

LES SIMULATEURS VIRTUELS POUR SOUTENIR L'APPRENTISSAGE DE PROBABILITÉS : UN OUTIL POUR LES ENSEIGNANTS

Viktor FREIMAN* – Annie SAVARD** – François LAROSE*** – Laurent THEIS****

Résumé – Dans le courant du renouvellement des pratiques pédagogiques, l'interactivité des outils techno-pédagogiques peut-elle servir aux enseignants de mathématiques ? Notre étude exploratoire a permis aux enseignants du Nouveau-Brunswick, Canada, d'essayer le simulateur virtuel de jeux de hasard développé par une équipe de techno-pédagogues, enseignants et didacticiens du Québec. Lors d'entretiens semi-structurés, les participants ont semblé être enthousiastes face au potentiel d'enrichir leurs pratiques d'enseignement en lien avec le programme d'études en mathématiques et les situations de vie courante. De plus, ils anticipent une meilleure compréhension chez leurs élèves. Les besoins d'un accompagnement techno-pédagogique et didactique ont été également ressortis.

Mots-clefs : enseignement/apprentissage de probabilités, simulateurs virtuels, mathématiques et TIC

Abstract – In the wave of the renewing teaching practices, one can ask of the possibilities to use increasingly interactive technology by mathematics teachers. Our exploratory study allowed New-Brunswick's Canadian teachers to try out virtual simulators of games of chance that have been developed by a team of teachers, mathematics educators and specialists in educational technology from Quebec. In semi-structured interviews that followed the experimentation, the teachers-participants seem to uncover potential enriching opportunities for their students related to curriculum and real-life situations. They also anticipate better understanding in their students. The need for techno-pedagogical and didactical follow-up was also expressed by teachers

Keywords: probability teaching and learning, virtual simulators, mathematics and technology

I. CONTEXTE DE RECHERCHE

Au Nouveau-Brunswick, province canadienne, l'enseignement systématique de la statistique et des probabilités a débuté dès l'an 2000 étant associé à la réforme graduelle des programmes d'études en mathématiques qui met l'accent sur la résolution de problèmes en lien avec la vie réelle, le raisonnement, la communication mathématique et la capacité de faire le lien entre les branches de mathématiques, les mathématiques et les autres disciplines, ainsi qu'entre les mathématiques et la vie de tous les jours, tout en voulant donner du sens aux apprentissages et développer la pensée critique chez tous les élèves (MENB 2005).

Or, un faible rendement des élèves dans les épreuves provinciales (MEDPE 2010), pancanadiennes et internationales (OCDE 2003) reflète de nombreux défis auxquels les enseignants¹ font face. Notons également les défis liés au contexte d'un milieu linguistique minoritaire dans lequel vivent les francophones de la province, tels que le manque du personnel qualifié, le manque de ressources financières, matérielles et humaines (Freiman 2010) auquel s'ajoutent les défis de renouvellement de pratiques pédagogiques conformes au cadre théorique du programme d'études (Landry 2011, sous presse)². Cette situation stimule la recherche de nouvelles approches et ressources pour améliorer les apprentissages dont l'utilisation des dispositifs numériques.

* Université de Moncton – Canada – viktor.freiman@umoncton.ca

** Université McGill – Canada – annie.savard@mcgill.ca

*** Université de Sherbrooke – Canada – francois.larose@usherbrooke.ca

**** Université de Sherbrooke – Canada – laurent.theis@usherbrooke.ca

¹ Dans ce texte, nous utiliserons le masculin afin d'en alléger la lecture, sans préjudice au genre des personnes ayant été impliquées dans les travaux dont il sera fait mention.

² Pour plus de détails sur le contexte du Nouveau-Brunswick, veuillez-vous référer au texte de Freiman, Richard et Jarvis présenté au colloque EMF2012, dans le cadre du projet spécial 3.

En mathématiques, la croissance constante d'applications numériques s'accompagne d'un questionnement sur leur apport réel pour les apprentissages. Garofalo, Drier, Harper, Timmerman et Shockey (2000) ont mentionné que le transfert des méthodes traditionnelles d'enseignement sur support papier-crayon vers les environnements informatiques n'apporte pas nécessairement d'avantages perceptibles pour l'apprenant ou l'enseignant. Au contraire, ce type d'usage peut même nuire à la diversification des usages scolaires des TIC en les faisant percevoir comme peu utiles au plan didactique ou pédagogique (Grenon et Larose 2006, Larose, Grenon, Lenoir et Desbiens 2007).

Plusieurs auteurs suggèrent que les bénéfices de l'intégration des TIC se situent essentiellement au plan contextuel. La contextualisation des apprentissages, permise notamment par la mise en œuvre des technologies numériques et des caractéristiques du Web 2.0, présente un potentiel intéressant au plan de l'approfondissement des apprentissages (Caron 2007, Pernin, Emin et Guéraud 2009). Cela notamment à cause d'une certaine interactivité entre l'apprenant, l'objet d'apprentissage et un contexte plus ou moins authentique, comme c'est le cas avec les simulations (Garofalo et al. 2000). À cet égard, pour Herrington et Oliver (2000), des activités d'apprentissage authentiques se caractérisent par leur pertinence par rapport au monde réel, leur faible structuration, leur complexité, leur transdisciplinarité ainsi que leur durée soutenue permettant l'exploration, l'analyse et la collaboration. Tel que préconisé par le programme d'études québécois, ces activités suivent le modèle SAE (Situations d'Apprentissage et d'Évaluation), soit les situations qui présentent un contexte associé à une problématique, un ensemble de tâches complexes en visant ainsi la mobilisation des ressources, en sollicitant l'ensemble de la compétence (composantes et critères) et en permettant d'acquérir de nouvelles connaissances (Boucher, Loisel et Reiber 2006).

Nous avons choisi de développer le simulateur de probabilités mettant en scène des jeux de hasard et d'argent pour favoriser, chez l'élève, l'apprentissage quant au fonctionnement du hasard et à la capacité de distinguer les concepts de chance et de hasard, modifier les représentations au regard de la contrôlabilité de ce dernier et prendre des décisions éclairées quant à leur éventuelle participation aux jeux de hasard et d'argent (Larose, Bourque et Freiman 2010). Nous voulions, enfin, appréhender les phénomènes probabilistes par une approche expérimentale. À cet effet, comme il est difficile d'expérimenter manuellement ce type de phénomène de très grands nombres de fois, par exemple en réalisant 1000 tirages, le simulateur nous semblait être un dispositif intéressant pour aider les élèves dans leur démarche de construction de savoirs.

L'outil a été créé dans le cadre d'un partenariat entre une équipe de professeurs chercheurs soutenus financièrement par deux organismes subventionnaires et le Ministère de l'éducation, du loisir et du sport du Québec, soit le CRSH³, le FQRSC⁴ ainsi que le MELS⁵, d'une part et

³ Larose F., Bédard J., Bourque J., Freiman V., Karsenti T., Morin M.-P., Savard A., Theis L. (2007-2010/2011). *Impact du recours à un contexte virtuel à caractère ludique sur l'enseignement et l'apprentissage des probabilités dans deux provinces francophones*. Conseil de recherche en sciences humaines du Canada (CRSH), programme des subventions ordinaires de recherche.

⁴ Larose F., Bédard J., Couturier Y., Grenon V., Lavoie L.-C., Lebrun M., Morin M.-P., Savard A., Theis L. (2008-2010/2011). *L'apprentissage des probabilités en contexte ludique : transfert de compétences et impact sur la pratique des jeux de hasard et d'argent chez des élèves à risque du 1^e cycle du secondaire*. Fonds québécois de recherche sur la société et la culture (FQRSC), programme des Actions concertées sur les impacts socioéconomiques de jeux de hasard et d'argent.

⁵ Larose F., Bédard J., Karsenti T., Morin M.-P., Savard A., Theis L. (2008-2011). *Impact du recours à un contexte virtuel à caractère ludique sur l'enseignement et l'apprentissage des probabilités - Construction et entretien d'un site Internet visant le soutien à l'enseignement et à l'apprentissage des probabilités au 3^e cycle du primaire et au 1^e cycle du secondaire*. Québec : Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.

d'autre part, une entreprise spécialisée dans le développement et la gestion de sites technopédagogiques, SCOLAB⁶ dont le produit phare, *Netmaths*, est le seul site de soutien à l'apprentissage des mathématiques systématiquement utilisé dans les écoles québécoises.

Le contenu du simulateur ainsi que des scénarios d'apprentissage et d'évaluation virtuels correspondants a été développé en collaboration avec des enseignants de mathématiques au secondaire à la commission scolaire Marie-Victorin du Québec ainsi que leur conseiller pédagogique (Larose et al. 2011, Theis et Savard 2010). Lors de la formation et l'accompagnement des enseignants, ceux-ci ont participé au développement et à la validation des simulateurs par la création de situations d'apprentissage et par leur utilisation en classe.

Afin de valider le simulateur et les situations SAE par les enseignants qui œuvrent dans un contexte différent du Québec, nous avons réalisé une étude pilote au Nouveau-Brunswick en présentant le nouvel outil à un groupe d'enseignants du primaire (6-8 années, 12-14 ans). Lors de deux séquences d'ateliers de formation, nous avons interrogé les participants sur leurs perceptions du dispositif technologique présenté et de son usage possible en salle de classe, ainsi que de son apport potentiel aux apprentissages des élèves. Dans notre article, nous présentons une analyse préliminaire de thèmes qui émergent dans ces entretiens qui ont été audio-enregistrés.

II. ENSEIGNEMENT DES PROBABILITES ET LES TIC

Il existe trois modes de construction du concept de probabilités (Briand 2005, Caron 2004), selon les approches théorique, fréquentielle ou expérimentale et subjective. Ainsi, l'approche théorique est présentée comme le rapport entre le nombre de cas favorables et le nombre de cas possibles d'un évènement quelconque lorsque tous les cas sont jugés équiprobables. Cette approche est fréquemment utilisée dans les situations d'apprentissage proposées aux élèves. L'approche fréquentielle est entendue comme la mesure de la fréquence relative d'un évènement par rapport à un ensemble de référence. Les probabilités sont abordées via les statistiques, ce qui permet d'établir des liens entre ces deux univers conceptuels. La troisième approche, l'approche subjective ou le modèle Bayésien, évalue « la mesure de certitude associée à certains évènements » (Caron 2004, p. 88).

Les traces de chacune de ces approches se retrouvent dans les programmes d'études du Québec et du Nouveau-Brunswick en permettant aux élèves de 12 à 14 ans d'expérimenter afin de construire du sens et surtout de tisser des liens entre les apprentissages scolaires et les situations de la vie quotidienne. D'ailleurs, l'utilisation de contextes familiers et issus du quotidien pour introduire ces concepts probabilistes semble être une approche privilégiée par plusieurs chercheurs (Borovcnik et Peard 1996, Briand 2005, Régnier 2003, Savard 2008). Nous partageons l'avis de Munisamy et Doraisamy (1998) en ce qui concerne l'introduction de situations qui favorisent la simulation et l'expérimentation et qui mettent l'accent sur la création de méthodes de traitement des données. Le raisonnement probabiliste peut ainsi se développer en cohérence avec la vision du monde de l'élève (Larrick 2004).

Les outils virtuels sont utilisés à différents niveaux d'enseignement de mathématiques. Seal et Przasnyski (2005) ont analysé les bénéfices découlant de l'utilisation de simulations de jeu de roulette à l'aide de feuilles de calculs du logiciel Microsoft Excel dans les cours de statistique universitaires. Selon ces auteurs, les simulations dans cet environnement virtuel rendent les apprentissages non seulement attrayants, mais permettent également d'étudier

⁶ https://www.scolab.com/Default_fr.aspx

différentes stratégies de jeu sans recours aux mathématiques complexes et ce, à partir de multiples perspectives.

Des simulations probabilistes ont été menées par de petits groupes d'étudiants adultes via le système d'apprentissage distribué synchrone Kansas (*A Networked, Shared Application Space*). Ces simulations ont permis de conduire plusieurs fois les expériences probabilistes selon le modèle '*observe – predict – explain*' (Hennessy et al. 1995). Scanlon et al. (1997) rapportent que la technologie a permis d'obtenir les résultats d'un grand nombre d'essais, mais la capacité des groupes d'expliquer le phénomène observé restait limitée.

Utilisés dans la formation initiale des enseignants du primaire (Godino, Cañizares et Díaz 2003), les simulateurs ont permis d'aborder les conceptions probabilistes de façon authentique, de simuler des événements probabilistes autrement difficilement observables, de faire des liens entre les probabilités théoriques et expérimentales, ainsi que de créer de nouveaux espaces de discussion et de dialogue. Toutefois, les auteurs expriment quelques réserves par rapport à l'impact de cette forme d'apprentissage relatant les difficultés de participants de distinguer les résultats estimés par l'expérimentation de ceux obtenus de façon théorique, de même que l'habileté d'expliquer le phénomène observé n'est pas affectée par les simulations (Godino et al. 2003, Batanero et al. 2005).

Les auteurs étudient également le rôle de simulateurs virtuels dans le développement de concepts probabilistes et plus particulièrement en ce qui concerne les conceptions erronées typiquement ancrées chez les élèves. Ainsi, une étude a été menée par Bill et Gayton (2010) auprès d'élèves de 10e année dans laquelle les élèves avaient pour tâches de lancer des pièces de monnaie (pile ou face) de façon séquentielle (probabilité d'avoir la séquence FPFPP vs FPFPP, tâche 1) ou combinée (on compare les résultats totaux de six lancers, tâche 2). Les élèves ont effectué les expériences physiques (lancer des pièces de monnaie réelles) et virtuelles à l'aide de l'outil *Fathom*TM simulation (idem). Les auteurs relatent que l'utilisation de deux types d'outils physique et virtuel a été appréciée par les élèves et les enseignants comme stratégie efficace d'enseignement permettant d'atteindre plus de profondeur dans la compréhension conceptuelle de phénomènes de hasard.

Konold et Kazak (2008) soulignent l'importance d'expériences probabilistes à répétition pour permettre aux élèves, dès le jeune âge, de développer les conceptions et perceptions de chance et de hasard en parallèle, comme, par exemple, le fait que les résultats obtenus varient d'une expérience à l'autre. La modélisation virtuelle à l'aide du *TinkerPlots* permet aux élèves d'explorer à répétition les situations de lancement de deux dès ou de rotation d'une roue chanceuse renforçant ainsi des liens entre les perceptions et les conceptions (idem.).

À la lumière des écrits recensés, en lien avec une approche didactique expérimentale, nous avons opté pour un outil virtuel proposant une simulation de jeux de hasard permettant de faire rapidement un grand nombre d'essais, accompagnée d'une présence des graphiques avec les pourcentages qui permettent de visualiser la variabilité de résultats d'essais due au hasard et d'illustrer la loi des grands nombres. Ceci donnera à l'enseignant une possibilité d'introduire les variables didactiques de différentes manières. Puisque l'outil virtuel a été créé au Québec, nous voulions investiguer, comme objectif principal, son utilité dans un contexte scolaire différent, soit celui du Nouveau-Brunswick qui a son propre régime pédagogique, ses programmes d'études et ses ressources didactiques.

Plus spécifiquement, nous voulions étudier, dans le cadre de ce projet, la sensibilité des enseignants (DeBlois, 2006) utilisateurs envers les environnements informatisés mis à leur disposition, en fait les milieux (c'est-à-dire tout ce qui agit sur l'enseignement et l'apprentissage ou ce sur quoi agit l'enseignement et l'apprentissage) vers lesquels ils porteront leur attention. Afin de pouvoir identifier les milieux auxquels les enseignants sont

sensibles, nous nous sommes interrogés sur les représentations des enseignants par rapport au simulateur virtuel et aux scénarios d'enseignement-apprentissage possibles qui l'intègrent. Finalement, nous voulions mettre ces représentations en perspective de développement professionnel didactique des enseignants et le rôle que peuvent y jouer des ressources virtuelles telles que les simulateurs de jeux de hasard.

III. METHODOLOGIE

Tel que mentionné, l'essentiel du dispositif technologique développé a fait l'objet d'une mise en ligne et a été rendu accessible à l'ensemble des élèves et des enseignants des classes abonnées à *Netmaths*. Cependant, la pauvreté des connexions Internet disponibles dans certaines écoles a créé le besoin d'élaborer une version portable (sur clé USB) du simulateur et des situations de jeu associées pour permettre un usage local, par exemple dans le cadre du recours à un laboratoire portatif.

Le simulateur comme tel présente à l'élève huit situations ludiques, à caractère aléatoire, soit : un jeu de « pile ou face », de trois portes (Monty Hall), de roue chanceuse, de boulier pour tirage de type loto, un jeu de dés, un jeu de blackjack, une simulation de tirage (avec ou sans remise) de type loterie 6/49 et un jeu de roulette de type casino. Chaque situation de jeu est multiparamétrable et produit une représentation des résultats de tirage aléatoire en temps réel (ou au ralenti) sur graphe. Le choix des simulations contextualisées n'était pas le produit du hasard mais bien de la proximité avec à la fois les SAE utilisées en classe et avec des situations de jeu de hasard et d'argent vécues par l'élève ou observées dans son entourage proximal, sa famille ou ses pairs.

Les SAE en version informatisée, pour leur part, se présentaient sous la forme d'une invitation à parcourir une fête foraine et à interagir avec des bonimenteurs (animateurs virtuels) dans chaque kiosque correspondant à une situation de jeu particulière. L'interaction dynamique entre l'élève et le bonimenteur permet au premier de problématiser, de réfléchir sur une stratégie d'action (jeu), de la mettre à l'épreuve en suivant un processus de résolution de problème en temps réel, d'estimer ses probabilités de gain, de constater l'évolution de la situation de tirage et de réfléchir après le fait sur la justesse de la stratégie de jeu adoptée ainsi que sur son rapport aux probabilités réelles de gain.

À titre d'exemple, nous présentons (Fig. 1) le jeu de dés qui permet de lancer un certain nombre de dés (de 1 à 6) un certain nombre de fois (de 1 à 1000) tout en variant le montant (en \$) et les conditions de gain ou de perte, ainsi que la vitesse de simulation (lente – rapide).

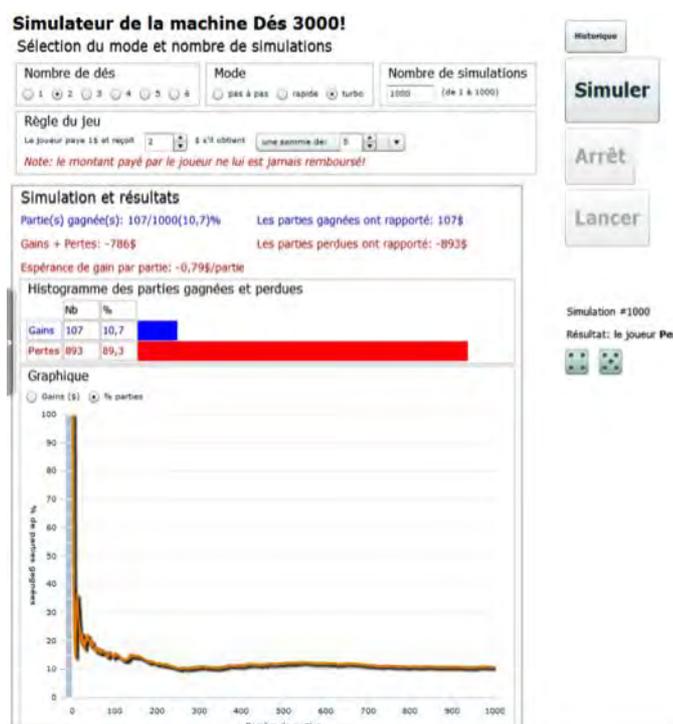


Figure 1 – Exemple du protocole de simulation d'un jeu de hasard

Dans la version informatisée (*Fête foraine* – Fig. 2), l'exploration est guidée par un personnage (bonimenteur) qui mène un dialogue avec l'élève.



Figure 2 – Exemple d'introduction d'une mise au jeu dans l'option Fête foraine

L'élève est donc invité à suivre le dialogue entre deux autres personnages, Maxime et Amanda ; en donnant des conseils aux personnages (Fig. 3).



Figure 3 – Exemple du dialogue avec l'élève

En proposant à l'élève un choix de réponses, on l'invite explicitement à faire des prédictions, qui, selon les recherches, seront souvent basées sur l'intuition (dans ce cas, par exemple, que chaque somme donnée par les dés serait équiprobable, ou que le 9 va être plus fréquent, car 9 est plus grand que 7, ou bien l'élève peut se fier tout simplement sur 'son nombre préféré', comme la date de naissance). Chaque choix de l'élève doit être accompagné d'une explication permettant de conserver les traces numériques de son raisonnement. Dès que les choix sont faits, l'élève sera invité à faire une expérimentation à l'aide du simulateur. Ainsi, il pourra observer les résultats et les confronter à ses prédictions. Il porte ainsi un jugement sur les règles du jeu.

Dans le cadre de notre étude exploratoire, deux séquences d'ateliers ont été offertes par le premier auteur à des enseignants du Nouveau-Brunswick (niveau primaire, 6-8 années), quatre ateliers par tour. Les enseignants participants ont été soit invités par le chercheur sur la base de travail conjoint précédent sur d'autres projets de recherche, soit sur appel à volontaires par les agents en mathématiques des districts scolaires. Au total, 18 enseignants (en quatre groupes de 2-2-6-8 participants) ont pris part au projet. La première séquence d'ateliers visait à introduire le simulateur.

Un mois et demi entre les deux séquences de formation a permis aux participants d'explorer les simulateurs à leur guise. 15 de ces enseignants ont pris part à la deuxième séquence en partageant ainsi leurs expériences. La deuxième séquence a ainsi permis de recueillir les premières représentations des participants et leur vision des possibilités d'utilisation (explorées ou anticipées).

Lors des entrevues semi-structurées de groupe (trois groupes de deux, cinq et six participants respectivement), des questions ont été posées par rapport à l'exploration réalisée (« *Qu'avez-vous fait avec les simulateurs ?* »), aux simulateurs eux-mêmes (« *Comment avez-vous trouvé l'outil ?* »), au potentiel de leur utilisation en salle de classe et en dehors (« *Que les simulateurs vous apportent-ils pour l'enseignement des probabilités ?* ») et aux besoins futurs en ressources et en support techno-pédagogique (« *Quelles sont vos suggestions pour la*

suite du projet ? »). Les entretiens ont été audio-enregistrés et analysés par les chercheurs de façon préliminaire. Par la suite, nous associons ces résultats aux milieux dans le sens qu'indique DeBlois (2006), soit vers quoi ils dirigent leur attention.

IV. RESULTATS PRELIMINAIRES

Dans cette section, nous présentons les résultats des entretiens lors du deuxième tour d'atelier, suite aux expérimentations faites ou non par les participants. En lien avec notre question de recherche, les thèmes ressortis ont été regroupés autour de trois milieux : l'adéquation au programme d'études, la qualité du dispositif technologique sur le plan du design et du contenu pour l'apprentissage des élèves et des enseignants et le développement futur (besoin en ressources et en formation).

1. *Premier milieu : adéquation au programme d'études*

Dans tous les trois groupes, les enseignants ont été d'avis que les simulateurs virtuels et les SAE créés en lien avec les programmes de mathématiques au Québec sont également pertinents pour le Nouveau-Brunswick, mais qu'il y a une adaptation à faire, la nature de cette adaptation n'a pas été explicitée. On peut quand-même avancer qu'au Nouveau-Brunswick, les enseignants suivent le programme à partir d'un répertoire de résultats d'apprentissages spécifiques (RAS). Ces RAS sont rattachés aux domaines du programme d'études pour chaque niveau scolaire (nombres et opérations, régularités et relations, formes et espace, statistiques et probabilités). Le programme ne prescrit pas l'ordre dans lequel les RAS doivent être abordés ; chaque enseignant peut faire ses propres choix d'activités. Toutefois, avec l'implantation de Communautés d'Apprentissages Professionnelles (CAP), les enseignants se concertent, surtout au niveau d'évaluations ; ceci implique la nécessité de synchroniser le parcours dans différentes classes d'un même niveau. Certains participants ont même relaté les difficultés d'innover dans de telles circonstances. Un autre aspect important est ressorti de nos entretiens touchant spécifiquement le domaine des probabilités, soit le poids faible de ce domaine dans l'épreuve provinciale (12%) par rapport aux autres domaines (par exemple nombres avec 40%). Ceci explique une moindre importance accordée à ce domaine, en la tassant vers la fin de l'année scolaire ('si le temps le permet'). Certaines CAP ont quand-même commencé à introduire le domaine progressivement tout au long de l'année.

Par rapport aux principes didactiques du programme d'études, selon les participants, le matériel présenté permet d'établir des liens entre les mathématiques et la vie réelle, entre les mathématiques et d'autres matières scolaires et entre différents modules dans le cours de mathématiques. Donc, conformément aux programmes d'études du Nouveau-Brunswick, cette affirmation reflète le principe didactique mettant de l'emphase sur le développement des habiletés de faire des liens chez l'élève. Notons que les autres principes didactiques (gérer et résoudre une situation-problème, communiquer et raisonner mathématiquement) sont moins explicités dans les propos des enseignants.

Toujours en lien avec le programme d'études, les enseignants ont mentionné le potentiel du site en ce qui concerne le développement de la pensée critique envers les jeux de hasard et d'argent, ce qui, selon eux, est très important au niveau des résultats des apprentissages transdisciplinaires. Ainsi, au-delà de donner du sens aux résultats des apprentissages spécifiques des probabilités, ils trouvent que la simulation virtuelle pourrait sensibiliser les jeunes aux dangers associés à une approche non-critique envers les options que ces jeux proposent dans la vraie vie.

Plus particulièrement, leurs propos font référence au module qui simule le contexte du jeu de loterie de 6 sur 49. En réalisant, par exemple, un grand nombre d'essais (10 000) sur le simulateur, selon un enseignant, les élèves peuvent non seulement '*réaliser les faibles probabilités (de gagner), mais aussi faire le lien avec l'achat des billets de loterie*' (sujet 10). Sa collègue abonde dans le même sens en affirmant que la ressource permet de '*sensibiliser les jeunes au casino, se rendre compte que c'est du rêve*' et ainsi contribuer à la prévention, sensibilisation dès leur jeune âge à une dépendance qui peut les affecter eux-mêmes ainsi que leurs proches, à la famille perdant de l'argent (sujet 12). En interprétant ces propos, on peut se demander, de quelle façon ces transferts entre les situations de la vie réelle faisant appel au jugement critique de jeunes et les simulations virtuelles peuvent être explicités.

2. Deuxième milieu : l'apport perçu de l'outil virtuel à l'apprentissage

Parallèlement aux remarques d'ordre général par rapport à la qualité de l'outil (« *Bel outil !* » (Sujet 6), « *Beau médium à travailler avec !* » (Sujet 1)), les enseignants ont mentionné que les options qu'il offre peuvent leur permettre d'aller plus loin en comparaison avec les autres ressources disponibles, telles que le manuel ou matériel de manipulation physique :

Sujet 2 : Ça me donne des outils pour aller plus loin.

Un autre enseignant précise :

Sujet 1 : Première fois que je vois, comme option pédagogique, un simulateur qui permet de varier les paramètres (nombre d'essais, nombre de dés, etc.) de façon interactive et ainsi observer les effets des changements sur les fréquences.

Ce dernier commentaire est particulièrement intéressant, car il reflète explicitement les bénéfices possibles du simulateur mentionnés dans les écrits recensés, soit le fait de jouer sur les variables didactiques, incluant une possibilité de faire un grand nombre d'essais dans une courte période de temps. Ainsi, en prenant connaissance de ce nouvel outil, un participant (sujet 10) dit ne pas en avoir connu d'autres permettant de faire un aussi grand nombre d'essais en si peu de temps. Parmi d'autres outils disponibles, une enseignante a nommé les options de simulations de jeux de hasard avec un logiciel pour le Smartboard (tableau blanc interactif) qu'elle a déjà expérimentées et qui possèdent également des applications pour les probabilités.

Le fait d'avoir une option de « visualiser » le phénomène de hasard avec un outil virtuel peut stimuler le questionnement par rapport aux résultats qui, dans le cas de situations probabilistes vont souvent à l'encontre de l'intuition, comme c'est le cas du jeu des trois portes (Monty Hall). Ainsi, un enseignant dit être étonné d'observer chez l'élève l'émergence d'un questionnement par rapport aux résultats de simulation virtuelle de ce jeu :

Sujet 1 : Le simulateur nous a mis en questionnement. Alors que tout le monde pense à la probabilité de $\frac{1}{2}$ de gagner dans le cas de maintien du premier choix ou de changement de porte, le simulateur montre autre chose, qui va à l'encontre de cette prédiction initiale (en effet, la probabilité devient $\frac{2}{3}$ lors du changement) et ça amène les élèves à questionner sur le phénomène.

Ceci ouvre un débat, une discussion pour essayer de donner du sens aux résultats obtenus :

Sujet 1 : Ça oblige l'enseignant à passer par le questionnement, ainsi que les jeunes, ça donne le départ au questionnement.

Cependant, dans d'autres cas, où le questionnement n'apparaît pas naturellement, un travail didactique plus nuancé serait requis de la part de l'enseignant. Ceci jette la lumière sur l'appréciation de l'environnement plus structuré comme dans l'option *Fête foraine* qui est perçue par une enseignante comme utile :

Sujet 5 : Ces scénarios (*Fête foraine*) avec des suggestions des 'bonnes' questions à poser aux élèves donnent un modèle de comment les faire questionner.

Dans un même ordre d'idées, le fait de proposer des scénarios concrets pourrait être utile pour les enseignants moins expérimentés (débutants) :

Sujet 9 : Enseignants débutants commencent avec un outil de qualité, au même titre qu'un enseignant d'expérience.

Au-delà d'un questionnement de résultats obtenus suite à une expérience virtuelle, il y a toujours la question des liens avec le calcul théorique des probabilités en tenant compte de tous les cas possibles. Au primaire, le comptage est supporté par une représentation à l'aide d'arbres de probabilités. Ainsi, en analysant les résultats d'une expérience, les élèves peuvent, dans certains cas, comprendre le mécanisme de comptage de toutes les possibilités :

Sujet 10 : L'analyse des simulateurs amène des liens avec l'enseignement sans l'ordinateur (entre autre, calcul de probabilité théorique) : on pense aux arbres de combinaisons – c'est difficile avec loterie 6/49, mais possible avec les dés. Toutefois, même avec les dés, il y des limites au comptage de toutes les possibilités (avec les arbres), selon les contextes.

Effectivement, le travail de théorisation à partir des expériences virtuelles peut devenir plus explicite, mais il reste à savoir comment cette explicitation peut être exploitée en salle de classe en anticipant une résistance possible de la part des élèves qui vont voir les résultats de l'expérience comme 'preuve théorique'. Ainsi, les affirmations de certains participants que l'approche expérimentale soutenue par le simulateur permet '*d'accélérer les processus de compréhension des élèves*' (sujet 8) doivent être cautionnées davantage, ce qui pourrait mener à des recherches plus poussées.

Du côté des caractéristiques de nature techno-pédagogique, nos participants se montrent unanimes dans les constats que le simulateur est une ressource virtuelle très attrayante et dynamique pour les élèves en leur permettant une interaction avec le logiciel. Ainsi, ils témoignent de son impact déjà observé ou anticipé sur l'intérêt des élèves. Ils voient que la motivation des élèves augmente lorsqu'ils travaillent avec les simulateurs virtuels par rapport au même type de travail (expériences probabilistes) dans un environnement physique. Les enseignants qui ont essayé l'outil dans leurs classes constatent que l'intérêt des élèves envers les probabilités, déjà présent au départ, accroit lorsqu'on ajoute le simulateur sans toutefois fournir les détails d'un tel constat ni comment ceci affecte les résultats d'apprentissages.

Selon nos participants, l'option *Fête foraine* s'avère particulièrement intéressante sur le plan esthétique tout en présentant des possibilités de faire des mathématiques autrement :

Sujet 14 : Outil qui va servir pour beaucoup de gens et pour longtemps.

Ces éloges, sont-elles faites sur le coup d'émotion témoignant de l'appréciation immédiate de l'outil ou suite à une mûre réflexion sur son impact réel et/ou anticipé sur les apprentissages des élèves ? Nos données sont muettes à ce sujet.

De plus certains enseignants ont fait remarquer que le fait d'utiliser le logiciel *Flash* pour démarrer les jeux (dans la version *Fête Foraine*) pourrait créer des obstacles pour l'utilisation de la ressource. Selon un enseignant, au niveau de soutien technologique, il faut que les districts scolaires aient des versions plus récentes de logiciels apportant les sites (par exemple *Flash*) et qu'elles soient régulièrement mises à jour.

3. Troisième milieu : leurs besoins techno-pédagogiques et didactiques

Bien que certaines opinions exprimées par nos participants ouvrent sur les usages possibles du simulateur pour enrichir les pratiques pédagogiques, ce milieu doit être présenté avec plusieurs précautions : le temps d'utilisation était trop court pour bien saisir toutes les options,

le temps de validation lors des ateliers était également limité, ce qui limite par conséquence l'étendue des données et leur interprétation en termes de besoins futurs.

Ainsi, par rapport aux aspects didactiques, les enseignants ont exprimé leur besoin de savoir comment aborder les conceptions erronées à l'aide de simulateurs. Selon eux, dans l'espace d'activités *Fête foraine* il faudra prévoir une possibilité de rétroaction à l'élève en lui donnant une réponse et une explication :

Sujet 7 : Avoir évaluations formatives et sommatives, éléments d'évaluation que l'on pourrait choisir selon nos besoins (site, outils performants).

Un enseignant (sujet 1) relate qu'un tel outil d'évaluation aurait permis de dégager plus de temps pour d'autres éléments essentiels de son travail. Les participants aimeraient également avoir des outils leur permettant d'explorer d'autres contextes de vie réelle qui sont liés aux jeux de hasard (jeux de cartes) ou non (probabilités des précipitations météorologiques). Les enseignants souhaitent avoir une banque leur permettant de trouver plus des problèmes sur les probabilités, en lien avec le contenu de l'examen provincial.

Un enseignant (sujet 2) suggère de faire un site semblable pour tous les domaines des mathématiques (géométrie...), ainsi qu'une possibilité d'utiliser d'autres ressources virtuelles, comme *Sésamath* et *Mathenpoche*.

Une enseignante aimerait plus de ressources-maison (faites au Nouveau-Brunswick) pour répondre à des besoins spécifiques de ses élèves. Entre autres, elle propose la création de séquences vidéo en français pour montrer aux autres comment intégrer les TIC en salle de classe :

Sujet 11 : Beaucoup de ressources en anglais, mais peu en français (sur YouTube) - On pourrait construire nos propres vidéos.

Selon cette enseignante, les vidéos sont importantes pour toutes les matières « *pour aider les enseignants qui ne sont pas formés dans toutes les matières, (il faut aussi) une vidéo à présenter pour les élèves plutôt que l'enseignant fasse des démonstrations (sciences)* ».

V. CONCLUSION

Les résultats obtenus dans le cadre de ce projet de recherche ont permis d'identifier trois milieux auxquels les enseignants utilisateurs sont sensibles, soit la pertinence au programme d'étude, l'apport de l'outil virtuel ainsi que leurs besoins techno-pédagogiques. Ces milieux possèdent tous la caractéristique suivante, soit d'être d'abord et avant tout une ressource au service de l'enseignant.

Le premier milieu auquel les enseignants utilisateurs se sont montrés sensibles a trait à la pertinence du contenu mathématique des simulateurs. L'outil répond aux visées institutionnelles qui sont aussi les visées des enseignants utilisateurs. Le deuxième milieu est lié à l'apport de l'outil virtuel, tant du côté de l'enseignement que du côté de l'apprentissage. La possibilité d'intervenir sur les variables didactiques en les modifiant, la possibilité d'intervenir directement sur les conceptions des élèves et le fait que l'outil permet aux enseignants d'apprendre à questionner les élèves pour faire émerger les conceptions sont les aspects ressortis par les enseignants. Le troisième milieu auquel les enseignants se sont montrés sensibles est lié à leurs besoins en formation et en ressources-maison.

Suite aux analyses préliminaires, nos résultats semblent indiquer que l'outil développé suscite l'intérêt des enseignants. Toutefois, l'intégration de l'outil à leurs pratiques demande un soutien sur le plan de changements conceptuels des élèves et l'évaluation. De nouveaux questionnements à des fins didactiques émergent ainsi :

- Comment adapter les ressources à d'autres contextes afin de maximiser leur impact sur les apprentissages des élèves ?
- Quel type d'accompagnement techno-pédagogique et didactique permet de multiplier ces pratiques innovatrices ?
- Comment poursuivre le développement de nouvelles ressources techno-pédagogiques en mathématiques et dans d'autres matières ?

Ces questions nous amènent à approfondir nos analyses des données de cette recherche et en entreprendre d'autres. Il devient donc nécessaire d'étudier les pratiques des enseignants et les activités des élèves dans des situations intégrant les simulateurs virtuels.

REFERENCES

- Batanero C., Godino J. D., Cañizares M. J. (2005) Simulation as a tool to train pre-service school teachers. In Adler J. (Ed.) *Proceedings of ICMI First African Regional Conference* [CD]. Johannesburg: International Commission on Mathematical Instruction. <http://www.ugr.es/~batanero/ARTICULOS/CMIRCr.pdf>, consulté le 27 novembre 2011.
- Bill A., Gayton P. (2010) Coin-sequences and coin-combinations taught as companion tasks. In Reading C. (Ed.) *Data and context in statistics education: Towards an evidence-based society. Proceedings of the 8th International Conference on Teaching Statistics (ICOTS8, July, 2010)*, Ljubljana, Slovenia. Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute. <http://eprints.utas.edu.au/10016/>, consulté le 27 novembre 2011.
- Borovcnik M., Peard R. (1996) Probability. In Bishop A. J. et al. (Eds.) (pp. 239-287). *International Handbook of Mathematical Education* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- Boucher A., Loïselle A., Reiber D. (2006) *Les situations d'apprentissage et d'évaluation...: Lexique*. Qc : Commission scolaire des Patriotes.
- Briand J. (2005) Une expérience statistique et une première approche des lois du hasard au lycée par une confrontation avec une machine simple. *Recherches en didactique des mathématiques* 25(2), 247-281.
- Caron F. (2004) Splendeurs et misères de l'enseignement des probabilités au primaire. *Actes du Colloque GDM 2002 : Continuités et ruptures entre les mathématiques enseignées au primaire et au secondaire*. Trois Rivières : Université du Québec à Trois Rivières.
- Caron P.A. (2007) Contextualisation de dispositifs pédagogiques sur des applications Web 2.0. Le projet Bricoles. In Marquet P. et al. (Eds.) *Actes du congrès AREF 2007 - Actualité de la Recherche et de l'éducation en Formation*. Strasbourg : Université Louis-Pasteur. http://www.congresintaref.org/actes_pdf/AREF2007_Pierre-Andre_CARON_501.pdf, consulté le 27 novembre 2011
- DeBlois L. (2006) Influence des interprétations des productions des élèves sur les stratégies d'intervention en classe de mathématiques. *Educational Studies in Mathematics* 62(3), 307-309.
- Freiman V. (2010) Complexité de la formation initiale des enseignants en mathématiques au primaire en milieu francophone minoritaire : le cas du Nouveau-Brunswick. In Proulx J. et Gattuso L. (Eds.) (pp. 201-214). *Formation des enseignants en mathématiques : tendances et perspectives actuelles*. Sherbrooke, Qc : Éditions du CRP.
- Garofalo J., Drier H. S., Harper S., Timmerman M. A., Shockey T. (2000) Promoting appropriate uses of technology in mathematics teacher preparation. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education* 1(1), 66-88. <http://www.citejournal.org/vol1/iss1/currentissues/mathematics/article1.htm>, consulté le 27 novembre 2011.
- Godino J. D., Cañizares M. J., Díaz C. (2003) Teaching probability to pre-service primary school teachers through simulation. Paper presented at the *54th Session of the International Statistical Institute*. Berlin, Germany. <http://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications/3/2989.pdf>, consulté le 27 novembre 2011.
- Grenon V., Larose F. (2006) L'informatique scolaire chez les enseignants du primaire : une ressource additionnelle ou un dispositif pédagogique alternatif. In Lebrun J. et al. (Eds.) (pp. 327-352) *Le matériel didactique et pédagogique : soutien à l'appropriation ou déterminant de l'intervention éducative*. Québec : Les presses de l'Université Laval.
- Hennessy S., Twigger D., Byard M., Driver R., Draper S., Hartley R., Mohamed R., O'Malley C., O'Shea T., Scanlon E. (1995) A classroom intervention using a computer-augmented curriculum for mechanics. *International Journal of Science Education* 17, 189-206.
- Herrington J., Oliver R. (2000) An instructional design framework for authentic learning environments. *Educational Technology Research and Development* 48(3), 23-48.
- Konold C., Kazak S. (2008) Reconnecting Data and Chance. *Technology Innovations in Statistics Education* 2(1). <http://escholarship.org/uc/item/38p7c94v#page-1>, consulté le 27 novembre 2011.
- Landry L. (2011, sous presse) L'enseignement des mathématiques au Nouveau-Brunswick francophone : vers la réussite scolaire et des apprentissages durables pour tous les élèves. In Freiman V. (Ed.) *Actes du Colloque GDM 2010 - L'enseignement de mathématiques dans et à travers des contextes particuliers : quel support didactique privilégier ?* Moncton : Université de Moncton.
- Larose F., Bédard J., Couturier Y., Grenon V., Lavoie L.-C., Lebrun J., Morin M.-P., Savard A., Theis L. (2011) *L'apprentissage des probabilités en contexte ludique : transfert de compétences et impact sur la pratique des jeux de hasard et d'argent chez des élèves à*

- risque du 1er cycle du secondaire*. Rapport de recherche FQRSC Sherbrooke : Université de Sherbrooke. http://www.crie.ca/Recherches/Documents/Rapport_final_révisé_09-2011_AC-2008_124845_Larose_et_Al.pdf, consulté le 27 novembre 2011.
- Larose F., Bourque J., Freiman V. (2010) The effect of contextualising probability education on differentiating the concepts of luck, chance, and probabilities among middle and high school pupils in Quebec. In Reading C. (Ed.) *Data and context in statistics education: Towards an evidence-based society. Proceedings of the 8th International Conference on Teaching Statistics* (ICOTS8, July, 2010), Ljubljana, Slovenia. Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute. http://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications/icots8/ICOTS8_C133_LAROSE.pdf, consulté le 27 novembre 2011.
- Larose F., Grenon V., Lenoir Y., Desbiens J.-F. (2007) Le rapport des futurs enseignants à l'utilisation de l'informatique pédagogique : Fondements et trajectoire longitudinale. In Charlier B., Peraya D. (Eds.) (pp. 171-188) *Transformation des regards sur la recherche en technologie de l'éducation*. Bruxelles : De Boeck-Université.
- Larrick R. P. (2004) Debiasing. In Koehler D. J., Harvey N. (Eds.) (pp. 316-337) *Blackwell Handbook of Judgment and Decision Making*. London: Blackwell Publishers.
- Ministère de l'éducation et du développement de la petite enfance du Nouveau-Brunswick (MEDPE) (2010) *Résultats des examens : Districts scolaires francophones*. Fredericton : Gouvernement du N.-B.
- Ministère de l'éducation du Nouveau-Brunswick (MENB) (2005) *Programme d'études en mathématiques. 5^e année*. Fredericton: Gouvernement du N.-B.
- Munisamy S., Doraisamy L. (1998) Levels of Understanding of Probability Concept among Secondary School Pupils. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology* 29(1), 39-45.
- Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE) (2003) *Apprendre aujourd'hui, réussir demain : premiers résultats de PISA 2003*. OCDE.
- Pernin J.-P., Emin V., Guéraud V. (2009) Intégration de la dimension utilisateur dans la conception de systèmes pour l'apprentissage : Scénarisation pédagogique dirigée par les intentions. *Ingénierie des Systèmes d'Information* 14(3), 9-30.
- Régnier J.-C. (2003) A propos de la formation en statistique. Approches praxéologiques et épistémologiques de questions du champ de la didactique de la statistique. *Revue du Centre de Recherche en Éducation* 22/23, 157-201.
- Savard A. (2008) *Le développement d'une pensée critique envers les jeux de hasard et d'argent par l'enseignement des probabilités à l'école primaire : Vers une prise de décision*. Thèse inédite. Université Laval, Québec.
- Scanlon E., O'Shea T., Smith R. B., Li Y. (1997) Supporting the Distributed Synchronous Learning of Probability: learning from an experiment. In *Proceedings of CSCL'97*. <http://gerrystahl.net/cscl/cscl97/papers/scanlon.pdf>, consulté le 29 novembre 2011.
- Seal K. C., Przasnyski Z. H. (2005) Illustrating Probability through Roulette: A Spreadsheet Simulation Model. *Spreadsheets in Education* 2(1). <http://epublications.bond.edu.au/ejsie/vol2/iss1/4/>, consulté le 29 novembre 2011.
- Theis L., Savard A. (2010) Linking Probability to Real-World Situations: How do Teachers Make Use of the Mathematical Potential of Simulation Programs? In Reading C. (Ed.) *Data and context in statistics education: Towards an evidence-based society - Proceedings of the 8th International Conference on Teaching Statistics* (ICOTS8, July, 2010), Ljubljana, Slovenia. Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute. http://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications/icots8/ICOTS8_C126_THEIS.pdf, consulté le 27 novembre 2011.