

Rehaussement cognitif: neurosciences, pédagogie, remédiation.

Cet atelier a été passionnant, et a dégagé quatre axes de recherche en sciences cognitives où des appels d'offre seraient de nature à produire des résultats et des méthodes très novatrices pour les années à venir:

- 1) la neuromodulation des apprentissages perceptifs
- 2) le développement des capacités exécutives chez l'enfant et le sujet âgé
- 3) le développement des capacités métacognitives en milieu scolaire
- 4) les méthodes nouvelles de la remédiation en psychiatrie

1) la neuromodulation des apprentissages perceptifs

Données chez l'homme : Chez des sujets humains porteurs d'implants cochléaires, il a été observé que les performances perceptives concernant certains paramètres des stimuli acoustiques pouvaient être supérieures à celles qui sont observées en moyenne chez un sujet normal-entendant. Cela est par exemple le cas pour la discrimination auditive du timbre des sons complexes non-stationnaires (dont l'intensité fluctue dans le temps), où des performances supra-normales ont pu être démontrées (Lorenzi et al 1997).

Données chez l'animal : Chez l'animal, des études électrophysiologiques effectuées dans le cortex auditif indiquent que des apprentissages perceptifs (ou présentés comme tels) peuvent produire des réorganisations de cartographies corticales impressionnantes tant dans le domaine spectral (Recanzone et al 1993, Rutkowski & Weinberger 2005) que dans le domaine temporel (Bao et al 2004). Des résultats similaires ont été obtenus dans d'autres travaux au cours desquels un système neuromodulateur a été répétitivement activé lors de la présentation d'un stimulus sensoriel (Kilgard & Merzenich 1998 a, b; Bao et al 2001), suggérant ainsi que les systèmes neuromodulateurs pouvaient être à l'origine des effets observés lors des apprentissages perceptifs.

Question : La question centrale qui se pose est de savoir si tout porteur d'implant cochléaire peut réellement récupérer des capacités perceptives normales voire supérieures à la normale en activant certains systèmes neuromodulateurs (par exemple grâce à des agents pharmacologiques). Un appel à propositions pourrait être ciblée sur les mécanismes et le mode d'intervention des neuromodulateurs.

2) le développement des capacités exécutives chez l'enfant et le sujet âgé

Les modèles de la cognition actuels considèrent que les fonctions exécutives, par la régulation de l'attention qu'elles engagent, sont des déterminants directs de la flexibilité cognitive et des comportements intelligents (Shallice, 1994). Des travaux longitudinaux montrent en outre que les capacités exécutives, modulant ce qu'on appelle la "mémoire de travail", sont la clé du résultat scolaire, et la dimension principale de la cognition qui corrèle avec l'origine sociale des élèves (Barrouillet al., sous presse). La variabilité des ressources attentionnelles qu'un individu peut mobiliser dépend en effet non seulement des allèles de quatre gènes régulant la dopamine, mais aussi de l'environnement familial et scolaire (Rueda et al., 2005). Enfin, ce sont également les capacités les plus atteintes dans le vieillissement.

L'une des composantes essentielles des fonctions exécutives consiste dans l'aptitude à gérer l'allocation de l'attention en fonction de l'importance relative des bénéfices et des coûts présentés par des tâches concurrentes. Cette dimension exécutive est étudiée par des paradigmes de "task-switching" dans lesquels les sujets doivent accomplir deux tâches relativement simples en alternance, comme manipuler un joystick dans l'espace en fonction d'un message verbal ou d'un icône spatial (flèche) présenté à l'écran.

A- Fonctions exécutives et supports d'apprentissage

Les travaux conduits dans le domaine de la théorie de la charge cognitive (*e.g.* Sweller, 2007) montrent depuis une trentaine d'années comment on peut aménager les supports d'apprentissage pour focaliser l'attention des élèves sur l'apprentissage lui-même et limiter l'attention portée aux traitements interférents ou inutiles. Il n'existe cependant pas de travaux étendant cette approche aux troubles développementaux.

Questions : peut-on améliorer la compréhension d'élèves dyslexiques dans une tâche de lecture par l'aménagement de la charge cognitive ? Peut-on induire, une régulation de la charge cognitive des élèves en situation d'apprentissage, soit par des consignes métacognitives explicites, soit par la présentation implicite du matériel pédagogique?

B - Le rehaussement cognitif par entraînement exécutif

Plusieurs types d'exercices sur ordinateur ont été conçus pour entraîner la mémoire exécutive dans diverses populations: enfants, jeunes adultes, séniors, et patients neurologiques et psychiatriques.

❖ Michael Posner (<http://www.teach-the-brain.org/learn/attention/index.htm>): Les exercices sont proposés au cours d'une série de sept séances d'une heure, pendant lesquelles des enfants de 4 à 6 ans manipulent un joystick conformément aux indications des exercices. L'enfant de 4 ans entraîné pendant une semaine à raison d'une heure par jour atteint *deux ans à l'avance* – soit à six ans – la capacité attentionnelle normale de l'enfant de huit ans non soumis à cet entraînement (Rueda & Posner, 2005).

❖ Le programme d'entraînement PositScience, de Michael Merzenich, (<http://bfc.positscience.com/eval/bst.php>) vise à combattre le vieillissement cérébral.

❖ Le "Programme d'Entraînement Cérébral" de Ryuta Kawashima a le même objectif, et s'applique aussi en remédiation de la démence.

Questions: Quelles sont les compétences exécutives qui peuvent être entraînées et se généraliser à d'autres tâches ? Quelles sont les méthodes les plus appropriées à l'entraînement exécutif en fonction de l'âge ? Quels outils de validation du transfert d'apprentissage exécutif peut-on développer? Quelle est la répercussion attendue de l'entraînement sur les apprentissages scolaires?

3) le développement des capacités métacognitives en milieu scolaire

Les fonctions métacognitives sont un ensemble de processus qui permettent à un sujet d'évaluer ses ressources cognitives pour une tâche donnée (perceptive, mémorielle, etc.), ou d'évaluer sa confiance dans ses productions cognitives,. On distingue généralement les fonctions exécutives des fonctions métacognitives par le fait que les premières sont présentes dans les tâches impliquant la focalisation de l'attention, même si la réponse est en choix forcé, tandis que les secondes supposent la possibilité de décider de ne pas répondre (Koren et al., 2006). La flexibilité du jugement métacognitif, étant liée à la tâche occurrente, est cruciale pour sa réussite. Mais ce jugement ne peut guider l'action que si le sujet dispose de fonctions exécutives suffisantes.

Le développement des fonctions métacognitives au cours de l'enfance a été exploré principalement dans le domaine de la métamémoire. Les jeunes enfants (4-6 ans) manifestent une confiance exagérée dans leurs capacités de rappel mémoriel, ce qui pourrait s'expliquer en partie par leur envie de réussir à se souvenir (Schneider & Lockl, 2008). Les enfants de 7 et 9 ans présentent en revanche une bonne capacité d'évaluation

rétrospective et prospective (item par item); en particulier, l'auto-évaluation non immédiate d'un apprentissage est excellente dès la grande section de la classe maternelle. Cependant, une donnée transversale robuste montre que les enfants en difficulté scolaire ne sont pas capables d'évaluer correctement leur performance. En outre, même s'ils ont de bonnes capacités de "monitoring", les enfants ne l'utilisent pas toujours pour réguler leurs décisions cognitives (un enfant qui sait qu'il ne sait pas n'ira pas nécessairement chercher l'information avant d'agir). Se pose alors la question de l'interaction entre métacognition et fonction exécutive.

Questions: Comment mieux modéliser l'auto-régulation ? Quels sont les liens entre métacognition, d'une part, motivation et mémoire exécutive de l'autre? Quelles sont les méthodes les plus efficaces d'incitation à l'auto-régulation pour un âge et un niveau scolaire donné? Les enfants migrants allophones, ou issus de milieux défavorisés ont-ils des besoins spécifiques en matière d'auto-régulation ? Quelles sont les interactions entre l'auto-régulation et le concept de soi au cours du développement ?

L'appel d'offres pourrait également viser le développement de programmes de rehaussement métacognitif: La métacognition peut-elle être entraînée? Cet entraînement doit-il passer par l'acquisition de connaissances déclaratives, par l'apprentissage de stratégies propres à un domaine, ou passer par des acquisitions implicites? Doit-il faire l'objet de programmes spécialisés ou s'appliquer à l'intérieur de chaque enseignement? Quels apprentissages chez les maîtres sont-ils favorables à l'apparition de processus métacognitifs chez les apprenants?

4) les méthodes nouvelles de la remédiation en neurologie et en psychiatrie

En neurologie, les recherches récentes dans le domaine du Neurofeedback (NF) et de la "real-time fMRI" (rtfMRI) ont des applications cliniques prometteuses. Le NF vise à auto-réguler l'activité corticale, mais dans le domaine des performances cognitives (attention, mémoire) ou comportementales (musiciens, sportifs), aucun lien statistique probant n'a pu être mis en évidence à ce jour. Pourtant, les études de rtfMRI chez le sujet sain mettent en évidence un parallélisme entre la réduction auto-induite de l'activité cérébrale (e.g., dans l'ACC) et les modifications de l'éprouvé émotionnel associé (e.g., sensation subjective de douleur). L'activité électrique corticale et la réponse hémodynamique, semblent en revanche modulables dans les troubles obsessionnels compulsifs, les phobies et l'hyperactivité. Toutefois, un certain nombre de sujets sont 'non répondeurs' à ces techniques.

Questions: quels sont les liens entre amélioration symptomatique et modification de l'activité cérébrale? L'efficacité de ces techniques, appliquées au sujet sain, dépend-elle de différences interindividuelles (suggestibilité) ? Appliquées à des patients, dépend-elle des comorbidités ou du 'style cognitivo-affectif' (e.g., alexithymie et difficulté d'introspection émotionnelle, perfectionnisme et manque de flexibilité cognitive)? Quelles sont les règles neuroéthiques à respecter dans le domaine du rehaussement cognitif par les praticiens, publics ou privés?

En psychiatrie, de nouvelles formes de remédiation sont en cours de validation dans le traitement de la schizophrénie, tandis que la remédiation des pathologies développementales est une cible importante pour la recherche.

A- Dans le domaine de la schizophrénie: Plusieurs programmes de remédiation cognitive destinés à contribuer au traitement de la schizophrénie (en association avec les neuroleptiques et la psychothérapie) sont déjà validés. L'un des problèmes non résolus est celui de savoir comment développer l'"insight", c'est-à-dire la conscience du trouble. Ici

encore, les travaux en métamémoire offrent des modèles de l'introspection normale et pathologique, qui pourraient permettre d'opérationnaliser certains aspects de la conscience chez le sujet délirant (Nelson & Narens 1990 ; Koriat et al. 2006, Koren et al. 2008). Ils permettent aussi de mieux comprendre comment l'introspection guide (ou non) le contrôle volontaire dans une tâche de mémoire (Nelson & Narens 1990 ; Koriat et al. 2006), selon l'interaction existante entre les compétences exécutives et métacognitives.

B – Dans le domaine des pathologies développementale et de l'autisme, la recherche en remédiation présuppose une étude longitudinale des patients (suivi de cohortes) afin de suivre l'expression des troubles au long court, et de vérifier l'impact des interventions précoces. Les troubles perturbent précocement le développement des fonctions adaptatives, et entraînent en cascade une aggravation et un surhandicap. Les enjeux sont donc de les détecter précocement, et de mettre en oeuvre des mesures de remédiation et d'en évaluer l'impact à long terme. Pour le moment les études ont surtout porté sur le développement global (évolution du QI, du langage etc. Mais il est important de détecter précocement des perturbations de fonctions pouvant faire l'objet de rééducations précoces ciblées, concernant, en particulier, les fonctions exécutives. Les troubles exécutifs entraînent en effet des perturbations dans la planification des actions, leur contrôle, ce qui conditionne l'adaptation à l'environnement physique et social. De même, le développement émotionnel précoce avec la mise en place d'indicateurs comme le défaut d'attention conjointe, de partage émotionnel et d'imitation doivent faire l'objet de mesures de soutien précoce.

Questions: quels sont les déficits cognitifs sous-jacents aux symptômes de la schizophrénie, étudiée de manière syndromique ? Quelles stratégies remédiatives sont-elles susceptibles d'agir sur ces altérations cognitives spécifiques ? Quels paradigmes expérimentaux, et quelles méthodes d'exploration neuro-fonctionnelle, doivent-ils être respectivement utilisés dans la remédiation et la validation?

Comment tirer parti des nouvelles technologies (tracking visuel, etc.) pour détecter les troubles autistiques précoces et en effectuer le suivi? Comment standardiser les mesures du développement émotionnel et exécutif des enfants atteints d'autisme? Comment rendre les conditions de la mesure "écologiques", c'est-à-dire susceptibles de permettre aux patients d'exprimer leur potentiel cognitif lors du test? Quelles méthodes novatrices de remédiation peuvent-elle être précocement mises en oeuvre, en particulier dans le domaine émotionnel et exécutif?

Cette synthèse a été rédigée par

- Elisabeth Bacon
- Sylvie Berthoz
- Valérie Camos
- Jean-Marc Edeline
- Nicolas Franck
- Cécile Goï
- Michel Grangeat
- Olivier Houdé
- Nathalie Huet
- Marie Izaute
- Claudette Mariné
- Joëlle Proust
- Bernadette Rogé
- André Tricot