



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

De la classe traditionnelle à la classe intégrant le TNI

Perspectives croisées sur des pratiques effectives d'enseignement observées dans des classes de mathématiques au secondaire

Auteurs

Souleymane Barry, Professeur, Université du Québec à Chicoutimi, Canada,

souleymane.barry@uqac.ca

Katryne Ouellet, Professeure, Université du Québec à Trois-Rivières, Canada,

Katryne.Ouellet@uqtr.ca

Étienne Perron, Conseiller pédagogique, Centre de services scolaire De La Jonquière, Canada,

etienne.perron@csjonquiere.qc.ca



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

Résumé

Nous revisitons la question de la valeur ajoutée des TIC en contrastant ce qui se passe dans la classe traditionnelle avec la réalité de la classe intégrant les TIC. Les données collectées et analysées sont issues d'une recherche collaborative faite avec des enseignants de mathématiques au secondaire. Nous avons mis en évidence un risque de régressions de l'activité mathématique en classe TIC en dépit des nombreux avantages liés à l'intégration des TIC. Nous proposons de mieux accompagner les enseignants utilisant les TIC afin de bien les outiller à faire face aux phénomènes d'appauvrissement ou d'enrichissement de l'activité et de l'outil.

Mots-clés : intégration des technologies éducatives ; pratiques d'enseignement ; enseignement des mathématiques au secondaire ; approche instrumentale ; tableau numérique interactif



Problématique

Présentement, au Québec et ailleurs, un des enjeux éducatifs importants est le passage de plus en plus incontournable de la classe traditionnelle à la classe intégrant les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC)¹. Ces deux types de classe cohabitent et cristallisent des points de vue plus ou moins tranchés dans le milieu éducatif quant à la prétendue « valeur ajoutée » des TIC dans l'apprentissage (Ferneding, 2004 ; Karsenti, Savoie-Zajc et Larose, 2001 ; Larose et Karsenti, 2002 ; Livingstone, 2011 ; Way et Webb, 2009). Dans l'optique de mettre en perspective ces points de vue et surtout de contribuer à mieux baliser l'intégration des TIC dans l'enseignement des mathématiques au secondaire, cet article revisite certaines questions anciennes, mais toujours d'actualité, tel que l'accompagnement des enseignants des classes traditionnelles désireux de faire le saut vers une classe intégrant les TIC, mais également l'accompagnement des enseignants utilisant déjà les TIC et confrontés au défi de mieux les intégrer.

Eu égard à l'intégration des TIC dans la classe de mathématiques, plusieurs études en soulignent les effets bénéfiques pour les élèves et pour les enseignants (Confrey et al., 2010 ; Hedi, 1988 ; Hoyles et Lagrange, 2010 ; Lebrun, 2011). Toutefois, cette intégration ne va pas de soi et pose des défis importants aux élèves et aux enseignants. En effet, l'utilisation des TIC modifie considérablement l'activité des élèves et des enseignants ; ces derniers ayant besoin d'un accompagnement spécifique et sont encore nombreux à manifester une certaine résistance à intégrer les TIC dans leur enseignement (Artigue, 1997 ; Lagrange et Erdogan, 2009). Dans le but de faire de l'intégration des TIC dans les classes de mathématiques une réalité, la littérature scientifique, à notre connaissance, met en évidence l'importance de l'accompagnement à la fois pour les élèves et les enseignants (Ledoux, 2014 ; Raby, 2004). Cependant, à l'intérieur de ces travaux, il n'y a que très peu de choses portant sur les perspectives des enseignants par rapport à cette intégration. Pour pallier cela, l'option prise dans notre recherche a été de prendre davantage en compte les perspectives des acteurs sollicités par l'intégration des TIC, en l'occurrence les enseignants des deux types de classe qui sont en mesure, comme le montrent certaines études (Barry, 2009 ; Bednarz, Poirier, Desgagné et Couture, 2001), de mobiliser des ressources et des cadres de référence qui éclairent sur la viabilité des situations à exploiter en classe.

Pour ce qui est des questions de recherche auxquelles nous avons essayé de répondre dans notre étude, elles se déclinent ainsi : a) *Les apprentissages mathématiques réalisés dans des classes intégrant les TIC*

¹ Afin d'alléger la suite de l'article, nous écrirons souvent « classe sans TIC » concernant la classe traditionnelle et « classe TIC » ou « classe TNI » pour désigner la classe intégrant les TIC. Notez que l'abréviation TNI a pour signification « tableau numérique interactif ».



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

sont-ils différents, plus complexes, meilleurs que ceux observés dans des classes traditionnelles, et ce, au regard des concepts, processus et compétences mathématiques à développer par les élèves²?; b) Les pratiques effectives d'enseignement observées dans des classes intégrant les TIC sont-elles différentes, plus complexes, meilleures que celles observées dans des classes traditionnelles, et ce, au regard des compétences professionnelles à développer par les enseignants³? Avec de telles interrogations de recherche, nous voulons questionner la valeur ajoutée des TIC en termes des apprentissages faits par les élèves et des pratiques mobilisées par les enseignants, et ce, en contrastant volontiers ce qui se passe dans la classe traditionnelle avec la réalité de la classe intégrant les TIC. Pour la suite de cet article, nous présenterons quelques concepts importants orientant notre recherche, puis nous poursuivrons avec la méthodologie et les résultats obtenus au terme de l'étude. Ces résultats feront finalement l'objet d'une discussion dans la dernière section.

Cadre théorique

L'approche instrumentale (Rabardel, 1995 ; Trouche, 2004) offre une lecture intéressante de l'utilisation du TNI dans la classe de mathématiques. En effet, au cours de l'activité de l'élève ou de l'enseignant, le TNI devient un *instrument* par un processus que Rabardel (1995) nomme la *genèse instrumentale*. D'une part, les contraintes du TNI vont structurer l'activité de l'utilisateur (élève ou enseignant) par un processus d'*instrumentation* et, d'autre part, l'utilisateur va s'appropriier le TNI et l'adapter à ses habitudes de travail par un processus d'*instrumentalisation*. Ces deux processus peuvent occasionner des phénomènes d'enrichissement ou d'appauvrissement à la fois du TNI et de l'activité mathématique. Les enseignants ont alors un rôle important à jouer dans le développement des genèses instrumentales. À cet égard, Trouche (2004) propose la notion d'« orchestration instrumentale », c'est-à-dire la mise en place par les enseignants de dispositifs permettant de guider la constitution des instruments des élèves et de faciliter le contrôle de ces instruments. Dans le point suivant, nous passons rapidement en revue quelques modèles intéressants en lien avec différents niveaux d'utilisation du TNI par les enseignants TIC.

Selon les principaux modèles (Beauchamp, 2004 ; Glover, Miller, Averis et Door, 2007 ; Lewin, Somekh et Steadman, 2008), l'utilisation du TNI par les enseignants révèle des niveaux de maîtrise se situant dans un continuum allant du stade d'utilisateur novice à celui d'utilisateur expert. En partant du modèle à cinq niveaux de Beauchamp (2004), on peut noter le développement graduel d'une compétence qui amène au départ les enseignants à utiliser le TNI comme un projecteur, pour ensuite l'exploiter

² Programme de formation de l'école québécoise, 2^{ième} cycle du secondaire (MELS, 2009)

³ Nous faisons ici référence aux compétences professionnelles pour l'enseignement au Québec (MEQ, 2002).



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

avec plus d'efficacité par le recours à diverses ressources internes ou externes au TNI (PowerPoint, Internet, audio et vidéos, logiciels et programmes, etc.). Dans ce modèle, la plus grande compétence de l'enseignant s'accompagne d'une utilisation plus experte du TNI par l'élève, et surtout on peut noter chez l'enseignant des changements importants dans sa façon de fonctionner en classe. D'une centration sur la présentation plus ou moins rapide des contenus, la pratique de l'enseignant évolue vers une plus grande implication des élèves dont il se soucie davantage de la compréhension. À la suite de Beauchamp, Glover et ses collègues. (2007) proposent un modèle d'intégration du TNI à trois niveaux mettant l'accent sur l'effort progressif que les enseignants doivent déployer pour maximiser l'interactivité qu'offre le TNI. Au premier niveau, l'activité des élèves est réduite pour l'essentiel à répondre aux questions de l'enseignant et le TNI sert à illustrer, mais non à développer la compréhension des concepts. Au second niveau, il y a plus d'interactions entre les élèves et l'enseignant autour du TNI qui n'est plus une nouveauté (O'Connell, Chaillez et Raby, 2015). À ce stade, les enseignants sont très intéressés à rechercher et à partager des ressources leur permettant d'essayer différentes approches dans l'utilisation du TNI. Au dernier niveau, le degré de compétence atteint par les enseignants leur permet de démontrer une compréhension avancée des processus d'apprentissage et de parler de la façon dont la technologie peut supporter le processus d'apprentissage ainsi que les différents styles d'apprentissage. Enfin, le dernier modèle que nous abordons succinctement est celui de Lewin et al. (2008) qui propose trois niveaux mettant en évidence l'impact du TNI sur les pratiques en progression des enseignants. Au stade 1, le TNI est mis au service de pratiques d'enseignement établies qui restent les mêmes. Au stade 2, les enseignants s'engagent dans l'exploration collective des possibilités offertes par le TNI et, finalement, au stade 3, les enseignants utilisent le TNI avec une expertise et une certaine intuition qui les amènent à explorer des avenues leur permettant de développer voire de transformer leurs pratiques.

Comme l'illustrent les modèles d'utilisation du TNI exposés brièvement, l'intégration efficace de cet outil conduit les enseignants à passer du focus sur leur utilisation exclusive du TNI au focus sur l'utilisation du TNI par les élèves. Ce changement représente un défi important de gestion de classe lorsque les élèves doivent réaliser les activités en utilisant eux-mêmes le TNI, par exemple pour résoudre un problème, débattre ou échanger des idées. Le degré d'interaction avec le TNI est ainsi déterminant dans la motivation des élèves, car plus les élèves interagissent avec le TNI, plus ceux-ci développent leur intérêt auquel contribue l'aspect visuel de la technologie (O'Connell, Chaillez et Raby, 2015). Sur ce point, un certain consensus existe quant à l'impact de l'utilisation du TNI sur la motivation des élèves, mais très peu d'études relient cette motivation accrue à une plus grande réussite (Karsenti, Collin et Dumouchel, 2012). Cette question de la réussite scolaire est justement un des sujets les plus controversés par rapport à l'impact de l'intégration des TIC sur les élèves.



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

Alors que certaines recherches (Digregorio et Sobel-Lojeski, 2010 ; Higgins et al., 2007) soulignent le peu de différences sur le plan de la réussite entre les classes TIC et les classes non TIC, d'autres recherches faites au primaire, en Angleterre surtout, notent une meilleure réussite pour les élèves en difficultés évoluant dans des classes où le TNI est utilisé régulièrement. D'autres recherches, telle celle de Schroeder (2007), suggèrent par ailleurs que l'intégration du TNI impacterait moins la sphère cognitive (compréhension des savoirs) que la sphère affective (motivation et interactions sociales).

Méthodologie

Cette recherche a été effectuée en suivant le modèle de la recherche collaborative (Barry et Saboya, 2015 ; Bednarz, 2013 ; Desgagné et al., 2001) dont les trois étapes sont la *cosituation* (ou négociation de l'objet de recherche), la *coopération* (ou collecte des données) et la *coproduction* (analyse des données). Le point de départ de cette étude a été une sollicitation du milieu scolaire (dans la région québécoise du Saguenay-Lac-St-Jean) qui nous a interpellés pour l'accompagner dans sa réflexion sur l'impact des TIC sur les apprentissages des élèves (motivation et réussite scolaire) et sur les pratiques des enseignants (ajustements et changements de pratiques). La question centrale que se posaient les acteurs avec qui l'objet de recherche a été négocié se résume prosaïquement ainsi : « Y a-t-il en définitive un "plus" avec la classe TIC par rapport à la classe sans TIC ? » Afin d'arriver à un objet commun d'investigation, en écho aux préoccupations et aux questionnements du milieu, nous avons convoqué les travaux de recherche autour de l'intégration des TIC et ceux portant sur les pratiques effectives d'enseignement des mathématiques (Robert, 2012). Comme mentionné dans la première partie de cet article, ces travaux mettent en évidence le potentiel des TIC pour les apprentissages des élèves et pour les pratiques des enseignants, mais soulèvent aussi les défis tenaces de l'intégration effective des TIC dans la classe de mathématiques. D'où la pertinence de documenter la réalité de cette intégration en nous attardant dans cette étude aux pratiques effectives mobilisées par l'enseignant dans une classe TIC, avec en contrepoint, un regard porté sur la classe traditionnelle pour évaluer ce qui se passe dans la classe TIC scrutée sous l'angle double du potentiel des TIC qu'elle actualise et de meilleures occasions d'apprendre et d'enseigner qu'elle représenterait par rapport à la classe traditionnelle.

Au terme de la *cosituation*, il a donc été convenu de comparer à différents moments et autour des mêmes contenus d'enseignement les deux types de classe afin de susciter des échanges féconds sur le passage aux TIC pour la classe traditionnelle et sur l'intégration, voire la meilleure intégration des TIC pour la classe TIC. Ce point sur la nature des discussions avec les participants est important en cela qu'il met en exergue le « questionnement des pratiques » visé en recherche collaborative où le dispositif mis en place ne doit pas servir la seule finalité de collecter de



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

données. Le dispositif de recherche a ainsi laissé la latitude aux enseignants de convenir des notions mathématiques communes à travailler en classe, du nombre de séances de classe à observer et de l'évaluation commune à soumettre aux élèves à la fin de chaque séquence d'enseignement. À la suite des observations, tous les participants (chercheur, conseiller pédagogique et enseignants des deux types de classe) se rencontraient pour faire une sorte de bilan de ce que nous avons nommé « une boucle » (planification, réalisation en classe filmée à trois reprises, évaluation commune et bilan). Les rencontres réflexives de bilan ont donc été les points d'orgue de chacune des trois boucles sur lesquelles renseignent les données collectées durant cette recherche. La première boucle portait sur les graphes, une notion abordée en 5^e année du secondaire de la séquence CST (Culture, société et technique) qui est l'une des trois séquences proposées par le MELS (2009). Pour cette boucle, les observations étaient basées sur les cours donnés par deux enseignants d'écoles différentes : une enseignante de grande expérience dans la classe sans TIC que nous avons gardée durant toute la recherche et qui avait le mandat de « rétrécir le fossé » (si fossé il y avait !) entre la classe traditionnelle et la classe TIC et une enseignante d'expérience à la fois dans l'enseignement des mathématiques et dans l'intégration des TIC dans cet enseignement. La boucle 2 portait sur l'enseignement des transformations géométriques (translations, réflexions et homothéties), notion également vue en 5^e année CST avec, dans la classe TIC, un enseignant ayant moins d'expérience dans l'intégration des TIC que l'enseignant TIC de la boucle 1. Quant à la boucle 3, elle portait sur l'enseignement des fonctions trigonométriques en 5^e année de la séquence SN (Sciences naturelles) avec ici un enseignant d'expérience dans l'intégration des TIC. En résumé, eu égard aux niveaux mis en évidence dans les modèles d'intégration des TIC, l'enseignant de la classe TIC était proche du niveau expert lors de la première et de la dernière boucle et au niveau intermédiaire lors de la seconde boucle.

Nous terminons cette partie en indiquant brièvement la façon dont nous avons procédé pour l'analyse, essentiellement qualitative, des données collectées durant notre recherche. Ces données, comme on l'entrevoit dans ce qui précède, sont constituées : 1) de données vidéos en lien avec les observations en classe ; 2) de données audio des rencontres bilans ; 3) de copies d'élèves faisant suite aux évaluations communes réalisées dans les deux classes. Une analyse statistique a été faite des résultats obtenus par les élèves (qui étaient en moyenne une vingtaine par classe), et ce, avec une attention particulière sur la performance globale de chaque classe ainsi qu'une comparaison entre les deux classes. Quant aux données vidéos et audio, elles ont été analysées de façon qualitative en suivant une méthode d'analyse qui emprunte à la fois à la théorisation ancrée (Charmaz, 2006) et à la démarche que proposent Powell et al. (2003) pour l'analyse des données vidéos.



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

Résultats

La première boucle portait sur les graphes, plus précisément sur les graphes et les chaînes dits « eulériens » ou « hamiltoniens » ainsi que sur les nombres dits « chromatiques ». Dans l'analyse faites des ressemblances et des différences entre les deux types de classe, nous nous sommes attardés sur les étapes de l'enseignement, en l'occurrence sur les façons dont les enseignants amorçaient leurs cours, animaient ou pilotaient ceux-ci et concluaient leurs enseignements. Pour ce qui est de ces étapes, au total, l'analyse des données de la boucle 1 a révélé que le TNI est moins présent en amorce d'une matière nouvelle que lors des périodes de consolidation et qu'il permet globalement de donner et de faire faire plus d'exemples et de contre-exemples que dans la classe sans TNI. Cela dit, même s'il y avait plus d'exemples dans la classe TNI, l'enseignant dans la classe sans TNI démontrait davantage un souci de faire des liens avec la vie de tous les jours, avec la culture ou l'histoire. Ce souci de faire des liens ne permettait-il pas de compenser le déficit en visuel ? En procédant de la sorte l'enseignant ne cherchait-il pas à mieux accrocher les élèves en leur démontrant davantage l'utilité de la matière ? La suite des choses, comme nous le verrons plus loin, montrera qu'il s'agit d'un peu plus que cela. En effet, dès la boucle 1, nous avons fait l'hypothèse de « profils de pratiques » différents, c'est-à-dire que nous avons postulé que certaines différences observées dans les pratiques mobilisées dans les deux types de classe pouvaient tenir plus à des invariants personnels, à des styles d'enseignement différents que l'absence ou la présence du TNI ne faisait que ressortir davantage.

Pour ce qui est de la relative plus grande participation des élèves observée dans la classe TNI, nous ne pouvions la relier aux profils ou styles des enseignants qui suivaient les mêmes grandes étapes dans leurs enseignements. Provisoirement, elle confortait la meilleure performance des élèves de la classe TNI lors de l'évaluation commune et, surtout, cette plus grande participation nous a fait prendre conscience de ce que nous appellerons un « avantage TIC ». En effet, l'enseignant de la classe TIC était placé *de facto* en meilleure posture puisque le TNI aidait à mieux visualiser et traiter les notions et les propriétés autour des graphes, à l'exception de la partie sur les nombres chromatiques où l'avantage TNI était plus limité. Il importait donc pour nous de « contrôler » cet avantage TIC dans les boucles ultérieures afin de mieux comparer la réalité d'une classe TIC à celle d'une classe traditionnelle. Plus fondamentalement, dès la boucle 1, nous avons postulé l'hypothèse de l'existence, autant d'un avantage TIC que du contraire, soit un « désavantage TIC », c'est-à-dire la possibilité que l'enseignant de la classe traditionnelle soit dans une meilleure posture que son collègue œuvrant dans la classe intégrant les TIC pour des aspects à documenter.

Forts des enseignements de la première boucle, nous avons convenu avec les enseignants de cibler un contenu qui, au départ, ne



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

favorisait pas l'enseignant de la classe TNI pour la boucle 2. Le choix fut porté sur l'enseignement des transformations géométriques pour lesquelles l'enseignant de la classe traditionnelle s'avouait sur un même piédestal que son collègue de la classe TNI. En outre, nous avons convenu de donner des défis différents aux enseignants : l'enseignant de la classe TNI devait intégrer le logiciel Geogebra (on est ici dans une utilisation plus audacieuse du TNI que lors de la boucle 1, surtout pour un enseignant moins expert que le premier enseignant TIC) et l'enseignant de la classe sans TNI devait compenser comme il le pouvait le gain de temps anticipé de la classe TNI en sauvant plus de temps avec les graphiques et autres figures à reproduire au tableau, par exemple au début de son enseignement.

L'analyse des données de la boucle 2 confirme certains de nos constats issus de l'analyse de la boucle 1, tels l'économie ou le gain de temps en classe pour l'enseignant utilisant le TNI qui a pu donner beaucoup plus d'exemples et faire plus de constructions géométriques que l'enseignant de la classe sans TNI. Ce dernier est resté attaché à son style d'enseignement qui l'amène, comme lors de la boucle 1, à faire des références explicites aux applications concrètes de ses exemples, à faire des liens avec l'histoire. Il s'agit là d'une confirmation de notre hypothèse de profils de pratiques différents, surtout que le TNI offre la possibilité de faire ces liens que ne fera pas le nouvel enseignant de la classe TNI. Par ailleurs, l'analyse de l'activité au tableau de l'enseignant de la classe sans TNI a montré que ce dernier s'attardait beaucoup aux processus mathématiques, dégagant méthodiquement les régularités qui permettent de déboucher aux formules des transformations. Sur ce point, le travail fait avec les élèves par l'enseignant TNI nous a sensibilisés à ce que nous appellerons le « piège du processus magique » ou le désavantage TIC. Le court extrait suivant permet de mieux comprendre, à travers les mots d'un des participants, ce désavantage TIC :

« Le processus est souvent caché dans les classes utilisant les TIC. Dans les classes sans TIC, nous sommes plus explicites, car rien ne se passe sans tes explications et tes démonstrations. »

Dans la classe TNI, les élèves semblaient enregistrer passivement et s'émerveiller des transformations obtenues au moyen du TNI, d'autant plus que l'enseignant ne prenait pas autant de peine que son collègue à s'attarder sur ce qui se cachait derrière les processus et les transformations obtenus. Ce sont, justement, ces processus qui permettent la programmation informatique des outils et des fonctions disponibles sur le TNI et à l'aide desquels sont faites les figures obtenues sur le TNI par translation, réflexion ou homothétie ! Il s'agit là d'une autre variable didactique dont nous allons tenir compte pour la suite de notre recherche. Cela dit, en dépit de cette passivité notée chez les élèves dans la classe



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

TNI, malgré le « piège de l'instantanéité », les élèves de la classe sans TNI ont performé moins bien aux évaluations que ceux de la classe TNI. Ce résultat confortait un peu l'hypothèse d'une plus-value pour les apprentissages de l'utilisation du TNI dans l'enseignement des mathématiques. Sans doute que d'autres facteurs sont à considérer pour rendre compte de façon satisfaisante de cette situation.

Enfin, la participation des élèves en classe TNI s'est avérée plus difficile avec la boucle 2 ; la familiarité avec le logiciel Geogebra venant ici considérablement limiter l'engagement des élèves dans l'utilisation du TNI. Avec la boucle 2, il ne s'agissait pas uniquement de tracer, de relier et de colorier des sommets⁴ (comme dans la boucle 1), mais d'être capable d'utiliser minimalement les fonctions de base du logiciel Geogebra que les élèves découvraient pour la plupart durant l'enseignement. Nous reviendrons dans la partie discussion sur les défis de l'utilisation plus avertie du TNI par l'enseignant dont la tâche de faire interagir les élèves avec le TNI n'est pas des plus simples. Pour conclure sur la boucle 2, nous aimerions souligner l'utilisation plus fréquente du tableau traditionnel dans la classe TNI en complément de ce dernier. L'activité en classe de l'enseignant TNI nous a sensibilisés à l'« illusion du tout TIC » et à la pertinence dans certaines situations de combiner le TNI au tableau traditionnel. Là-dessus, lors de la rencontre bilan sur la boucle 2, les enseignants (dont l'enseignant TNI expert qui participera à la boucle 3) se sont accordés sur l'importance dans la classe TNI de recourir au besoin au tableau traditionnel où demeurent les choses écrites tant et aussi longtemps qu'on ne les efface pas, des traces auxquelles les élèves ont accès plus longtemps à certains moments choisis de l'enseignement alors que le seul usage du TNI obligerait l'enseignant à changer souvent de page sur le TNI pour revenir à des informations essentielles.

En lien avec la boucle 3, les enseignants avaient convenu de travailler en classe sur les fonctions trigonométriques, et ce, en 5^e année de la séquence SN où les mathématiques abordées sont plus avancées qu'en séquence CST. Comme lors de la boucle 1, les enseignants des deux types de classe étaient des enseignants d'expérience qui avaient à tenir compte des enseignements tirés de l'analyse des données des boucles précédentes. En l'occurrence, il s'agissait pour l'enseignant de la classe traditionnelle de continuer à aplanir autant que possible toute plus-value anticipée d'une utilisation en classe du TNI (gain de temps, plus d'interactions en classe, une meilleure visualisation et exemplification des concepts, etc.) et pour l'enseignant TIC de combler et corriger autant que possible les limites notées dans l'utilisation du TNI (faire plus de sens avec les concepts mathématiques à l'aide du TNI, laisser davantage les élèves explorer, argumenter et généraliser en se servant du TNI, etc.).

⁴ Le coloriage de sommets est un aspect de la matière sur les graphes et chaînes sur lesquels portaient les séquences dans les deux types de classe lors de la boucle 1



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

L'analyse des données de la dernière boucle a certes mis en évidence de grandes ressemblances dans les pratiques mobilisées par les enseignants des deux types de classe, mais surtout elle confirme l'hypothèse de profils de pratiques différents, de styles d'enseignement différents que l'utilisation ou non du TNI ne fait que mieux mettre en exergue. En effet, nous avons pu relever dans les commentaires faits par l'enseignant TIC sur les exemples abordés en classe un certain souci des nuances mathématiques qui le distingue, dans son style (un brin plus conceptuel, quoique très technologique), de l'enseignant de la classe sans TNI qui est resté attaché à une approche privilégiant, entre autres, l'horizon ultime pour les élèves de l'évaluation dans le travail fait concomitamment avec eux sur les exemples résolus en classe.

Par ailleurs, l'analyse de l'activité des élèves dans les deux types de classe nous a davantage fait prendre conscience du danger d'une certaine passivité des élèves dans la classe TNI ; ces derniers risquant d'assister au merveilleux spectacle qui se joue sur le TNI avec lequel il n'est pas évident pour eux d'interagir (une certaine technicité est requise, comme nous l'avons noté précédemment dans la boucle 2). Surtout, le risque est grand pour l'enseignant TIC d'être pris au piège de son spectacle avec le TNI, au détriment d'une participation des élèves au TNI et d'un travail avec les élèves centré sur les démarches et les processus mathématiques sous-jacents. À cet égard, l'enseignant de la classe sans TNI restera encore soucieux des processus avec comme rationnel sous-jacent l'importance pour les élèves dans l'apprentissage des mathématiques de « ne pas juste regarder faire, mais de faire », ce qui pour cet enseignant fait toute une différence. La dernière évaluation commune prévue lors de la boucle 3 rendra davantage justice au travail de l'enseignant de la classe sans TNI dont les élèves performeront mieux que ceux de la classe TNI ! Sous toutes réserves, n'est-ce pas là une retombée enfin bénéfique de l'« investissement conceptuel » constant de l'enseignant de la classe sans TNI ? Dans tous les cas, les performances des élèves aux évaluations communes ne permettent pas à elles seules de conclure à une plus-value incontestable en termes d'apprentissages de la seule intégration du TNI dans l'enseignement. Certes, dans nombre de cas, le TNI permet de mieux visualiser les concepts mathématiques, mais la compréhension de ces concepts ne saurait se réduire à leur seule visualisation. Une telle compréhension émerge également de l'activité des élèves, voire de la coactivité des élèves et de l'enseignant, une activité que le TNI peut enrichir ou appauvrir, comme l'indique l'approche instrumentale de Rabardel (1995).

Pour clore cette section sur les résultats de notre recherche, nous présentons ce qui ressort de l'analyse des performances des élèves à la suite des évaluations communes convenues entre les enseignants des deux types de classe. Pour chacune des trois boucles, nous avons procédé à l'analyse statistique des résultats obtenus par les élèves. À la lumière de ce que nous en avons présenté dans la partie précédente sur les résultats,



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

un bilan mitigé s'en dégage, à savoir que les classes TNI ont significativement mieux performé que les classes sans TNI à l'exception de la dernière boucle. Afin d'éviter de tirer toute conclusion induite, nous avons creusé notre analyse statistique. Un modèle d'analyse de la variance considérant les trois examens⁵ comme des blocs aléatoires complets a été utilisé pour comparer le résultat selon le type d'enseignement. Comme l'indiquent les deux tableaux suivants (voir tableaux 1 et 2), au seuil de cinq pour cent (5%), il ne semble pas y avoir de différence significative entre les deux types d'enseignement en ce qui a trait aux résultats aux examens.

Tableau 1 : Tests des effets fixes

Tests des Effets Fixes				
Effet	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Type enseignement	1	4.1	0.66	0.4596

Tableau 2 : moyenne des moindres carrés des résultats aux examens

Moyenne des Moindres Carrés						
Effet	Type enseignement	Estimate	Erreur Standard	DF	t Value	Pr > t
Type enseignement	Classe TIC	73.7439	4.4366	4.0 3	16.62	<.000 1
Type enseignement	Classe sans TIC	78.8836	4.4780	4.1 7	17.62	<.000 1

C'est donc l'analyse plus qualitative du type d'enseignement dans les deux classes qui permet de mieux contraster ce qui se passe dans les deux classes.

⁵ Il est à noter que les résultats des trois examens ont été pondérés sur cent points pour s'assurer que tous les résultats sont exprimés sur la même échelle.



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

Discussion

Statistiquement nous n'avons pu conclure à une plus-value incontestable de l'intégration du TNI en termes d'apprentissages induits par les pratiques mobilisées par les enseignants. À cet égard, l'envergure plus qualitative de notre étude prend tout son sens. Rappelons que l'optique critique prise dans cette recherche nous obligeait à considérer toutes les avenues d'analyse (en cela, notre approche de recherche est mixte, soit à la fois quantitative et qualitative) et à questionner certains lieux communs de la pratique et de la recherche, telle la meilleure réussite des élèves de classes intégrant le TNI. À la lumière des données de cette recherche, ce dernier lieu commun ne tient pas la route et même si nous avons abouti au meilleur des scénarios, c'est-à-dire à une meilleure performance des élèves de la classe TNI à la dernière évaluation lors de la boucle 3, l'interprétation de telles données n'aurait pu se limiter à conclure à la confirmation de la conviction forte au départ, pour certains d'entre nous, que les élèves apprennent mieux lorsque l'enseignant a recourt au TNI dans son enseignement des mathématiques. En effet, conclure ainsi c'est se cantonner au seul critère de la réussite aux tâches proposées dans les évaluations, ne tenir compte que de ce que Pastré, Mayen et Vergnaud (2006) nomment le « registre pragmatique », un registre certes important, mais non suffisant si la réussite n'est pas ultimement analysée à l'aune du « registre épistémique » qui seul garantit que les connaissances mobilisées par les élèves traduisent l'assimilation des savoirs visés. Dans ce qui suit, nous déplaçons le focus de la discussion sur les déroulements en classe (au total, 18 périodes de classe ont été filmées) afin d'éclairer sur l'activité à la fois des enseignants et des élèves.

Selon Rabardel (1995), les deux faces de la genèse instrumentale que sont l'instrumentalisation et l'instrumentation invitent à s'attarder sur deux processus importants par lesquels l'utilisateur du TNI en vient non seulement à s'approprier cet outil (en sélectionnant voire en combinant les fonctionnalités intégrées au TNI), mais également à trouver et à développer des schèmes d'action intégrant le TNI et qui modifient son activité. Une telle activité instrumentée peut déboucher sur un enrichissement ou un appauvrissement à la fois du TNI et de l'activité mathématique. L'analyse du travail des enseignants dans les classes TNI montre qu'en termes d'instrumentalisation, des adaptations plus poussées du TNI pourraient être faites, surtout par les enseignants d'expérience (boucles 1 et 3) ; ces derniers étant plus proches du dernier niveau du modèle d'intégration des TIC de Glover et al. (2007).

L'intérêt que nous trouvons au modèle de Glover et ses collaborateurs est qu'il permet de mieux prendre conscience du risque d'appauvrissement dont parle Rabardel (1995), surtout en lien avec le processus d'instrumentation par définition dirigé vers l'élève et l'enseignant et qui les amènent à considérer et à entreprendre de manière différente les



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

activités mathématiques réalisées au moyen du TNI, telles la construction de figures géométriques, la preuve, la modélisation, voire la résolution de problèmes. À cet égard, la passivité des élèves et le piège de l'instantanéité que nous avons souligné en lien avec la classe TNI sont certainement des indices d'un certain appauvrissement de l'activité mathématique dans ce type de classe. Le contraste qu'offre la classe sans TNI où, comme nous l'avons indiqué précédemment, un travail plus serré de construction de sens aux concepts mathématiques a été fait par l'enseignant rend encore plus saisissant l'appauvrissement dont nous parlons et qui est également un appauvrissement par rapport à la classe sans TNI. Ici, nous galvaudons exprès le terme « appauvrissement » qui également traduit bien le risque de régression de la classe TNI par rapport à la classe traditionnelle au-delà de l'acceptation que lui donne Rabardel (1995). Dans le point suivant, nous élaborons sommairement sur quelques prises de conscience importantes issues du questionnement fécond lors des rencontres bilans avec tout le collectif (enseignants, chercheur et conseiller pédagogique).

L'intérêt d'avoir confronté la classe TNI à la classe traditionnelle est de mettre en relief la place centrale des instruments dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. Le recours dans l'enseignement à un outil aussi sophistiqué que le TNI qui permet de gagner du temps en classe et de mieux visualiser certains concepts (i.e. l'avantage TIC) interpelle la classe traditionnelle dans son exploitation des artefacts informatisés ou non. C'est ainsi que prennent sens les ajustements consentis par l'enseignant de la classe sans TNI qui a pensé à intégrer des outils tels que le tableau aimanté et la calculatrice graphique pour faire en quelque sorte du rattrapage « artefactuel » voire pour réduire l'écart ou la plus-value que pourrait engendrer la présence du TNI dans l'autre classe. Fort heureusement, ce rattrapage joue dans les deux sens, car l'intégration du TNI peut occasionner des phénomènes qui questionnent la plus-value pour les apprentissages qu'on serait tenté de lui attribuer si facilement. D'où l'importance pour la classe TNI, selon les participants, de ralentir un peu les choses afin de contrer ce que nous désignons par le piège de l'instantanéité. Ces mises en garde adressées à la classe TNI assurent une certaine viabilité à l'approche mixte ou hybride (TNI et tableau traditionnel) qui n'est pas uniquement une panacée pour un enseignant TIC débutant, mais une solution de compromis pour régler le problème déjà soulevé de l'appauvrissement possible de l'activité mathématique des élèves. Cela dit, l'horizon développemental pour les enseignants est de faire évoluer cette approche mixte vers un réel enrichissement des utilisations du TNI. Un enrichissement résolument tourné vers le TNI requiert un travail exigeant d'accompagnement que nous n'avons pas fait dans cette recherche et qui seul permet d'assurer que les enseignants des classes TNI sont outillés adéquatement pour planifier et piloter des scénarios d'enseignement adaptés à leur réalité. Cet accompagnement, selon le niveau d'intégration correspondant le mieux aux habiletés des enseignants, devrait aborder les questions techniques (choix de logiciels, compétences éventuelles de programmation, etc.) et didactiques (analyse de la matière, choix des



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

activités et des situations, approches à exploiter en classe, anticipation des difficultés des élèves, etc.) importantes. À cet égard, les propos suivants des enseignants ayant participé à cette recherche sont édifiants sur des conditions gagnantes d'un indispensable partage d'expertises que pourraient faciliter des formations sur mesure à l'intégration du TNI :

E1 : « Nous ne sommes plus divisés par matière. En étant divisés par niveau, en français, ils n'ont rien à me montrer pour cela. Ils font seulement corriger les dictées. En anglais, ils écoutent des films. C'est nous et les enseignants de sciences qui travaillons avec le TNI. Cependant, ils ne sont pas avec moi. »

E2 : « Il faut que nous soyons divisés par matière ! »

E3 : « Ce pourrait être aussi de cibler des matières, comme les fractions, et de se pencher sur comment nous enseignons telle matière. »

E4 : « De toute manière, nous utilisons l'outil pour des parties de matière précises. »

Le mot de la fin de nos praticiens est on ne peut plus clair. Il faudrait privilégier une entrée par la matière d'enseignement, à la fois dans les formations à proposer aux enseignants intégrant le TNI, à l'instar de ce que nous avons essayé de faire dans notre recherche collaborative où nous avons ciblé des parties de matières bien précises (les graphes et chaînes dans la boucle 1, les transformations géométriques dans la boucle 2 et les fonctions trigonométriques dans la boucle 3 finale).

Conclusion

Pour conclure cet article, la comparaison faite entre la classe traditionnelle et la classe TNI montre que le virage technologique tant voulu est lourd de régressions pour l'activité mathématique des élèves et des enseignants en dépit des nombreux avantages (certains confirmés par notre étude) de l'intégration du TNI. L'approche instrumentale convoquée dans l'analyse des données collectées au terme de cette recherche permet de décliner ces risques de régressions ainsi que ces avantages en termes sans équivoque d'appauvrissement et d'enrichissement à la fois de l'activité et de l'outil qu'est le TNI. À cet égard, il importe de prendre en compte les « bonnes pratiques » des enseignants évoluant dans les classes traditionnelles et de trouver les voies et les moyens permettant à ces pratiques de continuer à évoluer une fois que le saut technologique aura été fait. En effet, en contexte traditionnel, sans TIC, un enseignant



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

peut être fort soucieux de travailler les processus mathématiques avec ses élèves, mais sans prudence de sa part rien n'assure qu'il gardera ce souci lorsqu'il intégrera le TNI à son enseignement. Pour terminer sur une note positive pour la classe TNI, les risques de régressions dont nous avons parlé en lien avec la classe TNI ne sont aucunement pour nous une façon de douter de la compétence des enseignants TIC dans cette recherche. Ils demeurent, selon la formule heureuse de Giddens (1987), des « acteurs compétents en contexte » et nous avons eu la chance de travailler avec des enseignants très compétents technologiquement et extrêmement motivés à intégrer les TIC. Ultimement, au-delà du cas des enseignants TIC dans notre étude, c'est l'accompagnement à offrir aux enseignants TIC qu'il faudrait reconsidérer afin de sensibiliser davantage ceux-ci aux questions de genèse et d'orchestration instrumentales, aux phénomènes d'appauvrissement ou d'enrichissement de l'activité ou de l'outil documentés dans des travaux en didactique des mathématiques (Trouche, 2000 ; 2004). Pour arriver à cet accompagnement souhaitable, praticiens et chercheurs didacticiens des mathématiques gagneraient à échanger sur les réalités des deux types de classe, à ancrer dans ces réalités les approches les plus viables permettant de faire évoluer les enseignants à travers les niveaux d'intégration du TNI que nous avons déjà mentionnés (Beauchamp, 2004 ; Glover et al., 2007 ; Lewin et al., 2008). Au nombre de ces approches qui semblent « fonctionner », il y a celle que nous avons nommée approche « mixte », c'est-à-dire une approche jumelant l'usage du TNI et du tableau traditionnel dont elle peut momentanément réunir quelques avantages respectifs, par exemple mieux visualiser certains concepts avec le TNI sans oublier de décortiquer ces concepts au tableau traditionnel avec moins de vélocité que sur le TNI.

Remerciements

Nous sommes très redevables au CRRE (Consortium Régional de Recherche en Éducation) et au FUQAC (Fondation de l'université du Québec à Chicoutimi) dont les financements ont permis de mener à bon terme cette recherche.



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

Références

- Artigue, M. (1997). Le logiciel DERIVE comme révélateur de phénomènes liés à l'utilisation d'environnements informatiques pour l'apprentissage, *Educational Studies in Mathematics (ESM)*, 33, 133-137.
- Barry S. (2009). *Analyse des ressources mises à contribution par enseignant et chercheur dans l'élaboration de scénarios d'enseignement en dénombrement visant le développement de la modélisation en secondaire 1* [thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal]. Archipel. <https://archipel.uqam.ca/2218/>
- Barry, S. et Saboya, M. (2015). Un éclairage sur l'étape de co-situation de la recherche collaborative à travers une analyse comparative de deux études en didactique des mathématiques. *Recherches Qualitatives*, 34(1), 49-73.
- Beauchamp, G. (2004). Teacher use of the interactive whiteboard in primary schools: towards an effective transition framework. *Technology, Pedagogy & Education*, 13(3), 327-248.
- Bednarz, N., Poirier, L., Desgagné, S. et Couture, C. (2001). Conception de séquences d'enseignement en mathématiques : une nécessaire prise en compte des praticiens. Dans A. Mercier, A. G. Lemoyne et A. Rouchier (dir.), *Sur le génie didactique : usages et mésusages des théories de l'enseignement* (p. 43-69). Éditions de Boeck.
- Bednarz, N. (2013). Recherche collaborative en didactique des mathématiques. Une entrée avec les enseignants sur les questions de la profession. Dans A. Bronner, C. Bulf, C. Castela, J.-P. Georget, M. Languier, B. Peddemonte, A. Pressiat et E. Roditi, (dir.), *Questions vives en didactique des mathématiques : problèmes de la profession d'enseignant, rôle du langage* (Actes de la 16^e école d'été de l'Association pour la recherche en didactique des mathématiques : volume 1, p. 121-170). La Pensée Sauvage.
- Bruce, C. D. (2012). *Technology in the Mathematics Classroom: Harnessing the Learning Potential of Interactive Whiteboards*. What Works? Research into Practice (monograph # 38). Ontario Association of Deans of Education.
- Charmaz, K. (2006). *Constructing grounded theory: a practical guide through qualitative analysis*. Sage.



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

- Desgagné, S. (2001). La recherche collaborative : nouvelle dynamique de recherche en éducation. Dans M. Anadón (dir.), *De nouvelles dynamiques de recherche en éducation* (p. 51-76). Presses de l'Université Laval.
- Giddens, A. (1987). *La constitution de la société*. Presses universitaires de France.
- Digregorio, P. et Sobel-Lojeski, K. (2010). The effects of interactive whiteboards (IWBs) on student performance and learning: a literature review. *Journal of Educational Technology Systems*, 38(3), 255-312.
- Ferneding, K. (2004). Understanding Teachers' Social Visions. Living Within and Against the Technological Society. Dans L. H. Budd et M. Del Carmen Rodríguez De France (dir.), *Learning and the World We Want* (p.112-117), Actes du colloque, Victoria, Université de Victoria, Faculté d'éducation.
- Glover, D., Miller, D., Averis, D. et Door, V. (2007). The evolution of an effective pedagogy for teachers using the interactive whiteboard in mathematics and modern languages: an empirical analysis from the secondary sector. *Learning, Media and Technology*, 32(1), 5-20.
- Hedi, M. K. (1988). Resequencing skills and concepts in applied calculus using the computer as a tool. *Journal for Research in Mathematics Education*, 19(1), 3-25.
- Higgins, S., Beauchamp, G. et Miller, D. (2007). Reviewing the literature on interactive whiteboards. *Learning, Media and Technology*, 32, 213-225.
- Hoyles, C. et Lagrange, J.-B. (2010). *Mathematics education and technology-Rethinking the terrain*. Springer.
- Karsenti, T., Collin, S. et Dumouchel, G. (2012). L'envers du tableau : Ce que disent les recherches de l'impact du TBI sur la réussite scolaire. *Vivre le primaire*, 25(2), 30-32
- Karensi, T., Savoie-Zajc, L. et Larose, F. (2001). Les futurs enseignants confrontés aux TIC : changements dans l'attitude, la motivation et les pratiques pédagogiques. *Education et francophonie, revue scientifique virtuelle*, 29(1), 3-30.
- Larose, F. et Karsenti, T. (2002). *La place des TIC en formation initiale et continue*. Editions du CRP.



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

- Lagrange, J.-B. et Erdogan, E. O. (2009). Teachers' emergent goals in spreadsheet-based lessons: analyzing the complexity of technology integration. *Educational Studies in Mathematics*, 71, 65-84.
- Lebrun, M. (2011). Impact des TIC sur la qualité des apprentissages des étudiants et le développement professionnel des enseignants : vers une approche systémique. *STICEF*, 18.
- Ledoux, M. (2014). *Accompagnement d'une équipe d'enseignants du premier cycle du primaire dans l'intégration pédagogique des TIC* [mémoire de maîtrise inédit, Université du Québec à Montréal].
- Lewin, C., Somekh, B. et Steadman, S. (2008). Embedding interactive whiteboards in teaching and learning: the process of change in pedagogic practice. *Education and Information Technologies*, 13, 291–303.
- Livingstone, S. (2011). Critical Reflections on the Benefits of ICT in Education, *Oxford Review of Education*, 38(1), 1-16.
- O'Connell, L., Chaillez, P.-D. et Raby, C. (2015). Utilisation collaborative de votre TNI...oui, mais comment ? *Revue Préscolaire*, 53(3), 39-41.
- Ministère de l'Éducation du Québec. (2002). *La formation à l'enseignement. Les orientations. Les compétences professionnelles*. Gouvernement du Québec.
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS). (2003). *Programme de formation de l'école québécoise. Enseignement secondaire, 1^{er} cycle*. Gouvernement du Québec.
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS). (2009). *Programme de formation de l'école québécoise. Enseignement secondaire 2^e cycle*. Gouvernement du Québec.
- Pastré, P., Mayen, P. et Vergnaud, G. (2006). La didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie*, 154, 145-198.
- Powell, A. B., Francisco, J. M. et Maher, C. A. (2003). An analytical model for studying the development of learners' mathematical ideas and reasoning using videotape data. *Journal of Mathematical Behavior*, 22, 405–435.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies. Approche Cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.



REVUE HYBRIDE DE L'ÉDUCATION

- Raby, C. (2004). Analyse du cheminement qui a mené des enseignants du primaire à développer une utilisation exemplaire des TIC en classe [thèse de doctorat inédite, Université du Québec à Montréal].
- Robert, A. (2012). A Didactical Framework for Studying Students' and Teachers' Activities when Learning and Teaching Mathematics. *International Journal of Technology in Mathematics Education*, 19(4), 153-157.
- Schroeder, R. (2007). Active learning with interactive whiteboards: A literature review and a case study for college freshmen. *Communications in Information Literacy*, 1(2), 64-73.
- Trouche, L. (2000). La parabole du gaucher et de la casserole à bec verseur : étude des processus d'apprentissage dans un environnement de calculatrices symboliques, *Educational Studies in Mathematics*, 41, 239-264.
- Trouche, L. (2004). Environnements informatisés et mathématiques : quels usages pour quels apprentissages ? *Educational Studies in Mathematics*, 55, 181-197.
- Way, J. et Webb, C. (2009). A Framework for Analysing ICT Adoption in Australian Primary Schools. *Australasian Journal of Educational Technology*, 23(4), 559-582.