

Colloque 28

MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE EN NEUROÉDUCATION ET RETOMBÉES ÉDUCATIVES

Présenté par : Julien Mercier (Université du Québec à Montréal) mercier.julien@uqam.ca, Steve Masson (Université du Québec à Montréal) masson.steve@uqam.ca, Patrice Potvin (Université du Québec à Montréal) potvin.patrice@uqam.ca

Encouragés par le développement des connaissances sur le fonctionnement du cerveau et par les avancées des techniques d'imagerie cérébrale, de plus en plus de chercheurs étudient les effets de l'apprentissage et de l'enseignement sur le cerveau. Comme le soutiennent l'OCDE (2007), The Royal Society (2011) et de nombreux chercheurs du domaine de l'éducation (p. ex. Fischer, Immordino-Yang, Stern, Battro, & Koizumi, 2007; Geake, 2004) et des neurosciences (p. ex. Ansari, Smedt, & Grabner, 2011 ; Petitto & Dunbar, 2004), cette nouvelle approche de recherche en éducation, que l'on nomme la neuroéducation, est susceptible de contribuer à l'avancement de nos connaissances en éducation et d'influencer les pratiques pédagogiques des enseignants.

Malgré les progrès considérables réalisés dans ce domaine au cours des dernières années, les défis à relever demeurent nombreux. L'un de ces défis est de concevoir des devis de recherche menant non seulement à de nouvelles connaissances sur le cerveau, mais aussi à des propositions concrètes pour solutionner certains des problèmes éducatifs rencontrés par les élèves et les enseignants. S'inscrivant dans cette problématique de recherche, ce colloque a pour objectif d'identifier de quelles façons les protocoles de recherche et les méthodes d'analyse de données d'imagerie cérébrale peuvent être optimisés afin de maximiser les chances que de réelles retombées éducatives découlent des recherches en neuroéducation.

Au cours de ce colloque organisé par Neuroéducation Québec et l'EREST, des chercheurs ayant recours à l'imagerie cérébrale ou à des mesures du système nerveux périphérique présenteront les détails méthodologiques d'une de leurs études portant sur l'apprentissage ou l'enseignement. La présentation de ces détails permettra d'apporter des éléments de réponse aux questions suivantes : quels sont les problèmes éducatifs pouvant être étudiés à l'aide de l'imagerie cérébrale, quelles sont les techniques de collecte de données les mieux adaptées à la recherche en neuroéducation, quelles sont les meilleures stratégies de présentation des stimuli, quels sont les types d'analyse statistique recommandés et, finalement, quelles sont les limites des applications pédagogiques pouvant découler des recherches en neuroéducation?

• *L'influence de la contextualisation des problèmes de physique mécanique sur la réaction émotionnelle d'étudiantes du collégial : un projet de recherche exploratoire utilisant une mesure psychophysologique*

Geneviève Allaire-Duquette (Université du Québec à Montréal) genevieve.allaire@gmail.com, Patrick Charland (Université du Québec à Montréal) charland.patrick@uqam.ca

Il est souvent évoqué que les cours de physique au niveau postsecondaire proposent aux étudiants des exercices mis en contexte essentiellement à partir d'intérêts et d'expériences associées à la masculinité (ex : contexte sportif ou militaire). Conséquemment, il peut s'avérer plus difficile pour les femmes de dégager un sens et une utilité à l'apprentissage de la physique et cela expliquerait en partie leur sous-représentativité historique et actuelle. Cette recherche vise à mesurer la réponse émotionnelle, notamment par l'activité électrodermale, de trente étudiantes réalisant des exercices de physique dont certains sont contextualisés de manière plus traditionnelle et d'autres selon des intérêts plus humanistes (ex : applications médicales ou environnement). Ces derniers contextes sont reconnus comme suscitant mieux l'intérêt des femmes. Les résultats à venir seront analysés dans la perspective d'identifier les contextes favorisant une réponse émotionnelle plus marquée. La présentation permettra également de soulever certains enjeux méthodologiques permettant d'apprécier l'apport d'une mesure psychophysologique dans la recherche en éducation (sensibilité, facilité d'interprétation, qualité des données recueillies) et aussi, de manière plus spécifique, de documenter sous un angle novateur, les expériences d'apprentissage en physique à l'aide de données neuroaffectives.

• *Comparaison de l'activité cérébrale de novices et d'experts en sciences lors de la réalisation d'une tâche en physique mécanique*

Lorie-Marlène Brault Foisy (Université du Québec à Montréal) loriemarlène.braultfoisy@gmail.com, Steve Masson (Université du Québec à Montréal) masson.steve@uqam.ca, Patrice Potvin (Université du Québec à Montréal) potvin.patrice@uqam.ca, Martin Riopel (Université du Québec à Montréal) riopel.martin@uqam.ca

En enseignement des sciences, les interventions pédagogiques se heurtent souvent aux conceptions erronées qu'entretiennent les élèves à propos de différents phénomènes naturels. L'objectif principal de cette recherche est de vérifier si les régions cérébrales généralement associées à l'inhibition (entre autres le cortex cingulaire antérieur et le cortex dorsolatéral préfrontal) ont un rôle à jouer dans l'expertise en physique mécanique, l'un des domaines qui causent le plus de difficulté aux élèves. Deux groupes de participants ont été comparés : un groupe de novices n'ayant pas réalisé de changement conceptuel et un groupe d'experts qui sont présumés avoir déjà réalisé un changement conceptuel. Des images du cerveau des participants ont été prises alors qu'ils réalisaient une tâche cognitive en physique mécanique dans un appareil d'IRMf. Deux types de films leur ont été présentés : des films naïfs, non conformes aux lois du mouvement de Newton et des films newtoniens, conformes aux mêmes lois. Les participants devaient juger si les films étaient corrects ou incorrects. Les résultats des analyses en cours seront présentés lors du colloque.

• *Du théâtre à l'amphithéâtre : analyse exploratoire du principe d'adhésion en situation pédagogique universitaire*

Yannick Bressan (Université de Strasbourg) bressan30@hotmail.com, Safouane M. Hamdi (Université Paul-Sabatier) safouane.hamdi@gmail.com

Une expérience interdisciplinaire, réalisée en 2007 à Strasbourg a permis de déterminer les corrélats neuronaux et physiologiques du principe d'adhésion à une réalité fictive (théâtrale). Elle a démontré que l'adhésion à cette réalité fictionnelle est induite par une mise en scène spécifique. Une approche phénoménologique permet de poser les hypothèses que l'adhésion est également mise en œuvre en situation pédagogique et qu'elle impacte l'apprentissage. Il est en effet admis que les enseignants tentent de construire, consciemment ou non, une représentation pour favoriser l'apprentissage des étudiants. Pour tester ces hypothèses, nous avons conçu une étude dont le protocole expérimental s'inspire de l'expérience de Strasbourg. Un groupe d'étudiants suivra un cours « neutre » et un cours dans lequel nous aurons introduit des séquences pédagogiques particulières (mise en scène pédagogique). Pour les deux types de cours, l'adhésion des étudiants sera explorée par un questionnaire a posteriori et l'efficacité de l'apprentissage analysée en comparant les pré- et post-tests. L'étude sera complétée par une expérience d'imagerie fonctionnelle par résonance magnétique qui nous permettra d'analyser l'activité de régions d'intérêt durant ces deux cours. Notre hypothèse est que l'adhésion pédagogique des étudiants s'accompagne de l'activation du gyrus frontal inférieur gauche et du sillon temporal supérieur gauche.

• *Une étude de cas en neuroscience éducationnelle: l'apprentissage de concepts de base de la théorie élémentaire des nombres*

O. Arda Cimen (Université Simon Fraser) arda_cimen@sfu.ca, Stephen R. Campbell (Université Simon Fraser) sencael@sfu.ca, Pierre Pagé (Université Laval) pierre.page@fse.ulaval.ca

Cette étude de cas analyse divers facteurs personnels affectant le suivi et le contrôle métacognitif dans l'autorégulation de l'étude et de la révision des concepts de base de la théorie élémentaire des nombres. En plus de l'auto-évaluation, une panoplie de méthodes observationnelles et physiologiques est utilisée : l'audiovisuel, la capture d'écran et de clavier d'ordinateur, le pistage de l'œil, l'électroencéphalographie, l'électro-oculographie et des données provenant des réponses cardio-vasculaires. Cette approche mixte de recherche en neuroscience éducationnelle émane du cadre théorique de l'inscription corporelle radicale de la cognition et de l'apprentissage développé par le neurobiologiste Francisco Varela. La tâche du sujet est d'apprendre six pages de contenus impliquant la computation, la compréhension et le raisonnement. Après étude de la matière, il juge son degré de compréhension et peut ensuite réétudier en préparation pour un test. En lien avec les études soulignant les corrélats cognitifs des oscillations cérébrales (Kahana, 2006), notre recherche vise à décrire d'autres connexions entre les mesures physiologiques et l'auto-évaluation, permettant ainsi une meilleure compréhension des facteurs personnels impliqués dans la motivation, la métacognition et les croyances reliées à l'auto-apprentissage des mathématiques et de l'anxiété y étant associée. Ultiment, ces connaissances pourront être utiles pour l'enseignement des mathématiques.

• *Mesure d'engagement cognitif en contexte de résolution de problèmes : une approche neurophysiologique*

Patrick Charland (Université du Québec à Montréal) charland.patrick@uqam.ca, Pierre-Majorique Léger (HEC Montréal) pierre-majorique.leger@hec.ca

Cette communication vise à présenter les résultats d'une recherche exploratoire menée pour étudier la variation de paramètres cognitifs (engagement cognitif, distraction, charge cognitive) d'apprenants placés en situation de résolution de problème dans un jeu éducatif informatisé. Vingt-quatre sujets masculins du postsecondaire ont été recrutés. Pendant la situation de résolution de problème, le signal électroencéphalographique a été enregistré à l'aide de l'encodeur B-Alert® X10 développé par Advanced Brain Monitoring. Le signal est traité directement par le logiciel du fabricant qui infère, selon des algorithmes validés, des niveaux d'engagement, de distraction et de charge cognitive évalués sur une période d'une seconde. Les résultats montrent des différences importantes entre les sujets les plus performants et les moins performants. Dans les problèmes complexes, les sujets performants se distinguent par une variation élevée de l'engagement, ce qui suggère une capacité à mobiliser adéquatement leurs efforts cognitifs. Également, lors des problèmes simples mais plus longs à résoudre, les sujets performants présentent un plus faible niveau de distraction. Les avantages et inconvénients de cette méthodologie seront discutés dans la perspective d'éventuellement analyser ces paramètres dans des milieux plus authentiques d'apprentissage.

• *Using Non-Invasive Brain Stimulation to Improve Numerical Abilities and Learning*

Roi Cohen Kadosh (University of Oxford) roi.cohenkadosh@psy.ox.ac.uk

Numbers are the lingua franca in science, economics, sports, education, and everyday life. Here we examine: 1) whether we can improve numerical abilities in healthy adults as well as people with numerical learning disabilities (dyscalculia); and 2) what are the underlying neurocognitive mechanisms that involved in such enhancement. In a series of experiments with healthy adults we found that it is possible to enhance basic numerical abilities as well as more advanced numerical abilities, such as complex calculation, using transcranial electrical stimulation (tES) to the parietal lobes or the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC). The observed improvement lasted up to 6 months after tES, and was specific to the material that we trained participants with during the experiments. At the neural level, we found that tES enhanced performance by resulting in the earlier availability of energy substrates, such as oxygen, within the region of stimulation. Last, our research on participants with dyscalculia indicates that they benefit from receiving tES during numerical training. Cumulatively, these experiments advance our understanding of how numerical abilities are subserved in the typical and atypical brain, and provide a possible means to improve numerical cognition, thus having important implications for education, intervention, and rehabilitation.

• *Chances and limitations of educational neuroscience on mathematics learning*

Roland H. Grabner (ETH Zurich) grabner@ifv.gess.ethz.ch

The successful acquisition of mathematical competencies is one of the key aims of institutional learning and has been a central focus of educational neuroscience research in the last decade. This line of research has provided important insights into the brain correlates underlying basic number processing such as the ability to represent and process numerical magnitudes. Considerably less is known, in contrast, about the neurocognitive mechanisms underlying more complex mathematical skills that are taught in school. In my talk, I will present current educational neuroscience studies which illustrate ways of how the application of neuroimaging and neurophysiological methods can yield incremental insights into school-related mathematical cognition. The studies address problem solving strategies in arithmetic, individual differences in mathematical competencies and bilingual mathematics learning. Special emphasis will be laid on the tension between educational relevance and methodological limitations which characterizes educational neuroscience studies on mathematics learning. In conclusion, I will highlight the key challenges of research in this domain, suggest pathways through which some of them can be overcome, and outline future directions and their potential implications for education.

• *Inhibition et correction d'erreurs dans le cerveau humain*

Olivier Houdé (Université Paris Descartes) houde@paris5.sorbonne.fr

Au croisement de la psychologie de l'enfant, des sciences de l'éducation et des neurosciences, nos travaux sont consacrés à l'étude du développement et du fonctionnement cognitifs, du jeune enfant à l'adulte, dans les domaines de la catégorisation, du nombre et du raisonnement. Les techniques utilisées sont celles de la psychologie expérimentale (scores de performance ou d'apprentissage, chronométrie mentale) et de l'imagerie cérébrale. Ces travaux ont mis en évidence (1) la variabilité intra-individuelle des stratégies cognitives, à tout âge du développement, et (2) le rôle-clé de l'inhibition, comme fonction exécutive, dans le choix sélectif d'une stratégie adaptée. Il en ressort une conception dynamique et non nécessairement linéaire du développement cognitif. Cette nouvelle conception conduit aujourd'hui à redéfinir, autrement que ne l'a fait Jean Piaget, les stades de la construction de l'intelligence, ainsi que les mécanismes de transition d'un stade à l'autre. Elle ouvre la voie à des applications psychopédagogiques. L'inhibition est, en effet, une forme de contrôle neurocognitif qui permet aux enfants de résister aux habitudes ou automatismes, aux tentations, distractions ou interférences, et de s'adapter aux situations complexes par la flexibilité. Le défaut d'inhibition peut expliquer des difficultés d'apprentissage (erreurs, biais de raisonnement, etc.) et d'adaptation tant cognitive que sociale.

• *Étude du développement cérébral de la capacité à surmonter les interférences intuitives en sciences*

Stéphanie Lafortune (Université du Québec à Montréal) stephanie.lafortune@gmail.com, Steve Masson (Université du Québec à Montréal) masson.steve@uqam.ca, Patrice Potvin (Université du Québec à Montréal) potvin.patrice@uqam.ca

La recherche en didactique des sciences s'intéresse depuis longtemps au processus visant à faire évoluer les conceptions erronées intuitives des élèves : le changement conceptuel. Or, malgré les nombreuses avancées qu'ont permis les recherches dans ce domaine, les conceptions erronées des élèves persistent, particulièrement pour les concepts contre-intuitifs. La présente recherche tient compte de l'apport des neurosciences et de la psychologie cognitive dans l'étude de la capacité des élèves à surmonter leurs intuitions en sciences. Cette étude tente de mieux comprendre le processus de raisonnement des élèves lorsqu'ils font face à des concepts scientifiques contre-intuitifs. Pour ce faire, une tâche informatisée utilisable en neuroimagerie a été élaborée. Les choix méthodologiques entourant la construction de cette tâche, qui présente des stimuli intuitifs et contre-intuitifs relatifs au concept de masse volumique, seront décrits dans la présente communication. À l'aide de cette tâche, des données comportementales (temps de réaction, exactitude des réponses) seront recueillies auprès de centaines d'étudiants de 8 à 14 ans, puis analysées. Les résultats anticipés permettront de proposer des hypothèses sur les mécanismes cérébraux impliqués dans la capacité à surmonter les intuitions qui éloignent les apprenants des apprentissages programmés.

• *Méta-analyse des méthodes de préparation à l'IRM chez l'enfant et l'adolescent. Quelles préconisations pour la neuroéducation?*

Céline Lanoë (Université Paris Descartes) lanoec@cyceron.fr, Gaëlle Leroux (Université Paris Descartes) gaelle.leroux@paris5.sorbonne.fr, Amélie Lubin (Université Paris Descartes) amelie.lubin@parisdescartes.fr, Sandrine Rossi (Université Paris Descartes) sandrine.rossi@unicaen.fr, Arlette Pineau (Université Paris Descartes) pineau@cyceron.fr, Olivier Houdé (Université Paris Descartes) houde@paris5.sorbonne.fr

Les neurosciences cognitives développementales manquent de comparaisons quantitatives entre les différentes procédures permettant d'optimiser le taux d'enfants inclus dans les protocoles en IRMf. Comment préparer psychologiquement et physiquement les enfants à l'immobilité, au stress lié à l'environnement confiné, aux bruits, à l'inconfort de l'antenne et à la longueur de la session? À partir de quel âge et jusqu'à quel âge est-il nécessaire de préparer les enfants et les adolescents? Quel type de préparation est-il le plus bénéfique? Pour y répondre, nous avons réalisé une méta-analyse de 155 études réalisées de 1995 à 2011 incluant 4210 enfants sains de 4 à 17 ans. Nous supposons que la qualité des données d'IRMf obtenues avec de jeunes enfants est plus importante quand ils sont préparés psychologiquement et/ou entraînés avec un mock scanner ou un tunnel ludique. D'autres variables telles que le sexe de l'enfant, la tâche cognitive utilisée, la durée des runs fonctionnels, l'ordre de succession des sessions anatomique et fonctionnelle, mais aussi la compensation financière ont sans doute également un rôle à jouer. L'intérêt de notre méta-analyse est d'offrir aux chercheurs en neuroéducation une procédure détaillée permettant de préparer les enfants à l'IRMf de la façon la plus adaptée.

• *Variations neuro-anatomiques chez des enfants présentant des performances numériques différentes : une étude en VBM (voxel-based morphometry)*

Amélie Lubin (Université Paris Descartes) amelie.lubin@parisdescartes.fr, Sandrine Rossi (Université Paris Descartes) sandrine.rossi@unicaen.fr, Simon Grégory (Université Paris Descartes) gregory.simon@unicaen.fr, Céline Lanoë (Université Paris Descartes) lanoe@cyceron.fr, Gaëlle Leroux (Université Paris Descartes) gaelle.leroux@paris5.sorbonne.fr, Nicolas Poirel (Université Paris Descartes) nicolas.poirel@parisdescartes.fr, Arlette Pineau (Université Paris Descartes) pineau@cyceron.fr, Olivier Houdé (Université Paris Descartes) houde@paris5.sorbonne.fr

Pour apprendre les mathématiques, il faut maîtriser les symboles numériques (verbaux puis écrits). Sachant que la maturation cérébrale et les apprentissages peuvent modifier la structure du cerveau, notre objectif est d'observer chez des enfants sains si leurs performances dans des tâches testant la maîtrise du lien entre la représentation analogique de la quantité et son symbole (oral ou écrit) peuvent être reliées à des différences anatomiques. 22 enfants âgés de 10 ans (± 7 mois) ont passé une IRM anatomique et une batterie de tests évaluant notamment la maîtrise du lien quantité/symbole. Deux groupes (forts/faibles) ont ainsi été identifiés à partir de leurs performances à ces tests. L'analyse VBM (voxel based-morphometry) montre que les enfants les plus performants ont plus de substance grise que les moins performants dans des régions occipito-temporales et pariétales (notamment le gyrus pariétal inférieur gauche et les gyri angulaires). Ces régions sont connues pour être engagées notamment dans le lien entre symboles numériques et représentation sémantique de la magnitude. Cette étude montre pour la première fois en VBM dans le domaine de la cognition numérique un lien entre différences individuelles et structure anatomique chez l'enfant sain et peut ainsi avoir des implications en neuroéducation.

• *Identification des mécanismes cérébraux liés à l'expertise et retombées éducatives*

Steve Masson (Université du Québec à Montréal) masson.steve@uqam.ca, Patrice Potvin (Université du Québec à Montréal) potvin.patrice@uqam.ca, Martin Riopel (Université du Québec à Montréal) riopel.martin@uqam.ca, Lorie-Marlène Brault Foisy (Université du Québec à Montréal) loriemarlene.braultfoisy@gmail.com

L'une des stratégies employées par les chercheurs en neuroéducation est de comparer l'activité cérébrale de novices et d'experts. Pour illustrer cette stratégie et juger de son intérêt, nous présentons la méthodologie et les résultats d'une recherche d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle portant sur les mécanismes cérébraux liés à l'expertise scientifique concernant les circuits électriques. Les résultats révèlent notamment que les experts en sciences montrent une activité cérébrale plus importante que les novices dans des régions du lobe frontal généralement associées à l'inhibition. Les retombées éducatives de ces résultats concernent notamment le rôle de l'inhibition dans l'apprentissage des sciences.

• *La charge cognitive associée à la régulation de l'action lors de la performance dans un domaine sémantiquement complexe : une étude de cas impliquant l'électroencéphalographie et l'analyse de discours*

Julien Mercier (Université du Québec à Montréal) mercier.julien@uqam.ca, Pierre-Majorique Léger (HEC Montréal) pierre-majorique.leger@hec.ca, Caroline Girard (Université du Québec à Montréal) girard.caroline.5@courrier.uqam.ca, Jan-Sébastien Dion (Université du Québec à Montréal) jsdion@hotmail.com

En montrant empiriquement comment le fonctionnement neuronal et le fonctionnement cognitif influencent l'apprentissage, la neuroéducation est susceptible de tirer profit d'une analyse des différents « niveaux » dans l'architecture cognitive. Cette étude de cas implique les niveaux neurologique et cognitif. L'objectif est de tester une méthodologie qui permet d'une part de mettre en lien des données issues de l'électroencéphalographie et d'un protocole à voix haute

dans le cadre de la performance d'une tâche de résolution de problèmes dans un domaine sémantiquement complexe et, d'autre part, de tester des hypothèses concernant les relations fonctionnelles entre les niveaux. Au cours d'une expérimentation d'une durée de deux heures, la participante a planifié des activités de rééducation en lecture sur la base de la description d'un cas d'élève en difficulté d'apprentissage. La méthode de préparation des données sera présentée et les résultats anticipés viseront à tester l'hypothèse suivante : puisque la régulation de l'action est une opération mentale de haut niveau, la charge cognitive sera à son maximum lors des transitions entre les trois activités cognitives associées à la régulation de l'action : planification, exécution et évaluation. Sur la base de la préparation des données décrite, plusieurs stratégies analytiques complémentaires seront discutées.

• *Corrélatés cérébraux de l'autorégulation cognitive dans le TDAH*

Hélène Poissant (Université du Québec à Montréal) poissant.helene@uqam.ca, Lucile Rapin (Université du Québec à Montréal) lucilerapin@gmail.com, Stéphanie Lafortune (Université du Québec à Montréal) stephanie.lafortune@gmail.com, Lorie-Marlène Brault Foisy (Université du Québec à Montréal) loriemarlene.braultfoisy@gmail.com

Le trouble déficitaire de l'attention et de l'hyperactivité (TDAH) est généralement associé à des difficultés d'apprentissage, de mémoire de travail et d'inhibition comportementale. La fonction exécutive d'autorégulation se révèle un indicateur satisfaisant de ces fonctions cognitives. Le but de cette étude était d'examiner les corrélats cérébraux de l'autorégulation chez 23 enfants avec un TDAH et 21 enfants contrôles grâce à l'IRMf (3 Tesla). La tâche consistait en une séquence de deux images présentée aux participants. Ils devaient signaler si la suite d'actions était congruente ou incongruente en appuyant sur un bouton. Les analyses ont été effectuées avec SPM5. Les résultats du contraste incongruent versus congruent montrèrent une activation plus importante du cortex préfrontal (CPF) bilatéral chez les enfants contrôles par rapport aux enfants avec un TDAH. Ces derniers avaient, par ailleurs, des activations cérébrales plus élevées dans le vermis du cervelet. Le patron d'activations inverses du CPF et du vermis entre les enfants avec un TDAH et les enfants contrôles pourrait refléter un rôle compensatoire du cervelet dans le TDAH ou indiquer un dysfonctionnement du réseau neuronal entre les deux régions. Ces résultats pourraient aider à mettre en place des stratégies d'apprentissage et d'éducation appropriées au TDAH.

• *Étude des mécanismes cérébraux impliqués dans l'expression du degré de certitude lors de la résolution de tâches scientifiques portant sur l'électricité*

Patrice Potvin (Université du Québec à Montréal) potvin.patrice@uqam.ca, Steve Masson (Université du Québec à Montréal) masson.steve@uqam.ca, Elaine Turmel (Université du Québec à Montréal) elaineturmel@hotmail.com, Martin Riopel (Université du Québec à Montréal) riopel.martin@uqam.ca

En didactique des sciences, il est depuis longtemps bien établi qu'il est indispensable de s'intéresser aux conceptions initiales que les élèves entretiennent à propos des phénomènes naturels si l'on a pour objectif de les faire évoluer (Duit & Treagust, 2003). Récemment, on a pu mettre en évidence l'importance du sentiment de certitude/incertitude exprimé relativement à ces conceptions dans les processus de « changements conceptuels » (Potvin, Riopel, Masson, & Fournier, 2010). L'objectif de cette recherche est conséquemment d'identifier les mécanismes cérébraux associés avec la certitude exprimée lors de tâches scientifiques. 22 sujets novices ont été testés dans un appareil de résonance magnétique (IRMf) avec une tâche cognitive portant sur les conceptions fréquentes en électricité. Les résultats montrent que des régions associées au traitement visuospatial (situées dans les lobes occipital et pariétal) sont plus activées lorsque les sujets rapportent être certains de la valeur scientifique de leur réponse, alors que des régions associées au contrôle cognitif (dont le cortex cingulaire antérieur et le cortex préfrontal supérieur) sont davantage activées lorsque les sujets expriment un doute quant aux réponses qu'ils fournissent.

• *Méta-analyse sur les études d'imagerie cérébrale en éducation*

Gerardo Restrepo (Université de Sherbrooke) gerardo.restrepo@usherbrooke.ca

Les études d'imagerie du cerveau commencent à produire des données intéressantes pour la conceptualisation et la transformation des pratiques pédagogiques. Cependant, malgré l'essor récent des études dans le domaine de la neuroéducation, les retombées effectives de la recherche sont encore un sujet de discussion. L'objectif de notre étude est de clarifier les implications des études sur les bases biologiques des processus cognitifs, notamment, ceux qui font référence aux troubles de l'apprentissage, et l'impact de la recherche en neuroéducation sur la pratique pédagogique des enseignants. Pour atteindre notre objectif, nous préparons une méta-analyse sur les études d'imagerie cérébrale en dyslexie et dyscalculie développementales et les retombées de ces études sur les pratiques d'enseignement, sous une approche d'éducation basée sur la preuve. Nous avons fait une recherche sur les bases de données MEDLINE et PsycInfo et identifié 17 articles sur la dyscalculie et 90 études sur la dyslexie qui sont en lien avec la résonance magnétique céré-

brale. Nous avons retenu 34 études basées sur les retombées de la recherche neuroscientifique en éducation. Les résultats nous montrent un écart entre recherche neuroscientifique et pratique pédagogique et nous proposons un modèle d'interprétation des données basé sur la neuropsychologie transactionnelle pour diminuer cet écart.

- *Validation cérébrale des variables prédictives de la difficulté de tâches d'évaluation en sciences*

Martin Riopel (Université du Québec à Montréal) riopel.martin@uqam.ca, Patrice Potvin (Université du Québec à Montréal) potvin.patrice@uqam.ca, Steve Masson (Université du Québec à Montréal) masson.steve@uqam.ca, Julien Mercier (Université du Québec à Montréal) mercier.julien@uqam.ca, Patrick Charland (Université du Québec à Montréal) charland.patrick@uqam.ca

Des travaux en cours ont permis de proposer un modèle prédictif de la difficulté de tâches d'évaluation basé sur les résultats d'enquêtes internationales en sciences. Parmi toutes les variables prédictives considérées dans le modèle, les plus significatives établissent un lien statistique entre l'inhibition de conceptions inappropriées et la réussite des tâches. L'objectif de ce projet de recherche est de mettre en évidence les mécanismes cérébraux qui sous-tendent le modèle prédictif de la difficulté des tâches d'évaluation en sciences. L'originalité du projet repose sur la combinaison de la plus grande puissance statistique possible (plus de mille tâches administrées à plusieurs centaines de milliers d'élèves) et d'une technique avancée d'imagerie cérébrale (l'IRMf) pour sonder en profondeur la dynamique des difficultés scolaires en sciences. Pour ce faire, il faudra concevoir un ensemble de tâches et un protocole d'expérimentation convenant à la fois au modèle prédictif développé pour les tâches des enquêtes internationales et aux contraintes inhérentes à l'IRMf. L'analyse des images obtenues permettra d'établir un lien statistique possible entre les états de deux variables prédictives identifiées et l'activation relative de certaines régions cérébrales.

- *Une pédagogie du contrôle cognitif pour l'amélioration des capacités d'attention sélective : illustration chez l'enfant de 4-5 ans*

Sandrine Rossi (Université Paris Descartes) sandrine.rossi@unicaen.fr, Amélie Lubin (Université Paris Descartes) amelie.lubin@parisdescartes.fr, Céline Lanoë (Université Paris Descartes) lanoec@cyceron.fr, Arlette Pineau (Université Paris Descartes) pineau@cyceron.fr, Olivier Houdé (Université Paris Descartes) houded@paris5.sorbonne.fr

La méthodologie développée dans notre équipe autour de l'apprentissage au contrôle inhibiteur a montré l'utilité d'entraîner l'enfant ou l'adulte à inhiber une stratégie de résolution non pertinente dans l'objectif d'activer la stratégie adéquate, et ainsi permettre la correction de l'erreur. Fonction essentielle à la régulation des comportements, l'inhibition joue un rôle majeur dans l'acquisition des premiers apprentissages fondamentaux. Tel est le cas de l'apprentissage au respect d'une consigne, pour lequel la capacité de l'enfant à prêter attention de façon sélective aux informations pertinentes est cruciale. Nous avons transféré notre méthodologie vers le « monde de la classe ». L'Inspection Académique du Calvados a créé un Groupe Formation Action dans lequel interviennent enseignants, conseillers pédagogiques, inspecteurs et chercheurs. Nous avons ainsi pu mettre en place une démarche psychopédagogique innovante en co-concevant une séquence d'apprentissage à l'inhibition de la prégnance de l'action motrice sur l'attention perceptive de façon à amener l'enfant à prêter attention à l'ensemble des éléments d'une consigne complexe. L'étude porte sur des enfants de Moyenne Section d'école maternelle âgés de 4 à 5 ans. Elle montre qu'un apprentissage centré sur les capacités de contrôle et d'auto-contrôle donne de meilleurs résultats qu'un apprentissage dénué de toute composante exécutive.

- *Impact éducatif de la participation à un protocole de recherche en imagerie cérébrale*

Sandrine Rossi (Université Paris Descartes) sandrine.rossi@unicaen.fr, Amélie Lubin (Université Paris Descartes) amelie.lubin@parisdescartes.fr, Céline Lanoë (Université Paris Descartes) lanoec@cyceron.fr, Nicolas Poirel (Université Paris Descartes) nicolas.poirel@parisdescartes.fr, Arlette Pineau (Université Paris Descartes) pineau@cyceron.fr, Olivier Houdé (Université Paris Descartes) houded@paris5.sorbonne.fr

Nous avons interrogé des enfants âgés de 8 ans sur leurs conceptions épistémiques des rapports entre cerveau et pensée dans l'objectif de mesurer l'impact éducatif de la participation à un protocole en neurosciences développementales. Un groupe de 37 enfants a été apparié en sexe, âge, et niveau scolaire avec 37 enfants ayant participé à un protocole en neuro-imagerie. Nous avons recueilli leurs réponses sur la définition des concepts de cerveau et pensée ainsi que leur localisation. Puis, un personnage était mis en scène et l'enfant devait indiquer ce dont celui-ci avait besoin pour la réalisation des activités de lecture, calcul, rêve, imagerie mentale, perception, émotion et langage. Un choix libre était effectué parmi le cerveau, la pensée, les mains, la bouche, les yeux, et le cœur. Nous observons que seuls les enfants ayant participé à un protocole en neuroimagerie matérialisent la pensée dans le cerveau. De plus, ils indiquent plus souvent le cerveau comme nécessaire à toutes les activités cognitives dont le rêve ou l'imagerie mentale qui, pour le groupe d'enfants appariés, reposent sur le seul engagement de la pensée. Ces connaissances métacognitives pourraient avoir un effet sur les apprentissages scolaires qui reste encore à évaluer.

• *Conception et mise au point d'une tâche cognitive en électricité en vue d'une utilisation pour une recherche en IRMf*

Élaine Turmel (Université du Québec à Montréal) elaineturmel@hotmail.com, Patrice Potvin (Université du Québec à Montréal) potvin.patrice@uqam.ca, Steve Masson (Université du Québec à Montréal) masson.steve@uqam.ca, Frédérick Fortin (Université du Québec à Montréal) fortin.frederick@uqam.ca

Dans le cadre d'une étude portant sur les mécanismes cérébraux impliqués dans l'expression du sentiment de certitude/incertitude, nous avons dû procéder, au départ, à la conception d'une tâche cognitive portant sur les conceptions fréquentes en électricité. En raison de contraintes inhérentes au nombre limité de sujets à tester dans l'appareil d'IRMf et du besoin d'obtenir en nombre suffisant et approximativement équivalent huit conditions possibles (combinaisons possibles de correctes/incorrectes; certaines/incertaines; bonnes/mauvaises), il a d'abord fallu concevoir des stimuli « candidats » en grand nombre (600). Ces stimuli ont ensuite fait l'objet d'une présélection et ont été séparés et incorporés dans quatre tâches raisonnablement longues. Ces dernières ont ensuite été testées auprès de 207 étudiants du collégial de manière à estimer leurs fréquences d'apparition. Les résultats obtenus ont permis de concevoir une version finale de la tâche comprenant 288 circuits électriques obtenue à partir d'une combinaison équilibrée de stimuli qui présentaient les propriétés recherchées. Cette tâche a ensuite fait l'objet d'un dernier test sur 10 sujets pour confirmer sa capacité à générer chacune des conditions en nombre suffisant. Les statistiques obtenues lors de cette recherche permettent d'envisager une utilisation fertile et économique de la tâche pour l'étude de neuroimagerie prévue.