

L'EFFET DU CARACTÈRE DISCIPLINAIRE D'UNE SIMULATION INFORMATIQUE SUR LES STRATÉGIES DE RÉOLUTION DE PROBLÈMES OUVERTS

Marc Couture, mcouture@teluq.ca, Télé-université
Chiara Cavalli, chiaracavalli@hotmail.com, Université du Québec à Montréal

Manuscrit accepté et révisé après évaluation, du texte à paraître dans les *Actes du colloque scientifique international sur les TIC en éducation : bilan, enjeux actuels et perspectives futures*, 3-4 mai 2012, Montréal (Canada). <http://ticeducation.org>

RÉSUMÉ

L'existence d'habiletés et de stratégies non disciplinaires de résolution de problèmes est débattue depuis longtemps. Pour approfondir cette question, nous avons conçu et expérimenté deux animations informatiques auprès d'étudiants de premier cycle universitaire. La première, une simulation d'un phénomène biologique, est disciplinaire et présente trois espèces de fourmis pouvant changer de caractéristiques après rencontre avec d'autres fourmis. La seconde, que nous appelons « simulation adisciplinaire », comporte des objets mobiles de trois formes, dont la couleur peut changer après collision. Chaque participant utilisait les deux simulations, où il pouvait changer le nombre et le type d'objets présents et les déplacer librement. Le problème soumis au participant était de décrire et d'expliquer ce qui se passait à l'écran, en explicitant au fur et à mesure ce qu'il observait et ce qu'il faisait. Nous avons effectué une première analyse, de surface, des résultats de cette expérimentation, en exploitant divers indicateurs : traces d'événements survenus dans la simulation; codification des opérations effectuées ainsi que du contenu factuel et des caractéristiques des énoncés. Nous avons observé des différences significatives entre les simulations pour quelques indicateurs, qui servent de guide pour l'analyse plus en profondeur des stratégies employées par les participants.

Mots clés — *Simulations, résolution de problèmes, disciplines*

1. INTRODUCTION

Depuis que Newell et Simon (1972) ont introduit les notions de stratégies et d'habiletés génériques de résolution de problèmes, beaucoup d'études sur le sujet en ont remis en question l'existence, sinon la pertinence éducative, excluant la possibilité que les apprenants puissent acquérir des compétences de résolution de problèmes pouvant s'appliquer dans des domaines ou contextes différents de ceux où elles ont été acquises (Mayer et Wittrock, 1996; 2006; Taconis, Ferguson-Hessler et Broekkamp, 2001). Parmi les outils employés dans ces recherches, on retrouve les simulations informatiques, particulièrement appropriées pour l'étude des problèmes dits ouverts (Tennyson et Breuer, 2002). Cependant, rares ont été les études empiriques où des participants ont été effectivement appelés à résoudre un problème dans un contexte non disciplinaire. En effet, la plupart des simulations utilisées en éducation visent l'enseignement d'une matière et non l'apprentissage d'habiletés génériques; elles représentent généralement des phénomènes naturels et sont fondées sur des connaissances disciplinaires spécifiques. Ces simulations ne sont donc pas très utiles pour étudier, ou simplement déceler des compétences génériques de résolution de problèmes, comme le soulignent à juste titre Adams et Wieman (2007). Tout au plus retrouve-t-on une poignée d'études qui comprenaient des simulations « sans contenu » ou relevant du « domaine général » (Anderson, 1982; Güss, Tuason et Gerhard, 2010; Kluge, 2008; Moher, Johnson, Cho et Lin, 2001; Szumal, 1999). Des travaux récents montrent pourtant que les simulations non disciplinaires présentent un intérêt certain, par exemple pour l'apprentissage de l'épistémologie (Meyor et Couture, 2007) ou pour l'évaluation des compétences dites « transversales » d'apprenants aux parcours éducatifs variés (Potvin, Boucher-Genesse, Mercier, Charland, Riopel et

Loubaki, sous presse). Des études plus approfondies et (ou) plus systématiques, comme celle que nous présentons ici, sont toutefois requises pour en établir clairement le potentiel éducatif.

L'objectif de cette recherche est d'étudier, par la comparaison des stratégies qu'emploient des apprenants interagissant avec deux simulation semblables, l'une disciplinaire et l'autre non disciplinaire, comment les connaissances disciplinaires interfèrent avec l'expression des compétences génériques, en particulier celles qui s'appliquent à la planification et à la réalisation de stratégies de résolution d'un problème incarné dans une simulation informatique. Les TIC jouent donc ici un rôle d'outil de recherche, tant pour la mise en œuvre du problème que pour la cueillette d'informations sur les actions élémentaires qui témoignent des stratégies mises en œuvre par les apprenants.

2. LES SIMULATIONS

Nous avons conçu deux animations informatiques structurellement similaires pour une étude expérimentale avec des étudiants universitaires de premier cycle de tous les domaines. Ces simulations ont été en grande partie créées sur la base d'un ensemble de simulations adisciplinaires (Couture et Meyor, 2008) développées précédemment dans un contexte de recherche moins contrôlé.

La première simulation (figure 1) présente trois espèces de fourmis de trois types (catégories) différents qui partagent un même territoire. Il s'agit d'une simulation disciplinaire, dans la mesure où elle est fondée sur des résultats de recherche concernant la répartition des tâches entre les fourmis (Greenea et Gordon, 2007).



Figure 1. L' « écran du problème » de la simulation des fourmis, montrant les trois espèces (noires, rouges et brunes) et les trois catégories (A, B, C) de fourmis.

La deuxième simulation (figure 2) présente trois types (espèces) d'objets abstraits (nous les appellerons « bidules »), de trois couleurs (catégories) différentes. Les formes des objets et leurs mouvements sont définis par de simples règles mathématiques à un seul paramètre. Nous pouvons affirmer que les deux

simulations sont structurellement similaires, parce qu'elles disposent d'une matrice 3×3 (espèces et catégories) comme le montre clairement l'interface de configuration (figure 3) et qu'elles présentent des entités pouvant changer de catégorie à la suite de rencontres. Dans les deux cas, les entités peuvent être déplacées librement sur l'écran et la configuration (nombre d'entités de chaque espèce et catégorie) peut être initialement choisie et modifiée à tout moment au moyen de l'interface de configuration.



Figure 2. L'écran du problème de la simulation des « bidules » montrant les trois espèces (distinguées par la forme et le tramé) et les trois catégories (rouges, vertes et bleues) de bidules.

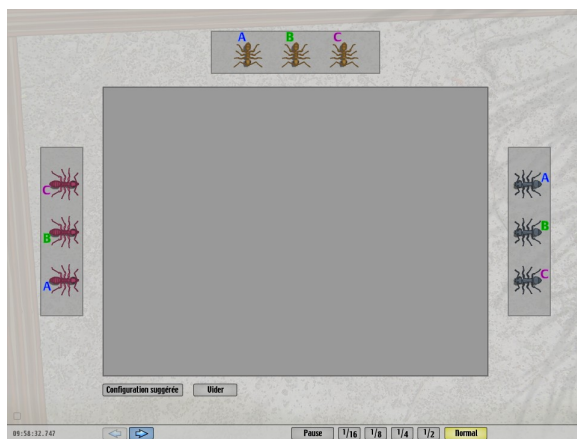


Figure 3. L'écran de configuration (ou d'accueil) des deux simulations. Les participants choisissent la configuration qu'ils veulent étudier en amenant dans le rectangle central autant d'entités de chaque espèce et catégorie qu'ils le désirent.

3. L'EXPÉRIMENTATION

Parmi la soixantaine d'étudiants ayant répondu à une annonce diffusée en ligne et affichée dans plusieurs universités montréalaises, 33 participants ont été sélectionnés, au début selon l'ordre

d'arrivée, puis en ignorant des répondants quand leur sélection risquait de compromettre le respect des conditions suivantes (les nombres fournis sont les résultats obtenus) :

- nombre significatif de participants dans chacun des quatre domaines d'études identifiés : sciences (10), sciences humaines (12), administration (6), arts (5);
- proportion des étudiants avec études pré-universitaires hors-Québec semblable à celle de la population (étudiants universitaires montréalais), soit 14 % (CREPUQ, 2010);
- équilibre hommes/femmes (17/16).

Chaque participant a utilisé les deux simulations au cours de deux sessions successives de 40 minutes, suivant un design d'étude croisée (*crossover*). La consigne donnée aux participants était de décrire et d'expliquer verbalement ce qui se passait à l'écran. Nous leur demandions également d'expliquer ce qu'ils faisaient et ce qu'ils observaient. Comme nous voulions que le problème soit aussi ouvert que possible, nous avons évité toute suggestion quant à ce qui était une partie du problème, ou ce qui était important, ou encore ce qui pouvait constituer une description ou une explication.

Les participants étaient filmés (audio et vidéo) et le contenu de l'écran capturé. En outre, les simulations généraient un dossier de traces des changements de catégories et des actions (clics et déplacements d'entités) effectuées par les participants. L'intervieweur se tenait aux côtés des participants pendant toute l'expérimentation et leur posait des questions afin de : (1) clarifier leurs propos ou (2) leur demander d'expliquer ce qu'ils faisaient quand ils oubliaient de le faire spontanément.

4. TRAITEMENT, CODIFICATION ET ANALYSE DES DONNÉES

Les transcriptions des verbalisations des 30 participants retenus ont été scindées en énoncés et codées à partir des objets ou des caractéristiques relatifs à ces derniers. Les traces générées par la simulation ont également été codées, ce qui exigeait pour certaines l'observation de l'enregistrement du contenu de l'écran. Une première liste de codes, dits « d'énoncés » et « d'action » respectivement, avait été établie à la suite de l'observation de cinq participants lors d'une pré-expérimentation; elle a été légèrement enrichie lors du traitement des séances retenues.

Ces codes ont été utilisés afin de générer, pour chaque session, un certain nombre d'indicateurs. Certains découlent directement des codes « bruts », comme le nombre d'entités déplacées au cours d'une séance pour provoquer ou favoriser les rencontres entre les entités. D'autres proviennent d'un calcul simple, tels le nombre moyen d'entités des configurations différentes choisies par le participant ou le pourcentage d'énoncés comportant un code « vitesse d'une entité ». Adoptant une approche empirique, nous avons retenu dans un premier temps un grand nombre d'indicateurs (plus de 100) sans trop nous préoccuper de leur pertinence a priori pour la reconnaissance des stratégies.

L'analyse a été menée à l'aide des fonctions statistiques d'Excel ou de formules sur mesure. Elle a permis d'obtenir diverses données statistiques et représentations graphiques pour tous les indicateurs, visant à mettre en évidence la comparaison entre les deux simulations. Pour chaque indicateur, nous avons soigneusement passé en revue ces données afin de détecter toute caractéristique ou anomalie qui pourrait aider à les valider ou à les interpréter. Nous nous sommes employés à trouver des indicateurs (1) qui pourraient fournir une vue d'ensemble des comportements des participants ou (2) qui révèlent des différences notables, idéalement statistiquement significatives, entre les résultats des deux simulations.

5. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le tableau 1 montre les résultats de cette analyse pour quelques indicateurs d'action, décrivant la façon dont les participants interagissaient avec les simulations, et d'énoncés, liés à certaines caractéristiques qui nous paraissaient pertinentes pour l'étude de la démarche de résolution de problème. De cette vue d'ensemble, apparaît clairement une très grande disparité entre les participants pour tous ces indicateurs.

Pour les actions, on observe que certaines sessions ont été faites avec une ou deux entités à la fois, tandis que d'autres ont connu un écran beaucoup plus encombré; que le temps passé dans l'écran de configuration variait entre le centième et le tiers de la durée totale de la session; que lors de certaines sessions, très peu ou pas d'entités étaient déplacées, contre plusieurs centaines dans d'autres; que certaines sessions ne comptaient qu'une seule configuration choisie par le participant, d'autres des dizaines; *idem* pour la modification du rythme du déroulement de la simulation et sa mise en pause.

Pour les caractéristiques des énoncés, on retrouve la même variation : toutes (sauf la présence de comparaisons) sont absentes dans au moins une session, tout en pouvant, à l'autre extrême, se retrouver dans jusqu'à 60 % des énoncés.

Tableau 1.
Caractéristiques de la distribution de certains indicateurs reliés aux actions ou aux énoncés.

Indicateur	min	max	médiane ^a	moyenne	écart type
ACTIONS					
Nombre moyen d'entités dans les configurations définies	1,6	12	–	6,5	(2,4)
Pourcentage du temps consacré à la « préparation » (dans l'écran de configuration)	1	34	–	13	(7)
Nombre de configurations différentes choisies par le participant	1	38	–	13	(8)
Nombre d'entités déplacées pour provoquer une rencontre	0	985	16	92	(177)
Nombre de modifications du rythme de la simulation	0	32	4	8	(8)
Nombre de mises en pause de la simulation	0	45	2	8	(11)
CARACTÉRISTIQUES DES ÉNONCÉS (pourcentage des énoncés de la session)					
– codés comme descriptions factuelles	0	64	–	24	(15)
– codés comme incluant :					
▪ un élément de doute	0	59	–	22	(10)
▪ une comparaison	2	43	–	17	(9)
▪ une évaluation	0	37	–	11	(7)
▪ un rappel	0	30	–	10	(6)
▪ l'annonce d'une action à venir	0	18	–	5	(4)
▪ un modèle ^b	0	13	2	4	(4)

a. Si différente de la moyenne de plus de 10 %.

b. Défini comme une référence à des éléments extérieurs à la simulation.

Le tableau 2, qui comprend également les indicateurs d'objet des énoncés, présente ceux pour lesquels une différence de 20% ou plus (statistiquement significative ou non) a été observée entre les deux simulations.

Certains des indicateurs d'actions ou de caractéristiques des énoncés peuvent être liés à des différences dans les stratégies de résolution de problème utilisées avec l'une ou l'autre simulation, par exemple, le nombre de modèles ou le nombre de configurations avec deux entités. Il est toutefois difficile de parvenir à une conclusion solide sur cette seule base. Il faudrait aussi, en effet, pouvoir montrer que la différence de stratégie associée à un ou des indicateurs est vraiment due à la nature disciplinaire de la simulation, et non à des différences dans leur fonctionnement. Par exemple, la différence du nombre de configurations choisies pourrait provenir d'une différence non pas dans la façon d'expérimenter, mais dans le temps nécessaire, avec une même configuration, pour accumuler un nombre suffisant d'observations.

Tableau 2. Caractéristiques de la distribution des indicateurs présentant une différence minimale de 20 % entre les deux simulations.

	min	max	médiane ^a	moyenne	écart type	Diff. des moyennes ^b	<i>p</i> si ≤ 0.05
ACTIONS							
Nombre de configurations avec 2 entités	0	17	0	1,4	(3,2)	-76%	0,034
Nombre de configurations avec 2 espèces	0	8	0	1,2	(1,7)	-49%	0,026
Log (1 + nombre d'entités déplacées pour provoquer une rencontre)	0	3,0	-	1,4	(0,9)	31%	0,045
Nombre de configurations	1	38	-	13	(8)	-23%	0,032
CARACTÉRISTIQUES DES ÉNONCÉS (pourcentage du nombre d'énoncés de la session)							
Modèle	0	13	2	4	(4)	-45%	0,050
Comparaison	2	43	-	17	(9)	-20%	0,030
OBJET DES ÉNONCÉS (pourcentage du nombre d'énoncés de la session)							
Trajectoires des entités	0	37	4	7	(9)	91%	0,011
Vitesse des entités	0	20	3	4	(5)	-53%	0,013
Déplacement d'entités (par le participant)	0	53	3	7	(10)	42%	-
La simulation elle-même	0	11	1,4	2	(3)	25%	-
Espèce	0	46	13	17	(12)	-23%	-
Territoire couvert par les entités	0	27	4,5	7	(7)	-21%	-
Catégorie	3	70	-	21	(14)	-21%	-
Répartition spatiale des entités (à un temps donné)	0	48	2	6	(10)	21%	-
Changement de catégorie	0	76	-	46	(19)	20%	0,016

a. Si différente de la moyenne de plus de 10 %.

b. Bidules moins fournis.

Les indicateurs d'objet des énoncés suggèrent aussi de tels liens. Par exemple, la trajectoire est mentionnée deux fois plus souvent pour les bidules que pour les fourmis, alors que les deux suivent des chemins sinueux avec des périodes d'arrêt. À ce sujet, on peut émettre l'hypothèse que les déplacements de fourmis, ressemblant à ceux que quiconque peut observer, paraissent moins pertinents ou intéressants dans le contexte d'une résolution de problème. De même, les énoncés sur la simulation elle-même, qui concernaient souvent son caractère aléatoire, sont plus nombreux pour les bidules, même si les deux simulations font intervenir des comportements aléatoires analogues. Cela pourrait très bien s'expliquer par l'hypothèse selon laquelle les étudiants ont de la difficulté à concevoir que le comportement d'êtres vivants puisse être décrit, ou représenté, au moyen de règles à caractère probabiliste.

6. CONCLUSION

Nous avons conçu et expérimenté deux simulations ne différant essentiellement que par leur caractère disciplinaire. Une analyse « de surface » des actions et des énoncés des participants a révélé une très grande variation dans les actions et dans les caractéristiques et les objets des énoncés. Une différence substantielle, souvent statistiquement significative, a été détectée entre les deux simulations pour un plusieurs indicateurs suggérant des liens entre les stratégies de résolution de problème et les conceptions à l'égard des objets et phénomènes simulés. Ces indicateurs servent de guide pour l'étude plus approfondie, actuellement en cours, des énoncés et des actions des participants.

7. REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à souligner la contribution d'Alexandre Ayotte à la conception et la production des simulations, ainsi que celle de Fethi Guerdelli et Sabrina Suffren à l'expérimentation et au traitement des données. Cette recherche a été financée par le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada.

8. RÉFÉRENCES

- Adams, W. K. et Wieman, C. E. (2007). Problem solving skill evaluation instrument – Validation studies. Dans L. McCullough, L. Hsu et P. Heron (dir.), *AIP Conference Proceedings*, vol. 883 (2006 Physics Education Research Conference) (p. 18-21).
- Anderson, D. E. (1982). Computer simulations in the psychology laboratory. *Simulation & Gaming*, 13, 13-36. doi:10.1177/104687818201300102
- Conférence des recteurs et principaux des universités du Québec (CREPUQ). (2010). *Deuxième hausse marquée des inscriptions dans les universités québécoises* [communiqué de presse]. Récupéré du site de la Conférence : http://www.crepucq.ca/IMG/pdf/Inscriptions_automne_2010-2.pdf
- Couture M. et 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. Récupéré du site de la revue : http://www.ritpu.org/IMG/pdf/RITPU_v05n02_50.pdf
- Greene, M. J. et Gordon, D. M. (2007). Interaction rate informs harvester ant task decisions. *Behavioral Ecology*, 18, 451-455. Récupéré du site de D. M. Gordon : http://www.stanford.edu/~dmgordon/Greene_Gordon2007.pdf
- Güss, C. D., Tuason, M. T. et 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
- Kluge, A. (2008). Performance assessments with microworlds and their difficulty. *Applied Psychological Measurement*, 32(2), 156-180. doi:10.1177/0146621607300015

- Mayer, R. E. et Wittrock, M. C. (1996). Problem-solving transfer. Dans D. C. Berliner & R. C. Calfee (dir.), *Handbook of educational psychology* (p. 47-62). New York, NY : Simon & Schuster Macmillan.
- Meyor, C. et Couture, M. (2007). Conception et expérimentation pédagogique de simulations informatiques adisciplinaires. Dans *Actes du congrès Actualité de la recherche en éducation et en formation (AREF 2007)*, Strasbourg, France. Récupéré du site du congrès : http://www.congresintaref.org/actes_pdf/AREF2007_Catherine_MEYOR_286.pdf
- Moher, T., Johnson, A., Cho, Y. et Lin, Y. (2001). First person science inquiry 'in the field'. Dans *Proceedings of the Joint Immersive Projection Technology / EUROGRAPHICS Workshop on Virtual Environments [IPT/EGVE 2001]* (p. 131-140), Stuttgart, Allemagne : Springer.
- Newell, A. et Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall.
- Potvin, P., Boucher-Genesse, F., Mercier, J., Charland, P., Riopel, M., et Loubaki, G.-N. (sous presse). Développement et utilisation d'une simulation informatisée adisciplinaire pour l'évaluation de la compétence de résolution de problèmes d'élèves en fin de parcours secondaire en science et technologie. Dans G. Raïche, N. Loye et H. Meunier (dir.), *Des mécanismes pour assurer la validité de l'interprétation de la mesure en éducation*. Québec, Canada : Presses de l'Université du Québec.
- Szumal, J. L. (1999), How to use group problem solving simulations to improve teamwork. Dans M. Silberman (dir.), *Team and organization development sourcebook*. New York, NY : McGraw-Hill. Récupéré du site de Human Synergetics International : <http://www.humsyn.be/How%20to%20Use%20Problem%20Solving%20Simulations.pdf>
- Taconis, R., Ferguson-Hessler, M. G. M. et Broekkamp, H. (2001). Teaching science problem solving: An overview of experimental work. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(4), 442-468. doi:10.1002/tea.1013
- Tennyson, R. D. et 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