QUELLE ARTICULATION ENTRE PRATIQUE ENSEIGNANTE ET FORMATION ? UN REGARD EXTÉRIEUR À PARTIR DU QUÉBEC

Laurent THEIS
Professeur titulaire
Département d'enseignement au préscolaire et au primaire
Faculté d'Éducation
Université de Sherbrooke
Laurent.Theis@USherbrooke.ca

Résumé

Au Québec, la formation initiale des enseignants, à visée professionnalisante et d'une durée de quatre ans, propose une double articulation mathématiques/didactique et théorie/pratique. Dans ce texte, je présenterai les modalités de la formation à l'enseignement des mathématiques au Québec et je tenterai d'apporter un éclairage, d'un point de vue québécois, sur des enjeux centraux abordés dans ce colloque de la COPIRELEM.

- Quelle articulation entre la formation didactique et la formation mathématique dans la formation initiale des enseignants ? Cet enjeu sera abordé à l'aide du cadre conceptuel de Hill et Ball (2009) et à travers l'exemple de la formation à l'enseignement des probabilités au primaire.

- Quelle articulation entre théorie et pratique dans la formation initiale et continue des enseignants? J'illustrerai cette articulation à l'aide d'un exemple de recherche collaborative sur la résolution de situations-problèmes au primaire et le réinvestissement de ses résultats dans la formation initiale et continue.

I - INTRODUCTION

Lorsque les organisateurs de la conférence COPIRELEM 2016 m'ont approché pour préparer une conférence sur le système de formation des enseignants au Québec, le mandat initial était de fournir un regard extérieur sur cette formation à partir de l'exemple du Québec. Je me suis rapidement rendu compte que la formation des enseignants telle que nous la pratiquons au Québec présente quelques différences fondamentales par rapport à celle qui est dispensée en France et ce, à la fois au niveau de ses modalités et de ses orientations fondamentales, voire au niveau même des projets poursuivis par la didactique des mathématiques dans les deux contextes. La compréhension de ces différences me semble primordiale afin de bien pouvoir situer la formation des enseignants au Québec. Dans une première partie de mon texte, je tenterai donc de décrire ce contexte, à la fois au niveau des structures et de l'orientation de la formation des enseignants au primaire.

Par la suite, je décrirai comment ma propre pratique de formation des enseignants s'articule autour de quelques enjeux centraux, dont certains réfèrent également à la thématique de ce colloque de la COPIRELEM. Dans une première partie, j'illustrerai comment s'articulent les connaissances mathématiques dans le cadre d'une formation intégrée, dans laquelle les étudiants n'ont pas suivi au préalable des cours de mathématiques à un niveau universitaire. Une deuxième partie servira à décrire comment se font les liens entre théorie et pratique en formation initiale et continue, en m'appuyant sur des exemples issus d'une recherche collaborative avec une enseignante du primaire.

Une mise en garde s'impose toutefois par rapport à cette deuxième partie. En effet, je ne peux y prétendre donner un aperçu représentatif de ce qui se fait actuellement au Québec. Il s'agit plutôt de mon regard sur ma propre pratique de formation, dans le cadre duquel certains éléments reflètent une réalité plus largement répandue au Québec, et d'autres constituent des éléments plus spécifiques.

Avant d'entrer dans la description des modalités de la formation initiale et continue au Québec, il me semble primordial de commencer par situer le projet de la didactique des mathématiques au Québec, projet qui n'est pas le même que celui de la didactique française, et dont la nature influence la manière dont est menée la formation des enseignants. Ainsi, à l'occasion du colloque annuel du Groupe de Didactique des Mathématiques de 2007, la communauté de didactique des mathématiques a fait un bilan de l'évolution de cette discipline au Québec, alors que toute une génération de didacticiens était à l'aube de la retraite. Dans sa plénière, Nadine Bednarz a souligné que le projet de la didactique des mathématiques au Québec diffère en partie de celui de la didactique française. Ainsi, elle rappelle que le projet de la didactique des mathématiques française est d'établir la didactique des mathématiques comme une discipline scientifique (Bednarz, 2007). Dans ce sens, elle ne vise pas nécessairement à améliorer l'enseignement des mathématiques, mais plutôt à en décrire et à en connaître les conditions (*Ibid*.). Au Québec, le projet poursuivi par un certain nombre de travaux en didactique des mathématiques n'est pas tout à fait le même. Tout d'abord, comme l'explique Bednarz (2007), la communauté de didactique des mathématiques a émergé entre autres autour de la mise sur pied d'un programme de formation continue des enseignants dans les années 70. Ensuite, à la suite d'une analyse des travaux d'une des communautés de didacticiens des mathématiques qui ont fortement influencé la formation des enseignants au Québec (le département de didactique à l'UQAM), un projet différent semble se dégager.

> Les recherches prennent leur ancrage dans la formation et elles viennent l'alimenter. Il s'agit de comprendre les productions des élèves, d'élaborer des situations d'enseignement fécondes sur le plan des apprentissages, de développer des outils conceptuels, non pas pour élaborer une théorie sur les phénomènes d'enseignement, mais, au-delà des connaissances nouvelles produites dans ces recherches, pour mieux agir sur le plan de la formation. Les savoirs didactiques élaborés n'ont pas comme finalité de créer une didactique scientifique, mais de se donner un cadre de référence pour l'action du formateur. Ce cadre permet d'éclairer, d'alimenter, d'enrichir le travail fait en formation auprès des futurs enseignants. En ce sens, la finalité de ce travail peut être rapprochée de celle d'une didactique professionnelle. (Bednarz, 2007, p. 49)

Bien sûr, la communauté de didacticiens des mathématiques n'est pas homogène et il y existe aussi une certaine diversité des approches, mais il n'en reste pas moins qu'on retrouve, chez une partie importante des membres de cette communauté, un souci de développer des outils pour la formation des enseignants. Dans ma propre « pratique » de chercheur, j'ai travaillé à la fois sur des recherches dont les analyses impliquaient des développements théoriques (entre autres les travaux réalisés avec l'équipe de Teresa Assude à Aix-Marseille (Theis et al., 2016) et (Assude et al., sous presse)), et sur des recherches dont le but premier était de développer des outils par la formation. La recherche collaborative que j'ai menée avec une enseignante du primaire (Theis et Gagnon, 2013) et dont je donnerai quelques exemples plus loin, entre dans cette catégorie.

La distinction entre les deux visées me semble également importante pour bien comprendre les choix qui ont été faits dans la formation des enseignants au Québec. Ainsi, comme nous allons le voir plus loin, dans ma propre pratique de formation, les étudiants ne sont pas formés « à la didactique » et aux cadres théoriques qui les sous-tendent. Bien sûr, certains cadres ou éléments de cadres de la didactique française sont présents dans la formation des enseignants, mais de manière plus implicite. Cette formation poursuit alors plutôt des visées de développement professionnel des enseignants. D'ailleurs, cette distinction entre d'une part une visée de formation de professionnels et d'autre part une formation

« à la didactique » se retrouve également dans le référentiel de compétences du Ministère de l'Éducation, qui sous-tend l'ensemble des programmes de formation des enseignants :

> Dans les professions instituées, les compétences requièrent, sans s'y réduire cependant, des savoirs issus des diverses disciplines comme autant de ressources soutenant l'action. Le processus de professionnalisation implique donc une différence majeure en ce qui a trait à la tradition de formation universitaire au sens où former dans la discipline et former à l'acquisition de compétences professionnelles n'apparaissent plus désormais comme des activités identiques. (MEQ, 2001, p. 17).

II - MODALITÉS DE LA FORMATION DES ENSEIGNANTS AU QUÉBEC

Dans cette section, je donnerai quelques informations sur les modalités générales de la formation initiale et continue des enseignants à l'Université de Sherbrooke. D'entrée de jeu, je tiens à préciser que cette formation présente de nombreux points en commun avec celle dispensée dans d'autres universités québécoises, mais qu'elle n'y est pas identique en tout point.

Au Québec, le préscolaire obligatoire est d'une durée d'un an et les élèves y entrent généralement à l'âge de 5 ans. Le primaire est d'une durée de 6 ans, répartis en trois cycles. Le secondaire comprend 5 années réparties en deux cycles. À la suite du secondaire, le collège (CEGEP), d'une durée de deux (en formation générale) ou trois ans (en spécialisation) constitue le maillon entre le secondaire et l'entrée à l'Université.

De manière générale, l'Université de Sherbrooke offre trois programmes de formation initiale qui mènent à l'enseignement des mathématiques, à divers niveaux et à différents contextes d'interventions : l'enseignement au préscolaire et au primaire, l'enseignement au secondaire et l'enseignement dans un contexte d'adaptation scolaire et sociale. Dans tous ces programmes, le brevet d'enseignement est délivré après un baccalauréat de quatre années universitaires, qui serait l'équivalent d'une licence dans le système français. Toutefois, contrairement aux modalités du système français, les étudiants s'inscrivent directement dans l'un de ces trois baccalauréats dans le domaine de l'éducation, sans obtenir au préalable une spécialisation dans un autre domaine (en mathématiques ou ailleurs).

1 La formation initiale à l'enseignement au préscolaire et au primaire

Tout d'abord, je donnerai quelques détails sur la structure générale du programme dans lequel j'interviens et qui forme les enseignants du préscolaire et du primaire. À l'entrée, l'admission des étudiants est contingentée et se fait sur la base des notes obtenues au collège (CÉGEP). Par exemple, à l'Université de Sherbrooke, la capacité annuelle d'accueil de notre programme est de 180 étudiants, et ce sont les 180 étudiants qui ont la cote la plus élevée qui sont acceptés. Toutefois, il est à noter que les exigences à l'entrée pour les enseignants sont généralement beaucoup moins élevées que dans d'autres facultés, notamment celles des sciences pures. À la sortie du baccalauréat, le système diffère fortement de celui en vigueur en France, puisqu'il n'y a pas de concours étatique pour accéder à la fonction d'enseignant : c'est l'obtention du baccalauréat qui donne accès au brevet d'enseignement, qui permet ensuite aux étudiants de postuler à un emploi d'enseignant dans une commission scolaire[34]. Cette solution présente l'avantage que la formation des enseignants n'a pas besoin de former directement à la passation d'un concours. Par contre, l'insertion professionnelle des enseignants pour les enseignants du primaire est actuellement difficile au Québec. Comme il y a plus d'enseignants qualifiés que de postes dans de nombreuses régions du Québec, beaucoup de jeunes enseignants travaillent en suppléance, avec des contrats temporaires ou encore avec des tâches morcelées, pendant de nombreuses années avant d'avoir « leur » classe.

[34] Les commissions scolaires sont les organismes régionaux qui gèrent les écoles publiques du primaire et du secondaire.

La formation elle-même est à visée professionnalisante, dans le sens où elle est axée sur le développement de compétences professionnelles nécessaires à l'acte d'enseigner. Comme nous l'avons vu plus haut, cette distinction implique de ne pas nécessairement former les étudiants à une discipline scientifique (dans ce cas-ci, la didactique des mathématiques), mais à des compétences professionnelles liées à l'enseignement des mathématiques, qui s'appuient par ailleurs sur la didactique des mathématiques. Le référentiel de compétences décrit la tension entre les deux missions fondamentales de l'Université dans ce contexte :

> L'université est donc porteuse de tensions en son sein même : d'une part, elle s'inscrit dans une logique scientifique qui découle de sa mission classique de se consacrer à l'avancement des connaissances et, d'autre part, elle poursuit aussi des objectifs liés à une logique professionnelle qui a pour objet de former des personnes de haut calibre dans un secteur d'activité précis. (MEQ, 2001, p. 17)

En tout, le référentiel comprend 12 compétences à développer tout au long de la formation à l'enseignement, dont quelques-unes qui sont particulièrement en lien avec l'acte d'enseigner les mathématiques : la première compétence est intitulée « agir en tant que professionnel […] héritier, critique et interprète d'objets de savoirs ou de culture ». En didactique des mathématiques, le développement de cette compétence nécessite le renforcement de la culture mathématique tout au long de la formation. Trois compétences également travaillées dans les cours de didactique des mathématiques touchent directement à l'acte d'enseigner, puisqu'elles touchent la planification (« concevoir des situations d'enseignement-apprentissage), la gestion des situations en classe (« piloter des situations d'enseignement-apprentissage ») et l'évaluation (« évaluer la progression des apprentissages »)

Une des caractéristiques du baccalauréat en enseignement au préscolaire et au primaire (BEPP) de l'Université de Sherbrooke est qu'il s'agit d'une formation intégrée. Cette intégration se joue essentiellement à deux niveaux. Tout d'abord, il y a une intégration entre la formation didactique et la formation mathématique. En effet, le baccalauréat ne propose pas de cours de mathématiques pures aux étudiants. La culture mathématique est plutôt travaillée à travers les cours de didactique. Je décrirai plus loin comment s'articulent les dimensions mathématique et didactique dans la formation.
Ensuite, il y a également une intégration entre les cours à l'Université et les stages en milieu scolaire. Ainsi, les étudiants suivent des stages d'environ 60 jours chaque année de leur formation et ce, dès la première année. Lors des stages, il y a une prise en charge progressive par les étudiants de l'enseignement, tout au long des quatre années, qui culmine à une prise en charge complète d'environ deux mois à la fin du stage de quatrième année. Il est important de noter dans ce cadre que ces stages ne constituent pas de premiers contrats d'enseignement ; ils ne sont d'ailleurs pas rémunérés. Au contraire, l'enseignant garde la responsabilité ultime de la classe et a comme mandat d'accompagner l'étudiant dans son développement professionnel tout au long de chacun des stages. Par ailleurs, un autre intervenant, le superviseur universitaire, intervient de manière plus ponctuelle auprès des stagiaires et a essentiellement comme mandats d'établir le pont entre le milieu scolaire et l'Université, d'accompagner le stagiaire et l'enseignant associé, ainsi que de sanctionner la réussite du stage, de concert avec l'enseignant. Les niveaux de stage en deuxième et en troisième année de formation sont choisis de manière à les faire correspondre le plus possible avec les cours universitaires. Ainsi, en deuxième année, les étudiants sont en stage au préscolaire ou au premier cycle du primaire (1ère et 2ème année), et les cours de didactique sont orientés vers l'enseignement à ces niveaux. En troisième année, les stages aux deuxième et troisième cycles du primaire (3ème à 6ème année) s'arriment également avec les contenus des cours de didactique.

Le BEPP propose quatre cours dédiés à la didactique des mathématiques au cours des quatre années de formation, d'une durée de 45 heures chacun. Les cours sont organisés autour de contenus d'enseignement spécifiques. Ainsi, le premier cours est dispensé en première année et est consacré à l'enseignement de la géométrie. Le cours de deuxième année s'intéresse à l'enseignement des mathématiques aux jeunes enfants. Il porte essentiellement sur le développement du concept du nombre et des premières opérations de base. Les deux cours de troisième année, intitulés « didactique de l'arithmétique » I et II s'intéressent à l'enseignement et l'apprentissage de l'arithmétique à la fin du primaire (3ème à la 6ème année), mais ont également des visées plus larges, puisqu'ils abordent l'enseignement des statistiques, des probabilités, des entiers relatifs et des nombres rationnels, entre autres.

2 Quelques mots sur la formation initiale en adaptation scolaire et sociale et en enseignement au secondaire

Afin de donner un portrait plus complet de la formation initiale des enseignants, je donnerai également quelques informations sur la formation en adaptation scolaire et sociale et en enseignement au secondaire.

Tout d'abord, les diplômés en adaptation scolaire et sociale sont appelés après leurs études à intervenir auprès des élèves en difficulté dans différents contextes, soit dans un contexte de travail individuel en orthopédagogie, soit en soutien à l'enseignant de la classe régulière, soit à l'intérieur de classes adaptées, par exemple dans des classes regroupant des élèves ayant un handicap ou une déficience intellectuelle. Leur formation de quatre ans comprend une spécialisation soit en enseignement / intervention au primaire, soit une spécialisation en enseignement / intervention au secondaire. Les étudiants sont formés à la fois pour l'intervention en français et en mathématiques même si, dans leur pratique, les interventions se font davantage au niveau du français, et moins en mathématiques.

La formation en enseignement au secondaire nécessite pour sa part dès le départ un choix de la matière à enseigner. Les enseignants de mathématiques bénéficient d'une formation qui intègre la formation disciplinaire et la formation didactique. Ainsi, au cours de leur formation, les enseignants du secondaire suivent 9 crédits (chaque crédit correspond à 15 heures de cours) de formation didactique, dispensée à la Faculté d'Éducation par des didacticiens, et 54 crédits de formation mathématique, dispensée par la Faculté de Sciences, par des mathématiciens.

Ces deux programmes proposent, tout comme le BEPP, des stages en milieu scolaire dès la première année de formation et poursuivent également le développement des compétences professionnelles prévues par le référentiel des compétences du Ministère.

3 Les modalités de la formation continue en enseignement au préscolaire et au primaire

À l'Université de Sherbrooke, il existe également différentes modalités de formation continue des enseignants du primaire et du préscolaire en enseignement des mathématiques. Ainsi, le département d'enseignement au préscolaire et au primaire offre une maîtrise (l'équivalent d'un master en France) dont la plupart des étudiants sont des enseignants en exercice qui souhaitent améliorer leurs compétences professionnelles. Cette maîtrise accueille également une minorité d'enseignants qui désirent changer de niveau d'intervention ; ce sont pour la plupart des enseignants du secondaire ou d'adaptation scolaire qui souhaitent faire la transition à l'enseignement au primaire et au préscolaire. Il est à noter que le but de cette maîtrise n'est pas de permettre aux étudiants d'occuper un emploi différent à l'obtention du diplôme. D'ailleurs, la plupart des finissants de cette maîtrise continueront leur carrière en enseignement au préscolaire et au primaire, alors que seulement une minorité changera d'emploi pour occuper d'autres fonctions à l'intérieur du système scolaire, comme celle de conseiller pédagogique.

Cette maîtrise est également à visée professionnelle dans le sens où elle vise surtout le perfectionnement professionnel des enseignants. Ainsi, dans les documents officiels qui la décrivent, on retrouve des objectifs qui visent à permettre aux étudiants de « consolider leur pratique professionnelle ; d'approfondir leurs connaissances dans le domaine de la psychopédagogie ; d'amorcer une spécialisation en didactique d'une ou de plusieurs disciplines ; de développer leurs connaissances et leurs compétences professionnelles, tout en s'appuyant sur leur expérience professionnelle ; et d'analyser de façon systématique leur pratique professionnelle ». Elle comprend plusieurs cours de psychopédagogie, mais il y a également des cours de didactique des différentes disciplines qui y sont offerts. Ces cours occupent 30 crédits dans la maîtrise, qui comprend également un bloc « recherche » de 15 crédits supplémentaires au terme du processus, pour l'étudiant qui souhaite obtenir la maîtrise (le master). Cette partie n'est cependant pas obligatoire, puisque les étudiants peuvent également choisir d'obtenir un « diplôme de deuxième cycle » qui comprend uniquement la partie « cours ». Finalement, il est intéressant de noter qu'il existe deux cheminements différents pour la maîtrise. Le premier cheminement, plus classique, prévoit des cours en présence, à l'Université de Sherbrooke, mais aussi dans différentes régions du Québec. Le deuxième cheminement est dispensé entièrement en ligne, avec des étudiants qui proviennent des quatre coins du Québec.

III - QUELLE ARTICULATION ENTRE MATHÉMATIQUES ET DIDACTIQUE ?

Tel qu'indiqué plus haut, la formation initiale dispensée au BEPP ne prévoit pas de cours de mathématiques pures, mais plutôt des cours de didactique dans lesquels est intégrée la formation mathématique. Comment se fait alors cette articulation entre mathématiques et didactique des mathématiques ? Dans cette section, je dresserai d'abord un court portrait des étudiants en ce qui a trait à leur rapport affectif aux mathématiques et à leurs compétences mathématiques. Par la suite, je présenterai le modèle des connaissances mathématiques de Hill et Ball (2009) afin de mieux pouvoir situer les connaissances mathématiques nécessaires à l'acte d'enseigner. Dans une dernière partie, j'illustrerai à l'aide de quelques exemples sur l'enseignement des probabilités comment les activités de formation dispensées au BEPP tentent de travailler les différentes dimensions des connaissances mathématiques. Pour ce faire, je m'appuierai largement sur l'argumentaire développé dans un texte sur la formation des mathématiques publié en 2011 (Theis, 2011).

1 Portrait des étudiants du BEPP de l'Université de Sherbrooke

Contrairement aux futurs enseignants de mathématiques du secondaire, qui ont choisi leur discipline d'enseignement, les étudiants en enseignement au préscolaire et au primaire ont fait le choix plus général d'un ordre d'enseignement, mais pas d'une matière spécifique. Par ailleurs, plusieurs de nos étudiants n'ont pas suivi de formation mathématique poussée au niveau collégial (CÉGEP) ou encore ont éprouvé des difficultés en mathématiques lors de leur parcours scolaire antérieur. Afin d'avoir un portrait plus précis de leur rapport épistémologique et affectif aux mathématiques ainsi que de leurs connaissances mathématiques, nous avons soumis en 2003 deux tests à 190 étudiants de première année du BEPP (Theis et al., 2006 ; Morin et Theis, 2006). Le premier de ces tests demandait aux étudiants de se positionner sur une échelle de Likert par rapport à différents énoncés sur leur rapport affectif et épistémologique aux mathématiques. Les analyses de ce test révèlent que 85 % des étudiants interrogés sont indifférents ou en désaccord avec l'énoncé « Je suis très enthousiaste à l'idée d'enseigner les mathématiques ». Par ailleurs, une partie importante des étudiants, soit 39 %, affirment être anxieux à l'idée d'enseigner les mathématiques et 41 % disent avoir moins confiance en leur habileté à enseigner les mathématiques que les autres matières. En ce qui concerne leur rapport personnel aux mathématiques, on peut retrouver un groupe d'étudiants qui a un rapport difficile aux mathématiques. En effet, 20 % des étudiants sont d'accord que « faire des mathématiques, c'est beaucoup d'occasions de me sentir bête ». De plus, 16 % des étudiants sont d'accord avec l'énoncé qu' « on est bon ou pas bon en mathématiques, on ne peut rien y faire ». Comme ces deux derniers résultats sont fortement corrélés dans nos analyses, nous nous retrouvons ici avec un groupe d'étudiants qui se sent faible en mathématiques et qui pense que cette situation est immuable.

Au niveau des connaissances mathématiques, nous avons soumis à ces mêmes étudiants un test mathématique comprenant des questions sur des contenus qui font tous l'objet d'un enseignement au primaire. Les résultats de ce test (N=204) révèlent une moyenne chez les étudiants de 51,7% (avec un écart-type de 16,4%). Par ailleurs, certains des étudiants semblaient éprouver des difficultés majeures, puisque les notes sont allées aussi bas que 11 %. Bien sûr, certaines des questions posées dans ce test nécessitaient une compréhension largement plus élaborée qu'une simple compréhension algorithmique. Il n'en reste pas moins que pour plusieurs étudiants en début de parcours au BEPP, les connaissances mathématiques sont largement déficitaires. D'ailleurs, si ces résultats datent quand même déjà de quelques années, il n'y a pas de raison de croire que la situation a changé de manière significative aujourd'hui.

2 Un modèle pour situer les connaissances mathématiques pour l'enseignant

Au départ du modèle de Hill et Ball (2009) se trouve un postulat fort que les mathématiques utilisées par les enseignants ne sont pas les mêmes mathématiques que celles utilisées par les mathématiciens. Ainsi, Ball et Bass (2003) ont analysé le travail des enseignants afin de déterminer la nature des mathématiques qu'ils utilisent. Une des caractéristiques des mathématiques qui ressort alors pour les enseignants est que les mathématiques de l'enseignant sont « décortiquées », de manière à les rendre accessibles aux élèves. Les mathématiques du mathématicien sont, d'un autre côté, par leur nature abstraite, « comprimées » sous une forme abstraite et très efficace.

Le modèle des connaissances mathématiques de Hill et Ball (2009) est schématisé dans la figure 1 ci-dessous.

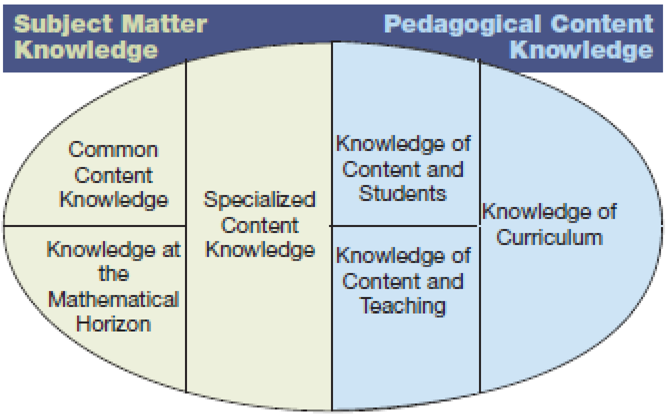

Figure 1 : Modèle des connaissances mathématiques de Hill et Ball (2009).

Hill et Ball (2009) distinguent deux grandes catégories de connaissances mathématiques : les connaissances mathématiques (subject matter knowledge) et les connaissances didactiques (pedagogical content knowledge). Dans la première catégorie, on retrouve trois types de connaissances différentes. Tout d'abord, les connaissances générales du contenu (common content knowledge) regroupent les connaissances mathématiques qui sont également utilisées dans d'autres domaines que les mathématiques. Ensuite, les connaissances spécifiques du contenu (specialized content knowledge) sont spécifiques au travail de l'enseignant. Dans cette catégorie, on retrouve des connaissances qui servent à l'enseignant, par exemple, pour trouver les régularités dans les erreurs d'un élève ou pour interpréter une stratégie personnelle d'un élève dans la résolution d'un problème. Le troisième type de connaissances dans cette catégorie, appelé vision horizontale des mathématiques (knowledge at the mathematical horizon), permet à l'enseignant de connecter les mathématiques enseignées à un niveau précis aux mathématiques enseignées à d'autres moments.

Les connaissances didactiques regroupent quant à elles également trois types de connaissances. Tout d'abord, les connaissances sur le contenu en lien avec les élèves (knowledge of content and students) interviennent par exemple pour anticiper les raisonnements des élèves ou le degré de difficulté d'une tâche qui leur est proposée. Les enseignants doivent également être en mesure de reconnaître et d'interpréter les raisonnements émergents des élèves. Pour accomplir ces tâches, les enseignants doivent alors faire interagir leur compréhension mathématique avec leur connaissance des élèves et les raisonnements mathématiques de ces derniers. Ensuite, les connaissances du contenu en lien avec l'enseignement (knowledge of content and teaching) se situent à l'intersection entre les mathématiques et l'enseignement. Elles sont nécessaires notamment lors du séquençage d'une séquence d'enseignement, du choix des exemples pour illustrer un concept ou encore du choix des variables didactiques d'une situation. Finalement, les connaissances du curriculum (knowledge of curriculum) concernent surtout les connaissances des programmes de formation.

3 Exemples d'activités tirées de la formation initiale des enseignants

Afin d'illustrer comment se fait l'articulation entre mathématiques et didactique dans la formation initiale des enseignants, je m'appuierai ici sur quelques exemples issus du domaine de l'enseignement des probabilités. Les probabilités me semblent intéressantes dans ce contexte à plusieurs égards. Tout d'abord, au Québec et contrairement à la France, leur enseignement débute dès le début de l'école primaire et se poursuit tout au long de l'enseignement fondamental. Ensuite, par leur nature non déterministe, les probabilités occupent une place particulière à l'intérieur de l'enseignement des mathématiques, ce qui nécessite un travail épistémologique en formation initiale. Finalement, malgré leur rôle important, l'espace dévolu à la formation à l'enseignement des probabilités est somme toute assez limité (5 à 6 heures de formation), ce qui rend plus facile la description des modalités de formation dans ce domaine. Dans cette section, je reprendrai largement l'argumentation développé dans (Theis, 2011) pour illustrer comment s'articulent le développement de connaissances mathématiques et didactiques à travers deux exemples : celui de la résolution d'un problème mathématique et celui du travail sur un extrait d'un manuel scolaire.

Entrée à travers le travail sur une situation-problème

Dans mes cours de didactique des mathématiques, l'entrée dans le domaine des probabilités se fait généralement à travers la résolution d'une version modifiée du problème de Monty Hall :

> Dans un pays où la justice est rendue de manière singulière, un prisonnier a été condamné. Pour déterminer sa peine, il doit choisir entre trois portes fermées, identiques. Derrière deux d'entre elles, c'est l'échafaud, mais derrière l'autre c'est la liberté ! Le prisonnier doit choisir une des trois portes. Le geôlier, qui sait derrière quelle porte se trouve la liberté, dans sa grande bonté, ouvre alors une des portes derrière laquelle se trouve un échafaud (différente de celle choisie par le prisonnier). Il demande ensuite au prisonnier : « Maintenant que tu sais ce qu'il se trouve derrière la porte ouverte, veux-tu garder la porte que tu as choisie au début ou veux-tu changer de porte ? » Que devrait faire le prisonnier ? Changer de porte ou garder celle qu'il a choisie au début ? [35]

Ce problème me semble être particulièrement intéressant pour la formation des enseignants à différents niveaux. Tout d'abord, même si la structure du problème est plutôt complexe et a tendance à induire en

[35] Pour le lecteur intéressé à en savoir davantage sur ce problème, il existe une multitude de sites internet consacrés au problème de Monty Hall. Pour une analyse en profondeur, voir également Rosenhouse J. (2009) The Monty Hall Problem. The Remarkable Story of Math's Most Contentious Brain Teaser. New York : Oxford University Press.

erreur les étudiants, ce n'est pas un problème qui leur semble menaçant *a priori*. La plupart des étudiants s'engagent assez facilement dans sa résolution. Par ailleurs, il comprend un obstacle conceptuel fort et permet un double regard à la fois sur les connaissances mathématiques et les connaissances didactiques. Dans ce contexte, la résolution du problème par des étudiants en formation initiale des enseignants n'est pas une fin en soi, mais devient un prétexte pour aborder différents enjeux autour de l'enseignement et de l'apprentissage des probabilités.

Le travail autour de ce problème se déroule alors en plusieurs moments différents. Dans un premier temps, les étudiants sont amenés à résoudre le problème (connaissances générales du contenu). Dans ce contexte, cette tâche est loin d'être banale, puisque, dès le départ, une large majorité des étudiants ont tendance à argumenter que changer de porte ne change pas les probabilités sous-jacentes.

Après avoir émis une première hypothèse sur la meilleure stratégie à adopter, les étudiants sont amenés à faire quelques essais en équipe pour voir quels sont les résultats obtenus en expérimentant le problème, soit en gardant la même porte, soit en changeant de porte. Dès lors se dégage une tendance dans les expérimentations qui permet de voir que le prisonnier qui change de porte a tendance à accéder plus souvent à la liberté que le prisonnier qui maintient son choix initial. Cependant, comme le nombre d'essais réalisés par chacune des équipes est encore relativement petit à ce stade-ci, il existe une variabilité importante entre les résultats obtenus par les différentes équipes.

Plusieurs moyens sont alors mis en place afin d'augmenter le nombre d'essais. Tout d'abord, les résultats de chacune des équipes sont mis en commun au tableau, de manière à obtenir un échantillon plus important d'essais. Ensuite, nous nous servons d'un outil de simulation développé dans le cadre d'un projet de recherche avec des enseignants du secondaire (Theis et Savard, 2010) pour simuler un grand nombre d'essais, en utilisant d'abord la stratégie du maintien du choix initial et ensuite celle du changement de porte. La figure 2 donne un aperçu de cet outil de simulation.

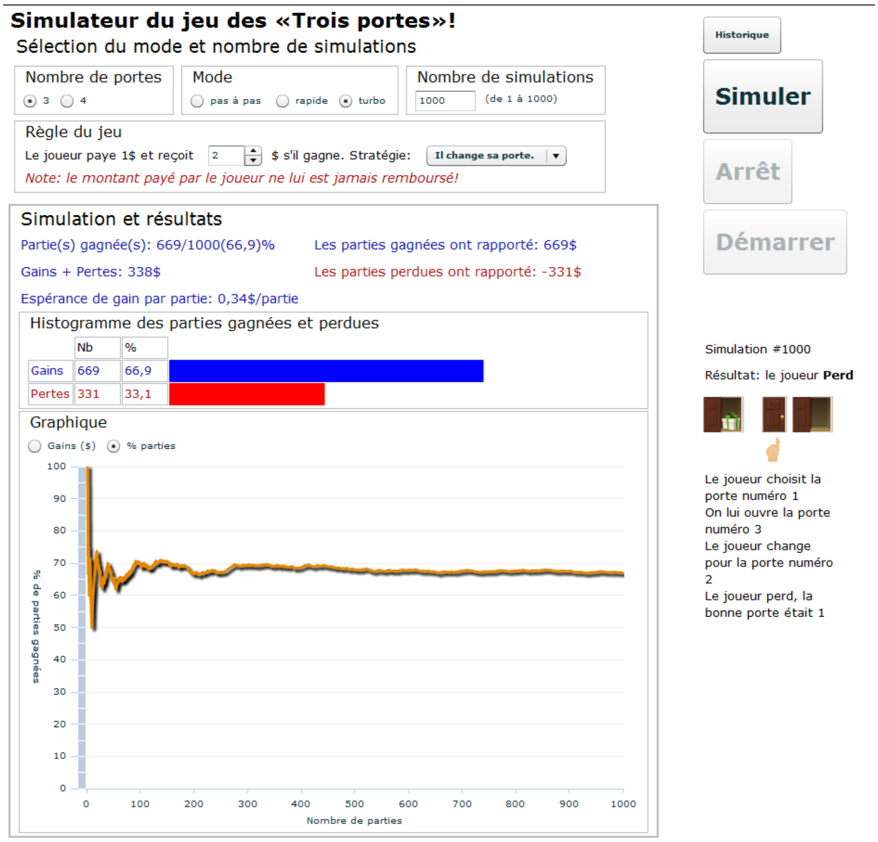

Figure 2 : Capture d'écran d'un outil de simulation pour le problème de Monty Hall

La résolution de ce problème est ensuite exploitée de différentes façons. Tout d'abord, elle permet de faire un travail sur l'épistémologie des probabilités (connaissances générales du contenu). Dans ce contexte, nous abordons entre autres la variabilité des résultats obtenus, la loi des grands nombres et la nature non déterministe des probabilités. Le travail sur le problème de Monty Hall devient également un prétexte pour aborder les différentes manières d'approcher les probabilités (théorique ou modélisation, fréquentielle ou expérimentale, et subjective). Dans ce contexte, il devient possible d'aborder des enjeux qui touchent davantage à l'enseignement. Ainsi, nous abordons le lien entre les approches théoriques (modélisation) et fréquentielle (expérimentale) à travers la loi des grands nombres et la manière dont ces liens peuvent être établis dans un contexte d'enseignement (connaissances du contenu et de l'enseignement). Nous faisons également un retour sur les manières utilisées pour travailler le problème (expérimentation, mise en commun des résultats, etc.) et des outils qui peuvent y être utiles (programme de simulation). Ces analyses se situent alors au niveau du développement des connaissances du contenu et de l'enseignement. Finalement, nous abordons les conceptions erronées les plus fréquentes en lien avec les probabilités (connaissances sur le contenu et les élèves). Bien sûr, pour ce travail, il n'est pas possible d'illustrer toutes les conceptions erronées avec le problème de Monty Hall, et ce travail nécessite également le recours à d'autres exemples.

Analyse d'un extrait de manuel scolaire

Une partie du travail sur les probabilités en formation initiale concerne l'analyse de situations proposées dans les manuels scolaires québécois. Afin d'illustrer la nature de ce travail, je décrirai ici ce travail à partir d'un extrait d'un manuel de 4e année (CM1) et je détaillerai le type d'analyse qui peut en être tiré. L'activité proposée est illustrée dans la figure 3

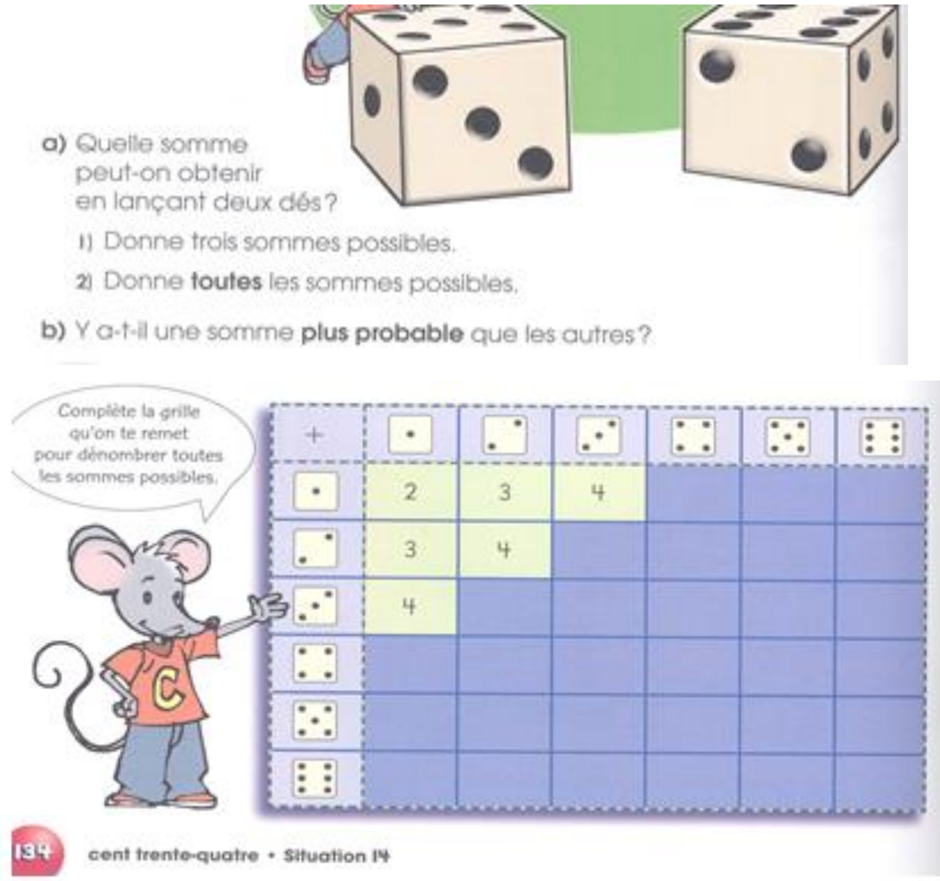

Figure 3 : Extrait d'un manuel de 4e année (Guay et al. 2002a)

L'analyse peut porter ici sur le choix des différentes variables didactiques par les auteurs du manuel, à partir d'entrées différentes. Tout d'abord, de manière plus large, le champ de validité de ce type de schéma peut être analysé (connaissances spécifiques du contenu) : si ce schéma se prête bien à la représentation de situations comme celles utilisées ici, dans lesquelles la somme de deux lancers de dés est en jeu, il devient plus difficile d'y recourir dans des situations où un plus grand nombre de dés intervient. Par ailleurs, il est aussi possible de comparer ce tableau avec un arbre des possibilités (connaissances spécifiques du contenu). On peut également analyser les impacts sur l'activité mathématique de l'élève du choix de fournir dès le départ l'ensemble des résultats possibles sous forme d'un tableau à double entrée en y inscrivant certaines sommes (connaissances du contenu en lien avec l'enseignement). Ce choix fait alors en sorte de restreindre l'activité de l'élève. D'ailleurs, dans le guide de l'enseignant qui accompagne le manuel, les auteurs prévoient la possibilité de ne pas recourir dès le départ au schéma, en la justifiant toutefois par le développement de méthodes de travail et non par des arguments d'ordre didactique : « Pour amener les élèves à développer une méthode de travail efficace, on peut ne pas leur fournir la grille de dénombrement. » (Guay et al. 2002b, p. 134). La formulation des questions posées au début de la situation peut également faire l'objet d'une discussion (connaissances du contenu en lien avec l'enseignement). Telles que formulées dans le manuel scolaire, les questions sont fermées et guident l'élève pas à pas. Par ailleurs, elles ne prévoient pas explicitement la réalisation d'essais qui auraient pu permettre l'établissement d'un lien entre probabilités théoriques et fréquentielles. Encore une fois, la réalisation d'essais est prévue dans le guide de l'enseignant : « Permettre aux élèves de manipuler les dés, de faire quelques expérimentations et de noter les résultats dans un tableau de compilation » (Guay et al. 2002b, p. 134). Une discussion peut alors s'engager sur le nombre d'essais nécessaires pour dégager des tendances dans les résultats obtenus et de pouvoir travailler avec les élèves sur la loi des grands nombres (connaissances spécifiques du contenu). Des situations alternatives qui portent sur les mêmes concepts sont également discutées (connaissances du contenu et de l'enseignement). Par exemple, en formulant la question de manière différente (par exemple : Est-il plus probable d'obtenir une somme de 10 ou de 7 en lançant deux dés ?), sans fournir dès le départ d'autres informations, il est possible de travailler sur des situations dont la structure mathématique est très similaire, mais à l'intérieur d'une tâche plus ouverte.

IV - QUELLE ARTICULATION ENTRE THÉORIE ET PRATIQUE ?

Dans des programmes de formation à visée professionnelle, dont fait partie le BEPP à l'Université de Sherbrooke, l'articulation entre théorie et pratique occupe un rôle particulièrement important afin de permettre au professionnel d'appuyer ses réflexions et ses actions sur des cadres théoriques solides. Dans mes pratiques de formation, cette articulation entre théorie et pratique se fait principalement à travers l'exploitation d'une recherche collaborative (Theis et Gagnon, 2013), réalisée avec une enseignante du primaire autour de l'apprentissage des mathématiques à travers des situations-problèmes mathématiques. Dans cette section, je dresserai d'abord un portrait de la manière dont les situations-problèmes sont généralement exploitées dans les programmes de formation québécois et je décrirai les caractéristiques générales d'une recherche collaborative ainsi que les modalités de la recherche que nous avons menée. Par la suite, j'illustrerai à l'aide de plusieurs exemples comment les résultats de cette recherche collaborative sont exploités tant dans le cadre de la formation initiale que dans la formation continue.

1 Exploitation des situations-problèmes dans les programmes de formation québécois

Les programmes de formation québécois placent la résolution de situations-problèmes au centre de l'enseignement des mathématiques et ce, du début du primaire jusqu'à la fin de l'enseignement secondaire. La résolution de situations-problèmes y est vue à la fois comme un but à atteindre (dans le sens d'une compétence à développer) et d'un moyen pédagogique qui permet d'apprendre les mathématiques. Il est toutefois important de comprendre que la définition utilisée dans ces programmes de formation comprend un certain nombre de spécificités qui la différencie des définitions habituellement utilisées en didactique des mathématiques :

> Une situation-problème se caractérise par le fait qu'il y a un but à atteindre, une tâche à réaliser ou une solution à trouver. L'objectif visé ne saurait être atteint d'emblée car il ne s'agit pas d'un exercice d'application. Sa quête suppose, au contraire, raisonnement, recherche et mise en place de stratégies mobilisant des connaissances. (MELS, 2003, p. 126)

Une des particularités les plus importantes de cette définition réside alors dans le statut des connaissances : résoudre une situation-problème implique ici la mise en place de stratégies *mobilisant* des connaissances. Cet aspect particulier est alors en porte-à-faux avec un certain nombre de définitions de la situation-problème utilisées en didactique des mathématiques, où la situation-problème sert plutôt à *construire* de nouvelles connaissances, et pas seulement à les mobiliser. Tel est le cas par exemple dans la définition de la situation-problème d'Astolfi (1993), sur laquelle je me base également dans les analyses faites dans le cadre de mes recherches collaboratives :

> Dans les cas des situations-problèmes […], le problème devient le moyen même de l'apprentissage, puisque c'est autour de lui que va se nouer le dispositif didactique. Le problème est ici la source, le lieu et le critère de l'élaboration du savoir. C'est lui qui va permettre l'engagement de l'élève dans une résolution et qui va catalyser la genèse des instruments intellectuels, dont la construction se révélera nécessaire, chemin faisant. (*Ibid.*, p. 313)

Cette différence de perspective a des impacts importants sur la nature de l'obstacle à surmonter, puisque, chez Astolfi (1993), cet obstacle est nécessairement de nature conceptuelle : « Une situation-problème est organisée autour du franchissement d'un obstacle par la classe, obstacle préalablement identifié » (p. 319). Le programme de formation pour sa part n'identifie pas explicitement la nature de l'obstacle à surmonter dans une situation-problème. Toutefois, comme il ne s'agit pas d'un savoir à construire, mais plutôt d'un savoir à mobiliser, l'obstacle y est de nature différente.

Par ailleurs, comme l'ont montré Lajoie et Bednarz (2015), le Ministère de l'Éducation du Québec a introduit dans certains des documents qui encadrent le recours aux situations-problèmes un critère de situation-problème *complexe*. Or, telle qu'elle est mise en œuvre notamment dans les épreuves d'évaluation provinciales qui sont réalisées chaque année à la fin de l'enseignement du primaire, cette complexité ne se traduit pas par une complexité conceptuelle, mais plutôt par le nombre élevé de concepts que l'élève doit mobiliser, la quantité élevée de contraintes et de données et souvent, un énoncé très long.

Les caractéristiques de la définition ministérielle utilisée au Québec ainsi que des épreuves d'évaluation qui en découlent ont alors un impact important sur les conceptions des futurs enseignants puisque, pour un grand nombre d'entre eux, ces épreuves d'évaluation deviennent un modèle à suivre pour l'enseignement des mathématiques. Il devient alors important de permettre aux étudiants de confronter cette définition à celles utilisées en didactique des mathématiques et à les amener à recentrer leurs interventions autour de la construction de situations-problèmes qui permettent la construction de nouvelles connaissances.

2 Contexte d'émergence et modalités d'une recherche collaborative

Tel que le soulignent Desgagné et al. (2001), la recherche collaborative implique une recherche *avec* l'enseignant, et non seulement une recherche *sur* l'enseignant. Une des visées centrales de la recherche collaborative est de "rapprocher les préoccupations du "monde de la recherche" et celles du "monde de la pratique" (Bednarz, 2013, p. 7). À la base de ces recherches collaboratives se trouve un postulat fort que le savoir expérientiel d'un enseignant est valide et pertinent et que son articulation avec des savoirs issus de la recherche permet de faire le pont entre théorie et pratique. D'ailleurs, pour Bednarz, (2013), c'est cette articulation du point de vue de la recherche et de celui de la pratique qui justifient sa pertinence pour la pratique.

> Cette approche de recherche accorde une place importante aux actions et significations des praticiens (enseignants, conseillers pédagogiques, intervenants divers du monde de l'éducation) et elle produit des données qui fournissent de nouveaux éclairages sur les questions qui se posent aujourd'hui à la profession enseignante. (*Ibid.* p.7)

C'est à l'intérieur de ce cadre que j'ai réalisé une recherche collaborative avec une enseignante de la fin du primaire (Theis et Gagnon, 2013), qui visait à décrire la pratique « exemplaire » d'une enseignante disposant d'une grande expérience dans le recours aux situations-problèmes. Une des visées de cette recherche était de rendre explicites les principes sous-jacents à la gestion didactique des apprentissages par l'enseignante et de les mettre en perspective avec des éléments issus de cadres issus de la didactique des mathématiques. Dans ce contexte, il me semble toutefois important de préciser que la visée de cette recherche n'était pas de prescrire des façons de faire, mais plutôt de fournir un point de départ qui pourrait servir à entamer une discussion avec les étudiants en formation initiale et continue.

Cette recherche s'est opérationnalisée à travers une collaboration intensive avec une enseignante de 5ème et de 6ème année, Nicole Gagnon, pendant une année complète, et impliquait la planification conjointe de situations-problèmes et leur expérimentation conjointe en classe. Des entrevues ont été réalisées avec certains élèves afin de recueillir des informations sur les techniques utilisées pour travailler les situations-problèmes proposées. Après chacune des expérimentations, des rencontres avec l'enseignante permettaient d'analyser conjointement les expérimentations, à partir des notes d'observation, des traces des élèves ainsi que des entrevues réalisées. Ces rencontres servaient également à rendre explicites les principes qui sous-tendent les choix de gestion didactique de l'enseignante et ont mené à la rédaction conjointe d'un livre (Theis et Gagnon, 2013). Ce livre est composé de trois types de chapitres: (1) une section, plus théorique, pour décrire les bases conceptuelles d'une approche de l'enseignement des mathématiques à travers des situations-problèmes, (2) la description des situations-problèmes expérimentées en classe, incluant une analyse *a priori* de la situation ainsi qu'une description et une analyse des techniques mises en place par les élèves et (3) des chapitres qui abordent directement les principes sous-jacents de gestion didactique auxquels recourt l'enseignante. Ces derniers chapitres sont rédigés sous forme de dialogue, afin de garder entier le point de vue de l'enseignante et celui du chercheur.

3 Quelques conditions d'une recherche collaborative

Pour qu'une recherche collaborative comme la nôtre puisse se réaliser, certaines conditions me semblent importantes. Tout d'abord, une certaine « complicité didactique » entre l'enseignant et le chercheur est nécessaire dès le départ. En effet, comme la recherche collaborative résulte ici dans l'écriture d'un ouvrage complet, il me semble important que l'enseignant et le chercheur aient une vision largement commune de l'enseignement des mathématiques. Cette condition me semble essentielle même si le but de l'ouvrage n'est pas de *prescrire* une façon d'enseigner les mathématiques. Elle sert aussi à assurer une cohérence générale de l'ouvrage tout en permettant à la fois au chercheur et au praticien de s'y reconnaître.
Dès le début du projet, il me semble également essentiel qu'il y ait une négociation du rôle de chacun des intervenants et que ces rôles tiennent compte des expertises de chacun. Ainsi, l'enseignant détient un savoir pratique, souvent implicite, qui lui permet de faire avancer les situations-problèmes en classe. Le chercheur de son côté dispose plutôt de cadres théoriques qui permettent d'analyser ce qui se passe en classe, que ce soit au niveau des tâches proposées ou encore de l'apprentissage des élèves. Le travail du chercheur dans cette démarche consiste aussi à aider le praticien à rendre explicites ses principes de gestion et à l'accompagner dans la rédaction de ceux-ci. En effet, le praticien est essentiellement dans l'action, mais les principes qui sous-tendent cette action ont tendance à rester tacites (Schön, 1997). Afin de garder intacts les points de vue de chacun des acteurs, nous avons décidé de rédiger les chapitres qui concernent l'explicitation des principes de gestion didactique sous forme de dialogue entre enseignant et chercheur.
Finalement, l'implication de l'enseignante dans les étapes d'analyse et de rédaction est un élément distinctif de notre recherche collaborative. Même si beaucoup de recherches collaboratives impliquent

les enseignants dans différentes étapes de la recherche, celles qui ont réussi à inclure ceux-ci dans les étapes d'analyse et surtout de rédaction sont plutôt rares. Cette implication est souvent difficile, puisqu'elle nécessite une relation de confiance absolue entre le chercheur et l'enseignante et un accompagnement important de l'enseignant, dont l'écriture et l'analyse ne sont pas des éléments de sa pratique habituelle.

4 Exploitation de la recherche collaborative en formation initiale

Dans cette section, je montrerai à l'aide de quelques exemples comment j'utilise les résultats de cette recherche collaborative en formation initiale des enseignants du primaire. Le premier exemple servira à illustrer le travail sur la définition d'une situation-problème, un deuxième exemple montrera comment les principes de gestion par l'enseignante des erreurs d'élèves sont exploitées en formation et le troisième exemple abordera un travail conceptuel avec les étudiants sur les pourcentages à partir de différentes techniques employées par les élèves.

Travail sur la définition d'une situation-problème

Lors de mes cours, en formation initiale et en formation continue, un des premiers aspects abordés concerne la nature et la définition d'une situation-problème. Pour ce faire, j'utilise la situation-problème suivante qui a été expérimentée dans le cadre de notre recherche collaborative :

Voici une image satellite de la calotte polaire au-dessus de l'Arctique. La ligne bleue représente l'étendue de la calotte glaciaire en 2003. La surface blanche constitue la prévision de climatologues de l'étendue de la calotte glaciaire en 2020. Quelle est l'étendue de la calotte glaciaire prévue en 2020 par rapport à aujourd'hui [2003] ?

Il me semble d'abord important de noter que cette situation-problème a été expérimentée pour la première fois dans la classe de Nicole Gagnon en 2003 et que le terme « aujourd'hui » réfère donc également à l'année 2003. Essentiellement, deux enjeux conceptuels sont travaillés dans cette situation-problème : le calcul de l'aire d'une figure irrégulière et le passage à un rapport ou à un pourcentage pour exprimer la surface restante par rapport à la surface initiale.

Pour ce qui est du calcul des aires des deux surfaces irrégulières, des élèves du primaire ne disposent pas de formule pour le faire. Dans ce contexte, plusieurs élèves choisissent de recouvrir la surface d'un quadrillage et de dénombrer les carrés dans chacune des deux surfaces. Cette technique de dénombrement nécessite toutefois aussi de trouver une façon de comptabiliser les carrés incomplets.

Le deuxième enjeu concerne l'expression de la comparaison des deux aires sous forme de fraction ou de pourcentage. Pour ce faire, les élèves doivent d'abord reconnaitre qu'il ne suffit pas de dire qu'en 2020, la calotte glaciaire aura perdu un certain nombre de *carrés.* Ensuite, ils doivent trouver une façon d'exprimer cette différence sous forme de rapport, de fraction ou de pourcentage. Cette étape est facilitée par le fait que la petite surface représente environ la moitié de la grande surface, ce qui ouvre la porte vers le recours à une fraction simple. Toutefois, dans nos expérimentations, la plupart des enfants finissent par exprimer l'étendue de 2020 sous forme de pourcentage de la surface de 2003.

En formation, les étudiants seront tout d'abord amenés à résoudre eux-mêmes cette situation-problème (connaissances générales du contenu). Dans ce contexte, il est à noter qu'elle n'est pas nécessairement évidente à résoudre pour des adultes non plus. Ainsi, il n'est pas facile pour plusieurs d'entre eux de trouver une technique pour déterminer l'aire et le passage aux pourcentages est difficile à faire pour certains. Dans un deuxième temps, nous jetons un regard collectif sur les différentes techniques de résolution utilisées par l'ensemble des groupes d'étudiants afin d'en analyser la véracité et la portée (connaissances spécifiques sur le contenu). Finalement, nous discutons également de la nature de mes propres interventions pendant la résolution de la situation-problème dans les différentes équipes, afin d'en dégager les visées : clarifier les consignes, questionner les étudiants, etc. (connaissances du contenu en lien avec l'enseignement).

En formation, cette situation sert également à confronter les étudiants à leur définition de ce que constitue une situation-problème. En effet, comme nous l'avons vu plus haut, la définition utilisée d'une situation-problème utilisée dans les documents ministériels diffère largement de celle utilisée généralement en didactique. La situation-problème sur la calotte glaciaire confronte alors souvent les étudiants, puisque l'enjeu n'y est pas le nombre de contraintes comme c'est le cas dans les épreuves d'évaluation provinciales, mais plutôt des obstacles conceptuels sous-jacents.

Exemple d'analyse d'erreur d'un élève

La situation-problème de la fonte de la calotte glaciaire sert également à travailler sur la gestion didactique des erreurs d'élèves, à l'aide d'un exemple d'une technique utilisée par une équipe d'élèves. Dans cette section, je décrirai d'abord en quoi consiste cette technique, je relaterai ensuite quels principes d'intervention ont émergé pendant la recherche collaborative et comment cette situation est explorée dans la formation des enseignants.

Recours à une corde pour mesurer le périmètre de la calotte glaciaire

Au cours de l'expérimentation de la situation-problème de la calotte glaciaire, une équipe d'élèves propose de partir du périmètre des deux figures pour déterminer leur aire.

Enseignante : Qu'est-ce que vous avez pensé comme moyen ?

Sébastien : On va prendre une corde, on va faire le contour, on va diviser par 4, comme si on faisait un carré et on va faire longueur fois largeur. La surface sera alors la même aire que le carré.

Afin de mettre en œuvre leur technique, les élèves de cette équipe collent alors une corde sur le périmètre de chacune des figures, en essayant d'être le plus précis possible. Par la suite, ils détachent la corde et forment un carré avec elle, puis calculent l'aire de ce carré. La figure 4 illustre la technique de cette équipe d'élèves.

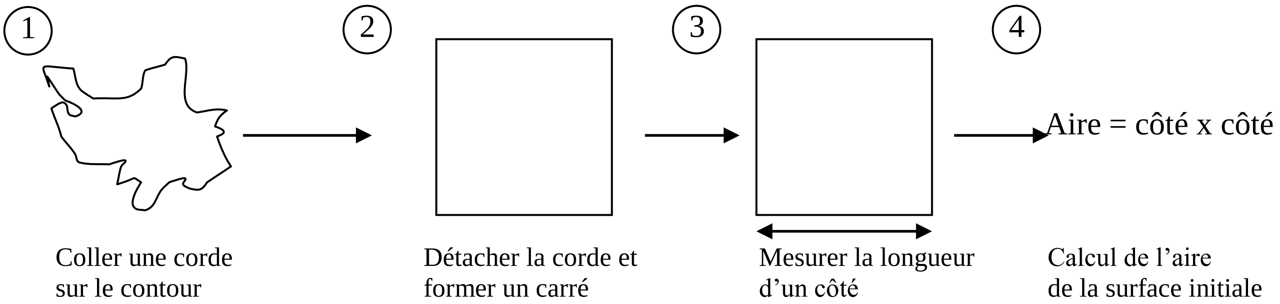

Figure 4 : Technique utilisée pour déterminer l'étendue de la calotte glaciaire en 2010 à l'aide d'une corde.

Il me semble intéressant de noter que cette technique apparait également très souvent lorsque la même situation est proposée à des adultes en formation initiale ou continue. Dès lors se pose alors la question de sa gestion didactique en classe. Est-ce que l'enseignant devrait ici intervenir tout de suite afin de rectifier la situation ou encore devrait-il laisser aller cette équipe jusqu'au bout de leur technique ? Et, de manière plus générale, quelles sont les principes sous-jacents qui guident cette discussion ?

Gestion didactique de la stratégie de la corde

Dans cette section, je décrirai quels sont les principes qui ont émergé lors du travail avec Nicole Gagnon et je tenterai de montrer quels outils didactiques font écho à ces principes. Pour ce faire, je reprendrai les grandes lignes de la discussion de Theis et Gagnon (2013) sur la gestion des erreurs (p.119-125).

Tout d'abord, il me semble intéressant de préciser que, dans cette situation, l'enseignante a laissé les élèves aller jusqu'au bout de leur démarche. Leur technique a ensuite été présentée à l'ensemble de la classe lors d'un retour en grand groupe afin de solliciter une confrontation et une remise en question. Comme l'ensemble de la classe la trouvait intéressante et correcte, l'enseignante leur a demandé de dessiner différentes figures ayant un périmètre de 24 cm. Certaines de ces figures ont été dessinées au tableau et la classe a constaté que différentes figures ayant le même périmètre n'ont pas nécessairement la même aire et que, par conséquent, la stratégie de la corde n'est pas mathématiquement correcte. Toutefois ce constat n'a pas été facile à accepter pour l'ensemble des élèves de la classe et particulièrement pour l'équipe qui avait mis en place au départ la technique de la corde. Ces élèves ont continué à argumenter que dans l'exemple utilisé en classe, on a utilisé des rectangles de même périmètre alors qu'eux ont travaillé avec des carrés. Il s'agit donc ici d'un obstacle fort à surmonter pour ces élèves.

Quels sont alors les critères qui permettent à l'enseignante de laisser aller une stratégie jusqu'au bout? Elle le justifie tout d'abord avec un contre-exemple d'une situation, où elle n'a pas laissé aller jusqu'au bout les élèves. Cette situation est survenue dans une situation-problème où des élèves devaient déterminer le volume d'une boite de mouchoirs, en se servant de blocs multibase d'abord, pour ensuite trouver une formule permettant de calculer le volume de prismes à base rectangulaire. Dans cette situation, une équipe a décidé de remplir la boite en y mettant les cubes pêle-mêle, sans se soucier de bien les placer et de remplir les espaces entre chacun des cubes, pour ensuite les compter. L'enseignante les a alors arrêtés rapidement en questionnant la pertinence de leur démarche. Par la suite, elle justifie sa décision par la difficulté d'exploiter cette stratégie pour faire avancer les apprentissages.

> Dans cette situation, je ne les ai pas laissés aller car je voyais bien qu'il n'y avait rien à tirer de cette stratégie, que si les membres de l'équipe la présentaient aux autres, tout de suite elle serait réfutée alors que dans l'exemple de l'utilisation du périmètre pour trouver l'aire, les élèves ont trouvé la stratégie très intéressante et il a fallu une démonstration systématique pour la réfuter. (Theis et Gagnon, 2013, p. 121)

Par la suite, elle avance également plusieurs conditions dans lesquelles elle aurait davantage tendance à laisser aller les stratégies jusqu'au bout. Une première de ces conditions est mise en place lorsque la situation permet à l'élève de se rendre compte lui-même qu'il y a eu une erreur au lieu que l'enseignant impose un argument d'autorité.

> Il peut arriver d'autres situations où je laisse un élève aller au bout de sa stratégie même si je la sais erronée et c'est quand je vois qu'il aura besoin de se prouver à lui-même qu'elle n'est pas efficace ou qu'elle donne un résultat erroné. (Theis et Gagnon, 2013, p. 122)

D'une certaine manière, cet argument fait alors aussi appel au type de rétroaction offert par la situation. Si cette situation permet une rétroaction suffisante, il devient alors possible de laisser aller la stratégie jusqu'au bout. D'autres dimensions de cette rétroaction sont d'ailleurs également nommées par l'enseignante :

> Je crois que la facilité et la rapidité de la validation pourraient être un critère pour laisser aller un élève dans l'utilisation d'une stratégie erronée. Si on revient à l'exemple du volume de la boîte de papier mouchoirs, la vérification aurait été longue car les élèves auraient dû compter tous les petits cubes. Et la validation pas facile, car comment auraient-ils pu se rendre compte que leur résultat ne correspondait pas à la valeur attendue ? (Theis et Gagnon, 2013, p. 122)

Par ailleurs, la possibilité d'exploiter l'erreur avec l'ensemble de la classe est également un critère nommé par l'enseignante qui plaiderait en faveur de laisser aller les élèves jusqu'au bout de leurs démarches.

> Un autre critère pourrait être le potentiel que permet cette erreur. S'il s'agit de travailler sur une conception erronée comme c'était le cas pour la surface de la calotte glaciaire, le jeu en vaut la chandelle car l'erreur nous a permis de défaire une conception erronée que peuvent avoir plusieurs élèves qui croient qu'il y a un lien direct entre la mesure du périmètre et de l'aire. Par contre, avec l'exemple de l'équipe qui a rempli pêle-mêle la boîte de papier mouchoirs avec des cubes, c'était plutôt un bel exemple d'élève qui veut expédier le travail sans prendre le temps de réfléchir à l'efficacité de sa stratégie. Cette démarche ne cachait alors pas une conception erronée et n'était pas porteuse d'un nouvel apprentissage. (Theis et Gagnon, 2013, p. 122)

Quels sont alors les concepts issus de la didactique des mathématiques qui permettent de faire écho à ces principes dégagés par Nicole Gagnon dans sa pratique ? Dans ce cas-ci, j'ai choisi de recourir au puzzle de Brousseau afin d'illustrer un certain nombre d'éléments évoqués par l'enseignante. Tout d'abord, cette situation et le nécessaire passage d'un raisonnement additif vers un raisonnement multiplicatif qui s'y opère permettent d'illustrer la nature de ce que constitue un obstacle épistémologique. Ensuite, elle permet également de montrer de quelle manière une situation-problème peut fournir une rétroaction forte à l'élève, à travers sa structuration et le choix de ses variables didactiques. Et finalement, le puzzle de Brousseau est également une situation dans laquelle il est important de laisser aller les élèves jusqu'au bout de leur raisonnement additif afin de pouvoir constater eux-mêmes l'inadéquation des techniques purement additives.

Au cours de la formation initiale et continue, les principes dégagés par l'enseignante et leur contrepartie issue de la didactique des mathématiques servent avant tout à entamer une discussion sur la gestion didactique des situations-problèmes en classe. Tel que je l'ai indiqué plus haut, l'intention n'est pas tant de prescrire une façon d'enseigner, mais plutôt de générer, à partir d'exemple, une discussion sur des principes d'intervention et des critères qui favorisent leur mise en application.

Exemple d'analyse de techniques d'élèves

Au-delà du travail sur la gestion didactique des situations-problèmes, les cours de didactique des mathématiques amènent également les étudiants à travailler sur l'analyse de techniques d'élèves. Dans cette section, je vais illustrer à l'aide d'un exemple comment se travail peut s'opérationnaliser.

La situation-problème à partir de laquelle sont tirés ces exemples (Theis et Gagnon, 2013, p. 15-33) a lieu au début de l'année scolaire, alors que les élèves doivent calculer le prix de leurs fournitures scolaires, qui sont mises à leur disposition par l'école. Dans une première étape, les élèves font la liste des fournitures (crayons, stylos, etc.) dont ils ont besoin et en calculent le prix. Ensuite, ils doivent calculer le montant de la taxe qu'il faut ajouter au prix ainsi obtenu.

Dans ce contexte, quelques explications me semblent utiles pour situer le lecteur par rapport au contexte québécois, où les prix dans les magasins sont toujours affichés hors taxes. C'est en passant à la caisse que s'ajoutent une taxe provinciale et une taxe fédérale. Au moment de réaliser la situation-problème, la taxe provinciale était de 7,5 % et la taxe fédérale de 5 %. Dans la réalité, les deux taxes s'appliquent l'une sur l'autre : la taxe fédérale est appliquée sur le prix affiché et la taxe provinciale s'applique sur le prix incluant la taxe fédérale, de manière à obtenir la structure suivante : « prix affiché × 1,05 × 1,075 ». Pour faciliter la tâche aux élèves, nous leur avons toutefois demandé de traiter la situation comme si chacune des taxes s'appliquait sur le prix affiché : « prix affiché × 0,05 » pour trouver le montant de la taxe fédérale et « prix affiché × 0,075 » pour trouver le montant de la taxe provinciale.

Au niveau conceptuel, le calcul du montant des taxes touche principalement au travail avec des pourcentages. Dans ce contexte, il est important de noter que les élèves ne disposent pas, à ce stade-ci, d'algorithme standardisé pour traiter ce type de situations, même s'ils ont déjà travaillé les pourcentages ailleurs. La taxe de 5 % est alors plus simple à déterminer puisque 5 est un nombre entier et un facteur de 100. La taxe de 7,5 % pour sa part présente la difficulté de la gestion du nombre à virgule, difficulté qui pourrait toutefois être contournée en considérant que le montant de cette taxe correspond à une fois et demie le montant de la taxe de 5 %.

Pour les fins de la formation des enseignants, j'ai extrait quatre techniques différentes utilisées par les élèves. Je décrirai dans un premier temps en quoi consistent ces techniques pour décrire ensuite quel type travail est demandé aux étudiants dans le cadre des cours.

Une première élève, Laura, conceptualise le problème en déterminant quel montant de taxe il faut payer pour chaque dollar dépensé : « Pour un montant de 9 $, j'ai fait 9 × 5, parce que pour chaque $ dépensé, je dois payer 5 ¢ de TPS[36]. Pour 9 $, je paie donc 45 ¢ de TPS ».

Florence de son côté part du montant équivalant à 10 % du prix pour trouver la taxe de 5 %.

Florence : Tu fais 10 % de ton nombre, et tu divises en 2

Enseignante : Quel est ton montant?

Florence : 17,08 $ Et comme on cherche le 5 %...

Enseignante : C'est quoi 5 % par rapport à 10 %?

Florence : C'est la moitié.

Enseignante : Qu'est-ce qu'on fait pour trouver 10 % de 17,08?

Florence : On [déplace] la virgule de 1.

---

36 La TPS (Taxe sur les Produits et Services) désigne la taxe fédérale de 5 %.

Enseignante : Et qu'est-ce qu'on fait pour trouver le 5 % maintenant?

Florence : On divise le montant par 2.

Une troisième technique, celle de Mathis, invoque le fait que 5 % correspond à 1/20 de 100 % : « J'ai regardé combien de fois 5 rentre dans 100. Cela rentre 20 fois. Alors, je fais le montant divisé par 20, et je [déplace] la virgule de deux places et ça me donne le montant de la taxe en ₵. »

Finalement, Noah décompose le montant de ses achats (11,16 $) en dizaines, unités et en leur partie décimale pour calculer séparément le montant de taxes pour chacun d'eux : « D'abord j'ai calculé combien de taxes il faut payer pour 10 $, et c'est 50 ¢. J'ai alors enlevé le 10 de 11,16. Ensuite, pour 1 $, je paie 5¢ de taxes. J'ai enlevé 1 $ de 1,16. Pour le 0,16 $ qui restait, j'ai arrondi et j'ai ajouté 1 ¢ de taxe. »

Les traces écrites qu'il a laissées permettent d'illustrer sa démarche.

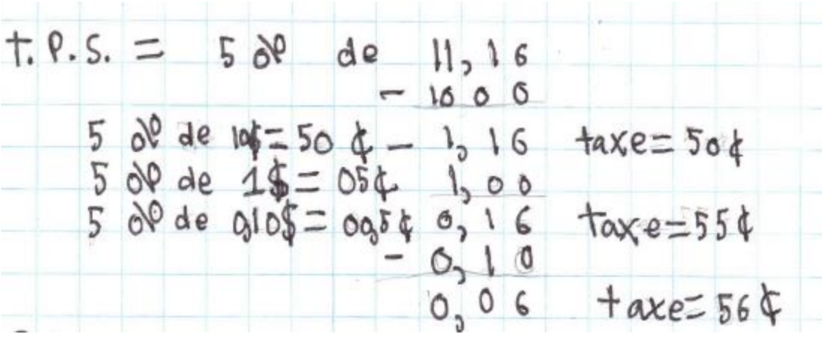

Figure 5 : Traces écrites de la démarche de Noah

Ici, Noah applique alors de manière juste et pertinente la distributivité de la multiplication par rapport à l'addition. Toutefois, pour trouver la taxe qui s'applique au 0,16 $ restant, Noah se sert d'une estimation.

Dans la formation initiale des enseignants, ces quatre techniques servent alors à trois usages différents. Dans un premier temps, les étudiants sont amenés à reproduire les quatre techniques pour la taxe de 7,5 % et sur un prix de 117,45 $ (connaissances générales du contenu). Il est alors important de noter que si certaines des techniques, notamment celle de Norah et de Laura, s'appliquent facilement à la taxe de 7,5 %, des adaptations plus ou moins importantes sont nécessaires pour les deux autres techniques. Ainsi, en appliquant la technique de Mathis, les étudiants sont confrontés à la difficulté que, contrairement à cinq, 7,5 n'est pas un facteur de 100, ce qui nécessite de travailler avec un nombre fractionnaire ou encore un nombre à virgule. La technique de Florence ne peut également pas être reprise intégralement, puisque pour une taxe de 7,5%, il est plus difficile de partir du montant de la taxe de 10 %.

A travers l'application des quatre techniques à une taxe de 7,5%, les étudiants sont également amenés à réfléchir à la limite de chacune de ces techniques ainsi qu'à leur domaine de validité. Ce travail se situe alors au niveau des connaissances spécifiques du contenu.

Finalement, ces techniques servent également à entamer une discussion sur la sélection des démarches à présenter en grand groupe lors d'un retour collectif. En effet, les étudiants doivent argumenter lesquelles de ces techniques ils feraient présenter aux autres élèves (connaissances du contenu en lien avec l'enseignement). Cette question est loin d'être banale, comme l'illustre un incident survenu lors de l'expérimentation. En effet, les quatre élèves ont présenté leurs démarches après que tout le monde ait calculé la taxe de 5 %, mais avant d'entamer le travail sur la taxe de 7,5 %. Toutefois, c'est la technique de Mathis (diviser le montant affiché par 20 pour trouver la taxe de 5 %) qui a été retenue par la plupart des élèves par la suite pour tenter de calculer la taxe de 7,5%. Or, si cette façon de faire est attrayante pour calculer la taxe de 5% parce qu'elle est facile à appliquer, elle devient difficile à appliquer sur la taxe de 7,5

%. Ainsi, même si la majorité des élèves a ensuite tenté de reprendre cette technique pour calculer la taxe de 7,5 %, seul Mathis a été en mesure de la mener à terme, en trouvant le diviseur 13,333 ; qu'il a arrondi à 13 pour les fins de ses calculs.

5 Exploitation de la recherche collaborative au niveau de la formation continue

Pour terminer, je donnerai dans les paragraphes suivants quelques indications sur la manière dont cette recherche collaborative est exploitée dans le cadre de la formation continue. Dans ce cadre, le cours que je donne à l'intérieur de la maîtrise en enseignement au préscolaire et au primaire s'intitule « Situations-problèmes en mathématiques » et vise à accompagner les enseignants dans la planification et la gestion de situations-problèmes en classe. Il comprend quatre moments distincts. (1) une partie plus théorique, dans laquelle nous abordons les bases théoriques d'une approche par situation-problème et dans laquelle les étudiants doivent analyser et se positionner par rapport à la pratique d'une enseignante experte telle que décrite dans Theis et Gagnon (2013), (2) l'accompagnement des étudiants dans la planification d'une situation-problème dans leur classe, (3) l'expérimentation de cette situation-problème en classe et (4) des séminaires dans lesquels les étudiants présentent et discutent des extraits de leur expérimentations qui leur semblent significatifs au regard des objets abordés dans le cours. La spécificité de ces cours est alors qu'ils sont directement en lien avec la pratique des enseignants et qu'ils permettent des discussions à partir d'extraits vidéo issus de leur pratique effective en classe.

Le même cours est également donné en formation continue dans une version qui est dispensée entièrement en ligne, à travers une plateforme Moodle. La structure du cours est alors très similaire à celui du cours « en présence » et prévoit également, en plus d'une partie théorique, la planification, l'expérimentation et l'analyse d'une situation-problème. Cependant, les discussions et les échanges se font ici à travers des forums de discussion entre les étudiants dans la partie théorique, et l'accompagnement des étudiants lors de la planification est réalisé à distance, dans le cadre de vidéoconférences. Afin de pouvoir assurer cet encadrement, il ne s'agit toutefois pas de cours à très large diffusion, puisque le nombre d'étudiants qui y sont inscrits se situe autour d'une vingtaine. Les captures d'écran présentées en figure 6 illustrent une partie du travail sur le contenu théorique dans le cours en ligne. On peut y constater qu'au niveau des contenus, ce sont exactement les mêmes enjeux qui sont abordés que dans les cours « en présence »

9 Gestion des retours en grand groupe

9.2 Analyse de stratégies d'élèves

Dans le document que vous pouvez télécharger ici, nous vous expliquons brièvement la stratégie utilisée par 4 enfants différents pour calculer le montant de la taxe de 5 %.

N.B. Comme les enfants calculaient les taxes sur les montants obtenus pour leurs propres fournitures scolaires, les montants de départ sont différents d'un enfant à l'autre.

1) Pour chacun des exemples, reproduisez le plus fidèlement possible la stratégie des élèves pour calculer la taxe de 7,5 % sur un prix initial de 117,15 $. Bien sûr, **vous n'avez pas le droit de recourir à la calculatrice**.

Ce travail vous permettra d'approfondir votre compréhension des quatre stratégies. Le prix initial de 117,15 $ est choisi pour fournir un défi qui est à la mesure d'adultes, mais n'est pas nécessairement un enfant sur lequel des enfants travailleraient.

2) Analysez quels sont les avantages et les inconvénients de chacune des stratégies utilisées pour effectuer le calcul de la taxe de 7,5% sur un montant de 117,15$.

9 Gestion des retours en grand groupe

9.3 Gestion du retour en grand groupe

Après la résolution du premier calcul (la taxe de 5 %), un certain nombre d'élèves expliquent aux autres leurs stratégies. Le but de ce retour est de discuter de différentes façons de faire possibles, mais aussi de faciliter le calcul de la taxe de 7,5 %.

Parmi les 4 stratégies sur lesquelles vous venez de travailler, lesquelles feriez-vous présenter par les élèves? Indiquez et justifiez votre choix dans ce forum.

Figure 6 : Captures d'écran du cours de maîtrise en ligne

La formation à travers des cours en ligne présente également un certain nombre de particularités qu'il me semble important de soulever. D'un côté, les cours en ligne permettent de rejoindre des enseignants qui n'auraient autrement pas accès aux formations continues universitaires, entre autres parce qu'ils habitent souvent loin des campus universitaires. D'un autre côté, un des défis principaux des cours en ligne me semble être de maintenir le caractère interactif de la formation. A cet effet, le recours à des forums de discussion permet d'une certaine manière de maintenir cette interaction entre étudiants. Toutefois, dans mon expérience, cette interaction dans les forums pose des enjeux importants au niveau de la gestion des apprentissages. Ainsi, lorsque les discussions ont lieu « en direct », dans un cours où les étudiants sont présents, les interactions se font « sur-le-champ ». Dans un forum, par contre, il est fréquent qu'un étudiant émette une réflexion et que les réactions des autres étudiants n'arrivent qu'après un certain temps. Ce délai temporel rend alors les discussions plus artificielles. Finalement, les contraintes d'un cours en ligne influencent également le rôle du formateur. Dans les cours en présence des étudiants, j'assiste à la manière dont les étudiants se confrontent aux obstacles épistémologiques d'une situation-problème ou encore aux enjeux didactiques soulevés par celle-ci, et je peux y intervenir dans l'immédiat et à partir de mes observations. Or, dans un cours en ligne, je n'ai pas accès à l'ensemble de ces informations. Il n'est pas possible de questionner les étudiants pour préciser leur point de vue et sur les forums de discussion, il devient également nécessaire d'attendre la réaction des autres étudiants avant de réagir afin de ne pas « tuer » la discussion. Or, au moment où les autres étudiants ont réagi et où une intervention de la part du formateur devient possible, le questionnement initial que se posait l'étudiant est déjà souvent devenu obsolète.

Au-delà de ces enjeux de gestion, les cours en ligne ouvrent cependant aussi des possibilités dans la mise sur pied de formations « hybrides », comportant une partie en présence et une partie en ligne. Cette avenue me semble prometteuse, puisqu'elle permettrait de réserver les moments en présence aux enjeux pour lesquels les discussions en groupe et en direct constituent une réelle plus-value et d'utiliser les avantages des formats en ligne pour les contenus qui s'y prêtent le mieux. Cette avenue est actuellement envisagée pour le développement ultérieur de ces formations continues à l'Université de Sherbrooke.

V - BIBLIOGRAPHIE

ASSUDE T., MILLON-FAURÉ K., KOUDOGBO J, MORIN M.-P., TAMBONE J. & THEIS L. (sous presse) Du rapport entre temps didactique et temps praxéologique dans des dispositifs d'aide associés à une classe. *Recherches en didactique des mathématiques*.

ASTOLFI J.-P. (1993) Placer les élèves dans une situation-problème ? *Probio-Revue*, **16**(4), 311-321.

BALL D. ET BASS H. (2003) Toward a practice-based theory of mathematical knowledge for teaching, 3-14, in E. Simmt et B. Davis (dir.), *Actes de la 27e rencontre annuelle du Groupe canadien d'étude en didactique des mathématiques (GCEDM),* Edmonton : CMESG.

BEDNARZ N. (2013) *Recherche collaborative et pratique enseignante. Regarder ensemble autrement*. Paris : L'Harmattan.

BEDNARZ N. (2007) Ancrage de la didactique des mathématiques au Québec, 25-61, in *Actes du colloque annuel du Groupe de Didactique des Mathématiques du Québec* (GDM).

DESGAGNÉ S., BEDNARZ N., LEBUIS P., POIRIER L., & COUTURE C. (2001) L'approche collaborative de recherche en éducation : un rapport nouveau à établir entre recherche et formation. *Revue des sciences de l'éducation*, **27**(1), 33-64.

GUAY S., LEMAY S. & CHAREST D. (2002a) *Clicmaths. Manuel de l'élève, 4, Volume A*. Montréal : Éditions HRW.

GUAY S., LEMAY S. & CHAREST D. (2002b) *Clicmaths. Manuel de l'enseignant et de l'enseignante, 4, Volume A.* Montréal : Éditions HRW.

HILL H. & BALL D. (2009) The curious – and crucial – case of mathematical knowledge for teaching. *Phi delta kappan*, **91**(2), 68-71.

LAJOIE C ET BEDNARZ N (2015) La notion de situation-problème en mathématiques au début du XXI^{e} siècle au Québec : rupture ou continuité? *Revue canadienne de l'enseignement des sciences des mathématiques et de la technologie,* **16**(1), 1-27.

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION, DES LOISIRS ET DU SPORT DU QUÉBEC (2003). Programme de formation de l'école québécoise. Enseignement préscolaire et primaire.

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION DU QUÉBEC (2001). La formation à l'enseignement. Les orientations. Les compétences professionnelles.

MORIN M-P. ET THEIS L. (2006) Mesures d'aide en mathématiques pour soutenir les étudiantes et les étudiants de la formation initiale qui présentent des difficultés, in N. Bednarz & C. Mary (dir.), *Actes du 3^{e} colloque international Espace mathématique francophone, « L'enseignement des mathématiques face aux défis de l'école et des communautés »*. [Cédérom]. Sherbrooke : Éditions du CRP.

SCHÖN D. (1997) *Le praticien réflexif. À la recherche du savoir caché dans l'agir professionnel*. Montréal : Les Éditions Logiques.

THEIS L., MORIN M.-P., TAMBONE J., ASSUDE T., KOUDOGBO J. ET MILLON-FAURÉ K. (2016) Quelles fonctions de deux systèmes didactiques auxiliaires destinés aux élèves en difficulté lors de la résolution d'une situation-problème mathématique? *Annales de didactique et de sciences cognitives*, **21**, 9-37.

THEIS L & GAGNON N (2013) *L'apprentissage à travers des situations-problèmes mathématiques. Bases théoriques et réalisation pratique*. Québec : Presses de l'Université du Québec.

THEIS L. (2011) Quelle formation mathématique pour les futurs enseignants du primaire et du préscolaire? A la recherche des mathématiques dans une séquence sur l'enseignement des probabilités, 181-204, in J. Proulx, H. Squalli & C. Corriveau (dir.), *La formation mathématique des enseignants*. Québec : Presses Universitaires du Québec.

THEIS L. ET SAVARD A. (2010). Linking probability to real-world situations : how do teachers make use of the mathematical potential of simulation programs?, in *Actes de colloque de l'International Conference on teaching statistics (ICOTS)*, Ljubljana, Slovénie, 11 au 16 juillet 2010.

THEIS L., MORIN M-P., BERNIER J. ET TREMBLAY Y. (2006) Les impacts des connaissances mathématiques sur l'attitude envers son enseignement des futurs enseignants du primaire, in N Bednarz & C. Mary (dir.), *Actes du 3^{e} colloque international Espace mathématique francophone, « L'enseignement des mathématiques face aux défis de l'école et des communautés »*. [Cédérom]. Sherbrooke : Éditions du CRP.