Les apports de la neuroéducation à l'enseignement : des neuromythes aux découvertes actuelles

S. MASSON

Professeur, Laboratoire de recherche en neuroéducation, Département de didactique, Université du Québec à Montréal. 1205 Saint-Denis, bureau N-3130 Montréal (Québec), Canada H2X 3R9. Email : masson.steve@uqam.ca

RÉSUMÉ : ***Les apports de la neuroéducation à l'enseignement : des neuromythes aux découvertes actuelles***
Cet article présente quelques-uns des apports de la neuroéducation à l'éducation et, plus spécifiquement, à l'enseignement. Le premier de ces apports est l'identification de neuromythes, c'est-à-dire de fausses croyances sur le fonctionnement du cerveau très fréquentes dans le milieu de l'éducation. Parmi les autres apports discutés dans cet article se trouvent l'identification de contraintes cérébrales pouvant influencer les apprentissages scolaires et le rôle du recyclage neuronal et de l'inhibition dans certains apprentissages scolaires difficiles.
Mots clés : *Neuroéducation – Enseignement – Neuromythes – Inhibition – Recyclage neuronal.*

SUMMARY: ***How neuroeducation learning can contribute to educational practice: from neuromyths to current research findings***
This article presents some of neuroeducation's contributions to education and, more specifically, to teaching. The first of these contributions is the identification of neuromyths, i.e. false beliefs about how the brain works very common in education. Other contributions discussed in this article include the identification of cerebral constraints that can affect academic learning, and the role of neuronal recycling and inhibition in some challenging academic contents.
Key words: *Neuroeducation – Teaching – Neuromyths – Inhibition – Neuronal recycling.*

RESUMEN: ***Aportes de la neuroeducación a la enseñanza: de los neuromitos a los descubrimientos actuales***
Este artículo presenta algunos conceptos que la neuroeducación aporta a la educación y, más específicamente, a la enseñanza. La primera de estas aportaciones es la identificación de los neuromitos, es decir, de las falsas creencias sobre el funcionamiento del cerebro, muy frecuentes en el medio educativo. Entre las otras aportaciones discutidas en este artículo se encuentran la identificación de las restricciones cerebrales que pueden influir en el aprendizaje escolar y el papel del reciclaje neuronal y de la inhibición en ciertos aprendizajes escolares difíciles.
Palabras clave: *Neuroeducación – Enseñanza – Neuromitos – Inhibición – Reciclaje neuronal.*

© copyright Anae

INTRODUCTION

Depuis les années 90, nos connaissances sur le fonctionnement du cerveau ont évolué à un rythme exponentiel. Grâce notamment à l'arrivée de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle il y a 25 ans (Ogawa, Lee, Kay & Tank, 1990) – une technologie qui permet d'obtenir rapidement et de façon sécuritaire des images détaillées de la structure et de l'activité du cerveau – les chercheurs ont pu identifier de manière assez précise les mécanismes cérébraux associés à différentes compétences scolaires comme la lecture et le calcul (Dehaene, 2007, 2011). Plus intéressant encore pour l'éducation, de plus en plus de chercheurs n'essaient plus seulement de connaître le fonctionnement du cerveau, mais tentent aussi de comprendre comment ce fonctionnement se développe et comment les apprentissages peuvent influencer ce développement (Ansari, 2008 ; Dehaene, Cohen, Morais & Kolinsky, 2015 ; Houdé *et al.,* 2011).

Ces nouvelles connaissances à l'intersection des neurosciences et de l'éducation ont donné naissance à un domaine de recherche que l'on appelle souvent la neuroéducation (Ansari, Smedt & Grabner, 2012 ; Battro, Fischer & Léna, 2008 ; Masson, 2014b ; The Royal Society, 2011), lequel étudie certaines problématiques éducatives à un niveau d'analyse qui était difficilement accessible auparavant : le niveau cérébral (Masson, 2012). Ce domaine cherche non seulement à identifier les mécanismes liés aux apprentissages scolaires et à l'enseignement, mais aussi à comprendre comment la connaissance de ces mécanismes peut nous donner des indices pour faciliter l'apprentissage et mieux enseigner aux élèves.

Cet article a pour objectif de mettre en évidence les apports des recherches en neuroéducation pour l'éducation et, plus spécifiquement, pour l'enseignement. La première section sera consacrée aux neuromythes, c'est-à-dire aux fausses croyances sur le cerveau qui sont susceptibles d'influencer négativement les choix pédagogiques des enseignants. La deuxième section mettra en évidence quelques-unes des découvertes actuelles issues des recherches en neuroéducation qui peuvent avoir un impact positif sur l'éducation et l'enseignement. Cette deuxième section servira également à présenter les articles de ce dossier thématique sur la neuroéducation et les liens qui les unissent.

LES NEUROMYTHES FRÉQUENTS EN ÉDUCATION

Le domaine de l'éducation se doute depuis longtemps qu'il existe des liens forts et pertinents entre le cerveau et l'éducation, mais, avant les découvertes actuelles réalisées par les neurosciences cognitives et la neuroéducation, ces liens étaient somme toute assez fragiles et ne reposaient souvent que sur des intuitions plus ou moins précises quant à la façon dont le cerveau fonctionne (Masson, 2014a). Bien que nécessaires au début de l'exploration des liens entre cerveau et éducation (et en particulier des liens entre cerveau et enseignement), la plupart de ces intuitions ou hypothèses initiales – nous le savons aujourd'hui – sont en totalité ou en partie fausses et constituent ce que le domaine de la neuroéducation appelle aujourd'hui des neuromythes.

Le terme « neuromythe » a été utilisé pour la première fois en 1980 par le neurochirurgien Alan Crokard pour décrire les idées non scientifiques à propos du cerveau présentes dans la communauté médicale (Howard-Jones, 2014). En éducation, le terme a été introduit par l'OCDE (2002) dans un ouvrage intitulé *Comprendre le cerveau : vers une nouvelle science de l'apprentissage*. Il est défini comme une croyance erronée à propos du fonctionnement du cerveau (Pasquinelli, 2012). La découverte de la présence étonnamment fréquente de ces neuromythes en éducation (voir *tableau 1*) constitue à ce jour l'un des plus grands apports de la neuroéducation à l'éducation et l'enseignement.

Dans les lignes qui suivent, les trois neuromythes les plus fréquents en éducation et les causes de leur existence et de leur persistance seront présentés et discutés. Ces neuromythes concernent les styles d'apprentissage, la dominance hémisphérique (cerveau gauche/cerveau droit) et les exercices de coordination.

Les styles d'apprentissage

Apparue en éducation il y a plus de 40 ans (Dunn & Dunn, 1979 ; Landrum & McDuffie, 2010), la notion de style d'apprentissage est parmi les plus connues et utilisées du domaine de l'éducation (Howard-Jones, 2014). Elle a fait l'objet d'un nombre très important de publications, de formations et de produits commerciaux destinés essentiellement aux enseignants, mais aussi aux chercheurs du domaine de l'éducation (Pashler, McDaniel, Rohrer & Bjork, 2008). Ces produits (voir par exemple ceux vendus par la compagnie *International Learning Styles Network*, www.learningstyles.net) servent la plupart du temps à classer les élèves en fonction de différents styles d'apprentissage (notamment les styles visuel, auditif ou kinesthésique) et à proposer des programmes pédagogiques adaptés à chacun de ceux-ci.

Deux aspects sont centraux, quoique souvent implicites, à cette idée de style d'apprentissage. Il y a premièrement l'idée que, puisque chaque élève possède un cerveau unique, il possède également un style d'apprentissage unique. Ainsi, certains élèves auraient, selon ce point de vue, un cerveau optimisé pour traiter plus efficacement les informations de nature visuelle, alors que d'autres intègreraient plus aisément les informations auditives ou kinesthésiques. Deuxièmement, il y a l'idée qu'un enseignement adapté aux styles d'apprentissage des élèves est un enseignement adapté au fonctionnement particulier du cerveau de chaque élève qui devrait, conséquemment, favoriser les apprentissages de celui-ci.

En 2008, un groupe de chercheurs indépendants a été mandaté pour évaluer les concepts et les évidences scientifiques liés à la notion de style d'apprentissage (Pashler *et al.,* 2008). Les résultats de leur analyse sont publiés dans

© copyright Anae

un article scientifique et ont donc fait l'objet d'une évaluation par les pairs. Après avoir analysé l'ensemble des écrits sur les styles d'apprentissage, ces chercheurs en arrivent à la conclusion que, bien qu'il soit possible de classer les élèves d'après leurs modes préférés d'apprentissage, adapter l'enseignement aux styles d'apprentissage des élèves ne les aidera pas à mieux apprendre. Les chercheurs fondent leur conclusion sur le fait que 1) très peu d'études empiriques ont tenté jusqu'à présent de vérifier expérimentalement si le fait d'adapter l'enseignement aux styles d'apprentissage des élèves pouvait faciliter les apprentissages de ces derniers et 2) celles qui l'ont fait avec une méthodologie appropriée sont arrivées à des résultats contredisant l'hypothèse selon laquelle un enseignement adapté aux styles d'apprentissage des élèves favorise leurs apprentissages. Une seconde revue de la littérature, publiée elle aussi dans une revue scientifique avec évaluation des pairs deux années plus tard (Landrum & McDuffie, 2010), en arrive également aux mêmes conclusions.

Même s'il est aujourd'hui reconnu que la croyance voulant que les élèves apprennent mieux si l'on respecte leur style d'apprentissage est un neuromythe (Dekker, Lee, Howard-Jones & Jolles, 2012 ; Geake, 2008 ; Goswami, 2006 ; Howard-Jones, 2014 ; OCDE, 2002, 2007 ; Pasquinelli, 2012), des études récentes (Dekker *et al.,* 2012 ; Howard-Jones, 2014) montrent qu'encore aujourd'hui, en moyenne 96 % des enseignants croient à ce neuromythe (voir *tableau 1*). Un peu plus loin dans ce texte, les causes de la persistance de certains neuromythes, y compris celui-ci, seront discutées.

La dominance hémisphérique

Le deuxième neuromythe le plus populaire parmi les enseignants, avec une prévalence moyenne de 80 % (voir *tableau 1*), est la croyance selon laquelle des différences au niveau de la dominance hémisphérique (certains élèves étant davantage « cerveau gauche » et d'autres davantage « cerveau droit ») pourraient expliquer les différences entre les apprenants (Alferink & Farmer-Dougan, 2010 ; Dekker *et al.,* 2012 ; Pasquinelli, 2012). Ce neuromythe n'est pas sans rappeler celui associé aux styles d'apprentissage, car, dans un cas comme dans l'autre, il s'agit d'adapter la pédagogie au fonctionnement particulier du cerveau de chaque élève. Selon ce neuromythe, les élèves possèderaient un hémisphère cérébral dominant (le gauche ou le droit) qui les rendrait plus compétents dans certains types de tâches et moins compétents dans d'autres (Goswami, 2006). Les élèves « cerveau gauche » seraient ainsi plus compétents dans les tâches logicomathématiques que dans celles de créativité, alors que ce serait l'inverse pour les élèves « cerveau droit ». Selon cette croyance erronée, il faudrait que les enseignants tiennent compte de la dominance hémisphérique de chaque élève dans leur

Tableau 1. Neuromythes les plus fréquents chez les enseignants.

Neuromythe	Prévalence chez les enseignants					
	Royaume-Uni	Pays-Bas	Turquie	Grèce	Chine	Moyenne
Styles d'apprentissage Les élèves apprennent mieux lorsqu'ils reçoivent l'information dans leur style d'apprentissage préféré (ex. auditif, visuel ou kinesthésique)	93 %	96 %	97 %	96 %	97 %	96 %
Dominance hémisphérique Des différences de dominance hémisphérique (cerveau gauche ou cerveau droit) peuvent aider à expliquer les différences observées parmi les apprenants.	91 %	86 %	79 %	74 %	71 %	80 %
Exercices de coordination De courtes séances d'exercices de coordination peuvent améliorer l'intégration des fonctions des hémisphères gauche et droit du cerveau	88 %	82 %	72 %	60 %	84 %	77 %
Sucre Les élèves sont moins attentifs après avoir consommé une boisson et/ou une collation sucrée.	57 %	55 %	44 %	46 %	62 %	53 %
10 % Nous n'utilisons à peine que 10 % de notre cerveau.	48 %	46 %	50 %	43 %	59 %	49 %

Note : les données pour le Royaume-Uni et les Pays-Bas proviennent d'une étude de Dekker *et al.* (2012) et celles pour les autres pays de Howard-Jones (2014).

© copyright Anae

enseignement, non seulement pour rendre leur enseignement plus optimal et compatible avec le cerveau de l'élève, mais également pour tenter de rétablir un équilibre chez l'élève entre ses hémisphères gauche et droit (Geake, 2008).

Même si la dominance hémisphérique est un neuromythe reconnu (Alferink & Farmer-Dougan, 2010 ; Dekker *et al.,* 2012 ; Geake, 2008 ; Goswami, 2006 ; Pasquinelli, 2012), cela ne signifie pas qu'il n'existe pas des élèves plus compétents au niveau logicomathématique que créatif, ni que l'hémisphère gauche accomplisse le même travail que l'hémisphère droit. En fait, de nombreuses études rapportent que les compétences langagières, par exemple, se situent principalement dans l'hémisphère gauche du cerveau chez la majorité des individus (voir par exemple Pena *et al.,* 2003). Cela signifie plutôt qu'il n'existe pas deux types de cerveau, qui auraient chacun leur mode de fonctionnement et qui appellerait à des approches pédagogiques différentes.

D'ailleurs, une étude a récemment tenté de cerner si les personnes qualifiées de « cerveau gauche » avaient un cerveau réellement différent des personnes qualifiées de « cerveau droit » (Nielsen, Zielinski, Ferguson, Lainhart & Anderson, 2013). Les personnes étaient qualifiées de cerveau gauche ou droit sur la base de leur personnalité et de leurs qualités, lesquelles sont généralement associées aux gens ayant une supposée dominance hémisphérique. En se basant sur les données cérébrales de 1 011 sujets, les chercheurs concluent que leurs données ne supportent pas l'hypothèse de l'existence d'une dominance « cerveau gauche » versus « cerveau droit ».

Les exercices de coordination

Croire que de courts exercices de coordination peuvent améliorer l'intégration des fonctions des hémisphères cérébraux gauche et droit est le troisième neuromythe le plus fréquent chez les enseignants, puisqu'en moyenne, ils sont 77 % à y croire (voir *tableau 1*). Pourtant, il s'agit bien d'un neuromythe : de courts exercices de coordination motrice ne permettent de favoriser ni l'apprentissage, ni les fonctions cognitives, ni la communication entre les hémisphères cérébraux (Dekker *et al.,* 2012 ; Howard-Jones, 2014).

Cela dit, il convient de ne pas confondre ici les effets de l'activité physique sur l'apprentissage, la cognition et le cerveau avec les effets de courts exercices de coordination. En effet, de nombreuses études ont démontré que l'activité physique améliore significativement les capacités cognitives des élèves (voir par exemple Spitzer & Hollmann, 2013) et même le fonctionnement de leur cerveau (Chaddock-Heyman *et al.,* 2013 ; Herting & Nagel, 2012). Cependant, les études ne permettent pas d'affirmer que de courts exercices de coordination réalisés sans un effort physique relativement soutenu s'avèrent efficaces.

L'idée de faire de courts exercices de coordination avec les élèves afin de les préparer à l'apprentissage n'est pas sans rappeler le populaire programme proposé par l'entreprise *Brain Gym® International*. Cette entreprise, établie dans plus de 87 pays selon leur site web (www.braingym.org/about), propose à grands frais aux écoles et aux enseignants des formations et du matériel pour « améliorer dramatiquement » notamment la concentration, la mémoire, les résultats scolaires (en lecture, en écriture et en mathématiques) et les attitudes. Les 26 exercices de coordination proposés dans ce programme sont protégés par les droits d'auteur (Hyatt, 2007). Sans les décrire en détail ici, mentionnons simplement qu'ils pourraient ressembler aux exercices de coordination suivants : toucher sa cheville gauche avec sa main droite puis sa cheville droite avec sa main gauche, toucher son nombril avec sa main droite et sa poitrine près des clavicules avec l'index et le pouce de la main gauche, etc.

Des articles publiés dans des revues scientifiques avec évaluation par les pairs ont analysé les fondements théoriques et empiriques de *Brain Gym®* (Hyatt, 2007 ; Spaulding, Mostert & Beam, 2010 ; Stephenson, 2009). Ces auteurs concluent unanimement que non seulement il n'y a aucune étude empirique de qualité validant les prétentions du programme, mais aussi que *Brain Gym®* repose sur des postulats théoriques ayant depuis longtemps été invalidés par la recherche, comme l'idée de la dominance hémisphérique. Étant donné l'absence complète de fondement scientifique, il est recommandé qu'aucune personne ou institution n'investisse temps et argent pour une formation de type *Brain Gym®*.

Les autres neuromythes

En plus des trois neuromythes les plus fréquents discutés précédemment, les chercheurs ont également mis en évidence plusieurs autres neuromythes qui sont toutefois moins fréquents, mais dont la prévalence est tout de même considérable. Par exemple, en moyenne, 53 % des enseignants croient que les élèves sont moins attentifs après avoir consommé une boisson et/ou une collation sucrée et 49 % croient que les élèves n'utilisent que 10 % de leur cerveau (voir *tableau 1*).

Selon Dekker *et al.* (2012), plusieurs enseignants du Royaume-Uni (RU) et des Pays-Bas (PB) croient également aux neuromythes suivants : 1) les environnements riches en stimuli améliorent le cerveau des enfants d'âge préscolaire (RU = 95 % ; PB = 56 %) ; 2) la pratique des habiletés de coordination améliore les habiletés en lecture (RU = 78 % ; PB = 63 %) ; 3) il est démontré que les suppléments d'acides gras oméga-3 et oméga-6 ont des effets positifs sur les résultats scolaires des élèves (RU = 69 % ; PB = 54 %) ; 4) il existe des périodes critiques au cours de l'enfance après lesquelles certaines choses ne peuvent plus être apprises (RU = 33 % ; PB = 52 %) ; 5) la consommation régulière de café réduit la vigilance (RU = 26 % ; PB = 36 %) ; 6) on ne peut pas remédier aux troubles d'apprentissage qui sont associés à des particularités cérébrales (RU = 16 % ; PB = 19 %) et 7) le cerveau ne peut apprendre correctement qu'une seule langue à la fois (RU = 7 % ; PB = 36 %). De façon

© copyright Anae

étonnante, 29 % des enseignants du Royaume-Uni et 16 % des enseignants des Pays-Bas croient également que boire moins de 6 à 8 verres d'eau par jour peut réduire la taille du cerveau.

Quelques causes possibles à l'existence de neuromythes en éducation

Il serait tentant de juger négativement le domaine de l'éducation pour l'existence et surtout pour l'importante prévalence de ces neuromythes chez les enseignants. Pourtant, plusieurs raisons portent à penser que la présence des neuromythes en éducation n'est pas simplement due à un manque de rigueur de la recherche en éducation ou à des faiblesses dans la formation des enseignants.

D'abord – il faut se le rappeler – les sciences de l'éducation constituent un domaine relativement jeune comparativement à la médecine ou même à la psychologie et, comme toute autre nouvelle science, les connaissances scientifiques dans ce domaine ne peuvent que progressivement s'élaborer. Il est donc tout à fait prévisible, voire inévitable, que les recherches en éducation et les enseignants eux-mêmes aient initialement adopté des hypothèses intuitives, quoique erronées, comme celles associées aux styles d'apprentissage ou à la dominance hémisphérique. Ce n'est que récemment que les connaissances sur l'éducation et le cerveau sont devenues suffisamment claires pour permettre de distinguer assez nettement les approches pédagogiques efficaces et compatibles avec le fonctionnement cérébral, de celles qui le sont moins. Ainsi, la découverte de l'existence de neuromythes dans le domaine de l'éducation doit être perçue de façon positive comme étant la preuve que les recherches en éducation progressent et que les faiblesses des premiers modèles d'apprentissage et d'enseignement commencent à être dévoilées et comprises.

Ensuite, il est faux de soutenir que les enseignants qui utilisent les styles d'apprentissage en classe ou qui croient aux fondements de *Brain Gym*® sont de moins bons enseignants et qu'ils ne comprennent rien au fonctionnement du cerveau. Une étude de Dekker *et al.* (2012) est très éloquente à ce sujet. Ces chercheurs ont demandé à un groupe de 242 enseignants de juger 32 énoncés portant sur le cerveau comme étant correct ou incorrect. 15 des 32 affirmations étaient des neuromythes. En plus d'avoir identifié la prévalence de neuromythes chez les enseignants, ces chercheurs ont identifié les facteurs pouvant être associés à la présence de neuromythes. Ils ont observé que la prévalence ne dépendait ni de l'âge des enseignants, ni de leur pays, ni de leur genre, mais dépendait plutôt, et de façon significative, de leur niveau de connaissance sur le cerveau. Plus précisément, les enseignants croyant au plus grand nombre de neuromythes étaient généralement ceux ayant obtenus les meilleurs résultats globaux au questionnaire. Pour mieux comprendre ce résultat surprenant et contre-intuitif, ces mêmes chercheurs ont analysé les facteurs susceptibles d'influencer le niveau de connaissances neuroscientifiques des enseignants. Ils ont alors remarqué que le meilleur prédicteur du niveau de connaissances sur le cerveau était le fait de consulter des textes de vulgarisation scientifique comme ceux que l'on retrouve dans les magazines populaires. Ces résultats seraient compatibles avec l'idée que les articles de vulgarisation scientifique contiennent parfois, sur le même pied d'égalité, des neuromythes et des faits scientifiques valables et que les enseignants, par manque de formation et de connaissances, arrivent difficilement à distinguer les deux (Pasquinelli, 2012).

Finalement, il est probable que la forte prévalence des neuromythes en éducation ne dépende pas seulement de facteurs propres au milieu de l'éducation, mais également de facteurs plus généraux qui peuvent avoir leur emprise dans plusieurs domaines et non seulement en éducation. Par exemple, grâce aux travaux en didactique des sciences (voir par exemple diSessa, 2006), il est reconnu que les gens possèdent souvent de fausses conceptions au sujet de différents phénomènes naturels (électricité, astronomie, biologie, etc.). Certaines de ces conceptions fréquentes et persistantes sont possiblement causées par l'intuition commune ou par différents biais de raisonnement (Masson, Potvin, Riopel & Brault Foisy, 2014). Il se pourrait donc que les conceptions liées au cerveau soient influencées par ces mêmes intuitions et biais de raisonnement (Pasquinelli, 2012). Il se pourrait aussi que l'on ait une tendance naturelle à faire davantage confiance à une idée ou un produit si les explications qui l'accompagnent font référence au cerveau (Lindell & Kidd, 2013 ; Trout, 2008). Bien que l'existence et la force de ce biais fassent l'objet de débats (Farah & Hook, 2013), il n'est pas impossible qu'il contribue aux succès de certaines approches, comme *Brain Gym*®, en gonflant artificiellement leur apparente rigueur scientifique. Quoi qu'il en soit, ce biais n'est pas non plus propre au milieu de l'éducation et il faut bien se garder de critiquer trop hâtivement ce domaine à cause de l'omniprésence de neuromythes chez les enseignants.

LES DÉCOUVERTES ACTUELLES DANS LE DOMAINE DE LA NEUROÉDUCATION

En plus de contribuer à l'identification et à la compréhension des neuromythes en éducation, la neuroéducation a développé au cours des dernières années différents champs d'exploration qui s'avèrent susceptibles d'intéresser le domaine de l'éducation en général, mais surtout les personnes intéressées par l'enseignement. Dans ce numéro thématique de la revue *Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant (A.N.A.E)*, quelques-uns de ces champs d'exploration et de leurs apports sont présentés.

L'apport de la neuroéducation dans l'établissement d'une pédagogie fondée sur des données probantes

La qualité de la recherche en éducation a beaucoup progressé au cours des dernières années, si bien que de plus en plus de chercheurs et de praticiens du milieu de l'éducation souhaitent que les décisions éducatives, tant au niveau des pratiques, des programmes que des politiques, s'appuient autant que possible sur des données de recherche crédibles, c'est-à-

© copyright Anae

dire sur des données probantes (en anglais *evidence-based education*, Slavin, 2002). Tout comme la médecine et la psychologie l'ont fait il y a quelques années, l'éducation entre aujourd'hui dans une nouvelle ère où les intuitions pédagogiques, quoique toujours nécessaires, ne peuvent plus avoir préséance sur les savoirs pédagogiques découlant de la recherche. La neuroéducation s'inscrit et contribue à ce vaste mouvement visant l'établissement d'une pédagogie basée sur des données probantes.

Le premier article qui suit le présent texte dans ce dossier thématique (Pasquinelli, 2015) présente l'histoire et les fondements de ce mouvement en mettant l'accent sur le rôle des sciences cognitives en éducation et sur les façons de mieux articuler les liens entre la recherche fondamentale et les pratiques éducatives. Après avoir présenté de quelle façon la théorie peut influencer la pratique et comment cette dernière peut influencer la théorie, l'article s'inspire, avec toutes les nuances appropriées, de la route qu'a traversée la médecine pour proposer des outils susceptibles de solidifier les liens entre la recherche et la pratique en éducation.

Bien qu'elle s'intéresse plus particulièrement au lien entre le cerveau et l'éducation, la neuroéducation est fortement influencée par l'ensemble du développement des sciences cognitives. En fait, la réalisation d'une recherche en neuroéducation s'appuie sur des concepts, des théories et des méthodes provenant non seulement des neurosciences et de l'éducation, mais également d'autres domaines comme la psychologie cognitive et la psychologie du développement. Cette influence des disciplines les unes sur les autres a pour effet d'atténuer considérablement les frontières disciplinaires qui deviennent de plus en plus diffuses avec l'avancement des connaissances. Par exemple, de nos jours, la distinction entre la psychologie cognitive et la neuroscience cognitive est de moins en moins soulignée. Pour preuve, la plupart des manuels récents en psychologie cognitive intègrent des données issues de la neuroscience cognitive et, à l'inverse, les manuels en neuroscience cognitive intègrent également la psychologie cognitive. Il en découle que la neuroéducation n'est ni un domaine en opposition aux autres domaines ni un domaine qui se suffit à lui-même ; c'est un domaine qui apporte un éclairage particulier sur différentes problématiques éducatives et qui se veut complémentaire aux autres approches de recherche en éducation. Ce n'est que par un travail rigoureux et multidisciplinaire que le vaste domaine de l'éducation pourra avancer vers une pédagogie basée sur des données probantes.

Cela dit, il y a plusieurs raisons de s'intéresser spécifiquement à la relation entre le cerveau et l'éducation dans l'établissement d'une pédagogie basée sur les données probantes. D'abord, les recherches en neuroéducation mènent souvent aux mêmes conclusions que les recherches menées selon d'autres approches, qu'elles soient constructivistes, cognitivistes ou autres. Comme les méthodes et les sources de données en neuroéducation sont sensiblement différentes de celles d'autres approches (puisqu'elles impliquent un niveau d'analyse différent : le niveau cérébral), le fait que la neuroéducation arrive aux mêmes conclusions que d'autres approches renforce considérablement leur valeur scientifique et constitue une certaine forme de triangulation des connaissances scientifiques. Ensuite, pour qu'une pédagogie basée sur les données probantes se construise sur des bases solides, il faut non seulement identifier les approches pédagogiques les plus efficaces, mais également comprendre pourquoi certaines approches pédagogiques sont plus efficaces que d'autres. Évidemment, cette compréhension peut se faire à différents niveaux d'analyse, mais elle peut aussi se faire au niveau cérébral, d'où l'apport spécifique de la neuroéducation. Finalement, et c'est sans doute la plus importante raison de s'intéresser spécifiquement à la relation entre cerveau et éducation, les recherches des dernières années laissent entendre que le cerveau, de par ses mécanismes de fonctionnement et sa structure, impose des contraintes importantes sur la façon dont certains apprentissages peuvent se réaliser. Mieux connaître ces contraintes pourrait nous aider à comprendre pourquoi certains apprentissages sont particulièrement difficiles et à envisager des pistes pédagogiques pour surmonter ces difficultés. Trois articles de ce dossier thématique discutent de ce sujet.

L'influence des contraintes cérébrales sur les apprentissages scolaires et le rôle du recyclage neuronal et de l'inhibition

Le premier de ces articles (Brault Foisy, Riopel, Myre-Bisaillon & Masson, 2015) porte sur les contraintes cérébrales associées à l'apprentissage de l'identification des mots écrits. Après avoir mis en lumière les mécanismes en lien avec cette habileté, cet article présente la théorie du recyclage neuronal (Dehaene, 2008 ; Dehaene & Cohen, 2007), une théorie postulant que les apprentissages associés à des inventions culturelles récentes dans l'histoire de l'humanité (comme la lecture et le système symbolique des nombres) trouvent leur place dans le cerveau en recyclant, c'est-à-dire en changeant la fonction d'une ou plusieurs régions cérébrales qui accomplissaient préalablement un autre rôle. Selon cette théorie, certaines régions cérébrales seraient davantage prédisposées à se recycler pour un nouvel apprentissage en raison de différents facteurs dont la fonction initiale de la région ou des régions cérébrales impliquées et les connexions entre celles-ci et les autres régions du cerveau. Cette prédisposition engendrerait donc des contraintes cérébrales pouvant non seulement rendre difficile l'apprentissage de la lecture, mais aussi rendre certaines pratiques d'enseignement plus ou moins compatibles avec le fonctionnement et la structure initiale du cerveau.

En s'appuyant également sur la théorie du recyclage neuronal, le deuxième article (Deshaies, Miron & Masson, 2015) met en évidence les contraintes cérébrales associées à l'apprentissage de l'arithmétique en décrivant de quelle façon les régions cérébrales initialement associées au sens des nombres se recyclent afin de permettre l'apprentissage du système symbolique des nombres et, ultérieurement, de l'arithmétique. En plus de s'appuyer sur la théorie du recyclage neuronal, cet article présente également la théorie de l'inhibition (Borst, Ahr, Roell & Houdé, 2014 ; Houdé, 2000). Selon cette seconde théorie, il arriverait parfois que certains automatismes de la pensée, causés possiblement

© copyright Anae

par l'activation spontanée de réseaux de neurones solidement établis dans le cerveau, doivent être inhibés (c'est-à-dire bloqués ou désactivés) afin de résoudre un problème ou répondre correctement à une question. L'existence et, surtout, la persistance de ces réseaux de neurones constituent également une contrainte cérébrale pouvant influencer les apprentissages scolaires.

Le troisième article (Allaire-Duquette, Bélanger & Masson, 2015) porte quant à lui sur les contraintes cérébrales associées à l'apprentissage des sciences, plus spécifiquement à l'apprentissage de concepts scientifiques contre-intuitifs. Après avoir mis en évidence le fait que certains concepts scientifiques sont particulièrement difficiles à acquérir pour plusieurs élèves, cet article réalise une revue de la littérature qui montre que les mécanismes associés à l'apprentissage des sciences peuvent être similaires à ceux impliqués dans l'inhibition. Cela laisse entendre qu'apprendre les sciences, ce n'est pas simplement construire de nouvelles connaissances, mais c'est également apprendre à inhiber les activations spontanées de son cerveau qui peuvent mener à des conceptions non scientifiques des phénomènes naturels.

L'enseignement de la neuroéducation aux élèves et l'étude du cerveau enseignant

En plus des champs d'exploration mentionnés précédemment, la neuroéducation s'intéresse aussi à l'enseignement de la neuroéducation aux élèves et aux effets de cet enseignement sur la réussite académique des élèves. L'étude de Lanoë, Rossi, Froment et Lubin (2015) présentée dans ce dossier thématique sur la neuroéducation fait office de pionnière dans ce domaine en démontrant qu'un programme neuroéducatif présenté aux élèves de l'école élémentaire peut influencer leur théorie implicite de l'intelligence et même, améliorer leurs résultats en lecture et en calcul.

Un dernier champ d'exploration, très récent également, consiste à étudier le fonctionnement du cerveau des enseignants pendant qu'ils enseignent. Dans son article présenté à la fin de ce dossier thématique, Dion (2015) met en évidence la possibilité d'étudier le cerveau enseignant, et en particulier l'autorégulation enseignante, à l'aide de l'électroencéphalographie, en mettant en relation les composantes électroencéphalographiques de potentiels évoqués déjà connues dans la littérature en neuroscience cognitive avec les recherches en sciences de l'éducation portant sur les enseignants.

CONCLUSION

Il y a quelques années à peine, la pertinence de s'intéresser au cerveau en éducation était plutôt limitée. Aujourd'hui cependant, grâce aux avancées des sciences de l'éducation, de la neuroscience cognitive et des techniques d'imagerie cérébrale, les apports de la neuroéducation sont de plus en plus nombreux. Dans cet article, certains de ces apports ont été mis en lumière. Le premier de ces apports est d'avoir contribué à identifier les neuromythes fréquents en éducation et à mieux comprendre ce qui explique leur existence et leur persistance. Les autres apports, qui seront discutés plus en détail dans les autres articles de ce dossier thématique sur la neuroéducation, concernent l'établissement d'une pédagogie fondée sur les données probantes, l'identification de contraintes cérébrales pouvant influencer les apprentissages scolaires, le rôle du recyclage neuronal et de l'inhibition dans certains apprentissages scolaires difficiles, ainsi que l'intérêt d'enseigner la neuroéducation aux élèves et de mieux comprendre comment fonctionne le cerveau d'une personne qui enseigne.

Malgré les découvertes récentes décrites dans cet article, il est probable que les principaux apports de la neuroéducation à l'éducation en général, mais surtout à l'enseignement, soient encore à venir. Certains domaines d'apprentissage commencent à peine à être étudiés au niveau cérébral (par exemple, l'apprentissage des sciences) et d'autres n'ont encore fait l'objet d'aucune étude neuroscientifique (par exemple, l'apprentissage de l'histoire). De plus, bien que l'on connaisse assez bien les mécanismes cérébraux liés à l'apprentissage de la lecture et du calcul, les effets sur le cerveau des pratiques d'enseignement associés à ces apprentissages demeurent très peu connus. S'il est vrai qu'aujourd'hui mieux comprendre le cerveau peut nous donner des indices pour mieux apprendre et enseigner, ce sera probablement encore plus vrai dans un futur rapproché et il deviendra de plus en plus essentiel de tenir compte des connaissances issues des recherches en neuroéducation.

RÉFÉRENCES

ALFERINK, L. A. & FARMER-DOUGAN, V. (2010). Brain-(not) based education: Dangers of misunderstanding and misapplication of neuroscience research. *Exceptionality, 18* (1), 42-52. doi: 10.1080/09362830903462573

ALLAIRE-DUQUETTE, G., BÉLANGER, M. & MASSON, S. (2015). Le rôle de l'imagerie cérébrale pour comprendre les difficultés associées à l'apprentissage de concepts contre-intuitifs en sciences. *Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant, 134,* 47-53.

ANSARI, D. (2008). Effects of development and enculturation on number representation in the brain. *Nature Reviews Neuroscience, 9* (4), 278-291. doi: 10.1038/nrn2334

ANSARI, D., SMEDT, B. & GRABNER, R. H. (2012). Neuroeducation – A Critical Overview of An Emerging Field. *Neuroethics, 5*, 105-117. doi: 10.1007/s12152-011-9119-3

BATTRO, A. M., FISCHER, K. W. & LÉNA, P. J. (2008). *The Educated Brain: Essays in Neuroeducation.* Cambridge: Cambridge University Press.

BORST, G., AHR, E., ROELL, M. & HOUDÉ, O. (2014). The cost of blocking the mirror generalization process in reading: evidence for the role of inhibitory control in discriminating letters with lateral mirror-image counterparts. *Psychonomic bulletin & review,* 1-7. doi: 10.3758/s13423-014-0663-9

BRAULT FOISY, L.-M., RIOPEL, M., MYRE-BISAILLON, J. & MASSON, S. (2015). Apprentissages scolaires difficiles, recyclage neuronal et pratiques d'enseignement : le cas de l'identification des mots écrits. *Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant, 134*, 31-38.

CHADDOCK-HEYMAN, L., ERICKSON, K. I., VOSS, M. W., KNECHT, A. M., PONTIFEX, M. B., CASTELLI, D. M. & KRAMER, A. F. (2013). The effects of physical activity on functional MRI activation

© copyright Anae

associated with cognitive control in children: a randomized controlled intervention. *Frontiers in Human Neuroscience, 7*, 72. doi: 10.3389/fnhum.2013.00072

DEHAENE, S. (2007). *Les Neurones de la lecture*. Paris : Odile Jacob.

DEHAENE, S. (2008). Cerebral constraints in reading and arithmetic: Education as a "neuronal recycling" process. In A. M. Battro, K. W. Fischer & P. Léna (Eds.), *The Educated Brain: Essays in Neuroeducation* (pp. 232-247). Cambridge: Cambridge University Press.

DEHAENE, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics - Revised and updated edition*. New York: Oxford University Press.

DEHAENE, S. & COHEN, L. (2007). Cultural recycling of cortical maps. *Neuron, 56* (2), 384-398. doi: 10.1016/j.neuron.2007.10.004

DEHAENE, S., COHEN, L., MORAIS, J. & KOLINSKY, R. (2015). Illiterate to literate: behavioural and cerebral changes induced by reading acquisition. *Nature Reviews Neuroscience, 16* (4), 234-244. doi: 10.1038/nrn3924

DEKKER, S., LEE, N. C., HOWARD-JONES, P. & JOLLES, J. (2012). Neuromyths in Education: Prevalence and Predictors of Misconceptions among Teachers. *Frontiers in Psychology, 3*, 429. doi: 10.3389/fpsyg.2012.00429

DESHAIES, I., MIRON, J.-M. & MASSON, S. (2015). Comprendre le cerveau des élèves pour mieux les préparer aux apprentissages en arithmétique dès le préscolaire. *Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant, 134*.

DION, J.-S. (2015). Bases théoriques pour l'étude de l'autorégulation enseignante par électroencéphalographie : vers de nouvelles recherches en neuroéducation. *Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant, 134*, 63-70.

DISESSA, A. A. (2006). A history of conceptual change research: Threads and fault lines. In R. K. Sawyer (Ed.), *Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 265-281). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

DUNN, R. S. & DUNN, K. J. (1979). Learning styles/teaching styles: Should they... can they... be matched? *Educational Leadership, 36*, 238-244.

FARAH, M. J. & HOOK, C. J. (2013). The seductive allure of "seductive allure". *Perspectives on Psychological Science, 8* (1), 88-90. doi: 10.1177/1745691612469035

GEAKE, J. (2008). Neuromythologies in education. *Educational Research, 50* (2), 123-133. doi: 10.1080/00131880802082518

GOSWAMI, U. (2006). Neuroscience and education: From research to practice? *Nature Review Neuroscience, 7*, 406-413. doi: 10.1038/nrn1907

HERTING, M. M. & NAGEL, B. J. (2012). Differences in brain activity during a verbal associative memory encoding task in high- and low-fit adolescents. *Journal of Cognitive Neuroscience, 25* (4), 595-612. doi: 10.1162/jocn_a_00344

HOUDÉ, O. (2000). Inhibition and cognitive development: object, number, categorization, and reasoning. *Cognitive Development, 15*, 63-73.

HOUDÉ, O., PINEAU, A., LEROUX, G., POIREL, N., PERCHEY, G., LANOE, C. & MAZOYER, B. (2011). Functional magnetic resonance imaging study of Piaget's conservation-of-number task in preschool and school-age children: A neo-Piagetian approach. *Journal of experimental child psychology, 110* (3), 332-346. doi: 10.1016/j.jecp.2011.04.008

HOWARD-JONES, P. A. (2014). Neuroscience and education: Myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience, 15* (12), 817-824. doi: 10.1038/nrn3817

HYATT, K. J. (2007). Brain Gym®: Building Stronger Brains or Wishful Thinking? *Remedial and Special Education, 28* (2), 117-124.

LANDRUM, T. J. & MCDUFFIE, K. A. (2010). Learning styles in the age of differentiated instruction. *Exceptionality, 18* (1), 6-17. doi: 10.1080/09362830903462441

LANOË, C., ROSSI, S., FROMENT, L. & LUBIN, A. (2015). Le programme pédagogique neuroéducatif « À la découverte de mon cerveau » : quels bénéfices pour les élèves d'école élémentaire ? *Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant, 134*, 55-45.

LINDELL, A. K. & KIDD, E. (2013). Consumers favor "right brain" training: The dangerous lure of neuromarketing. *Mind, Brain, and Education, 7* (1), 35-39. doi: 10.1111/mbe.12005

MASSON, S. (2012). Neuroéducation : mieux comprendre le cerveau pour mieux enseigner [éditorial, version française]. *Neuroéducation, 1* (1), 3-4.

MASSON, S. (2014a). Cerveau, apprentissage et enseignement : mieux connaître le cerveau peut-il nous aider à mieux enseigner ? *Éducation Canada, 54* (4), 40-43.

MASSON, S. & BRAULT FOISY, L.-M. (2014b). Fundamental concepts bridging education and the brain. *McGill Journal of Education, 49* (2), 501-512.

MASSON, S., POTVIN, P., RIOPEL, M. & BRAULT FOISY, L.-M. (2014). Differences in brain activation between novices and experts in science during a task involving a common misconception in electricity. *Mind, Brain, and Education, 8* (1), 37-48. doi: 10.1111/mbe.12043

NIELSEN, J. A., ZIELINSKI, B. A., FERGUSON, M. A., LAINHART, J. E. & ANDERSON, J. S. (2013). An evaluation of the left-brain vs. right-brain hypothesis with resting state functional connectivity magnetic resonance imaging. *PLoS ONE, 8* (8), e71275. doi: 10.1371/journal.pone.0071275

OCDE (2002). *Comprendre le cerveau : vers une nouvelle science de l'apprentissage*. Paris : Éditions de l'OCDE.

OCDE (2007). *Comprendre le cerveau : naissance d'une nouvelle science de l'apprentissage*. Paris : Éditions de l'OCDE.

OGAWA, S., LEE, T. M., KAY, A. R. & TANK, D. W. (1990). Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 87* (24), 9868-9872.

PASHLER, H., MCDANIEL, M., ROHRER, D. & BJORK, R. (2008). Learning styles: Concepts and evidence. *Psychological Science in the Public Interest, 9* (3), 105-119.

PASQUINELLI, E. (2012). Neuromyths: Why Do They Exist and Persist? *Mind, Brain, and Education, 6* (2), 89-96.

PASQUINELLI, E. (2015). Améliorer le dialogue entre les sciences cognitives et l'éducation en s'inspirant des relations entre la recherche fondamentale et la médecine clinique. *Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant, 134*, 23-30.

PENA, M., MAKI, A., KOVACIC, D., DEHAENE-LAMBERTZ, G., KOIZUMI, H., BOUQUET, F. & MEHLER, J. (2003). Sounds and silence: An optical topography study of language recognition at birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 100* (20), 11702-11705. doi: 10.1073/pnas.1934290100

SLAVIN, R. E. (2002). Evidence-Based Education Policies: Transforming Educational Practice and Research. *Educational Researcher, 31* (7), 15-21. doi: 10.3102/0013189X031007015

SPAULDING, L. S., MOSTERT, M. P. & BEAM, A. P. (2010). Is Brain Gym® an effective educational intervention? *Exceptionality, 18*(1), 18-30. doi: 10.1080/09362830903462508

SPITZER, U. S. & HOLLMANN, W. (2013). Experimental observations of the effects of physical exercise on attention, academic and prosocial performance in school settings. *Trends in Neuroscience and Education, 2* (1), 1-6. doi: 10.1016/j.tine.2013.03.002

STEPHENSON, J. (2009). Best practice? Advice provided to teachers about the use of Brain Gym® in australian schools. *Australian Journal of Education, 53* (2), 109-124.

THE ROYAL SOCIETY. (2011). *Neuroscience: Implications for education and lifelong learning*. London: The Royal Society.

TROUT, J. D. (2008). Seduction without cause: uncovering explanatory neurophilia. *Trends in Cognitive Sciences, 12* (8), 281-282.

© copyright Anae