

Apprendre les sciences, c'est apprendre à inhiber ses conceptions antérieures?

par Lorie-Marlène Brault-Foisy et Steve Masson,
Université du Québec à Montréal

Résumé

Cet article présente les résultats d'une recherche portant sur le rôle de l'inhibition dans l'apprentissage de la mécanique. La recherche compare deux groupes de participants, novices et experts, afin de déterminer le rôle de l'éducation scientifique sur le cerveau. Les résultats tendent à démontrer qu'un élève n'effacera pas ou ne restructurera pas ses connaissances antérieures, qu'il ne les absorbera pas dans une nouvelle théorie, mais qu'il apprendra plutôt à les inhiber afin de réaliser un changement conceptuel.

Introduction

Voici les résultats d'une étude pilote menée par l'équipe de Kevin N. Dunbar de l'Université de Toronto qui cherche à comprendre pourquoi certaines conceptions spontanées sont parfois si difficiles à modifier chez l'élève. Il sera d'abord question des objectifs, de la méthodologie et des résultats de cette recherche. Puis, nous discuterons ensuite de ses retombées et de son intérêt pour le domaine de l'éducation, tant du point de vue théorique que pratique.

Objectif de la recherche de Dunbar et de ses collaborateurs

Certaines notions scientifiques ont la réputation d'être plus difficiles à acquérir et bien des élèves ont du mal à réaliser un changement conceptuel en regard de ces notions (diSessa, 2006). En effet, les élèves s'accrochent souvent à leurs conceptions antérieures erronées et ce, malgré les nombreuses démonstrations théoriques et empiriques faites en classe (Wandersee, Mintzes, Novak, 1994). Lorsque l'on confronte les élèves avec des notions allant à l'encontre de leurs conceptions, le changement conceptuel ne devient possible qu'après un apprentissage répété sur une très longue durée (diSessa, 2006). En sciences, le domaine de la physique

semble être l'un de ceux qui causent le plus de difficulté aux élèves. Par exemple, il semble qu'il faille plusieurs cours de physique avant que les élèves réalisent un changement conceptuel et intègrent les lois de Newton, comme celle de la vitesse de chute identique de corps de masses différentes.

L'étude rapportée dans cet article s'appuie sur les résultats obtenus par les chercheurs lors de leur précédente recherche (Fugelsang et Dunbar, 2005) qui portait sur la façon dont le cerveau réagit à un conflit cognitif. En effet, dans leur première recherche, les résultats démontraient que, face à la présentation d'informations allant à l'encontre des conceptions de l'élève, la région cérébrale du cortex cingulaire antérieur, principalement liée à la détection de conflits, était activée, mais la zone du gyrus parahippocampal, liée à l'apprentissage et à la mise en mémoire des données, ne l'était pas. Les chercheurs ont constaté que, face à un conflit cognitif, les individus ont tendance à conserver leurs connaissances antérieures et à ne pas tenir compte des nouvelles données qui leur sont présentées, les considérant alors comme des erreurs. Ces découvertes remettaient donc en question l'efficacité de l'enseignement par la méthode du conflit cognitif.

Les chercheurs ont toutefois poussé plus loin leur questionnement et, dans une étude exploratoire plus récente (Dunbar, Fugelsang, et Stein, 2007; Pettito et Dunbar, à paraître), ils ont voulu déterminer pour quelle raison il est si difficile, au niveau cérébral, de produire ou de réaliser un changement conceptuel chez les élèves. Pour ce faire, ils ont cherché à comprendre exactement ce qui se produit dans le cerveau d'un élève qui réalise un changement conceptuel lors de l'acquisition d'un nouveau concept scientifique. L'approche utilisée consistait à «regarder» à l'intérieur même du cerveau, à l'aide d'un appareil d'IRMf, afin de déterminer quels sont les réseaux neuronaux activés lors d'un apprentissage de nature scientifique.

Méthodologie

Afin de pouvoir juger du rôle distinct de l'éducation scientifique dans l'apprentissage, les chercheurs ont sélectionné deux catégories de participants adultes. La première était constituée de participants novices qui étaient considérés comme n'ayant pas réalisé de changement conceptuel en physique mécanique. La deuxième était constituée de participants experts que les chercheurs considéraient comme ayant réalisé un changement conceptuel. Les novices étaient des étudiants qui n'avaient jamais suivi de cours de physique au

secondaire ou à l'université. Les experts devaient, quant à eux, avoir suivi au moins cinq cours de physique de niveau universitaire.

Dans le but de comparer les réactions cérébrales des deux groupes, on leur montrait, sur un écran, des films présentant deux balles de tailles différentes qui tombaient à des vitesses identiques ou différentes. Lors de la projection, les participants demeuraient étendus dans un appareil d'IRMf et deux types de films leur étaient présentés : des films naïfs dans lesquels les lois du mouvement de Newton n'étaient pas respectées (c'est-à-dire où des balles qui sont plus lourdes tombent plus rapidement), et des films newtoniens qui respectaient les lois du mouvement de Newton (c'est-à-dire où des balles plus lourdes tombent à la même vitesse que des balles plus légères). On leur demandait ensuite de juger si les situations présentées dans ces films étaient conformes ou non à la réalité, sans toutefois considérer la résistance de l'air comme étant un facteur susceptible d'influencer la vitesse de chute des balles.

toniens ne présentaient pas ce qui devait se passer dans la réalité et le cerveau les traitait comme des erreurs. Toutefois, ce qui est particulièrement intéressant, est que l'autre moitié des participants novices affirmaient que les films newtoniens étaient exacts malgré le fait que leur cortex cingulaire antérieur était également activé. Cette région s'active habituellement pour signaler la présence d'un conflit dans le traitement de l'information. Il est donc surprenant que cette région soit activée, puisque les participants disent ne pas percevoir de conflit entre les films présentés et leurs attentes. Pour expliquer ces résultats, les chercheurs ont émis l'hypothèse qu'aucun des participants novices n'avait réalisé le changement conceptuel nécessaire à la compréhension de la loi de Newton. Selon eux, la moitié des participants avaient été en mesure de donner la réponse adéquate, mais ils n'avaient cependant pas compris réellement la loi de Newton. Ils avaient peut-être réussi à fournir une bonne réponse en s'inspirant, par exemple, des propos tenus par leur enseignant, mais sans en comprendre réellement la signification.

Pour les participants experts, ces derniers affirmaient que les films naïfs étaient erronés, ce qui activait leur cortex cingulaire antérieur. Chose surprenante : leur cortex médial frontal était également activé, comme s'ils avaient encore dans leur cerveau cette représentation naïve selon laquelle les balles plus lourdes tombent plus rapidement. Ces résultats laissent supposer que les représentations antérieures du cortex frontal médial des experts étaient inhibées par l'activation simultanée du cortex cingulaire antérieur. Lors de la présentation des films newtoniens, on constatait que le cortex frontal médial des participants experts était également activé, ce qui laissait croire que les représentations de ces derniers par rapport au concept, acquises à la suite de leur éducation scientifique, étaient sollicitées. Ces résultats suggèrent donc que les participants experts n'ont pas restructuré leurs connaissances, mais qu'ils ont plutôt appris à les inhiber afin de réaliser un changement conceptuel et de fournir une réponse plus adéquate du point de vue scientifique.

Résultats et interprétation

Les résultats de la recherche sont présentés à la figure 1. Ces résultats détaillent les patrons d'activation cérébrale de chaque catégorie de participants. Pour les participants novices, ces derniers affirmaient que les films naïfs étaient exacts et leur cortex frontal médial, qui serait lié aux représentations préexistantes du concept selon les chercheurs de l'étude, était significativement plus activé par rapport aux autres conditions. Cela laisse supposer que les films naïfs étaient en accord avec les représentations antérieures des novices en regard de la façon dont les balles allaient tomber dans la réalité. Lors de la présentation des films newtoniens, la moitié de ces mêmes participants affirmaient que les films étaient erronés. Chez ces participants, le cortex cingulaire antérieur était activé, car les données des films newtoniens entraient en contradiction avec leurs conceptions antérieures. Pour eux, les films new-

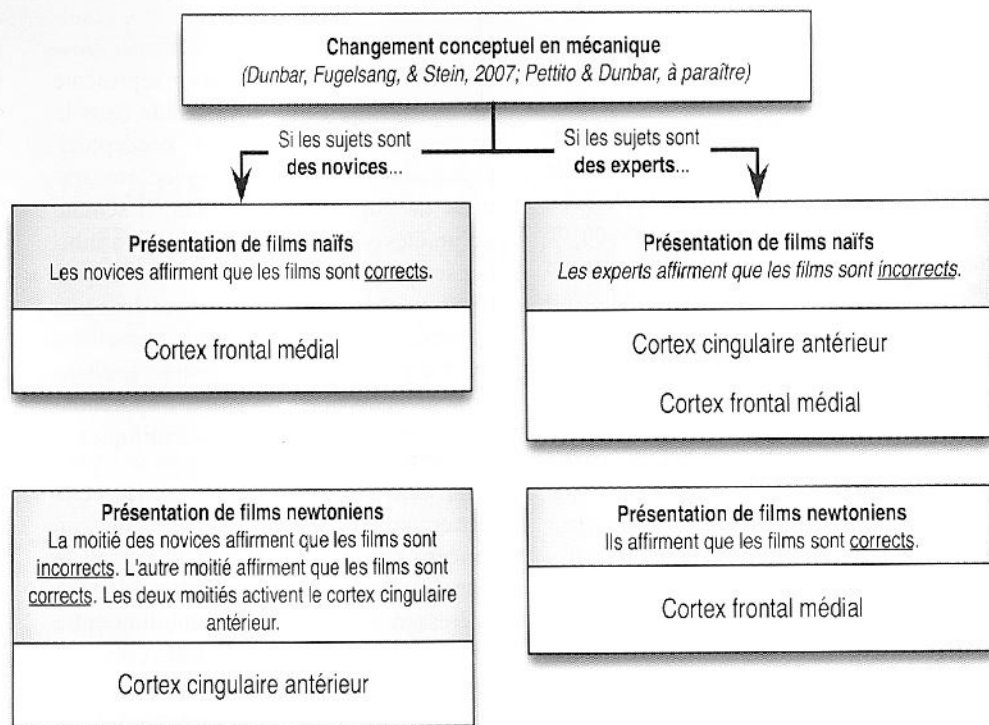


Figure 1. Tableau résumé des principaux résultats de recherche

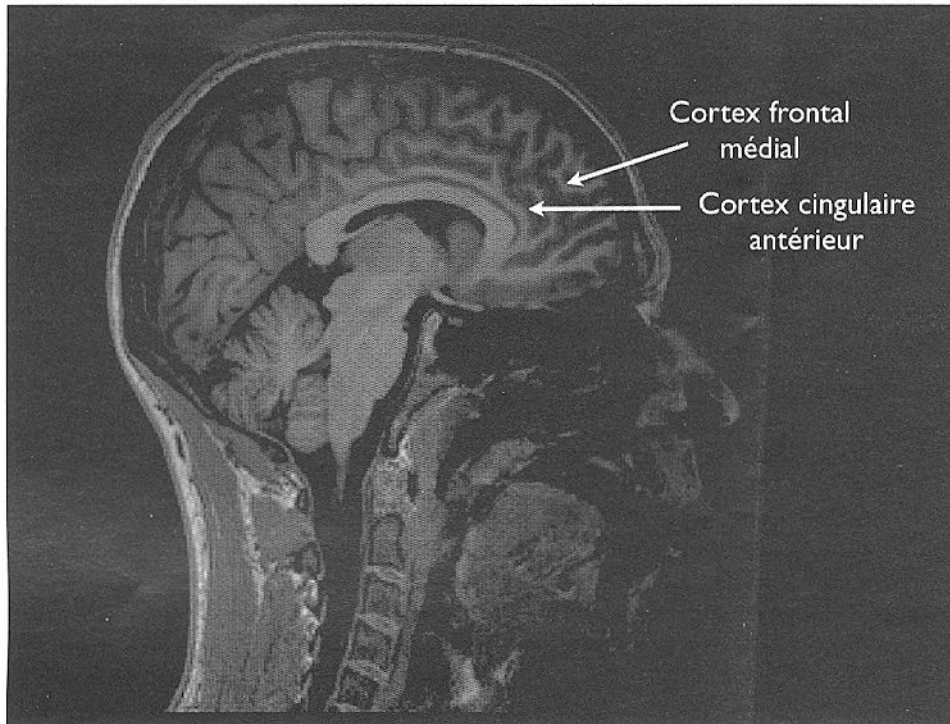


Figure 2. Localisation des régions cérébrales activées

Discussion

Bien entendu, ces résultats sont d'un grand intérêt pour le domaine de l'éducation, et plus précisément pour l'enseignement des sciences. D'abord, ils montrent que l'éducation scientifique a des effets sur le fonctionnement du cerveau, puisque le cerveau des experts et des novices en sciences ne réagissent pas de la même façon aux mêmes stimuli. De plus, ils modifient grandement notre façon de concevoir le changement conceptuel. En effet, ce changement, que l'on percevait principalement comme une réorganisation conceptuelle, une restructuration des connaissances, semble se définir davantage comme le développement de la capacité à inhiber nos conceptions spontanées qui sont inappropriées. Alors que l'on pensait que, suite à un changement conceptuel, les élèves n'avaient plus accès à leurs anciennes conceptions (qu'ils avaient complètement effacées ou réorganisées), il semble que ces anciennes théories sont encore accessibles, mais qu'elles sont activement inhibées par le sujet dans le but de pouvoir répondre de façon scientifique aux questions posées.

Bien entendu, cette hypothèse selon laquelle l'inhibition serait un acteur majeur dans l'acquisition de certains concepts scientifiques nécessite d'autres recherches. Cependant, grâce aux résultats de cette étude, il est maintenant possible d'avancer que l'inhibition représente un mécanisme cérébral plausible dans le processus de changement conceptuel. Comme nous l'avons vu, grâce aux travaux de Fugelsang et Dunbar, il semble qu'un élève apprendrait davantage à inhiber ses conceptions antérieures plutôt qu'à les restructurer ou à les absorber dans une nouvelle théorie. C'est cette capacité à inhiber qui permettrait de réaliser le changement conceptuel qu'exige l'apprentissage de plusieurs concepts scientifiques.

Il ne faut toutefois pas oublier que cette recherche n'a été menée que pour un concept scientifique précis : l'effet de la masse sur la chute des objets. Il serait donc intéressant de vérifier si l'inhibition entre en jeu dans l'acquisition d'autres concepts scientifiques. Or, si l'on confirme dans les prochaines années le rôle essentiel de la capacité à inhiber, il faudra également se poser la question à savoir de quelle façon

peut-on apprendre aux élèves à inhiber leurs conceptions naïves. Il faudra aussi se demander si tous les concepts scientifiques nécessitent une telle capacité à inhiber et, si tel n'est pas le cas, ce qui distingue un concept scientifique nécessitant une inhibition d'un autre concept n'en nécessitant pas.

Conclusion

La recherche discutée montre qu'il existe une différence dans l'activation des zones cérébrales entre les sujets ayant réalisé un changement conceptuel et ceux n'en ayant pas réalisé préalablement. Il s'agit d'une première recherche tentant de cerner le rôle de l'inhibition dans l'éducation scientifique et il ne fait aucun doute que d'autres travaux suivront dans le but de poursuivre et d'approfondir le rôle de ce mécanisme cérébral dans l'apprentissage. D'ailleurs, une équipe de recherche de l'Université du Québec à Montréal menée par les chercheurs Patrice Potvin et Martin Riopel conduit présentement une recherche sur le rôle de l'inhibition cognitive dans le changement conceptuel en mécanique et en électricité en ayant recours à l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (Masson, 2007; Masson, Potvin et Riopel, 2010).

Pour être tenu au courant des avancements dans la recherche en neuroéducation, nous vous invitons à visiter le site Internet www.neuroeducation.info.

Références bibliographiques

- diSessa, A. A. (2006). «A history of conceptual change research: threads and fault lines.» Dans Sawyer, R. K. (Ed.), *Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. Cambridge, Cambridge University Press, p. 265-281.
- Dunbar, K. N., Fugelsang, J. A., et Stein, C. (2007). «Do naïve theories ever go away? Using brain and behavior to understand changes in concepts.» Dans Lovett, M. C. et Shah, P. (Eds.), *Thinking with Data: 33rd Carnegie Symposium on Cognition*. Mahwah, NJ, Erlbaum, p. 193-206.

ASTROLab du PARC NATIONAL DU MONT-MÉGANTIC

Masson, S. (2007). «Enseigner les sciences en s'appuyant sur la neurodidactique des sciences.» Dans Potvin, P. Riopel, M et Masson, S. (Dir.), *Enseigner les sciences: regards multiples*. Québec, Éditions MultiMondes, p. 308-321.

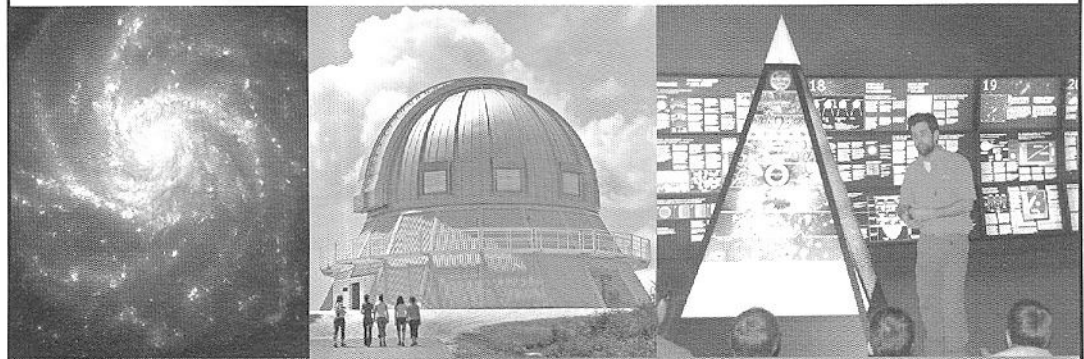
Masson, S., Potvin, P. et Riopel, M. (2010). «Utilisation de l'imagerie cérébrale pour la recherche en éducation scientifique.» Dans M. Riopel, P. Potvin & J. Vázquez-Abad (Dir.), *Utilisation des technologies pour la recherche en éducation scientifique*. Québec, Les Presses de l'Université Laval, p. 197-222.

Pettito, L.-A., et Dunbar, K. (à paraître). «New findings from educational neuroscience on bilingual brains, scientific brains, and the educated mind.» In K. Fisher et Katzir (Eds.), *Building Usable Knowledge in Mind, Brain, & Education*: Cambridge University Press.

Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., et Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 177-210). New York: Macmillan.



AU CŒUR DE LA 1^{re} RÉSERVE INTERNATIONALE DE CIEL ÉTOILÉ



Programme d'aide aux visites scolaires Rapprochez-vous des étoiles !

Grâce à la Fondation Velan, obtenez un **RABAIS DE 50 %** sur le coût du transport scolaire pour visiter l'ASTROLab et le Cosmolab-Velan.

*Jusqu'à épuisement des fonds, maximum 500 \$ par autobus.
Niveaux primaires et secondaires.*

819 888-2941 • www.astrolab.qc.ca

