

Joëlle Proust
Institut Jean-Nicod (EHESS-ENS)
UMR CNRS 8129
Ecole Normale Supérieure
Pavillon Jardin
29, rue d'Ulm
F-75005 Paris
Tel +33144322668
Fax +33144322699
<http://joelleproust.hautetfort.com>

PROPOSITION DE RÉUNION PROSPECTIVE SUR LE THÈME:

Augmentation cognitive: neurosciences et pédagogie.

Le format proposé de réunion est un atelier de deux jours rassemblant des spécialistes de psychologie du développement, neurosciences, neuroinformatique, psychologie expérimentale, pédagogie et philosophie de l'esprit. L'objectif de cet atelier est de dégager les axes et méthodes de recherche pertinents pour développer des méthodes d'augmentation cognitive dans des contextes éducatifs.

On entend par "augmentation cognitive" l'augmentation *qualitative de la cognition*, qui permet à l'individu d'acquérir des compétences nouvelles (qu'elles soient de type épistémique, affectif ou conatif) dans son interaction avec le monde. L'institution scolaire, quoiqu'elle soit consciente de la différence entre les deux types d'augmentation, privilégie généralement l'augmentation quantitative, visant à mettre à la disposition de l'apprenant des contenus élaborés et structurés. Il y a à cela de nombreuses raisons, dont la meilleure est que l'on ne peut pas (avec les méthodes traditionnelles) transmettre à un élève les moyens d'augmenter qualitativement ses facultés cognitives sans passer par un savoir particulier de "premier ordre".

L'augmentation *qualitative* des dispositions cognitives consiste dans la capacité de mobiliser des aptitudes de second ordre, que l'on peut désigner comme l'agentivité mentale. C'est ce type d'agentivité, ou d'intention, qui intervient quand on délibère rationnellement sur ce qui mérite d'être étudié, ou plus simplement, quand on décide de consacrer son attention à un type de tâche à l'exclusion de tout autre pendant un temps donné. L'agir mental entre aussi en jeu pour hiérarchiser ses préférences en matière de loisirs, d'occupations professionnelles, etc.. Ce type d'agentivité est traditionnellement étudié sous le terme de métacognition.

Une manière nouvelle d'aborder ces questions traditionnelles se révèle très prometteuse. Les aptitudes métacognitives supposent la maîtrise de l'attention et des émotions liées à l'auto-évaluation. (Koriat et al., 2006, Proust, 2007) Or l'application de neuro-techniques permet à ces formes d'action mentale "naturelles" de se développer de manière plus rapide ou ciblée. Il en existe deux types. Les interventions non-invasives sont de type pédagogique ou régulateur. L'objectif est de développer chez l'enfant ou chez l'adulte des capacités qui lui font défaut (comme l'attention, ou l'émotion) en lui proposant d'interagir avec des dispositifs construits à cet effet (ces techniques sont étudiées par Michael Posner et son groupe). Le second type d'intervention est encore essentiellement au stade de la recherche de pointe: il consiste à fournir au sujet des moyens cognitifs supplémentaires par intervention invasive sur son système nerveux. (Carmena et al. 2003, Berger et al. 2005).

L'atelier proposé se focalisera sur les techniques non-invasives. La recherche en ce domaine se fonde sur le constat que le développement cérébral s'effectue sous la double influence des gènes et de l'expérience du sujet. (Posner & Rothbart, 2005). Du fait de cette double influence, les individus scolarisés diffèrent dans la manière dont ils utilisent leur cerveau pour une seule et même tâche. L'expression des gènes, on le sait, est modulée par l'environnement prénatal et postnatal. Certains des événements qui contribuent à la modulation génétique sont aujourd'hui identifiés: par exemple la séparation précoce avec la mère peut entraîner chez le bébé d'importants déficits cognitifs, et, en particulier, attentionnels (Tremblay, 2008). Les techniques d'imagerie cérébrale permettent de repérer les réseaux mis en jeu dans l'attention, ou dans l'émotion, afin de sélectionner les types d'intervention, clinique ou pédagogique qui permettront de restaurer ces réseaux, au cas où un défaut d'expression génétique les aurait rendus inopérants. Plus généralement, l'observation comparative des images cérébrales fonctionnelles permet de déceler les différences, de localiser les lacunes éventuelles, et de restructurer si nécessaire les fonctions cognitives aux moments stratégiques du développement. Un autre souci de ces chercheurs est de combattre la conception illusoirement universaliste de l'apprenant, et de promouvoir des instruments d'intervention adaptés aux particularités de chaque cerveau.

C'est dans le domaine de l'entraînement de l'attention que ce type de recherche s'est le plus développé. (Holmboe & Johnson, 2005, Tang et al., 2007). L'attention est au cœur de l'action mentale, puisque c'est en mobilisant volontairement son attention que l'on peut non seulement apprendre, mais aussi exprimer ses préférences et organiser son temps de manière autonome. La mobilisation volontaire de l'attention est, par conséquent, la clé de voûte de la réussite scolaire et, plus largement, des apprentissages sociaux. Or des travaux expérimentaux récents ont démontré les effets de l'entraînement qualitatif de l'attention sur le

développement de l'intelligence individuelle. (Posner & Rothbart, 2005). L'enfant de 4 ans entraîné en cinq sessions d'une demi-journée à des jeux vidéos conçus pour développer sa mémoire exécutive (inhibition des distracteurs, repérage des succès et des échecs, maintien de l'attention sur une tâche) internalise durablement les méthodes d'exploration et de fixation attentionnelles qui lui sont proposées, et 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).

Les sujets présentant un déficit sont les premiers concernés par ces recherches - en l'occurrence, les enfants atteints d'un "déficit de l'attention avec hyperactivité (TDAH), soit un syndrome neurologique qui associe inattention, hyperactivité et impulsivité. On estime qu'au moins 5 % des enfants, et 4 % des adultes en sont atteints. Les travaux du groupe de Posner mentionnés plus haut (Rueda & al., 2005) préconisent l'intervention précoce sur les enfants atteints de TDAH, en leur proposant des jeux vidéos du type de ceux qui ont été proposés aux enfants normaux.

Une méthode alternative est également explorée, reposant aussi sur des techniques non-invasives, comme l'utilisation d'un casque EEG en vue d'utiliser le feedback neuronal, dont il a été question plus haut (Fuchs, et al. 2003, Strehl et al., 2006). La méthode la plus communément utilisée propose à l'enfant un jeu vidéo où il s'agit d'atteindre des valeurs cibles (représentées par exemple par la vitesse relative de divers avions). Dans sa structure, la tâche est un entraînement par biofeedback, où le sujet est invité à atteindre une valeur cible en visualisant ses propres états mentaux/neuronaux. Les valeurs observées sont données par les fréquences des ondes neuronales recueillies par le casque. Ces fréquences sont en effet distinctivement modulées par l'éveil et par l'attention focalisée. Il est démontré que les sujets tirent de l'exercice régulier à ces jeux une meilleure capacité à se concentrer sur leurs tâches et à résister à leur impulsivité. Cette technique, largement utilisée en Amérique du Nord, permet à l'enfant avec TDAH de suspendre progressivement la prise de Ritaline.

Un second domaine où le neurofeedback a un champ d'application prometteur est celui du développement émotionnel. On appelle "psychopathie" la perturbation de l'émotion qui occasionne un manque de conscience morale, associé à une faible disposition à reporter la gratification de ses propres désirs, en particulier ceux qui mettent en jeu l'agressivité ou à la sexualité. Les psychopathes ont un déficit métabolique cérébral du "circuit de la peur", impliquant les aires préfrontale et limbique: insula, cingulé antérieur, et amygdale (Blair et al., 2005, Birbaumer et al., 2005). L'insula antérieure étant centralement impliquée dans la perception de la douleur (la sienne et celle d'autrui), la thérapie neuronale vise à restaurer l'activité de cette zone, tablant sur le fait que le rétablissement du circuit de la peur résultera de la réactivité de l'insula (Caria et al. 2007).

Le bilan de ces premiers travaux est suffisamment encourageant pour qu'ils ouvrent des perspectives nouvelles à la mise en oeuvre de moyens pédagogiques nouveaux. L'atelier approfondira trois types d'application:

- 1) des jeux vidéos avec feedback neuronal, portant sur diverses compétences-clé, comme l'attention et l'émotion, réservés *aux sujets déficitaires*.
- 2) des jeux vidéos sans feedback neuronal, corrélés *au développement standard* de la mémoire exécutive.
- 3) des matériaux pédagogiques étudiés dans leur dynamique pour développer et calibrer *la confiance en soi* des apprenants. Le développement de la confiance en soi, dont on connaît le rôle clé dans la motivation à apprendre, reste pour l'instant mal compris, ce qui condamne la pédagogie à poursuivre son oscillation entre l'extrême "positivation" favorisée en Amérique du Nord et jugement globalement correctif, propre au système français.

Les enjeux sociétaux de ces applications sont considérables: les techniques proposées peuvent constituer un instrument indispensable de réduction des inégalités biologiques et sociales entre les enfants. Le milieu scolaire sera en mesure d'utiliser ces instruments de manière routinière sans soulever l'objection légitime de la stigmatisation.

L'atelier invitera des représentants de l'industrie intéressés par des projets de recherche et développement pédagogique.

Coût prévisionnel:

20-30 PARTICIPANTS; 3000 €

Références

- Berger, T.W. & Glanzman, D.L. (eds.) 2005. *Toward Replacement Parts for the Brain, Implantable Biomimetic Electronics as Neural Prostheses*. Cambridge: MIT Press.
- Blair, J. , Mitchell, D., Mitchell, D.R., Blair K. 2005. *The Psychopath: Emotion and the Brain*. Oxford: Blackwell.
- Caria A., Veit, R., Sitaram, R., Lotze, M., Wiskopf, N. Grodd, W. & Birbaumer, N. 2007. Regulation of anterior insular cortex activity using real-time fMRI, *Neuroimage*, 35, 3, 1238-1246.
- Carmena, J.M., Lebedev, M.A., Crist, R.E., O'Doherty J.E., Santucci D.M., Dimitrov D.F., Patil P.G., Henriquez C.S., , Nicolelis M.A.L..2003. Learning to Control a Brain–Machine Interface for Reaching and Grasping by Primates, *PLOS Biology*, 1,2, 193-208.
- Fuchs, T. Birbaumer, N. Lutzenberger, W., Gruzelier, J.H. & Kaiser, J. 2003. Neurofeedback training for attention-deficit/hyperactivity disorder in children: a comparison with methylphenidate. *Applied Psychophysiology & Biofeedback*, 28, 1-12.
- Hochberg,L..R., Serruya, M.D., Friebs, G.M., Mukand, J.A., Slaeh, M. Caplan, A.H. Branner, A., Chen D., Penn, R.D. & Donoghue, J.P. 2006. Neural Ensemble Control of prosthetic devices gy a human with tetraplegia. *Nature*, 442, 164-171.
- Holmboe, K. & Johnson,, M.H., 2005. Educating Executive Attention, *PNAS*, 102, 41, 14479-80.
- Posner M.I. & Rothbart, M.K., Influencing brain networks: implications for education. *Trends in Cognitive Science*, 9, 3, 99-103.
- Proust, J. 2005. *La Nature de la Volonté*. Paris: Folio-Gallimard.
- Rueda M.R. & Posner, M.I., & Rothbart, M. K. 2005. The Development of Executive Attention: Contributions to the Emergence of Self-Regulation, *Developmental Neuropsychology*, 28, 2 573 – 594
- Rueda, M.R., Rothbart, M.K., McCandliss, B.D., Saccomanno, L., & Posner, M.I. 2005. Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention, *PNAS*, 102, 41, 14931-14936.
- Strehl, U., Leins, U. Goth, G. Klinger, C., Hionterberger, T. & Birbaumer, N. 2006. Self-regulation of slow cortical potentials – a new treatment for children with ADHD. *Pediatrics*, 118, 1530-1540.
- Tang, Y., Ma, Y., Wang, J., Fan, Y., Feng, S., Lu, Q., Yu, Q., Sui, D., Rothbart, M.K., Fan, M. & Posner, M. Short-term meditation training improves attention and self-regulation, *PNAS?* 2007. 104, 43, 17152-6.
- Tremblay, R.M. 2008. *Prévenir la violence dès la petite enfance*, Paris: Odile Jacob.