

## ENJEUX DE DIVERSIFICATION ET COMPLEXIFICATION DE RESSOURCES : UN CAS DE PROGRAMMATION INFORMATIQUE D'UN ROBOT DANS UNE ECOLE DE DEMAIN

FREIMAN\* Viktor– CHIASSON\*\* Mario

**Résumé** – Lorsque les élèves de l'école intermédiaire s'engagent dans une tâche interdisciplinaire de programmation d'un robot, ils vivent une situation d'apprentissage authentique leur permettant de concevoir, de réaliser et de partager avec leurs pairs un défi informatique. Ce processus nouveau fait appel à un accès élargi à une multitude de ressources, tente diverses approches de résolution de problème, mobilise une variété de concepts mathématiques et informatiques tout en prenant conscience des affordances de cet espace d'apprentissage plus diversifié et complexe.

**Mots-clefs** : Problème complexe, programmation robotique, défi informatique, affordances STIM, espace d'apprentissage riche en technologies.

**Abstract** – When middle school students engage in an interdisciplinary task of programming a robot, they experience an authentic learning situation that allows them to design, implement, and share with their peers an IT challenge. This novel process involves expanding access to a multitude of resources, attempting various problem-solving approaches, mobilizing a variety of mathematical and computational concepts, and becoming aware of the affordances of this more diverse and complex learning space.

**Keywords**: Complex problems, robotics programming, computer challenger, STEM affordances, technology-rich learning space.

### I. ENJEUX DE DIVERSIFICATION ET DE COMPLEXIFICATION DE RESSOURCES DANS UNE ECOLE DE DEMAIN

Au Nouveau-Brunswick, tout comme au Québec et dans d'autres provinces canadiennes, le système scolaire francophone a entamé une réforme profonde de l'enseignement de mathématiques depuis 2000 axée sur l'acquisition, par tous les élèves, « des qualités requises pour apprendre à apprendre afin de se réaliser pleinement et de contribuer à une société changeante, productive et démocratique » (MEDPE, 2016) grâce, entre autres, à une plus grande diversification et complexification de ressources sur un plan :

- transdisciplinaire (en lien avec les résultats d'apprentissage transdisciplinaires, soit le développement personnel et social, la culture et patrimoine, la communication, la pensée critique, les méthodes de travail et les compétences en Technologies de l'Information et de la Communication – TIC),
- interdisciplinaire (favorisant l'habitude chez l'élève de procéder aux transferts des savoirs, des savoir-faire et des savoir-être) et
- disciplinaire (ayant comme principes didactiques l'habileté chez l'élève à gérer et résoudre une situation-problème, à raisonner et communiquer mathématiquement, ainsi qu'à faire des liens entre les différentes branches de mathématiques, entre les mathématiques et les autres disciplines, et avec la vie de tous les jours).

En plus d'enrichir les apprentissages des élèves, cette diversification et complexification de ressources a permis de combler des lacunes au niveau de ressources 'faites maison' pour une communauté linguistique minoritaire (Freiman et al, 2012) en ouvrant la voie à des pratiques enseignantes innovatrices (Freiman et Michaud, 2009) qui permettent aux élèves de s'engager dans une résolution de problèmes complexes reflétant ainsi une dynamique nouvelle « de production d'outils ou de concepts et de résultats théoriques » qui ressort

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

\*\* Université de Moncton – Canada, chiasmaj@gmail.com.

l'apport de mathématiques comme « outils de compréhension » chez l'élève du monde et de son évolution dans un contexte de « collaboration entre les disciplines scientifiques » (comme c'est le cas des tâches de la robotique, et, de façon plus générale, du domaine STIM – Sciences, Technologie, Ingénierie et Mathématique) (EMF, 2018, énoncé de la thématique, <https://emf2018.sciencesconf.org/resource/page/id/1>). Nous examinons, depuis 15 ans, cette complexité de l'interaction entre ce rôle transformé de mathématiques dans la société moderne et les apprentissages des élèves via une approche « multidisciplinaire, holistique, et systémique » (idem.)

Notamment, au plan de l'accès aux ressources, la réalisation du nouveau programme a mené à une mise en place d'une étude pilote ADOP (Accès Direct à l'Ordinateur Portable) (Blain et al, 2006) auprès des élèves de la 6<sup>e</sup> à la 8<sup>e</sup> année, qui a permis d'expérimenter les quatre scénarios interdisciplinaires nommés InterTIC (mathématiques, sciences et langue) conçus par les didacticiens, en collaboration avec les enseignants, selon une approche par problèmes (Freiman et al, 2011). Une interaction dialectique entre la démarche de l'élève (qui a pris en possession le problème à résoudre, conçu les outils d'investigation, par exemple, un questionnaire ou un protocole d'expérimentation, a conduit une enquête / expérience scientifique, fait une collecte et une analyse des données, et finalement rédigé un rapport, en plus de partager ses résultats lors d'une présentation à ses collègues de classe) et le savoir mathématique lui permet de se ressourcer tant du côté de mobilisation de ses compétences que du côté de l'appréciation du rôle complexe de mathématiques « comme un outil puissant d'appropriation du réel, un outil de raisonnement, un outil de résolution de problèmes, et un outil de communication » (MEDPE, 2016).

D'autres exemples de ressources qui sont devenues accessibles grâce aux technologies numériques sont le site Internet CAMI (Communauté d'apprentissages multidisciplinaires interactifs) qui proposait des problèmes mathématiques aux élèves (entre 2000 et 2015) (Freiman et Lirette-Pitre, 2009; Freiman et Manuel, 2013; Freiman et DeBlois, 2014), le logiciel dynamique d'algèbre GrapheEasy utilisé par Gauthier (2014) dans une démarche PIE (prédire-investiguer-expliquer), le forum de discussion en ligne pour permettre aux élèves de se partager des démarches de résolution de problèmes algébriques (LeBlanc, 2012), et un site wiki de co-construction de savoirs didactiques par les futures enseignants de mathématiques et de sciences lors de leur formation initiale (Freiman et Lirette-Pitre, 2006). Une expérimentation a été faite avec quelques enseignants du primaire et du secondaire quant à l'utilisation d'un simulateur virtuel de jeux de hasard conçu par les didacticiens québécois, à l'aide de l'équipe de concepteurs de ressources en ligne NetMath et des enseignants du secondaire (Freiman et al, 2012). D'autres collaborations ont été entamées avec les enseignants français et haïtiens menant à la conception du portail ProblemaTICE (<http://www.problematice.com/>) qui contient de problèmes mathématiques avec une trousse d'outils multimédia (animations, vidéos, exercices, etc.) permettant un apprentissage plus autonome de la part de élèves, tout en donnant du sens aux apprentissages de concepts mathématiques (Gauthier, 2014) et en explorant la créativité des élèves (Bélanger et al., 2014).

D'ailleurs, des liens entre les activités de robotique et les mathématiques ont été mis en évidence lors des expériences pilotes dans une école primaire (en 5-6-7 années) faisant partie de projets FIA (Fonds d'innovation en apprentissage) permettant aux enseignants d'innover dans leurs pratiques pédagogiques. Les données de cette étude (Blanchard et al, 2010) ont fait ressortir le potentiel de l'activité de robotique qui, par sa nature, celle de synchronisation entre les robots Lego Mindstorm® et le logiciel RoboLab®, semble solliciter constamment des combinaisons complexes des capacités cognitives et métacognitives de haut niveau de la part de l'élève. Parmi ces capacités on retrouve la prise de conscience de la situation,

l'élaboration de stratégies de prise de décision et le monitoring continu de l'exécution qui nécessite l'ajustement constant du programme de robot. Blanchard et al. (2010) ont soulevé la préoccupation que devant cette complexité, dans le but de fournir de l'aide aux élèves, une intervention trop directe de l'enseignant risque de nuire à leur capacité de se ressourcer à partir d'un feedback instantané du système d'exécution du programme par le robot en continuant les essais-erreurs. En même temps, les auteurs ont noté que l'absence de toute forme d'étayage produit, comme effet, une solution qui, malgré tout effort soutenu de va et vient, crée une impasse dans le processus de résolution de problème (idem.).

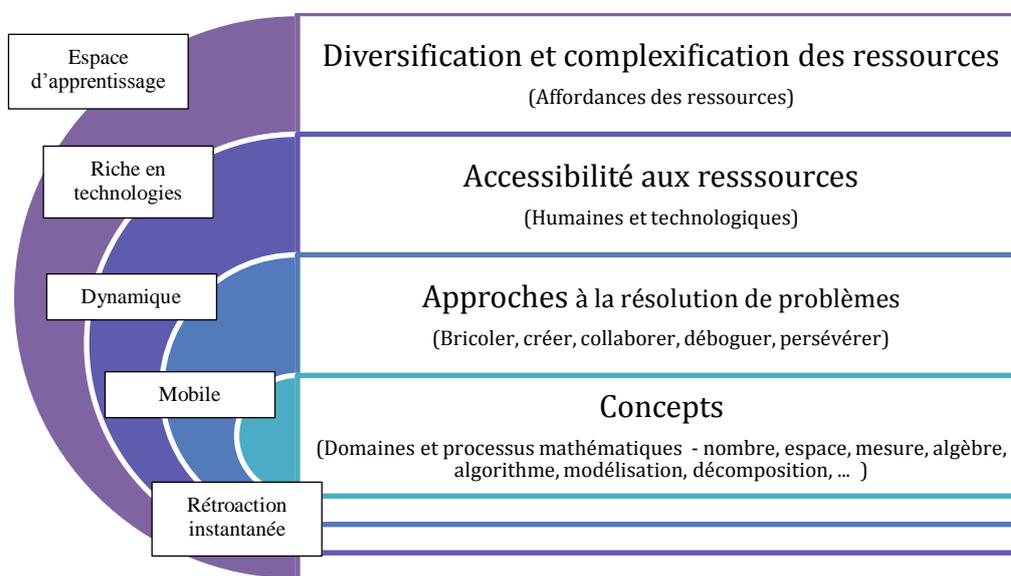
Une analyse plus raffinée du travail des élèves effectuée par Savard et Freiman (2016) a révélé des problèmes concernant l'évaluation du progrès des élèves notamment sur le plan de développement de leur capacité de se ressourcer tant cognitivement que méta-cognitivement. En effet, une stratégie essai-erreur utilisée sans étayage didactique approprié montre ces limites quant à l'évaluation systémique de la situation (lorsque le robot ne suit pas les commandes voulues) et une synchronisation conséquente du code et de déplacements de robot, à l'aide de paramètres numériques appropriés (vitesse et angles de rotation). Cela complexifie également l'apport 'ressourçant' du savoir mathématique mobilisé qu'on continue à étudier avec nos partenaires du milieu scolaire dans le cadre de la nouvelle initiative CompeTI.CA (Compétences en TIC en Atlantique, [www.competi.ca](http://www.competi.ca)), un Réseau de partenaires qui collaborent sur les enjeux d'éducation d'un écosystème qui s'intègre au monde numérique de plus en plus global et interconnecté (Freiman et al, 2016; Freiman et al., 2017, et Freiman et Chiasson, 2018).

En réponse à ces enjeux du monde numérique du 21e siècle, le nouveau Plan provincial en éducation de 10 ans (MEDPE, 2016) accorde une place encore plus importante aux disciplines STIM, où on définit le rôle intégrateur de mathématiques comme ressource qui appuie le développement chez les élèves non seulement d'une meilleure « compréhension de leur univers, mais aussi des capacités de raisonnement, l'affinement des habiletés de résolution de problèmes et le maintien d'une forme de questionnement » ainsi leur permettant de « se servir des concepts mathématiques dans divers contextes d'apprentissage et de vie » (p. 15). De plus en plus d'écoles de la province introduisent alors des activités de programmation et de robotique dans le curriculum, sous forme d'ateliers de fabrication numérique (Labos créatifs, <https://www.brilliantlabs.ca/>) et directement dans l'enseignement disciplinaire, entre autres, en mathématiques (LeBlanc et al, 2018).

À qui donc ressemble aujourd'hui cette classe de mathématiques transformée, orientée vers le futur? Toutefois, que veut-on dire par 'ressources' dans ce nouveau contexte? À quoi ressemblent la diversification et la complexification des ressources? De quelle façon les nouveaux espaces d'apprentissages donnent l'accès aux ressources nécessaires pour bien outiller les élèves « d'aujourd'hui pour vivre dans le monde de demain » (EMF, 2018)? De manière plus générale, comment une plus grande diversification et complexification de ressources peut-elle soutenir les apprentissages dynamiques des élèves, tout en maximisant les affordances des ressources? Nous avons présenté, dans le cadre de notre groupe de travail lors du colloque, des premiers résultats d'une étude de cas menée dans une école intermédiaire (6-7 année, programme d'immersion française) qui a permis d'intégrer les activités de conception, de réalisation et de partage de défis informatiques dans un cours de mathématiques (Chiasson, 2018, accepté).

## II. APPRENTISSAGE INTEGRE DE LA ROBOTIQUE ET DE RESSOURCES NOUVELLES : UNE CLARIFICATION CONCEPTUELLE

Denning (2009) précise que le développement des compétences nouvelles, stimulées par l'expérimentation, les interactions et la pratique active, devrait s'insérer dans des activités de programmation informatique. En effectuant une synthèse de la littérature scientifique portant sur l'apprentissage de la robotique, Chiasson (2018, accepté) démontre qu'il s'effectue à partir de l'utilisation de divers concepts mathématiques et informatiques (la logique, l'algorithmique, la décomposition, la séquence, l'abstraction et l'évaluation) à l'aide d'une démarche inductive de résolution de problèmes complexes (le bricolage, la création, le débogage, la persévérance et la collaboration) dans un espace d'apprentissage riche en technologies qui facilite l'accès à une plus grande variété de ressources (humaines et technologiques), ainsi qu'une exploration continue de leurs affordances (Figure 1) :



**Figure 1** - Diversification et complexification des ressources dans un espace d'apprentissage riche en technologies, dynamique, mobile, avec rétroaction instantanée

Dans un monde numérique moderne, l'accès aux ressources technologiques devient indispensable à l'émergence de la collaboration et, par conséquent, permet d'accroître l'efficacité et la productivité des individus. En outre, le partage des connaissances entre les membres d'une organisation est considéré comme une ressource qui favorise la réussite et crée une culture d'*empowerment* (Tapscott, 2006).

Plusieurs auteurs reconnaissent l'impact de l'environnement d'apprentissage sur les approches pédagogiques utilisées en salle de classe. En outre, l'intégration des ressources technologiques dans l'enseignement favorise une pédagogie active qui permet aux élèves de prendre part à leurs apprentissages (Breslow, 2007; Norton, McRobbie et Cooper, 2000). Plus récemment, Djambong et Freiman (2016) précisent que, contrairement aux classes traditionnelles, un espace plus riche en ressources technologiques fait place à l'exploration, à la découverte, à l'expérience et à l'expérimentation, facilitant des activités pédagogiques telles que les remue-méninges, la réévaluation des idées, la réflexion ainsi que le travail individuel ou en équipe. Toutefois, il est primordial de faire la distinction entre deux principaux types de technologies qui supportent la construction d'un espace riche en technologies : les technologies physiques reliées à l'espace physique (les salles, les murs, les fenêtres, les tables,

les chaises, etc.) et les technologies numériques reliées à l'espace numérique (l'ordinateur de bureau à l'ordinateur portable, la tablette numérique, ainsi que d'autres appareils mobiles munis d'un accès Internet) qui sont en évolution constante (JISC, 2006, Lorenz et al, 2015).

En ce qui concerne les ressources humaines, la construction des connaissances des élèves peut s'enrichir par des interactions sociales dans des environnements collaboratifs. Vygotsky (1962) a soutenu que la croissance cognitive de l'apprenant s'améliore en interaction de l'apprenant avec des pairs ou des enseignants compétents. D'ailleurs, des théories socioculturelles de l'apprentissage mettent l'accent sur l'utilisation d'outils pour la médiation de la construction collaborative des connaissances (Cole, 1996, Pea, 1993). Les discussions de groupe peuvent servir d'outils de médiation pour l'acquisition de connaissances. La recherche a indiqué que les discussions de groupe correctement guidées sont une ressource qui permet généralement des perspectives différentes, encourage la négociation de sens et facilite ainsi la construction de connaissances collaboratives dans des contextes d'apprentissage en ligne et en face-à-face (Brookfield et Preskill, 2005).

Le besoin de diversifier les ressources est souvent associé à l'enjeu de mieux répondre à la réalité nouvelle de salle de classe de plus en plus hétérogène, ce qui est, dans le contexte scolaire du Nouveau-Brunswick, lié à l'inclusion scolaire. On cherche ainsi un meilleur engagement de tous les élèves dans leurs apprentissages, tout en augmentant leur motivation, à laquelle un accès direct aux outils numériques peut contribuer de façon essentielle, comme l'a démontré, entre autres, le projet ADOP mentionné ci-dessus (Fournier et al, 2006). Le terme 'diversification' dans l'espace d'apprentissage renvoie également au processus d'apprentissage des élèves et repose sur un espace d'apprentissage avec des ressources permettant de varier, de différencier, d'adapter et de modifier l'acquisition des résultats d'apprentissage des programmes d'études (Astolfi, 1995). Ainsi, l'interrelation de différentes ressources humaines et technologique crée un espace d'apprentissage en forme de toile d'araignée augmentant les occasions de diversification et de complexification des ressources donnant l'accès à de nouvelles formes de construction des connaissances, qui explorent de nouvelles affordances.

Introduit par Gibson (1979) pour signifier l'adaptation de tout être vivant à son environnement, le terme "affordance" suppose que les individus et les animaux réussissent à s'adapter rapidement aux caractéristiques et aux propriétés d'un milieu. En fait, la façon dont ils perçoivent les caractéristiques physiques des objets correspond à la façon dont ils interagissent avec ces derniers. Or, leur perception génère des actions sans aucune connaissance antérieure des objets, ce qui révèle qu'elle ne repose que sur la dimension visuelle de l'objet. Ainsi, une affordance existe en lien avec les capacités d'action d'un individu et ne change pas lorsque ses besoins ou ses buts se modifient (Evans, Pearce, Vitak et Treem, 2016). Inspiré de Gibson (1979), Norman (1999) s'intéresse à la conception des objets et des environnements d'apprentissage numériques axée sur les possibilités qu'offre un objet, soit l'interaction personne-objet ou personne-machine. Ainsi, l'apparence physique des objets ou des environnements doit inspirer des actions possibles de l'utilisateur ou définir comment ils devraient être utilisés (Allaire, 2006; Evans et al., 2016).

Dans un environnement d'apprentissage, Allaire (2006) mentionne que les affordances, de nature autant sociale que numérique, permettent de soutenir la pédagogie de même qu'une démarche d'analyse réflexive en collaboration avec d'autres apprenants, dans un mode de créativité. Selon Gaver (1991), les affordances doivent mettre en lumière des aspects de l'espace d'apprentissage permettant aux élèves de s'y intégrer rapidement. En d'autres mots, les caractéristiques sociales de l'environnement ont une forte incidence sur la façon dont les élèves y interagissent. Or, les affordances doivent clairement être représentées afin d'être bien perçues. Bref, il est important que les affordances sociales du contexte en face à face soient

clairement visibles pour amener les individus à collaborer avec d'autres. Toutefois, elles doivent être assez souples pour laisser la latitude aux apprenantes et apprenants quant aux possibilités d'interactions.

Du côté des affordances numériques mises en place pour soutenir la démarche d'analyse réflexive, elles doivent être perceptibles du point de vue des processus qu'elles soutiennent (Gaver, 1991). En d'autres termes, elles doivent permettre aux utilisateurs de les adapter à leur contexte d'utilisation et de prendre des initiatives dans les tâches à accomplir. Toutefois, l'auteur souligne l'importance de ne pas proposer des affordances dont la perception engendrera une action trop peu souple qui risquera ainsi d'aller à l'encontre du développement de la réflexion. Selon Dallaire (2008), dans un contexte éducatif, pour assurer l'engagement et l'apprentissage, l'enseignant doit prendre en compte la perception des élèves de l'environnement ou des objets numériques puisqu'elle déterminera la façon dont les élèves vont interagir. Plus précisément, les affordances ne se limitent pas aux possibilités offertes mais plutôt à ce qui se produit lorsque les élèves utilisent les outils numériques.

Dans notre étude de cas, nous analysons des exemples du travail des élèves sur les tâches de conception, réalisation et partage de défis informatiques avec les robots programmés qui permettent de rendre visibles des éléments de diversification et de complexification de ressources que nous illustrerons à l'aide de deux exemples.

### III. EXEMPLES DE CONCEPTION ET D'USAGE DE RESSOURCES EN ROBOTIQUE PAR LES ÉLÈVES : ENJEUX DE DIVERSIFICATION ET DE COMPLEXIFICATION

#### Exemple 1 : Conception d'un défi

Une fiche avec un défi informatique a été présentée aux élèves (Figure 2). Après avoir composé une séquence algorithmique permettant, à l'aide d'un iPad et d'une application appelée *Swift Playground* (langage de programmation), de programmer le déplacement d'un robot, les deux élèves assis sur le plancher pouvaient observer le comportement du robot en action (exécution du programme). Ainsi, ils pouvaient valider si le robot (*Dash*), s'arrête à une certaine distance (5 cm requis par l'énoncé du défi) de l'objet gris (personnage de *StarWars*) et émet un son. Plus précisément, les élèves exploitent les différents concepts mathématiques et des approches de résolution de problèmes. S'ils perçoivent qu'il leur manque des informations pour bien définir le problème présenté, au lieu de passer à l'étape de l'exécution, ils reprendront la phase de perception pour recueillir des informations supplémentaires. Toutefois, s'ils sont satisfaits de l'information recueillie, ils conceptualisent un plan d'actions cognitives, c'est-à-dire, des lignes de code qu'ils mettront en exécution. Ainsi, lors de l'exécution, ils utilisent des concepts pour ajuster leurs approches afin de régler les problèmes rencontrés. C'est au moment de l'exécution de leurs codes qu'ils reçoivent des rétroactions les informant de la réussite ou de l'échec du défi. Dans le dernier cas, ils reprendront le processus pour trouver la source du problème en utilisant d'autres concepts ou d'autres approches. Dans le cas d'un succès, ils pourront partager leurs résultats avec les pairs ou l'enseignant afin de valider leurs apprentissages leur permettant de développer leur autonomie et leur confiance en soi.



*Figure2* - Deux élèves en train de valider l'exécution de leur programme par le robot

### Exemple 2. Réalisation d'un défi par les élèves

Lors de la réalisation de leurs projets, les élèves devaient concevoir leur propre fiche de défi informatique (et créer leur propre parcours du robot), le tester et partager les résultats avec leurs pairs. Après avoir conceptualisé le parcours en utilisant les ressources disponibles en salle de classe, les élèves font la construction concrète du parcours en se référant à leur représentation graphique et, par la suite, écrivent les lignes de code pour représenter le trajet à être exécuté par le robot. Au moment de l'exécution, les élèves vérifient (valident) la cohérence du comportement du robot en lien avec le parcours et les lignes de code. S'il y a une incohérence, un problème existe. Ainsi, par cette complexification des ressources dans l'espace d'apprentissage, les élèves doivent trouver des solutions aux problèmes présentés en employant diverses concepts et approches tout en utilisant les ressources disponibles.



*Figure 2* : Conception par l'élève, réalisation et partage d'un défi

Ces deux exemples démontrent bien la complexité du problème que tentent de résoudre les élèves de 12-13 ans, diverses approches qu'ils mobilisent lors de leur processus de résolution de défis, ainsi qu'une plus grande diversification des affordances de ressources qui ont été mises à leur disposition et qui ont été choisies et mobilisées par les élèves dans cet écosystème d'apprentissage nouveau d'une école du 21<sup>e</sup> siècle dans laquelle les mathématiques même jouent de nouveaux rôles d'outils d'apprentissage interdisciplinaire (STIM). Ces rôles doivent faire objet des études plus systémiques et plus approfondies de la part des didacticiens.

## REFERENCES

Allaire S. (2006). Les affordances socio-numériques d'un environnement d'apprentissage hybride en soutien des stagiaires en enseignement secondaire. De l'analyse réflexive à la coélaboration de connaissances. Thèse de doctorat, Université Laval.

- Astolfi, J. P. (1995). Essor des didactiques et des apprentissages scolaires. *Educations Janvier*.
- Bélangier J-P., DeBlois, L. et Freiman, V. (2014) Interpréter la créativité du raisonnement dans les productions d'élèves en mathématiques d'une communauté d'apprentissages multidisciplinaires interactifs. *Éducation et Francophonie XLII* (2), 44-63.
- Breslow, L. (2007). Lessons learned: findings from MIT initiatives in educational technology (2000-2005). *Journal of Science Education & Technology*, 16, 283- 97.
- Brookfield, S., & Preskill, S. (2005). *Discussion as a way of teaching: Tools and techniques for democratic classrooms*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Chiasson, M. (2018). The Relationship of Learning Spaces and the Development of Computational Thinking Skill. Full Paper accepted for presentation at the American Educational Research Association (AERA) 2019 Annual Meeting.
- Chiasson, M. et Freiman, V. (2017). *A learning space embracing the development of computational thinking skills of students*. Dans Proceedings of Transitions Conference: Inhibiting Innovative Learning Environments. North America, 2017. ILETC. Australia. (.. 83-87).
- Cole, M. (1996). *Cultural psychology: A once and future discipline*. Cambridge, MA: Harvard.
- Djambong, T., & Freiman, V. (2016). *Task-based assessment of students' computational thinking skills developed through visual programming or tangible coding environments*. Presentation at The CELDA2016 International Conference, Manheim, Germany, October, 24-27.
- Denning, P. (2009). The profession of IT- Beyond computational thinking. *Communications of the ACM*, 52 (6), 28-30.
- Espace Mathématique Francophone (2018). *Mathématiques en scène, des ponts entre les disciplines*. Thématique du Colloque EMF-2018. <https://emf2018.sciencesconf.org/resource/page/id/1>
- Evans, S. K., Pearce, K. E., Vitak, J., & Treem, J. W. (2016). Explicating affordances: A conceptual framework for understanding affordances in communication research. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 22(1), 35-52.
- Freiman, V. et DeBlois, L. (2014). Le site Internet CAMI : Une ressource virtuelle pour soutenir la résolution de problèmes chez les élèves francophones du Nouveau-Brunswick. *Cahiers des sciences de l'éducation. Université de Liège*, 36, 115-142.
- Freiman, V. et Chiasson, M. (2018). *Repenser à fond l'école du 21e siècle : impact des changements sur l'enseignement et l'apprentissage de mathématiques à l'ère de l'intelligence artificielle et de la cryptographie*. Actes du Colloque du Groupe de didacticiens du Québec, <https://www.dropbox.com/s/bbx5y450xsaugqz/2017%20GDM%20Actes.pdf?dl=0>
- Freiman, V., et Manuel, D. (2013). Une ressource virtuelle de résolution de problèmes mathématiques : les perceptions d'utilisateurs et les traces d'usage. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)* [Numéro spécial : Recherches en EIAH, politiques publiques, pratiques des acteurs (et des chercheurs)]. 20, 1-34.
- Freiman, V. et Michaud, D. (2009). *One mathematical formula in the science textbook: looking into innovative potential of interdisciplinary mathematics teaching*. Dans A. Rogerson (Dir.) Proceedings of the Tenth International Conference: Models in Developing Mathematics Education (p. 184-188). Dresden: Hochschule für Technik und Wirtschaft.
- Freiman, V., Richard, P. R. et Jarvis, D. H. (2012). *L'enseignement des mathématiques au Nouveau-Brunswick (Secteur francophone)*. Dans J.-L. Dorier et S. Coutat (dir.), *Enseignement des mathématiques et contrat social : enjeux et défis pour le 21e siècle*.

- Actes du colloque de L'Espace mathématique francophone (EMF2012)* (p. 1761-1780). Suisse : Université de Genève.
- Freiman V., Savard A., Larose F., Theis L. (2012). *Les simulateurs virtuels pour soutenir l'apprentissage de probabilités : un outil pour les enseignants*. In Dorier J.-L., Coutat S. (Eds.) *Enseignement des mathématiques et contrat social : enjeux et défis pour le 21e siècle – Actes du colloque EMF2012 (GT6, pp. 824–837)*. <http://www.emf2012.unige.ch/index.php/actes-emf-2012>
- Gaver, W. W. (1991). *Technology affordances*. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (pp. 79-84). ACM.
- Gibson, J. J. (1977). *The theory of affordances*. Dans R. Shaw, J. Bransford (Eds) *Perceiving, acting and knowing: Toward an ecological psychology*. (p.127-143) Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Joint Information Systems Committee (2006). *Designing Spaces for Effective Learning: A guide to 21st century learning space design* [En ligne]. [http://www.westernsprings.school.nz/New%20School/becoming\\_a\\_new\\_school/Resources/jisc\\_effective\\_learning\\_spaces.pdf](http://www.westernsprings.school.nz/New%20School/becoming_a_new_school/Resources/jisc_effective_learning_spaces.pdf)
- LeBlanc, M. (2012). Going beyond the classroom's walls: The electronic forum as a lever for an adequate use of the rules of mathematical reasoning. *International Journal for Mathematics in Education*, 4, 214-221.
- Ministère de l'éducation et du développement de la petite enfance du Nouveau-Brunswick. (2016). *Programme d'études en mathématiques, Maternelle*.
- Ministère de l'éducation et du développement de la petite enfance du Nouveau-Brunswick. (2016). *Donnons une longueur d'avance à nos élèves*. Plan d'éducation de 10 ans.
- Norton, S., McRobbie, C. J. & Cooper, T. J. (2000). Exploring secondary mathematics teachers' reasons for not using computers in their teaching: five case studies. *Journal of Research on Computing in Education*, 33, 87-109.
- Norman, D. A. (1999). *Affordance, conventions, and design*. *interactions*, 6(3), 38-43.
- Pea, R. D. (1993). *Practices of distributed intelligence and designs for education*. In G. Salomon (ed.), *Distributed cognitions* (pp. 47–87). Cambridge, MA: University Press.
- Tapscott, D & Williams, A. D. (2006). *Wikinomics: How Mass Collaboration Changes Everything*. Tantor Media. ISBN-13: 9781591843672
- Vygotsky, L. (1962). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press.