

Simulations éducatives adisciplinaires et résolution de problèmes

Marc **Couture**

Télé-université, mcouture@teluq.ca

Catherine **Meyor**

Université du Québec à Montréal, meyor.catherine@uqam.ca

Patrice **Potvin**

Université du Québec à Montréal, potvin.patrice@uqam.ca

Martin **Riobel**

Université du Québec à Montréal, riobel.martin@uqam.ca

Résumé

Les simulations éducatives adisciplinaires sont des animations informatiques dont l'apparence, les fonctions et l'interactivité sont très proches des simulations habituelles mais qui, parce qu'elles visent l'apprentissage ou l'évaluation d'habiletés génériques, ont été construites dans une perspective d'évitement ou d'éloignement disciplinaire. Nous avons développé trois simulations de ce type pour trois études distinctes. Dans la première, des étudiants de premier cycle universitaire utilisaient deux simulations structurellement identiques, l'une disciplinaire et l'autre non. La seconde, menée auprès d'étudiants en formation des maîtres, employait une simulation affichant des entités apparentées à des objets existants, mais relevant d'univers disciplinaires différents. Dans la troisième, des élèves du secondaire utilisaient une simulation d'une activité simple (mettre au point une recette de cuisine). Les phénomènes présentés par ces trois simulations adisciplinaires étaient régis par des relations mathématiques élémentaires et arbitraires, souvent aléatoires. Les deux premières proposaient aux participants une démarche d'investigation et de questionnement ouverte; la dernière comprenait des tâches spécifiques (tests de quantités, analyses des résultats, observations de graphiques) pouvant susciter le raisonnement hypothéticodéductif tel qu'on le mobilise dans la résolution de problèmes scientifiques. Nous présenterons brièvement ces simulations, en précisant ce que nous entendons par leur nature adisciplinaire, puis décrirons nos questions et méthodes de recherche et, enfin, justifierons leur intérêt pour l'étude de la résolution de problèmes.

Mots clés

Simulations, résolution de problèmes, animations informatiques, adisciplinaire, relations mathématiques

1. Introduction

Depuis les premiers balbutiements au début des années 1970 (Lewis & Bullock, 1972) et à la faveur de l'accroissement de la puissance et de la disponibilité du matériel, les simulations informatiques se sont répandues en éducation pour devenir un outil de choix, en particulier en enseignement des sciences (Rutten, van Joolingen, & van der Veen, 2012).

La plupart de ces simulations sont étroitement liées à une ou des disciplines (White, 1993; Windschitl & Andre, 1998), même quand elles visent l'apprentissage d'habiletés dites « génériques » (Gijlers & de Jong, 2005; Rivers & Vockell, 1987; Tennyson & Breuer, 2002). Quelques rares études ont abordé l'usage de simulations peu ou pas disciplinaires (Anderson, 1982; Blech & Funke, 2005; Güss, Tuason, & Gerhard, 2010; Larochelle & Désautels, 1992; Rouse, Rouse, Hunt, Johnson, & Pelligrino, 1980). Ces travaux semblent toutefois être demeurés des cas isolés et l'on n'a pas assisté à l'émergence d'un courant de recherche sur le caractère disciplinaire (ou non) des simulations ou sur le potentiel de simulations non disciplinaires.

Le programme de recherche décrit ici, qui s'appuie sur des travaux et une étude exploratoire récents (Couture & Meyor, 2008), propose de contribuer à la clarification du concept de simulation adisciplinaire et à l'évaluation de l'intérêt de ces simulations pour la recherche sur la résolution de problèmes.

2. Caractéristiques de la simulation adisciplinaire

Précisons d'emblée les termes qui seront employés ici. Une **simulation informatique** est une application interactive qui présente un phénomène, c'est-à-dire un ensemble d'objets et/ou de systèmes en interaction, tout en permettant à l'utilisateur d'en modifier certaines caractéristiques et d'observer les effets de ces modifications.

Une simulation possède un **réfèrent**, c'est-à-dire qu'elle représente un phénomène existant, ou susceptible d'exister, en dehors d'elle, qui peut faire l'objet d'observations et d'explications rationnelles (Martinand, 1998). Ces observations ou explications peuvent relever du sens commun, ou encore être suscitées et encadrées par une ou plusieurs disciplines, qui fournissent notamment les principes, lois, règles et modèles qui fondent et gèrent la simulation. Par **discipline**, on entend ici un corpus de connaissances et de méthodes formalisées, développées et validées par une communauté, institutionnalisée dans le monde de l'enseignement et de la recherche, qui se manifeste notamment par des programmes d'études, des départements universitaires, des centres de recherche, des revues spécialisées, etc.

Une simulation est dite **éducative** si elle est employée à des fins d'enseignement, d'apprentissage ou d'évaluation, qu'elle ait été conçue ou non à cette fin. Une simulation éducative inclura donc, en plus d'éléments provenant de la discipline concernée par l'apprentissage, des éléments issus de la didactique de cette discipline (elle-même une discipline). Ces éléments pourront être intégrés à la simulation (on parlera alors d'un environnement de simulation) ou encore simplement l'accompagner; on parle dans ce cas de situation ou d'outil d'apprentissage (ou d'enseignement) fondés sur la simulation.

Une simulation informatique éducative est qualifiée d'**adisciplinaire** quand, tant au cours de sa conception que lors de son utilisation, on évite volontairement les références (théoriques, notamment), les évocations ou les connotations disciplinaires, allant à la limite jusqu'à éliminer tout réfèrent. Le caractère adisciplinaire

d'une simulation peut donc être vu comme un objectif d'éloignement disciplinaire, dans la mesure où il peut être difficile de démontrer l'atteinte d'une adisciplinarité dans ces trois dimensions et d'une absence complète de référent.

Les simulations adisciplinaires présentent des propriétés qui peuvent se révéler utiles en éducation pour, par exemple, évaluer des compétences transversales hors des contextes disciplinaires habituels ou pour étudier les cheminements généraux d'élèves confrontés à des problèmes ouverts et dépourvus de références disciplinaires.

3. Expérimentation des simulations adisciplinaires

Aux fins de ce programme de recherche, nous avons conçu et développé trois simulations adisciplinaires destinées à des expérimentations distinctes. Les deux premières ont vu leur conception fondée sur des perspectives différentes relativement à l'évitement/éloignement disciplinaire.

La première (figure 1), que nous nommerons les *Bidules*, présente trois types d'*entités* de forme géométrique simple mais abstraite (ce qui les rend très difficiles à nommer), se déclinant en trois couleurs, qui se déplacent selon des trajectoires courbes; formes et trajectoires sont définies par des règles arbitraires et/ou aléatoires. Lorsque deux entités se rencontrent, chacune peut changer de couleur, selon une probabilité différente suivant qu'elles sont de même couleur ou non. Ces choix relatifs aux formes et aux trajectoires découlent de notre expérience avec une série de simulations développées et expérimentées antérieurement (Couture & Meyor, 2008). Nous avons alors constaté que des formes géométriques élémentaires, comme des cercles ou des sphères, bien que purement géométriques (donc non disciplinaires), revêtaient une connotation disciplinaire en vertu de leur utilisation fréquente dans les représentations scientifiques conventionnelles (atomes, planètes, etc.). De même, des trajectoires régies par des relations semblables à celles des lois de la physique (par exemple, la force d'un ressort) étaient facilement reconnues comme telles. En fait, le seul élément ayant été volontairement soustrait à l'évitement disciplinaire est la couleur, qui n'est pas une caractéristique mathématique : celle des entités, mais aussi celle du fond, dont la forme est toutefois le résultat d'un calcul mathématique.



Figure 1. La simulation adisciplinaire Les Bidules.

La simulation *Les Bidules* a été expérimentée auprès d'étudiants universitaires de premier cycle, en même temps qu'une simulation disciplinaire, dotée de la même structure et d'un fonctionnement analogue, représentant le comportement de trois espèces de fourmis. Le but de cette expérimentation, où les participants se voyaient proposer un problème ouvert (« décrire et expliquer ce qui se passe à l'écran »), était d'étudier de quelle façon les conceptions des étudiants à l'égard d'un phénomène – ou d'objets – clairement disciplinaires influencent le choix et la mise en œuvre des stratégies dites génériques employées pour résoudre le problème.

La deuxième simulation (figure 2), nommée BN1 dans un souci de neutralisation de toute valeur sémantique, comprend aussi des entités difficiles à nommer, mais présentant certaines caractéristiques pouvant être associées à des disciplines. Ainsi, la forme ovoïde peut suggérer une cellule, cependant la juxtaposition d'autres entités plutôt associées à un autre univers (les lumières clignotantes situées sur le pourtour et, surtout, les objets mobiles de forme carrée) vient contrecarrer cette connotation. Les mouvements des objets sont en partie aléatoires, et en partie influencés par les actions des participants, mais d'une manière non immédiatement perceptible. Dans l'ensemble, la combinaison de plusieurs formes (ou entités), hétérogènes dans les mouvements qu'elles présentent tout autant que dans la logique apparente de leur déploiement et très complexes dans la mise à jour de leurs relations, a comme puissant effet de brouiller les référents et en conséquence de renvoyer les participants, au fil de l'exercice, à leurs propres connaissances, conceptions et compétences.

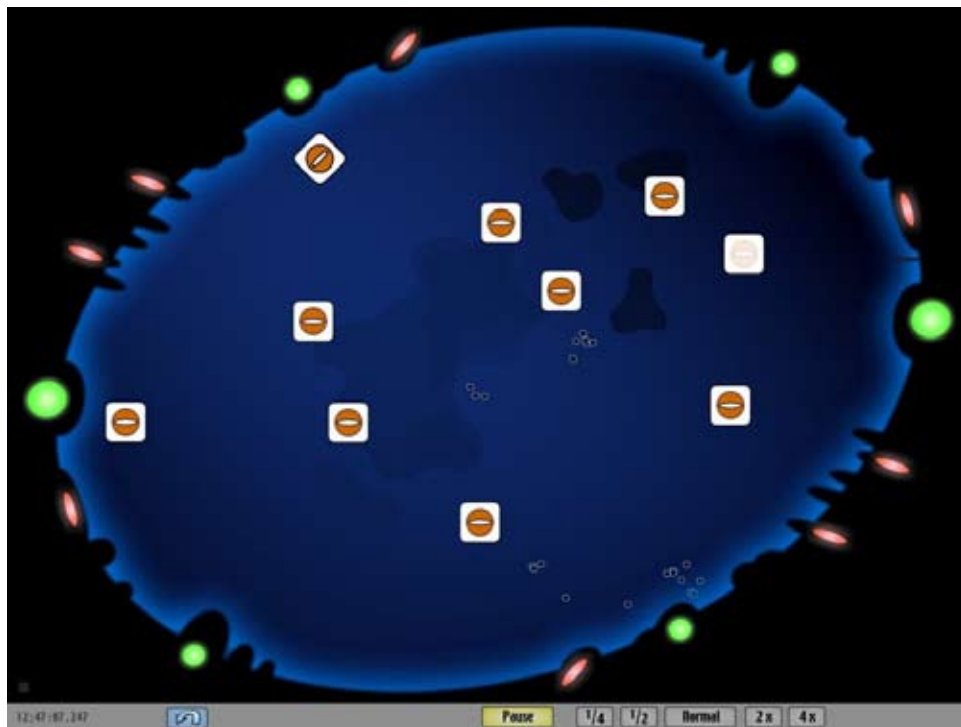


Figure 2. La simulation adisciplinaire BN1.

Cette simulation a été soumise à 30 étudiants des deux programmes du baccalauréat en enseignement secondaire (toutes concentrations confondues) et en éducation préscolaire et enseignement primaire avec l'objectif d'analyser leur démarche de résolution de problème. L'approche phénoménologique a été retenue. Chaque participant a été mis en présence de la BN1 – seul pour la très grande majorité d'entre eux –, informé des aspects techniques (manipulation) de la simulation et a reçu le mandat de répondre à l'unique question « de quoi s'agit-il? ».

La troisième simulation, intitulée *Cuisinons!* (figure 3) est un jeu vidéo dont l'objectif est de cuisiner une soupe « idéale » pour un maître-goûteur à partir de trois ingrédients (légumes) dont on détermine les quantités, qu'on coupe et qu'on mélange. Les préférences exprimées par le goûteur sont ensuite projetées sur un graphique modifiable et interprétable en vue de la préparation des essais subséquents. Au début, le joueur ne dispose que d'un seul légume et à chaque niveau, il s'en ajoute un nouveau. Le jeu devient alors l'occasion d'explorer les préférences complexes pour chaque légume en tentant d'isoler ses effets de celui des autres. Le contrôle des variables expérimentales, la lecture et l'interprétation des graphiques et la possibilité de commettre des erreurs de manipulation (erreurs de coupe des légumes) permettent de rapprocher le jeu des caractéristiques d'une expérimentation scientifique. Les performances et les actions enregistrables des joueurs peuvent alors servir d'indicateurs de performance de la compétence de résolution de problèmes en science et technologie. Cette simulation, bien que clairement inscrite en sciences, est adisciplinaire, d'une part parce que les règles définissant l'effet des ingrédients sont parfaitement arbitraires et, d'autre part parce qu'elle n'est

aucunement reliée aux objets d'enseignement et des contextes disciplinaires traditionnels des programmes de science et technologie du secondaire.

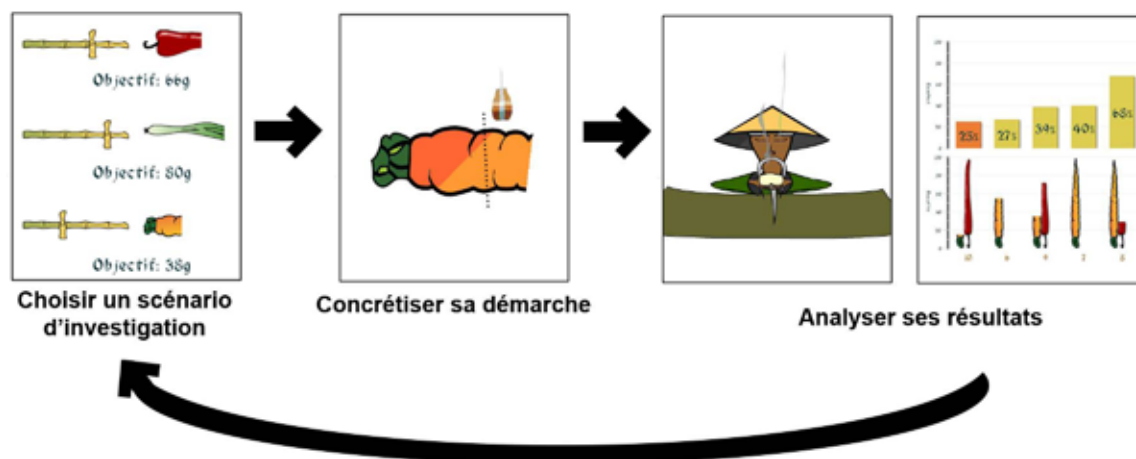


Figure 3. La démarche permettant de résoudre le problème posé par la simulation adisciplinaire Cuisinons!

Cette simulation a été expérimentée auprès de 850 élèves du secondaire, dans le but de comparer les performances en résolution de problème des cohortes de 2009 et de 2011 d'élèves de cinquième secondaire, qui correspondent respectivement aux groupes d'avant et d'après la réforme des programmes du secondaire mise en place au Québec dans les années 2000.

4. Conclusion

Nous avons conçu trois simulations adisciplinaires aux fins d'expérimentations menées tant auprès d'élèves du secondaire que d'étudiants universitaires de tous profils disciplinaires. Dans la mesure où nous en sommes à l'étape de développement de ce nouveau concept de simulation adisciplinaire, les expérimentations menées présentent un caractère exploratoire mais cependant riche de multiples avenues d'étude de la démarche de résolution de problème : influence des conceptions disciplinaires sur la mise en œuvre des stratégies génériques, connaissance des constituants de la démarche de résolution de problème, mesure des compétences en résolution de problème, etc. Les simulations adisciplinaires sont concernées autant par les dimensions épistémologiques que par les dimensions didactiques et d'apprentissage, ce que les résultats préliminaires dont nous disposons laissent entrevoir. L'analyse détaillée des résultats de ces expérimentations, actuellement en cours, pourra confirmer leur potentiel éducatif.

5. Remerciements

Les auteurs tiennent à souligner la contribution d'Alexandre Ayotte et de François Boucher-Genesse à la conception et à la production des simulations. Cette recherche a été financée par le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada.

Références

- Anderson, D. E. (1982). Computer simulations in the psychology laboratory. *Simulation & Gaming*, 13, 13-36. doi : 10.1177/104687818201300102
- Blech, C., & Funke, J. (2005). *Dynamis review : An overview about applications of the Dynamis approach in cognitive psychology*. Repéré à http://www.die-bonn.de/esprid/dokumente/doc-2005/blech05_01.pdf
- Couture, M., & Meyor, C. (2008). Simulations informatiques adisciplinaires et résolution de problèmes ouverts : une étude exploratoire auprès d'étudiants en formation des maîtres. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 5(2), 50-67. Repéré à http://www.ritpu.org/IMG/pdf/RITPU_v05n02_50.pdf
- Gijlers, H., & de Jong, T. (2005). The relation between prior knowledge and students' collaborative discovery learning processes. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(3), 264-282. doi:10.1002/tea.20056
- Güss, C. D., Tuason, M. T., & Gerhard, C. (2010). Cross-national comparisons of complex problem-solving strategies in two microworlds. *Cognitive Science*, 34, 489-520. doi:10.1111/j.1551-6709.2009.01087.x
- Larochelle, M., & Désautels, J. (1992). *Autour de l'idée de science. Itinéraires cognitifs d'étudiants et d'étudiantes*. Sainte-Foy, QC : Presses de l'Université Laval.
- Lewis, R., & Bullock, P. (1972). Computing. *Physics Education*, 7, 457-459.
- Martinand, J. L. (1998). *Introduction à la modélisation*. Repéré à <http://www.inrp.fr/Tecne/Rencontre/Univete/Tic/Pdf/Modelisa.pdf>
- Rivers, R. H., & Vockell, E. (1987). Computer simulations to stimulate scientific problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 403-415. doi:10.1002/tea.3660240504
- Rouse, W. B., Rouse, S. H., Hunt, R. M., Johnson, W. B., & Pelligrino, S. J. (1980). *Human decision-making in computer-aided fault diagnosis* (Technical Report 434). Alexandria, VA : US Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences.
- Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58, 136-153. doi:10.1016/j.compedu.2011.07.017
- Tennyson, R. D., & Breuer, K. (2002). Improving problem solving and creativity through use of complex-dynamic simulations. *Computers in Human Behavior*, 18(6), 650(18). doi:10.1016/S0747-5632(02)00022-5
- White, B. Y. (1993). ThinkerTools : Causal models, conceptual change, and science education. *Cognition and Instruction*, 10(1), 1-100. doi:10.1207/s1532690xci1001_1
- Windschitl, M., & Andre, T. (1998). Using computer simulations to enhance conceptual change : The roles of constructivist instruction and student epistemological beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(2), 145-160. doi:10.1002/(SICI)1098-2736(199802)35:2<145::AID-TEA5>3.0.CO;2-S