

## L'apport des neurosciences à la compréhension de l'être humain

Agentivité, contrôle et comportements humains

Plasticité cérébrale et perspectives de nouveaux traitements

### Patrick Haggard LE SENTIMENT DE CONTRÔLE

[IEA de Paris, 2015-2016]

**Patrick Haggard** est professeur de neurosciences à l'University College London. Ses recherches portent sur les déterminants de l'action volontaire, de l'auto-représentation, l'expérience corporelle, grâce à l'utilisation des méthodes des neurosciences cognitive. Son approche est interdisciplinaire, il a ainsi collaboré avec des chercheurs en philosophie, droit, psychiatrie, neurologie, danse, informatique, ingénierie... Il a publié ou co-écrit plus de 250 articles dans les meilleures revues internationales, dont très récemment *Sense of agency in the human brain* (*Nature Reviews Neuroscience*, vol. 18, mars 2017).



Patrick Haggard, 2016 ©ChDeleury

Le sentiment d'être engagé dans l'action que nous sommes en train de faire est une caractéristique essentielle de notre activité mentale. Quand je travaille sur mon ordinateur, mon expérience consciente repose d'abord sur la perception du mouvement de mes doigts sur le clavier et sur les mots qui apparaissent à l'écran. Quand je m'arrête pour me faire un café, elle se concentre sur l'enchaînement de mouvements consistant à mettre le café dans un filtre, verser de l'eau dans la machine à café, etc. Le flux de notre expérience consciente normale se définit en grande partie par la description de ce que nous sommes en train de faire. Ainsi, d'un point de vue subjectif, nous ne faisons pas qu'exécuter nos actions, nous sommes nos actions.

Avoir le sentiment de contrôler ses propres actions est une expérience tellement commune qu'il peut être difficile de l'isoler et de l'étudier de manière scientifique. Néanmoins, **exécuter un mouvement de manière volontaire et être amené à faire involontairement ce même mouvement sont deux expériences très différentes au niveau subjectif.** La stimulation magnétique transcrânienne (TMS, de l'anglais *Transcranial Magnetic Stimulation*) est une technique nouvelle, sécurisée et non-invasive permettant de stimuler certaines zones du cortex cérébral en appliquant une impulsion magnétique de l'extérieur. Lorsqu'elle est appliquée au niveau du cortex moteur primaire, elle déclenche un petit mouvement involontaire du côté du corps opposé à celui de la stimulation. De fait, ces « tics » involontaires ne sont pas du tout ressentis de la même manière qu'un même mouvement volontaire impliquant les mêmes muscles. Les mouvements provoqués par la TMS ne sont tout simplement pas ressentis comme étant « nos » mouvements.

Le propre de l'action chez l'homme est peut-être le fait que nous réalisons nos actions pour atteindre des objectifs spécifiques. Très souvent, ces objectifs induisent non seulement des modifications de notre état interne, mais également de l'environnement externe. Une des spécificités de l'esprit humain réside en sa capacité à planifier des actions qui transforment l'environnement. Quand je regarde autour de moi, quasiment tout ce que je vois est fait par l'homme, donc un produit de l'action humaine. L'ordinateur, la photo sur le

.....

## Le sentiment d'agentivité serait donc le mécanisme psychologique essentiel qui permettrait l'existence des sociétés humaines.

.....

distinguer entre les expériences volontaires et involontaires. Par exemple, les gens ont tendance à s'attribuer les conséquences d'un événement si elles sont positives, mais pas si elles sont négatives. Nos erreurs d'interprétation et nos biais d'auto-confirmation nous empêchent d'appréhender ce qui se passe réellement quand nous agissons. Nous avons donc utilisé des mesures plus simples du sentiment d'agentivité fondées sur la perception du temps. **La psychologie expérimentale, constituée en tant que science au XIX<sup>e</sup>, a donné naissance à une des méthodes les plus importantes en psychologie cognitive : la « chronométrie mentale ».** Celle-ci part de l'hypothèse que le moment auquel un phénomène vient à l'esprit peut nous renseigner sur le contenu de cette expérience, et sur les mécanismes cérébraux que la produisent. Nous avons demandé à des sujets d'appuyer sur un bouton, ce qui provoquait un son après un délai. Grâce à une horloge rotative sur un écran d'ordinateur, les participants pouvaient dire précisément où se trouvait l'aiguille au moment où ils appuyaient sur le bouton, puis où ils entendaient le son. Nous avons constaté que les participants percevaient leur mouvement sur le bouton et le son comme se produisant de manière plus rapprochée dans le temps que ce n'était le cas en réalité. Nous avons contrôlé que ces événements étaient perçus de manière plus proche de la réalité physique lorsqu'ils se produisaient indépendamment, c'est-à-dire quand les sujets appuyaient sur un bouton sans entendre de son ou entendaient un son sans appuyer sur un bouton. Nous avons prouvé que cet effet était bien lié au sentiment d'agentivité des participants en remplaçant le geste volontaire d'appuyer sur le bouton par un mouvement

mur, le café chaud dans ma tasse, tous sont des produits physiques d'une action menée par quelqu'un vers un but.

Au cours des dernières années, nous avons analysé le sentiment d'agentivité chez l'homme en étudiant comment étaient perçues des actions très simples, par exemple celle d'appuyer sur un bouton pour produire un événement extérieur comme un son.

Demander directement aux participants s'ils ont l'impression de contrôler ce type d'événements ne permet pas nécessairement de

involontaire déclenché via une TMS du cortex moteur : ces distorsions du temps perçu ne se produisaient pas. Nous avons choisi le terme de « liage intentionnel » pour faire référence à cette compression perceptuelle qui relie l'expérience d'une action à sa conséquence.

L'effet de « liage intentionnel » fournit ainsi un moyen de mesurer quantitativement le sentiment d'agentivité. Au cours des années, nous l'avons ainsi utilisé dans plusieurs expériences pour situer l'agentivité dans le contexte plus élargi du comportement humain. **Il est devenu évident que plusieurs facteurs influencent notre perception temporelle des événements.** Certains de ces facteurs sont très généraux : le simple fait de jouer deux sons l'un à la suite de l'autre de manière rapprochée dans le temps peut conduire à les percevoir comme plus proches qu'ils ne le sont réellement, en particulier si le premier son est perçu comme étant la cause du second. Cependant, d'autres facteurs sont spécifiques à l'action volontaire. Nous avons vu que l'effet de liage intentionnel était présent dans les actions qui mettent en jeu une commande motrice volontaire, mais pas dans les mouvements involontaires. Plus récemment, nous avons montré que l'effet de liage intentionnel était encore accru quand les participants devaient volontairement choisir parmi un ensemble d'actions potentielles, surtout si celles-ci avaient un résultat qualitativement ou émotionnellement pertinent pour eux. **Ceci montre bien que l'effet de liage intentionnel saisit une caractéristique essentielle des actions humaines, c'est-à-dire notre capacité à choisir entre différentes actions pour obtenir le résultat désiré, et à fonder le choix de nos actions sur la connaissance de la relation entre l'action et de son résultat.** C'est une capacité qui existe aussi chez l'animal, mais qui s'est nettement développée au cours de l'évolution du cerveau humain.

Il s'agit maintenant de comprendre en quoi le fait élémentaire d'éprouver que l'on contrôle ses actions sous-tend l'organisation sociale humaine. Lorsque nous invoquons la responsabilité d'une personne, nous supposons explicitement – ou tout du moins implicitement – qu'elle était consciente de ses actes et de leurs conséquences. À ma connaissance, toutes les sociétés humaines font appel à cette notion de responsabilité. Le sentiment d'agentivité serait donc le mécanisme psychologique essentiel qui permettrait l'existence des sociétés humaines. Il est difficile d'imaginer comment les humains pourraient interagir les uns avec les autres sans avoir le sentiment d'être les agents de leurs propres actions.

.....

### Pour aller plus loin

Retrouvez l'article intégral de Patrick Haggard ainsi que des contenus et références complémentaires sur [fellows.rfiea.fr](http://fellows.rfiea.fr)

## Yesser Hadj Belgacem Tellier

[IMéRA, IEA d'Aix-Marseille, 2016-2017]

Il y a quarante ans, les scientifiques pensaient que la clé du fonctionnement cérébral résidait dans le nombre de neurones. Aujourd'hui, les dernières découvertes en neurosciences nous indiquent qu'il s'agirait plutôt de la quantité et de la qualité des connexions entre neurones : les synapses. Les mécanismes de ces connexions, leur maintien et leur ajustement à l'expérience et à l'environnement de l'individu sont aujourd'hui très étudiés et commencent à être mieux compris. Deux grands facteurs ont été identifiés : les gènes et les phénomènes de plasticité.

Si l'on compare le cerveau à une ville, les gènes en constituent le plan avec tous les bâtiments et les infrastructures, mais les routes y sont identiques sans aucune indication ou règles de circulation. Afin de rendre cette ville fonctionnelle, il faut renforcer les axes de circulations les plus fréquentés et réduire ou détruire ceux qui le sont peu. Si un quartier devient soudain dynamique et florissant alors qu'un autre se délabre, les routes menant au nouveau quartier doivent être agrandies et rénovées au détriment de celles du second. De même, si de nombreuses tempêtes de neige ont lieu fréquemment, les routes les mieux protégées, et donc les plus utilisées, doivent être renforcées en prévision des prochaines tempêtes. La dynamique fonctionnelle de la ville sera garantie par cette constante adaptabilité aux nouvelles conditions. Dans le

cerveau, ce rôle est tenu par la plasticité. Cette dernière peut être considérée comme le changement dans le temps de la structure et du fonctionnement du cerveau. La dimension temporelle est très importante : ces changements peuvent avoir lieu à court ou à long terme et avoir une durée variable. De plus, dans de nombreux cas, la plasticité ne peut avoir lieu que durant une période limitée appelée période critique. Enfin, ces changements peuvent se manifester aux niveaux génétiques, moléculaires, cellulaires, physiologiques et comportementaux. Il est à présent admis que la plasticité constitue une base du fonctionnement cérébral.

Chercheur en neurosciences à l'université de Californie (États-Unis) depuis 10 ans après l'obtention de son doctorat à l'université Paris-Sud, **Yesser Hadj Belgacem Tellier** travaille sur le développement de techniques d'imagerie moléculaire in vivo et in vitro, d'optogénétique, ainsi que d'immunohistochimie. Ses recherches portent plus spécifiquement aujourd'hui sur le développement et la régénération de motoneurons spinaux. Il a récemment co-écrit *The Many Hats of Sonic Hedgehog Signaling in Nervous System Development and Disease* (Journal of Developmental Biology, 2016).



Yesser Hadj Belgacem Tellier, 2016 © ChDeleury

## LA PLASTICITÉ CÉRÉBRALE

Bien qu'agissant à de très nombreux niveaux, c'est au niveau des synapses (plasticité synaptique) qu'elle est la plus étudiée et corrélée aux changements comportementaux. Le principe de base (Théorie de Hebb du nom du neuropsychologue canadien qui l'a formalisée à la fin des années 1940) veut que deux neurones actifs en même temps voient leur connexion synaptique se renforcer. Il existe ainsi trois grandes formes de plasticité synaptique.

**La première est une forme développementale non liée à l'expérience mais qui a lieu lors du développement du système nerveux central.** De manière simplifiée, les gènes codent un certain nombre et types de neurones qui vont former un grand nombre de connexions synaptiques pour créer un cerveau hyperconnecté. Afin d'effectuer un premier tri, des activités électriques dites « spontanées » vont permettre à certains neurones d'avoir une activité électrique synchronisée, constituant ainsi un réseau de neurones synchrones. Les synapses, liant les neurones appartenant à un même réseau synchrone, vont s'en trouver renforcées, tandis que les synapses liant des neurones extérieurs aux neurones de ces réseaux (neurones non synchronisés) vont être réduites ou éliminées. Ce phénomène permet ainsi de mettre en place les structures complexes du cerveau. **Des défauts dans le fonctionnement de cette forme de plasticité peuvent entraîner de nombreux troubles neuro-développementaux, tels que l'autisme ou l'épilepsie.**

Durant les phases plus tardives du développement du système nerveux central, **un second type de plasticité se met en place, qui affine les réseaux de neurones**

**et dépend de l'expérience sensorielle et motrice** : par exemple, si pendant l'enfance l'un des yeux est fermé sur une longue durée, seules les informations électriques en provenance de l'œil ouvert vont parvenir à la zone du cortex visuel du cerveau. Par un phénomène de plasticité, il en résulte que les synapses provenant de l'œil fermé vont disparaître. Ainsi, même si l'œil est ensuite ré-ouvert, après la période critique pour ce type de plasticité, ces synapses ne seront pas remplacées et il en résultera une incapacité à voir en trois dimensions.

**La troisième forme de plasticité est dépendante de l'expérience.** C'est le type de plasticité qui nous est le plus familier car elle affecte de nombreux aspects de notre vie quotidienne et est à la **base de notre mémoire et des nombreux changements comportementaux qui nous affectent.** Dans ce cas, l'expérience modifie les connexions synaptiques déjà existantes : par exemple, la mémorisation n'entraîne pas simplement une addition de nouvelles synapses, mais plutôt un réarrangement de connexions nerveuses pour coder et emmagasiner les apprentissages et souvenirs. La plasticité cérébrale est aussi utilisée par le cerveau lors de traumatismes ou lésions cérébrales. Dans un premier temps, les tissus nerveux trop abimés sont détruits, puis un phénomène de plasticité réorganise les connexions environnantes afin de

tenter de suppléer aux fonctions défaillantes.

**Ces découvertes sur le fonctionnement du cerveau nous permettent aujourd'hui d'envisager de nouvelles stratégies thérapeutiques pour traiter de nombreuses affections**

**cérébrales.** Ainsi, dans le cas de troubles neurodéveloppementaux, ré-ouvrir une fenêtre critique permettrait de corriger les défauts qui ont eu lieu plus tôt dans le développement en agissant sur la plasticité développementale. Dans le cas de nombreuses pathologies nerveuses, on envisage de réparer le cerveau en stimulant la plasticité synaptique afin de remodeler les circuits affectés. Cela est notamment le cas pour traiter la schizophrénie, certaines démences ou encore les conséquences d'accidents vasculaires cérébraux. Les activités cognitives entraînent un phénomène de plasticité important pour le maintien et le renforcement des synapses tout au long de la vie et peuvent donc être considérées comme un excellent outil pour se protéger contre les maladies neurodégénératives. Il existe en effet une forte corrélation entre activité intellectuelle et prévention de la maladie d'Alzheimer.

Les découvertes récentes sur la plasticité cérébrales nous permettent donc de mieux comprendre le développement et le fonctionnement du cerveau, et ouvrent de nombreuses perspectives dans la prévention et le traitement de troubles l'affectant.

4 instituts d'études avancées en réseau  
IMéRA, IEA d'Aix-Marseille  
Le Collegium, IEA de Lyon  
IEA de Nantes  
IEA de Paris

Direction éditoriale :  
Olivier Bouin  
François Nicoulaud



Fondation RFIEA  
Contactez-nous!  
Julien Ténédos  
Caroline Rainette  
contact@rfea.fr  
01 49 54 22 12



rfea.fr  
190, avenue de France  
75 013 Paris

## Pour aller plus loin

Retrouvez l'article de Yesser Hadj Belgacem Tellier, des contenus et références complémentaires sur [fellows.rfea.fr](http://fellows.rfea.fr)



### PUBLICATION

**Pierre Musso**, résident à l'**IEA de Nantes**, vient de publier *Pierre Musso and the Network Society*, Garcia, 2017. Dans cet ouvrage il développe une critique des technologies de l'information et de la

communication à travers leurs représentations imaginaires et sociales. Il s'intéresse à la manière dont la métaphore du réseau est l'un des moyens les plus puissants pour comprendre les sociétés complexes dans lesquelles nous vivons. Retraçant la généalogie du réseau imaginaire, il montre qu'il n'a pas émergé avec l'Internet mais bien avant en s'appuyant sur l'histoire des idées, de la philosophie politique et de la sociologie.

### COLLOQUE

**Thibault Gajdos**, directeur de recherche au laboratoire de psychologie cognitive (CNRS & Aix-Marseille Université) organise un séminaire sur **Does social context impact metacognition? Evidence from stereotype threat in a visual search task**. L'importance du contexte social dans les jugements métacognitifs reste aujourd'hui une question ouverte. Les situations impliquant une menace stéréotypée constituent une excellente hypothèse de départ pour y répondre. Or les premiers résultats de l'étude, présentés ici, démontrent que le contexte social peut effectivement affecter la métacognition.

**IMéRA, IEA d'Aix-Marseille**  
27 avril 2017, Maison Neuve

### COLLOQUE

**Itzhak Fried**, résident à l'**IEA de Paris**, et **Alain Berthoz**, professeur honoraire au Collège de France, organisent un conférence internationale sur **The Brains that Pull the Triggers**. La conférence rassemblera des scientifiques et universitaires issus des sciences humaines, sociales et cérébrales sur la question de la transformation de groupes d'individus « ordinaires », non-violents, en meurtriers capables des pires atrocités. Par une approche multidisciplinaire, on tentera d'élucider les mécanismes du cerveau dans ce comportement, ainsi que d'évoquer les aspects sociaux, psychologiques, éthiques et juridiques.

**IEA de Paris**  
10-12 mai 2017, Hôtel de Lauzun