif prévu des élèves. Notons que les tensions peuvent concerner les différents pôles du système et présenter différentes formes (cognitive, pragmatique, temporelle ou relative au contrat didactique).

Dans la dynamique de l'activité de l'enseignant, des tensions peuvent avoir été anticipées, avec des réponses préparées ; elles peuvent être non prévues, et dans ce cas soit être traitées en temps réel par l'enseignant qui met en œuvre des routines, soit identifiées mais sans que l'enseignant ait les moyens d'y faire face immédiatement, soit non perçues sur le moment. Dans les deux derniers cas, il va se produire des perturbations, au sens où le déroulement va diverger de l'itinéraire cognitif prévu.

Une tension prévue par l'enseignant dans l'activité instrumentée des élèves peut être un déterminant de l'itinéraire cognitif prévu et des formes de déroulement.

Certaines des tensions non prévues par l'enseignant l'amènent à prendre des décisions in situ qui vont réorienter son activité effective par rapport à l'activité didactique qu'il avait prévue. Il peut réagir en se focalisant sur le traitement de la tension, en perdant de vue son objectif didactique principal. Moins l'enseignant est familier avec l'instrument utilisé, plus le nombre des tensions non prévues est important et plus le traitement de ces tensions risque de se traduire par des perturbations dans l'activité prévue (aussi bien de l'enseignant que de l'élève).

Nous faisons l'hypothèse que comprendre et qualifier ces tensions et ces perturbations est essentiel pour décrire la dynamique des relations entre les différents éléments du système de l'activité et appréhender les difficultés des enseignants lors de l'intégration d'un instrument technologique. Ceci nous permettra aussi de comprendre les facteurs déterminant le développement professionnel de l'enseignant relativement à l'usage des technologies.

1. Des choix méthodologiques

Nous nous sommes refusés à formater les modes d'observation du travail des enseignants, au risque sinon de le perturber ou même de dénaturer- ce qui serait particulièrement problématique pour la recherche : nous n'aurions plus l'activité "naturelle" de l'enseignant, mais une activité sous contrainte. Nous avons donc laissé une large latitude aux enseignants sur les modes d'enregistrement et sur le choix des séances. Pour la constitution des données, nous avons choisi de partir d'enregistrements ne faisant pas intervenir les chercheurs dans la classe. Les enseignants s'enregistrent (vidéos) eux-mêmes ou se font enregistrer par un collègue, en choisissant leur séance : il s'agit de réduire au maximum l'influence d'un observateur chercheur sur les activités (enseignant / élèves) dans la classe. Les enseignants fournissent également des documents de préparation de la séance, et d'autres utilisés au cours de la séance (les leurs et parfois des documents "élèves"). Des entretiens différés (pour éviter des interventions sur la séance étudiée) peuvent spécifiquement concerner ou non les séances, mais visent l'accès à des déterminants personnels et sociaux de l'activité de l'enseignant.

III. CADRE ET CONTEXTE ANGLAIS

Nous traduisons ici librement des extraits d'un article écrit conjointement avec Alison Clark-Wilson (Abboud et al., 2018)

Le but de ce travail de recherche est d'étudier la manière dont les enseignants de mathématiques de l'enseignement secondaire apprennent de leurs expériences de classe pour s'approprier de nouveaux outils technologiques dans leur enseignement (Clark-Wilson 2010 ; Clark-Wilson & Noss, 2015). Au point de départ se trouve la théorie de l'Activité Instrumentée de Vérillon et Rabardel (1995) qui a été adoptée pour avoir des idées sur la nature des interactions entre le Sujet (ici, le focus a été fortement mis sur l'enseignant), l'Instrument (l'outil technologique choisi dans la classe) et l'Objet de l'activité (l'enseignement d'un contenu de mathématique en classe).

Le développement professionnel des enseignants est conceptualisé comme un « apprentissage situé », l'enseignant développant sa connaissance professionnelle 'dans et à travers' sa pratique de classe (Lave 1988). Cette connaissance professionnelle concerne les notions mathématiques en jeu, comment elles sont enseignées et apprises, quelles ressources peuvent être utilisées en plus de la connaissance institutionnelle du curriculum.

Les analyses de soixante-six leçons d'une cohorte de quinze enseignants sur la période d'une année scolaire ont montré que les enseignants rapportaient régulièrement (dans leurs réflexions d'après séance) qu'ils avaient rencontré dans leur classe des incidents qu'ils n'avaient pas anticipé dans la préparation de la séance. Ces '*hiccups*' ont été définis comme les perturbations vécues par les enseignants pendant la séance, qui sont déclenchées par l'utilisation de la technologie, et qui semblaient éclairer des discontinuités dans leur connaissance et ouvrir des opportunités pour leur développement épistémologique (Clark-Wilson, 2010). L'idée principale de ce nouveau concept théorique est que l'enseignant doit avoir repéré le hiccup pour pouvoir développer sa pratique. En effet, on peut interpréter les hiccups comme des éléments contribuant de manière cruciale d'un apprentissage professionnel situé de l'enseignant.

1. Des choix méthodologiques

Le point central de la méthodologie utilisée dans la recherche a été d'utiliser une approche ethnographique pour observer de près les mises en œuvre en classe, les réflexions sur les tâches et le développement des enseignants. Pour cela, il a fallu développer avec les enseignants une relation professionnelle assez proche pour qu'ils se sentent suffisamment en confiance avec le chercheur pour qu'il observe et enregistre leur enseignement, et pour qu'ils s'expriment librement dans des entretiens et échanges après les séances de classe. De plus, les enseignants ont partagé avant les séances les éléments de préparation (les fichiers informatiques, les transparents de présentation, le plan écrit de la séance, le travail des élèves). Après les séances, ils ont rédigé une réflexion sur leur enseignement, qui a souvent inclus une tâche redéfinie.

IV. CONTRASTE ET COMPARAISON DES DEUX CADRES

Si on contraste les études anglaise et française, une différence majeure est relative au positionnement des chercheurs. Dans l'étude anglaise, c'est une relation 'd'intériorité' qui est établie entre le chercheur et l'enseignant participant, ce qui est appelé « un processus itératif de conception, innovant, appuyé sur une base théorique – pour obtenir des résultats développementaux fiables » (Jaworski, 2004 – notre traduction). Dans l'étude française, les chercheurs travaillent à partir de vidéos d'une séance choisie par l'enseignant, et identifient les tensions et perturbations d'un point de vue 'extérieur'. Même si des interactions entre les chercheurs et l'enseignant peuvent avoir lieu ultérieurement, l'enseignant n'est pas impliqué dans le processus de recherche, et est considéré comme un enseignant 'ordinaire'. Le processus de recherche vise une certaine généralisation pour l'analyse de l'activité de l'enseignant et pour la formation.

Un second contraste concerne la manière dont les incidents de classe sont identifiés et situés dans un cadre théorique. Dans la recherche anglaise, les hiccups sont considérés comme un 'construit' épistémologique permettant d'identifier des aspects de l'apprentissage professionnel (mathématique) de l'enseignant. En comparaison, l'étude française considère l'existence de tensions (et de perturbations possibles) comme inhérente aux caractéristiques de la situation de l'enseignement impliquant des environnements technologiques – comme outils à la fois pour l'enseignant et pour ses élèves. La recherche n'est pas centrée sur l'évolution de la connaissance professionnelle de l'enseignant mais sur la dynamique de la gestion des tensions, et sur les facteurs influençant cette dynamique : d'une part, elle dépend des 'contingences' de la vie mathématique de la classe, et d'autre part, elle est orientée par plusieurs types de déterminants de l'activité de l'enseignant (des déterminants institutionnels à des déterminants personnels).

De la comparaison entre les analyses relatives aux deux cadres plusieurs thèmes émergent qui concernent les perspectives théoriques respectives, les approches méthodologiques, l'unité pertinente d'analyse, les issues de la recherche et les visées à long terme. La discussion va ici aborder chacun de ces thèmes.

En termes de perspectives théoriques, dans la recherche anglaise, la notion de 'hiccup' est employée pour mettre en relation l'apprentissage professionnel des enseignants au cours du temps lorsqu'ils intègrent la technologie numérique dans leurs séances de mathématiques. Dans la recherche française, l'idée des tensions et perturbations vise une compréhension meilleure des questions impliquées dans l'intégration de la technologie dynamique mathématique dans les séances conduites par des enseignants 'ordinaires'.

La méthodologie de la recherche française comporte l'analyse de cours basée sur un enregistrement vidéo de la séance, avec un entretien post-séance avec l'enseignant (offrant des informations sur les déterminants de ses pratiques), l'analyse des tâches proposées aux élèves et de la manière dont il les met en œuvre dans la classe. Dans la recherche anglaise, la méthodologie implique des entretiens avant et après la séance, l'observation de la séance (enregistrée par ailleurs par vidéo), avec l'analyse des artefacts tels que le plan de l'enseignant pour la séance, les fichiers informatiques, les productions des élèves, etc.

Étant donnée la perspective théorique de la recherche anglaise, l'unité d'analyse est l'apprentissage professionnel individuel de l'enseignant. Ici, la 'granularité' est à la fois 'micro' en termes d'analyse détaillée de chaque 'hiccup' et 'macro' en cherchant à identifier

les trajectoires d'apprentissage des enseignants au cours du temps relatives à leur connaissance mathématique, technologique et pédagogique. Dans la recherche française, étant donnée la perspective théorique, l'unité d'analyse est l'anticipation et l'adaptation dans la mise en œuvre de la leçon de la part de l'enseignant observé. La granularité est 'micro' quant à l'analyse détaillée des tensions et des perturbations, 'meso' en termes d'analyse des adaptations par l'enseignant durant la séance elle-même et dans une séance ultérieure, et 'macro' en termes d'inférences sur les déterminants de l'activité de l'enseignant.

L'intention à long terme de chacun des projets est de produire une compréhension plus profonde des moyens par lesquels les enseignants utilisent les outils mathématiques technologiques, de sorte à outiller la conception et la mise en œuvre d'activités orientées vers le développement professionnel. Du côté anglais, l'hypothèse est qu'il pourrait être possible de traiter des types de 'hiccups' courants dans les tâches professionnelles des enseignants en formation initiale ou continue pour encourager la réflexion sur et par la pratique de classe. Du côté français, un but supplémentaire est de produire des outils théoriques et méthodologiques qui puissent être utilisés par les formateurs de manière à améliorer leur compréhension de la complexité des pratiques d'enseignants ordinaires relatives à la technologie et d'adapter en conséquence leur pratiques de formation. Les entreprises communes aux deux approches contribuent à répondre à l'appel fait par Sinclair et al. (2016, p. 704) à « poursuivre les recherches sur la préparation que font les enseignants [dans l'usage de la technologie] pour les aider à assurer à leurs élèves une meilleure compréhension des notions et de la théorie géométriques » (notre traduction²).

V. CONCLUSION

En conclusion, comme le montrent les éléments de discussion présentés ci-dessus, les études française et anglaise éclairent les deux faces d'une même pièce, celle des pratiques d'enseignants avec la technologie numériques en classe. En effet, l'analyse française est plus particulièrement orientée vers les raisons qui produisent des tensions et des perturbations, alors que l'analyse anglaise met l'accent sur les conséquences de 'hiccup' pour l'apprentissage professionnel de l'enseignant.

Alors que le contexte (des 'classes ordinaires') et les intentions à long terme des deux études (contribuer aux cadres théoriques à propos de l'intégration de la technologie) sont convergentes, les complexités de l'intégration de la technologie dans les classes de mathématiques sont éclairées de manière qui explique les décisions de l'enseignant en classe et au cours du temps. En contrastant les deux études nous avons mis en lumière les nombreux défis auxquels les enseignants sont confrontés pour intégrer la technologie dans leur classe.

Dans ce texte, nous avons montré comment les hiccups, tensions et perturbations qui ont lieu lors de l'intégration des technologies numériques dans la classe de mathématique conduit à un apprentissage pour l'enseignant. Cependant, ces mêmes hiccups, tensions et perturbations peuvent potentiellement éloigner définitivement l'enseignant de l'utilisation de cette technologie ou le conduire à une utilisation a minima. Jones (2011, p. 44) a proposé le notion de 'canalisation', un terme utilisé pour indiquer qu'il y a une voie normale de développement, pour rendre compte de l'idée que quand les complexités de l'introduction de la technologie

² Develop « further research on the preparation of teachers [in the use of technology] to help them ensure that students gain deeper understanding of geometrical concepts and theory ».

dans la classe de mathématiques sont mieux connues, alors l'utilisation de cette technologie « *a plus de chance d'atteindre un point de non-retour et de conduire l'enseignement sur une voie radicalement nouvelle* » [notre traduction³]. Notre recherche contribue à une meilleure compréhension des complexités d'une telle intégration de la technologie dans la classe de mathématiques vers ce qui pourrait être un tel point de non-retour.

La théorisation que montrent les études française et anglaise est issue de l'analyse de séances utilisant des technologies numériques. Toutefois, les notions théoriques élaborées (hiccups, tensions, perturbations) peuvent tout à fait être utiles pour analyser des séances de classe dans lesquelles les technologies numériques ne sont pas utilisées. Cela appelle une validation par des études ultérieures.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 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, M., CLARK-WILSON, A., JONES, K. & ROGALSKI, J. (2018). Analysing teachers' classroom experiences of teaching with dynamic geometry environments: Comparing and Contrasting two approaches. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, Special English-French issue, 93-118.
- ABBOUD, M. & COLES, A. (EDS.) (2018). Anglo-French use of theory in mathematics teaching, teaching development and teacher education. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, Special English-french issue.
- ABBOUD-BLANCHARD, M., CAZES, C. & VANDEBROUCK, F. (2013). Théorie de l'activité et double approche : genèses d'usage de bases d'exercices en ligne. In J.B. Lagrange (Ed.), *Les technologies numériques pour l'enseignement : usages dispositifs et genèses* (pp. 37-54). Toulouse : Octarès.
- ABBOUD, M. & ROGALSKI, J. (2017). Des outils conceptuels pour analyser l'activité de l'enseignant "ordinaire" utilisant des technologies en classe. *Recherches en didactique des mathématiques*, 37 (2/3), 161-216.
- BEGUIN, P. & RABARDEL, P. (2000). Concevoir pour les activités instrumentées. *Revue d'intelligence artificielle*, 14(1-2), 35-54.
- CLARK-WILSON, A. (2010). Emergent pedagogies and the changing role of the teacher in the handheld mathematics classroom. *ZDM mathematics education*, 42(7), 747-761.
- CLARK-WILSON, A. & NOSS, R. (2015). Hiccups within technology mediated lessons: a catalyst for mathematics teachers' epistemological development. *Research in Mathematics Education*, 17(2), 92-109.
- CLARK-WILSON, A., ROBUTTI, O. & SINCLAIR, N. (EDS.) (2014). *The Mathematics Teacher in the Digital Era: An International Perspective on Technology Focused Professional Development*. London: Springer.
- ENGESTRÖM, Y. (2008). Quand le centre se dérobe : la notion de knotworking et ses promesses. (When the center does not hold: The concept and prospects of knotworking). *Sociologie du travail*, 50, 303-330.
- HOYLES, C. & LAGRANGE, J.B. (EDS.) (2010). *Digital technologies and mathematics education. Rethinking the terrain. The 17th ICMI Study*. New York: Springer.
- JAWORSKI, B. (2004). Insiders and outsiders in mathematics teaching development: the design and study of classroom activity. *Research in Mathematics Education*, 6, 3-22.
- JONES, K. (2011). The value of learning geometry with ICT: lessons from innovative educational research. In A. Oldknow & C. Knights (Eds), *Mathematics Education with Digital Technology* (pp. 39-45). London: Continuum.
- KAPTELIN, V. & NARDI, B. (2012). *Activity Theory in HCI: Fundamentals and reflections*. Morgan and Claypool.
- LAVE, J. (1988). *Cognition in practice: mind, mathematics and culture in everyday life*. New York: Cambridge University Press.
- RABARDEL P. (1995). *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- RUTHVEN, K., HENNESSY, S., & DEANEY, R. (2008). Constructions of dynamic geometry: A study of the interpretative flexibility of educational software in classroom practice. *Computers and Education*, 51(1), 297-317.
- ROBERT, A. & ROGALSKI, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche. *La Revue Canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies (RCESMT / CJSMT)*, 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.

³ Technology use « may be more likely to reach a 'pipping point' and move the pathway of education to a radically new route ».

- ROGALSKI, J. (2003). Y a-t-il un pilote dans la classe ? Une analyse de l'activité de l'enseignant comme gestion d'un environnement dynamique ouvert. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 23(3), 343-388.
- SINCLAIR, N., BUSSI, M. G. B., DE VILLIERS, M., JONES, K., KORTENKAMP, U., LEUNG, A. & OWENS, K. (2016). Recent research on geometry education: an ICME-13 survey team report. *ZDM: Mathematics Education*, 48(5), 691-719
- VERILLON, P. & RABARDEL, P. (1995). Cognition and artefacts: A contribution to the study of thought in relation to instrumented activity. *European Journal of Psychology of Education*, 10(1), 77-102.