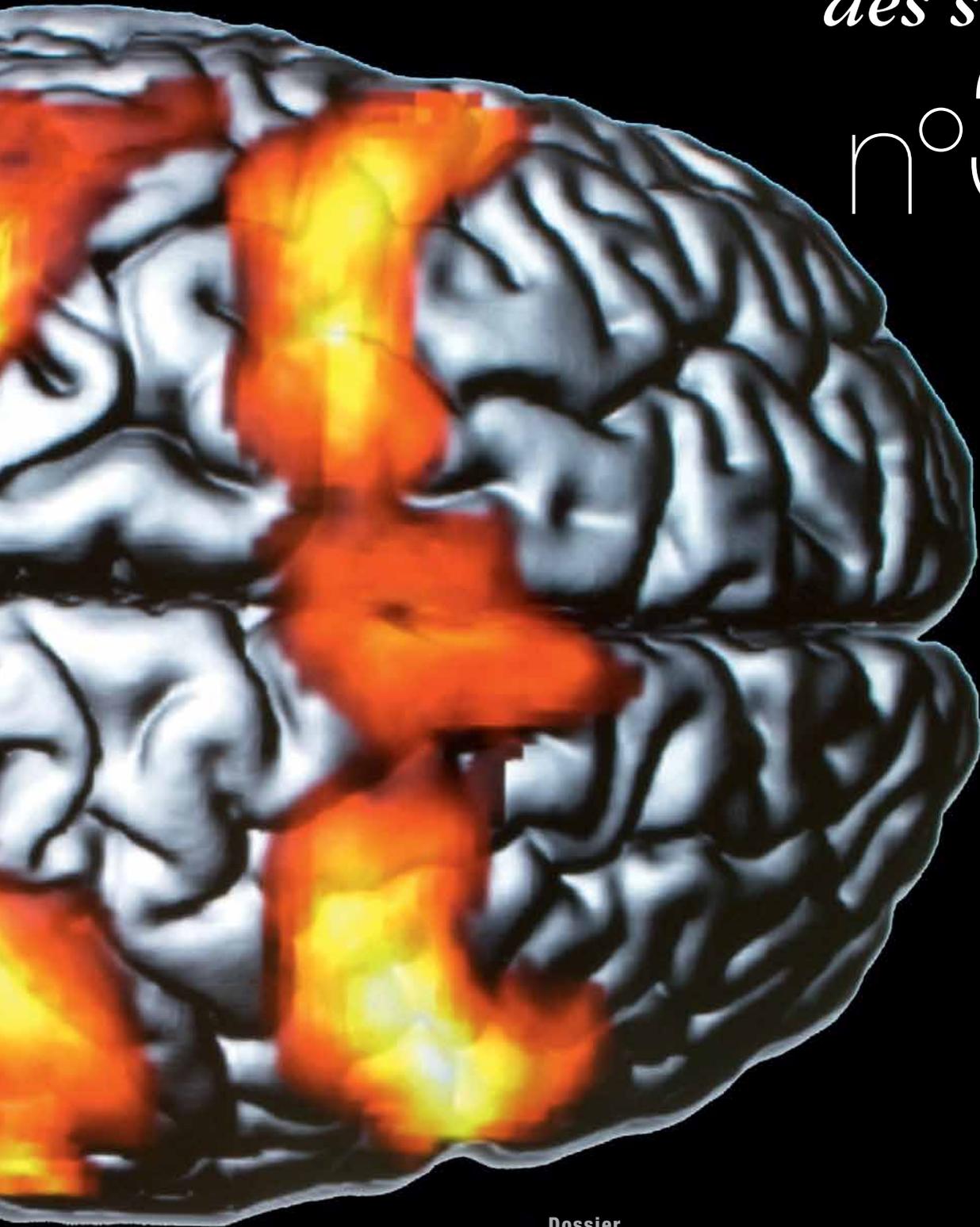


*la lettre
de l'Académie
des sciences*

n°30



Dossier

Consciences
et perturbations
de la conscience :
approche expérimentale

ÉDITORIAL**Quatre années de relations internationales (2008-2011)**

Guy Laval

Page 1

DOSSIER**Conscience et perturbations de la conscience :
approche expérimentale****Introduction au colloque**

Michel Le Moal

Page 2

**Neurosciences de la conscience : de la théorie
au lit du malade**

Lionel Naccache

Page 4

**Motivations sub-liminales et sub-personnelles :
mise en évidence expérimentale**

Mathias Pessiglione

Page 7

Incertitude et émergence du délire

Raphaël Gaillard

Page 10

**Perturbations de l'expérience de soi et de l'identité
personnelle dans la schizophrénie**

Jean-Marie Danion

Page 13

Conclusion

Michel Le Moal

Page 17

QUESTIONS D'ACTUALITÉ**« Bibliométrer » n'est pas évaluer**

Denis Jérôme et Jean-François Bach

Page 20

Le paradis (perdu ?) des écoles normales

Marc Yor

Page 23

LA VIE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES**La Fondation La main à la pâte retient les Universités
de Strasbourg et de Toulouse pour installer les deux
premières Maisons pour la science et la technologie
au service des professeurs**

Page 25

À la manière de... Antoine de Saint-Exupéry

Page 26

Rapport de l'Académie des sciences**L'accident majeur de Fukushima**

Page 28

Canal Académie

Page 28

Quatre années de relations internationales 2008-2011

Par **Guy Laval**

Membre de l'Académie des sciences,
Vice-président délégué aux relations internationales
de l'Académie des sciences.

Les relations internationales de l'Académie des sciences ont déjà fait l'objet d'un éditorial dans « La Lettre » n° 26. Ce nouvel article, deux ans plus tard, devrait, en principe, infliger à nouveau au lecteur un bilan des relations internationales au terme de la mandature de son responsable. Pour l'éviter et donner un peu de dynamisme à ce compte rendu, on se limitera à une description à grands traits en se plaçant d'emblée dans une perspective de projection vers le futur.

L'ampleur des actions entreprises pendant cette période est limitée par les problèmes budgétaires, la disponibilité des compétences et la vocation de l'Académie qui interdit toute compromission. Cependant, grâce à un soutien sans faille et compréhensif du ministère des Affaires étrangères et européennes, les problèmes financiers n'ont jamais représenté des obstacles réels aux initiatives dans le domaine international. La relative faiblesse des moyens en personnel a pu être compensée en s'appuyant sur des organismes extérieurs comme le CNRS, Campus France, le Collège de France, le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Sans eux, nous n'aurions pas pu mener à bien les manifestations de l'année France-Brésil et de l'année croisée France-Russie qui ont disséminé un nombre important d'académiciens de Irkoutsk à Sao Paolo.

Ces actions avaient pour triple objectif de renforcer les liens avec des académies sœurs, d'afficher la vigueur de la science en France et d'approfondir nos contacts avec les milieux scientifiques de ces pays. Il en a été de même pour la Chine où l'Exposition universelle de 2010 a fourni l'occasion, là encore, de donner des conférences de prestige et de lancer une collaboration avec le Consulat général de France à Shanghai pour le développement d'un site internet collaboratif sur la coopération France-Chine dans le domaine scientifique. Avec les Académies du Canada, de l'Inde et de l'Afrique du Sud des colloques conjoints sur des sujets

limités ont permis de confronter notre expérience avec celle de ces pays, qu'il s'agisse des organismes transgénétiques, des maladies infectieuses ou de l'énergie nucléaire.

La plupart de ces initiatives entraînent dans le cadre d'un effort, demandé par le Bureau de l'Académie comme par le ministère des Affaires étrangères, visant à renforcer notre interaction avec les pays dits émergents. Elles n'ont de sens que si elles perdurent et s'amplifient. Les relations d'Académie à Académie présentent l'avantage de pouvoir approfondir l'analyse des problèmes sans se soucier des difficultés politiques. Elles peuvent s'officialiser à l'aide de conventions diverses comme celles que nous avons déjà signées avec une cinquantaine de pays. Mais pour être utile, il faut que les deux parties aient la volonté de les mettre en œuvre, comme c'est le cas pour l'Inde, la Chine, l'Afrique du Sud, le Brésil. Le Mexique, la Suisse, la Thaïlande, la Mongolie en manifestent aussi l'intention.

Avec les pays développés, les échanges se font plutôt de bureau à bureau. Le bureau de notre Académie a été reçu par la National Academy of Sciences américaine, l'Académie royale des sciences de Hollande et la Royal Society britannique. En 2011, nous avons accueilli le bureau de l'académie américaine. Nous avons pu ainsi aborder dans une ambiance amicale des questions importantes et délicates comme le changement climatique, la sûreté des centrales nucléaires, l'expertise scientifique, l'attitude de la jeunesse devant la science ou l'enseignement des sciences. Ces prises de contact directes mais discrètes devraient se généraliser dans l'avenir. Les conférences des présidents d'Académies relèvent de la même philosophie. Elles rassemblent tous les présidents d'académies scientifiques pour des échanges informels sans programme ni compte rendu sur des questions impliquant science et société. Elles se tiennent chaque automne à Kyoto et parfois accompagnent des célébrations comme en 2008 à Pékin et à



Taipeh. Le plus souvent, les discussions sont centrées sur les relations des académies avec les politiciens et la société, mais, cette année, naturellement l'énergie nucléaire a occupé le devant de la scène.

Les relations multilatérales sont d'une autre nature. Elles se déroulent au sein de lourds réseaux regroupant des académies aux statuts très divers, certains très proches du notre mais d'autres s'apparentant plutôt à ceux du CNRS ou de l'INSERM. L'unanimité est rare et les frustrations inévitables. L'administration est pesante. Pourtant, ces réseaux apparaissent comme des ingrédients indispensables à la vie scientifique internationale et c'est pourquoi nous avons tenu à conserver nos positions dans leurs structures dirigeantes. Ils sont un lieu d'échange et d'entraide entre les scientifiques de tous les continents, de toutes les cultures, de tous les régimes politiques, tout au moins de ceux qui respectent l'indépendance des académies. Ils peuvent acquérir le statut d'interlocuteur pour les grandes organisations internationales comme ce fut le cas pour la constitution du comité chargé de réformer les procédures du GIEC. Ils sont les outils adaptés à la diffusion mondiale de méthodes ou de techniques. Notre délégation à l'enseignement et à la formation en a fait l'expérience avec un grand succès pour *La main à la pâte*.

À ces réseaux globaux s'ajoutent des réseaux régionaux. En Europe, ils se superposent aux diverses organisations de l'Union Européenne et peinent à trouver une

place. Peut-être devraient-ils devenir des réseaux satellites du réseau mondial, permettant ainsi de nombreuses économies, une meilleure utilisation du personnel administratif et une coordination plus efficace de leurs politiques. L'Académie des sciences, sous l'impulsion d'André Capron, s'est aussi dotée, depuis 2007, d'un réseau régional centré sur les pays bordant la Méditerranée. Ce réseau, en phase avec les projets politiques du moment en France et en Europe, apporte un outil de concertation qui reste à l'écart des conflits et des révolutions. Il a certainement un bel avenir devant lui et un champ d'action étendu.

Enfin, on ne peut passer sous silence la réunion annuelle des Académies des sciences du G8. Avec le concours des principales Académies des pays émergents et de l'Afrique, les scientifiques y donnent la preuve qu'un accord international est possible sur les remèdes à apporter aux grands défis globaux de notre époque comme le changement climatique global, le développement durable, le droit à la santé, l'éducation. À l'occasion de la session de 2011 sous présidence française, l'Académie des sciences a mis l'accent sur la nécessité de suivre et d'évaluer la mise en œuvre effective des recommandations élaborées en commun.

Foisonnantes, soumises aux aléas de l'actualité, multiformes, les relations internationales maintiennent l'Académie des sciences en prise directe sur les événements du monde et sont un facteur clé de son dynamisme ■

L'Académie des sciences et l'Académie nationale de médecine se sont réunies lors d'une séance commune le 5 avril 2011, pour organiser un colloque

« Consciences et perturbations de la conscience : approche expérimentale »

Introduction au colloque

Par **Michel Le Moal**
Membre de l'Académie des sciences,
professeur émérite
à l'université Victor-Ségalen
de Bordeaux.

Le professeur Henri Lôo, Membre de l'Académie de médecine et professeur de psychiatrie au Centre hospitalier Sainte-Anne et à l'université René Descartes, introduit le colloque en rappelant la polysémie du terme « Conscience » et les usages variés du concept auxquels est confrontée la psychiatrie dans sa pratique clinique. Henri Lôo rappelle certaines questions relevant également du champ de la psychopathologie : la prise de conscience, la conscience et l'approche morale de soi, les dimensions subjectives de la connaissance de soi et du monde sensoriel, les relations entre inconscient et conscience, la conscience du trouble et l'activité psychothérapeutique, l'approche de la conscience de l'autre par l'empathie nécessaire aux liens à résonance

affective entre soi et les autres, l'auto-analyse de l'envahissement du sujet par une condition dépressive et des sensations et des mémoires qui l'accompagne. Enfin il faut noter la dissolution de ces va et vient entre inconscient et prise de conscience en raison de la fixation des croyances dans les délires psychotiques. Quatre communications ont été présentées. Les deux premières, Lionel Naccache et Mathias Pessiglione, ont débattu de questions se rapportant explicitement à la conscience et à ses substrats neurobiologiques, les deux suivantes (Raphaël Gaillard, Jean-Marie Danion) concernaient les relations entre conscience et maladies mentales et plus précisément l'approche expérimentale des symptômes fondamentaux des syndromes schizophréniques ■



Neurosciences de la conscience : de la théorie au lit du malade

Par **Lionel Naccache**

Neurologue à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière,
Pôle des maladies du système nerveux, Paris.
CRICM, UMR 975 Neuropsychology & Neuroimaging unit,
Hôpital de la Pitié-Salpêtrière, Paris.
Professeur à l'université Pierre-et-Marie-Curie, Paris.

Depuis une quinzaine d'années, d'importants progrès expérimentaux et théoriques ont été réalisés dans le domaine des neurosciences de la conscience, et en particulier dans l'étude de la prise de conscience d'une information perceptible. Ces progrès proviennent notamment d'explorations neuropsychologiques originales de malades neurologiques, et des avancées des méthodes de neuro-imagerie fonctionnelle (1). Depuis peu, ces découvertes trouvent des applications médicales afin d'améliorer la prise en charge des malades souffrant de troubles de la conscience (ex : états de comas, états végétatifs, patients non-communicants ou patients paralysés). En précisant à la fois le diagnostic et le pronostic de ces malades, ces nouveaux outils ouvrent de nombreuses perspectives aux conséquences éthiques, sociales et philosophiques non négligeables.

Applications médicales

Le champ médical qui bénéficie le plus de ces avancées est celui du diagnostic des états de conscience dans la population de malades peu ou non-communicants (comas, états végétatifs, états « pauci-rela-

tionnels) : cet individu est-il conscient ? Lorsqu'un patient ne peut communiquer ses états conscients à un examinateur, deux hypothèses sont possibles : soit le patient en question n'est pas conscient, soit il est conscient mais ne peut pas communiquer ses états mentaux de manière comportementale (langage, gestes) comme c'est classiquement le cas par exemple chez les malades souffrant de « locked-in syndrome » suite à un accident vasculaire cérébral de la région médiane de la protubérance. Le groupe de Liège dirigé par Steven Laureys a le premier investigué en imagerie cérébrale fonctionnelle cette population très hétérogène de patients chez lesquels les données cliniques sont très limitées. Laureys a ainsi montré, à l'aide d'enregistrements en caméra à positons puis en IRM fonctionnelle, qu'il pouvait encore exister des îlots d'activation cérébrale lorsque l'on stimule (auditivement ou visuellement) des malades en état végétatif, en accord avec le modèle de l'espace de travail global (2, 3) développé par Stanislas Dehaene, Jean-Pierre Changeux et moi-même. Par contre il n'existe pas chez de tels patients, qui sont éveillés mais inconscients, d'activation du vaste réseau cérébral distribué qui accompagne la prise de conscience. À Cambridge, Owen et ses collègues ont élaboré un paradigme « actif »

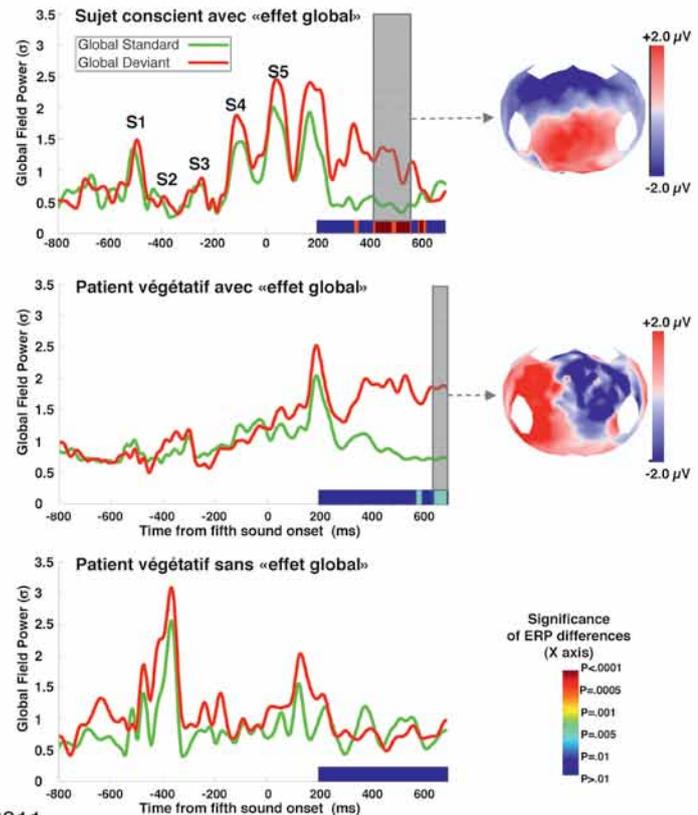


au cours duquel ils demandent aux malades d'imaginer plusieurs situations (ex: jouer au tennis, se promener chez soi) tout en enregistrant l'activation cérébrale en IRM fonctionnelle (4). Ce test a permis de corriger quelques « erreurs cliniques » en révélant des capacités cognitives davantage préservées qu'on ne pouvait l'imaginer chez de (très) rares malades cliniquement considérés comme étant végétatifs et donc inconscients. Sur le plan électrophysiologique nous avons récemment conçu un nouveau test qui permet d'identifier la perception consciente, et qui s'inspire directement de nos résultats expérimentaux et théoriques: des séries de sons sont délivrées au malade qui reçoit l'instruction de deviner la structure temporelle de ces sons et de compter le nombre d'essais dans lesquels cette régularité est violée (5). Alors que le cerveau peut répondre de manière inconsciente à des violations d'une régularité définie sur une brève échelle temporelle (quelques secondes) (6, 7), la dé-

tection d'une violation d'une régularité définie sur une échelle bien plus longue (dizaines de secondes) exige un maintien actif de l'information en mémoire de travail en accord avec le modèle de l'espace de travail global (8). Ces nouvelles approches connaissent des développements rapides et commencent à être utilisées dans plusieurs centres hospitaliers.

Perspectives immédiates

L'apparition de modèles neuro-scientifiques explicites de la prise de conscience stimule de nombreux projets parmi lesquels figurent la capacité à décoder en temps réel le contenu conscient d'un sujet, c'est-à-dire éclairer de manière originale et très innovante le concept de « flux de la conscience » de William James. La mise en évidence de certaines propriétés psychologiques et cérébrales de la conscience ouvre également de nouvelles pistes à de vieilles et fascinantes



Adapté de Faugeras, ... & Naccache *Neurology* 2011

Test auditif de prise de conscience

L'EEG est enregistré au lit du malade à l'aide d'un système à haute résolution spatiale (photo de gauche).

Trois exemples de résultats sont indiqués à droite : celui d'un sujet contrôlé conscient (haut) qui présente la signature électrophysiologique de prise de conscience des « violations » de la règle auditive utilisée dans l'expérience; celui d'un malade cliniquement végétatif depuis quelques jours qui présente également une réponse positive à ce test (milieu) et qui a présenté des signes cliniques de conscience 3 jours après l'enregistrement; et celui d'un malade végétatif présentant un résultat négatif à ce test (bas). Si la très grande majorité des patients végétatifs présentent un résultat négatif à ce test, la présence d'un résultat positif suggère que le patient pourrait être conscient (état de conscience minimale ou de meilleure qualité).

questions : à quel moment du développement ces propriétés de la conscience apparaissent-elles? Quelles sont les autres espèces animales qui disposent de ces briques élémentaires de la conscience? Au-delà de la prise de conscience, comment surviennent les processus de narration et d'interprétation qui semblent accompagner toute prise de conscience (9)? Comment construisons-nous l'univers subjectif dans lequel nous habitons consciemment? Enfin du point de vue des applications médicales, au-delà de l'amélioration diagnostique, il est possible d'envisager des interventions visant à restaurer une fonctionnalité consciente chez les malades souffrant de troubles de la conscience (exemple récent: (10)) ■

Références

1. Naccache, L. (2008) in *The neurology of consciousness: cognitive neuroscience and neuropathology*, eds. Laureys, S. & Tononi, G. (Academic Press, London), pp. 271-281.

2. Laureys, S., Owen, A. M. & Schiff, N. D. (2004) *Lancet Neurol* 3, 537-46.
3. Laureys, S., Faymonville, M. E., Degueldre, C., Fiore, G. D., Damas, P., Lambermont, B., Janssens, N., Aerts, J., Franck, G., Luxen, A., Moonen, G., Lamy, M. & Maquet, P. (2000) *Brain* 123 (Pt 8), 1589-601.
4. Owen, A. M., Coleman, M. R., Boly, M., Davis, M. H., Laureys, S. & Pickard, J. D. (2006) *Science* 313, 1402.
5. Bekinschtein, T. A., Dehaene, S., Rohaut, B., Tadel, F., Cohen, L. & Naccache, L. (2009) *Proc Natl Acad Sci U S A* 106, 1672-7.
6. Kane, N. M., Curry, S. H., Butler, S. R. & Cummins, B. H. (1993) *Lancet* 341, 688.
7. Fischer, C., Luaute, J., Adeleine, P. & Morlet, D. (2004) *Neurology* 63, 669-73.
8. Faugeras, F., Rohaut, B., Weiss, N., Bekinschtein, T. A., Galanaud, D., Puybasset, L., Bolgert, F., Sergent, C., Cohen, L., Dehaene, S. & Naccache, L. (2011) *Neurology* 77, 264-8.
9. Naccache, L. (2006) *Le Nouvel Inconscient. Freud, Christophe Colomb des neurosciences*. (Odile Jacob, Paris).
10. Schiff, N. D., Giacino, J. T., Kalmar, K., Victor, J. D., Baker, K., Gerber, M., Fritz, B., Eisenberg, B., Biondi, T., O'Connor, J., Kobylarz, E. J., Farris, S., Machado, A., McCagg, C., Plum, F., Fins, J. J. & Rezaei, A. R. (2007) *Nature* 448, 600-3.

Motivations sub-liminales et sub-personnelles: mise en évidence expérimentale

Par **Mathias Pessiglione**

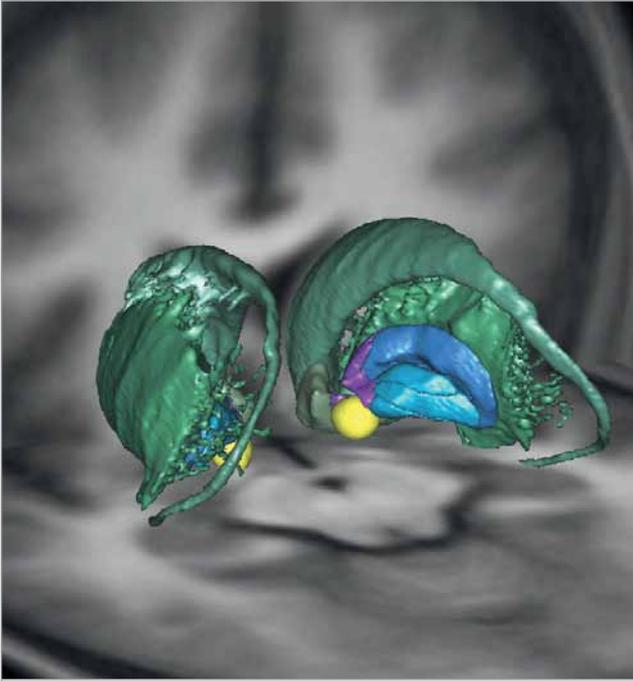
Institut du cerveau et de la moelle épinière,
Hôpital de la Pitié-Salpêtrière, Paris.

« **M**angez du pop-corn » est sans doute un des messages subliminaux les plus célèbres. En 1957, les propriétaires d'un cinéma américain l'avaient intercalé entre les images d'un film, de sorte que les spectateurs ne pouvaient pas le détecter. Lorsqu'ils annoncèrent que leurs ventes de pop-corn avaient décuplé, on salua l'invention d'une méthode révolutionnaire: la publicité subliminale. En réalité le chiffre des ventes était tout simplement fabriqué, et personne ne put démontrer par la suite le moindre effet des messages subliminaux sur les choix des électeurs ou des consommateurs. Mais le mythe était né, entraînant une réaction paranoïaque de grande ampleur. Celle-ci était alimentée par les théories freudiennes suggérant qu'on ne peut pas se défendre contre les publicités subliminales, parce qu'elles s'adressent directement à l'inconscient. L'objet de ce travail est de revisiter le concept de motivation subliminale avec une approche expérimentale croisant des techniques de masquage perceptuel et de motivation par incitation monétaire.

La quête du *limen*, c'est-à-dire du seuil en dessous duquel les stimuli ne sont pas perçus mais influencent néanmoins le comportement, est aussi vieille que la psychologie expérimentale. Aux commencements le critère retenu était subjectif: on demandait simplement aux sujets de dire s'ils avaient perçu le stimulus. Il renvoie à une définition réflexive de la conscience: le sujet doit juger s'il a eu ou non l'expérience de percevoir le stimulus. Ce critère a ensuite été critiqué car il dépend beaucoup de la façon dont les sujets interprètent la question. Les chercheurs se sont donc tournés vers un critère objectif: la perception était dite consciente si les sujets parviennent à discriminer

les stimuli mieux que le hasard. Cela correspond à la conscience au sens de l'accès: le sujet est conscient du stimulus s'il peut rapporter son contenu (verbalement ou non). Le problème est qu'on risque d'éliminer avec ce critère contraignant les phénomènes subconscients qu'on cherche à mettre en évidence. Pour démontrer l'existence d'un traitement subliminal, il faut en effet pouvoir observer un effet du stimulus non détecté sur le comportement. Autrement dit, même si la performance du sujet reste au niveau du hasard sur une mesure directe de discrimination, elle doit s'en écarter sur une autre mesure, moins directe.

Cette dissociation entre mesures directes et indirectes est aujourd'hui la méthode standard pour démontrer l'existence d'un traitement subliminal. Cette méthode, alliée au progrès des techniques de masquage perceptif, a connu de nombreux succès, et l'existence de perceptions subliminales est maintenant largement reconnue. En neuroscience, la théorie dominante est celle de l'espace de travail global (Dehaene et al., 2006). Celle-ci suppose que les traitements opérés par des modules cérébraux isolés restent non conscients. Leur contenu devient accessible à la conscience si les modules se connectent à un espace commun, implémenté dans un large réseau fronto-pariétal, qui rend la représentation disponible pour différentes utilisations. Dans la hiérarchie des traitements perceptifs, le niveau atteint par les représentations subliminales reste sujet à controverses. Les études récentes suggèrent cependant que les traitements non conscients sont beaucoup plus riches qu'on ne le pensait au départ, et incluent notamment des aspects sémantiques. Curieusement, les aspects motivationnels des stimuli subliminaux ont été assez peu étudiés. La motivation est un concept du sens commun, qui peut avoir de nombreuses significations et qui est donc difficile à opérationnaliser. On parlera ici de motivation par incitation, un concept utilisé en expérimentation animale, où on utilise des récompenses pour motiver un effort



Une activation 3D des régions cérébrales responsables de la motivation subliminale.

(Berridge, 2004). Chez l'homme, on utilise volontiers l'argent comme récompense, parce qu'il fonctionne de manière universelle, parce qu'il est facile à quantifier et parce qu'il n'engendre pas de satiété. Cela permet également d'établir un lien avec les incitations monétaires dont on parle en économie. Dans notre paradigme, on propose au sujet différentes sommes d'argent, induisant ainsi différents états motivationnels. On informe le sujet que plus il serre fort la poignée qu'il a en main, plus grande sera la fraction de l'enjeu monétaire qu'il pourra garder. Dans ces conditions, les sujets adaptent leur effort à la somme d'argent proposée, selon le phénomène attendu de motivation par incitation.

Afin de masquer les enjeux, nous les avons présentés très brièvement, sous forme de pièces de monnaie photographiées et affichées sur un écran d'ordinateur. Ces photographies étaient précédées et suivies de masques, c'est-à-dire d'images qui leur ressemblent sur le plan de la forme et de la couleur. Si on les interroge sur leurs perceptions (critère subjectif), les sujets disent ne pas voir les pièces de monnaie. Dans les tests de discrimination (critère objectif), où il s'agit de dire par exemple si l'enjeu est d'un centime ou d'un euro, les sujets ne faisaient pas mieux que le hasard. Pourtant ils exerçaient significativement plus de force pour les euros que pour les centimes (Pessiglione et al., 2007). On a donc bien un phénomène de motivation subliminale: même lorsqu'ils ne percevaient pas consciemment les enjeux, les sujets fournissaient davantage d'effort pour des montants plus importants. Cet effet était accompagné d'une augmentation de la réponse électrodermale pour les enjeux les plus importants, témoignant d'une participation émotionnelle des

sujets. L'IRM fonctionnelle a montré que cette motivation pour un effort physique, qu'elle soit consciente ou inconsciente, recrute de façon bilatérale les régions limbiques des ganglions de la base. En termes d'activation cérébrale comme en termes d'effet comportemental, la différence entre motivation subliminale et consciente est essentiellement quantitative.

Nous avons ensuite cherché à savoir si on pouvait motiver la moitié d'un sujet, et donc constituer la preuve du concept de motivation subpersonnelle. Les pièces de monnaie annonçant les enjeux étaient présentées dans l'un des deux hémichamps visuels, et selon la session expérimentale les sujets devaient serrer la pince soit avec leur main droite soit avec leur main gauche. Les résultats ont montré qu'en conditions subliminales l'effet motivationnel, c'est-à-dire la différence de force entre les euros et les centimes, ne s'exprimait que lorsque les pièces étaient flashées du côté ipsilatéral à la main produisant l'effort (Schmidt et al., sous presse). Ainsi il est possible de motiver un hémisphère indépendamment de l'autre, à l'encontre des conceptions philosophiques classiques pour lesquelles la motivation est un processus central qui s'adresse au niveau du sujet. Cette observation peut être rapprochée du syndrome manifesté par les patients dont les hémisphères ont été déconnectés, où les deux mains semblent suivre par des motivations différentes. Lorsque les enjeux étaient parfaitement visibles en revanche, l'effet motivationnel s'exerçait quelle que soit la main utilisée. Ces résultats s'accordent bien avec la théorie de l'espace de travail global, selon laquelle les incitations non conscientes resteraient encapsulées dans des modules locaux, tandis que les incitations conscientes pourraient être partagées par l'ensemble des modules. Ils ouvrent ainsi la voie à une conception modulaire de la motivation ■

Références

- Berridge KC (2004) Motivation concepts in behavioral neuroscience. *Physiol Behav* 81 : 179-209.
- Dehaene S, Changeux JP, Naccache L, Sackur J, Sergent C (2006) Conscious, preconscious, and subliminal processing: a testable taxonomy. *Trends Cogn Sci* 10: 204-211.
- Pessiglione M, Schmidt L, Draganski B, Kalisch R, Lau H, Dolan RJ, Frith CD (2007) How the brain translates money into force: a neuroimaging study of subliminal motivation. *Science* 316: 904-906.
- Schmidt L, Palminteri S, Lafargue G and Pessiglione M (2010) Splitting motivation: unilateral effects of subliminal incentives. *Psychol Sci* 21(7):977-83.



Incertitude et émergence du délire

Par **Raphaël Gaillard**

Université Paris-Descartes, Sorbonne-Paris-Cité,
Centre hospitalier Sainte-Anne, Paris.

Peut-on modéliser grâce aux neurosciences cognitives les troubles psychiatriques et plus particulièrement le délire ?

L'objectif est de déterminer les conditions d'émergence de l'idée délirante et par la suite de rendre compte de son incorrigibilité au gré de la conviction intime inébranlable du patient. Pour tenter de s'affranchir de l'hétérogénéité clinique des troubles psychotiques, ainsi que du facteur confondant que constituent les traitements psychotropes dans la plupart des études (une modification mise en évidence peut être la conséquence de la pathologie ou des traitements), il est possible de générer des symptômes psychotiques ou du moins leurs prodromes en administrant à des sujets sains des substances psychodysléptiques (qualifiées également de psychotomimétiques). Meyer-Lindenberg souligne ainsi dans sa récente revue dans *Nature* sur les données de neuro-imagerie obtenues dans la schizophrénie [1] que cette approche permettrait un renouveau de la médecine expérimentale en psychiatrie en intégrant les neurosciences dans l'évaluation précoce des essais cliniques, approche qui s'est déjà révélée "extraordinairement fructueuse" en oncologie et en hématologie.

Ainsi la kétamine, agent anesthésiant utilisé notamment chez l'enfant, provoque-t-elle à dose subanesthésique des symptômes similaires à ceux observés au début d'un épisode psychotique [2, 3]. On note ainsi une forme de perplexité, comme si l'ensemble des per-

ceptions devenaient bizarres, anormalement saillantes, et l'esquisse de thèmes délirants tels que les idées de référence, selon lesquelles le sujet pense que les signaux relevés dans l'environnement s'adressent spécifiquement à lui. D'un point de vue neurobiologique, la kétamine est un antagoniste des récepteurs NMDA au glutamate, à l'origine d'un relargage secondaire de glutamate stimulant notamment les récepteurs AMPA [4]. Les neurosciences cognitives visent à comprendre les effets cognitifs de la kétamine et les bases cérébrales de ces effets grâce à des tests simples. Ainsi dans le paradigme expérimental dit de l'allergologue, le sujet apprend qu'un individu a fait une réaction allergique au cours d'un repas comprenant des poivrons et des bananes. La survenue d'une nouvelle réaction allergique lors d'un repas ultérieur comprenant des poivrons amène à formuler l'hypothèse que les poivrons contiennent l'allergène. Il est alors possible de respecter cette hypothèse (pas d'allergie lors d'un repas contenant des bananes) ou de la violer (survenue d'une réaction allergique lors de ce repas). On montre que l'administration de kétamine chez le sujet sain (par rapport à un placebo) s'accompagne en IRM fonctionnelle du même pattern d'activations cérébrales que celui observé chez des patients psychotiques, avec notamment l'absence de différences entre respect et violation de la règle dans le cortex préfrontal latéral droit [5, 6].

Pour autant, la théorie dominante pour rendre compte des symptômes psychotiques positifs, dont le délire, est dopaminergique (hyperdopaminergie sous-corticale), comme en témoigne d'ailleurs l'efficacité des



traitements antidopaminergiques que sont les neuroleptiques [7]. Cette hyperdopaminergie aberrante conférerait une saillance excessive à des stimuli qui ne devraient pas en temps normal attirer l'attention, à l'origine d'une étrangeté que le délire viendrait expliquer dans un second temps. On peut formuler l'hypothèse que cette hyperdopaminergie sous-corticale soit liée à une dysfonction corticale primaire, au niveau préfrontal, comme le montrent des données pré-cliniques [8]. Selon cette hypothèse ce sont les anomalies glutamatergiques et GABAergiques affectant les projections préfrontales sur les structures méso-limbiques qui seraient à l'origine d'une hyperdopaminergie sous-corticale. Ainsi la kétamine est-elle également à l'origine d'une hyperdopaminergie sous-corticale, selon un auteur par un mécanisme direct [9] et plus probablement par cette perturbation de la connectivité préfronto-sous-corticale [4].

Quelles sont les structures cérébrales jouant un rôle-clé dans cette dynamique ?

Le cortex cingulaire antérieur, dont le métabolisme de base est précisément altéré par la kétamine [10], est

un bon candidat pour assurer le couplage entre cortex préfrontal et structures sous-corticales. Notons que le cortex cingulaire, dont on a pensé longtemps qu'il assurait le monitoring des situations de conflits [11] semble impliqué plus généralement dans le monitoring de l'incertitude [12]. L'altération de son fonctionnement de base ne permettrait plus de prendre en compte l'incertitude inhérente à toute prise de décision, plongeant le patient psychotique dans un état d'incertitude majeure que l'idée délirante viendrait résoudre au gré d'un scénario global (théorie du complot par exemple). Parallèlement, les structures sous-corticales étant désinhibées, l'hyperdopaminergie secondaire contribuerait au renforcement continu du délire. En effet le signal codant pour une erreur de prédiction dans une structure dopaminergique sous-corticale, le striatum, augmente le couplage de structures corticales distantes [13], et pourrait ainsi renforcer leur association sous-tendant l'idée délirante. Notre hypothèse sur les perturbations initiales du monitoring de l'incertitude par le cortex cingulaire insiste donc sur le rôle clé de la coordination secondaire de structures cérébrales distantes. Elle s'inscrit plus généralement dans la distinction que nous pouvons faire entre un fonctionne-

ment non conscient en parallèle, impliquant différentes structures cérébrales dont bien sûr les structures sous-corticales [14], et un fonctionnement conscient qui requiert la coordination de régions cérébrales distantes, le cortex préfrontal jouant un rôle important dans cette synchronisation [15, 16].

Pour tester l'hypothèse selon laquelle la kétamine induirait un défaut de monitoring de l'incertitude par le cortex cingulaire, nous avons utilisé à Cambridge dans l'équipe du Professeur Fletcher un paradigme d'apprentissage probabiliste avec renversements de la règle que des sujets sains effectuent dans une IRM sous placebo et sous kétamine. Dans ce paradigme les sujets doivent apprendre à maintenir la règle en dépit d'essais la contredisant (20 % des essais) et correspondant donc à une forme d'incertitude attendue (le risque inhérent au caractère probabiliste de la tâche). Mais ils doivent également en cas d'augmentation brutale de l'incertitude (incertitude inattendue) du fait d'un renversement de la règle (dont ils ne sont pas informés) être capables de modifier leur stratégie. C'est donc la différenciation de l'incertitude inattendue de l'incertitude attendue que les sujets doivent assurer. Qui plus est chaque essai donne lieu à un gain ou une perte d'argent, ce qui permet de mesurer la sensibilité du système dopaminergique. Nos résultats préliminaires montrent que sous kétamine les sujets ne monitorent pas correctement l'incertitude, ce qui les amène à modifier leur stratégie très souvent, y compris lors des périodes de relative stabilité des conditions expérimentales. Il existe de fait une hyperactivité du cortex préfrontal latéral sous kétamine pour le codage de l'incertitude. Enfin on observe une réponse aux gains plus forte dans le cortex orbitofrontal, une structure riche en projections dopaminergiques. L'élaboration d'un modèle computationnel, en collaboration avec l'équipe de Mathias Pessiglione, a pour objectif de mieux caractériser les perturbations de la dynamique préfronto-sous-corticale et notamment du cortex cingulaire et préfrontal latéral par la kétamine, permettant alors de modéliser les phénomènes associés à la transition psychotique. ■

Références

1. Meyer-Lindenberg, A., From maps to mechanisms through neuroimaging of schizophrenia. *Nature*, 2010. 468 7321: p. 194-202.
2. Pomarol-Clotet, E., et al., Psychological effects of ketamine in healthy volunteers. Phenomenological study. *Br J Psychiatry*, 2006. 189: p. 173-9.
3. McGhie, A. and J. Chapman, Disorders of attention and perception in early schizophrenia. *Br J Med Psychol*, 1961. 34: p. 103-16.
4. Corlett, P.R., et al., Glutamatergic model psychoses: prediction error, learning, and inference. *Neuropsychopharmacology*, 2011. 36(1): p. 294-315.
5. Corlett, P.R., et al., Frontal responses during learning predict vulnerability to the psychotogenic effects of ketamine: linking cognition, brain activity, and psychosis. *Arch Gen Psychiatry*, 2006. 63(6): p. 611-21.
6. Corlett, P.R., et al., Disrupted prediction-error signal in psychosis: evidence for an associative account of delusions. *Brain*, 2007. 130(Pt 9): p. 2387-400.
7. Kapur, S., Psychosis as a state of aberrant salience: a framework linking biology, phenomenology, and pharmacology in schizophrenia. *Am J Psychiatry*, 2003. 160(1): p. 13-23.
8. Carlsson, A., N. Waters, and M.L. Carlsson, Neurotransmitter interactions in schizophrenia--therapeutic implications. *Biol Psychiatry*, 1999. 46(10): p. 1388-95.
9. Kapur, S. and P. Seeman, NMDA receptor antagonists ketamine and PCP have direct effects on the dopamine D(2) and serotonin 5-HT(2) receptors-implications for models of schizophrenia. *Mol Psychiatry*, 2002. 7(8): p. 837-44.
10. Deakin, J.F., et al., Glutamate and the neural basis of the subjective effects of ketamine: a pharmacomagnetic resonance imaging study. *Arch Gen Psychiatry*, 2008. 65(2): p. 154-64.
11. Cohen, J.D., M. Botvinick, and C.S. Carter, Anterior cingulate and prefrontal cortex: who's in control? *Nat Neurosci*, 2000. 3(5): p. 421-3.
12. Rushworth, M.F. and T.E. Behrens, Choice, uncertainty and value in prefrontal and cingulate cortex. *Nat Neurosci*, 2008. 11(4): p. 389-97.
13. den Ouden, H.E., et al., Striatal prediction error modulates cortical coupling. *J Neurosci*, 2010. 30(9): p. 3210-9.
14. Naccache, L., et al., A direct intracranial record of emotions evoked by subliminal words. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2005. 102(21): p. 7713-7.
15. Gaillard, R., et al., Nonconscious processing of emotional words modulates conscious access. *PNAS*, 2006. 103(19): p. 7524-9.
16. Gaillard, R., et al., Converging intra-cranial markers of conscious access. *PLoS Biol*, 2009. 7(3): p. e61.

Perturbations de l'expérience de soi et de l'identité personnelle dans la schizophrénie



Par **Jean-Marie Danion**
Inserm U666, CHU Strasbourg.

L'importance des perturbations de l'expérience de soi dans la schizophrénie a été soulignée par tous les grands courants de pensée en psychiatrie. Ainsi Kraepelin évoquait-il une dissolution fondamentale de l'expérience de soi, et Bleuler une perte de l'unité et de la cohérence de la personnalité aux fondements même de la pathologie. Plus récemment, la psychiatrie existentielle et la psychiatrie phénoménologique ont mis en avant les perturbations du sentiment même de soi et l'angoisse

massive qu'elles provoquent, tandis que le courant psychanalytique a souligné l'incapacité des patients à donner sens aux événements vécus.

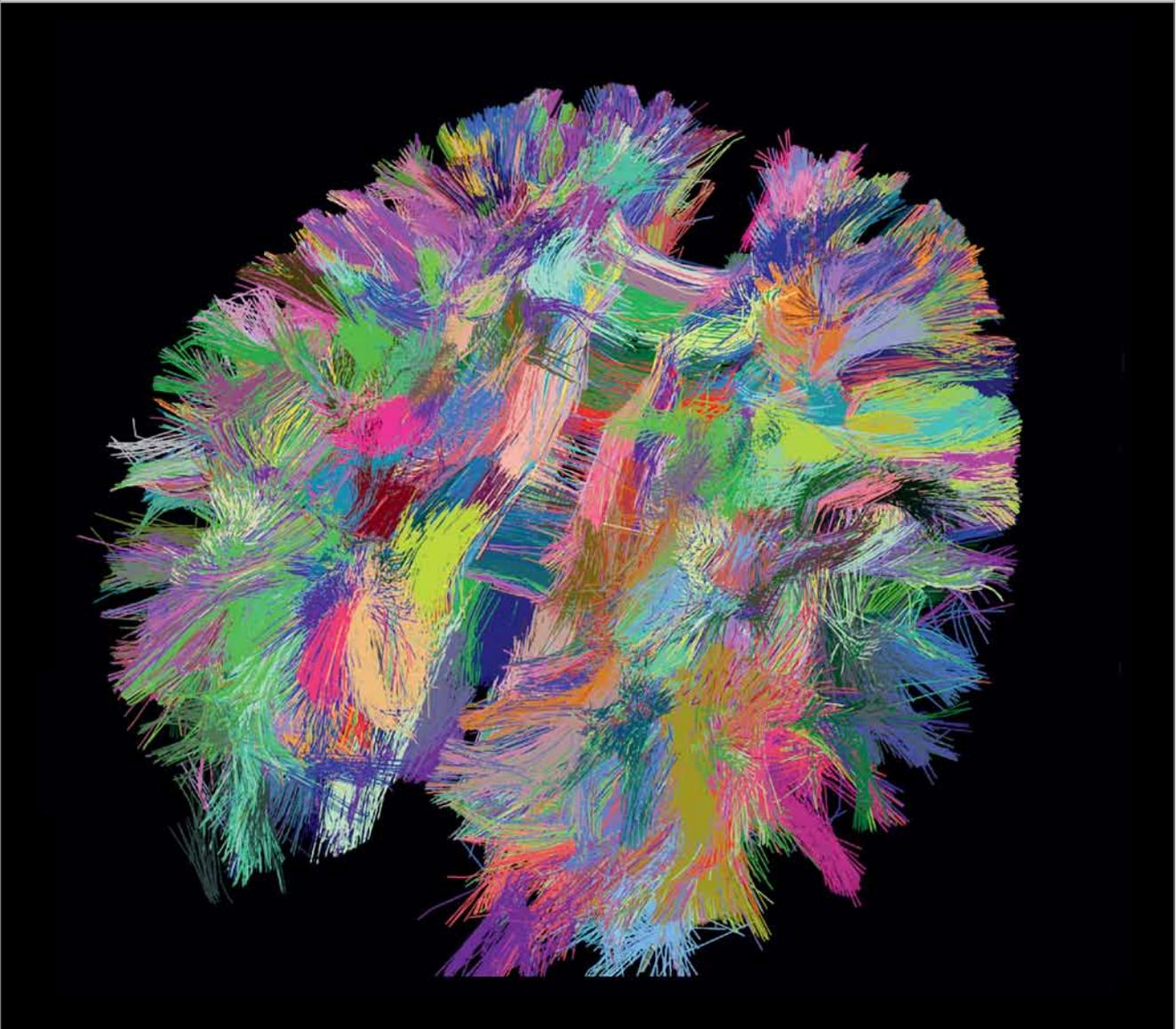
Un modèle cognitif des relations entre mémoire autobiographique et soi

Alors que toutes les grandes conceptions psychopathologiques de la schizophrénie placent les perturbations de l'expérience de soi et de l'identité personnelle au centre des descriptions et de la compréhension de la maladie, il est paradoxal de constater que longtemps, les seules données disponibles sur ces perturbations ont été issues d'approches purement cliniques ou philosophiques. Les neurosciences se sont désintéressées de cette dimension, pourtant essentielle, de la maladie vraisemblablement en raison de l'absence de modèles théoriques permettant d'aborder expérimentalement la

description et l'analyse de ces perturbations. Ce n'est que très récemment qu'une approche expérimentale des perturbations de l'expérience de soi et de l'identité personnelle dans la schizophrénie est devenue possible, grâce au développement de modèles cognitifs du soi (ou self en anglais) et de ses liens avec la mémoire autobiographique. A cet égard, le modèle de Conway revêt un intérêt particulier en ce qu'il souligne la réciprocité des relations entre la mémoire autobiographique et le soi, notamment lors de la construction de l'identité personnelle. Ce modèle distingue deux composantes majeures de l'identité personnelle, le sentiment même de soi et le soi conceptuel (Conway et Pleydell-Pearce, 2000). Le sentiment même de soi est une expérience subjective, corrélative des souvenirs autobiographiques, et correspondant à la reviviscence mentale de l'événement passé. L'individu s'éprouve lui-même dans le passé, à la

Extraction des principaux réseaux de faisceaux de substance blanche cérébrale chez l'homme à partir d'images d'IRM (imagerie par résonance magnétique) de diffusion. Cette technique d'imagerie biomédicale permet d'étudier *in vivo* des fibres de substance blanche et donc de réaliser des diagnostics pour diverses pathologies : sclérose en plaques, schizophrénie, troubles de la conscience.

CNRS Photothèque, L.S.I.I.T. Antoine Grigis, Vincent Noblet, Fabrice Heitz, Jean-Paul Armspach.



fois identique et différent. Le soi conceptuel véhicule un sens plus abstrait de soi et correspond à l'ensemble des images et des représentations de soi ainsi que des valeurs et des croyances sur soi, autrui et le monde.

Exploration du sentiment même de soi

L'exploration du sentiment même de soi repose sur des questionnaires autobiographiques dont l'approche est « en première personne » - les participants eux-mêmes évaluent les caractéristiques subjectives de leurs souvenirs - et qui couvrent des périodes de vie différentes : avant 9 ans, entre 9 ans et 19 ans, entre 20 ans et l'année précédant le test, au cours de l'année précédant le test (Danion, Cuervo et al. 2005). Toutes les caractéristiques subjectives des souvenirs dont dépend le sentiment même de soi sont altérées quelle que soit la période vie considérée, avec toutefois une aggravation des troubles observée à la fin de l'adolescence. La spécificité des souvenirs autobiographiques est ainsi diminuée (Riutort et al, 2003 ; Danion et al, 2005), de même que la richesse en détails visuels et perceptifs (Pothegadoo et al, 2011) et la capacité de revivre mentalement l'événement passé (Danion et al, 2005 ; Pernot-Marino et al, 2010). De plus, la capacité de se projeter dans l'avenir et de vivre un événement futur par anticipation est également altérée (de Oliveira et al, 2009). Ces résultats montrent que la capacité de s'éprouver soi-même, à la fois identique et différent au cours du temps, et de voyager mentalement dans le temps est altérée chez les patients. La schizophrénie est ainsi associée à une perturbation de la continuité temporelle du sentiment même de soi.

Enfin, la méthode des questionnaires autobiographiques « en première personne » permet d'étudier

la capacité des patients et des témoins d'attribuer un sens à des expériences marquantes du passé. Pour cela, il est demandé aux participants de restituer cinq souvenirs marquants, en les laissant attribuer spontanément un sens à ces souvenirs, puis en les incitant à le faire (« En quoi cet événement a-t-il été marquant et en quoi permet-il de vous définir en tant que personne? »). On constate que les patients attribuent moins souvent un sens à leurs souvenirs autobiographiques que les témoins, que ce soit spontanément ou après incitation (Berna, Bennouna-Greene et al. 2011a). Ces résultats suggèrent l'existence d'un défaut d'intégration de ces expériences au sein du soi, l'attribution d'un sens à un souvenir personnel participant de l'élaboration du soi conceptuel. Ainsi par exemple, un événement douloureux comme la disparition accidentelle d'un proche, et surtout la manière dont cet événement a été repensé ultérieurement pour en tirer les leçons éventuelles, peut-il devenir explicitement l'un des jalons d'une vocation professionnelle.

Exploration du soi conceptuel

Le soi conceptuel est également devenu accessible aux approches expérimentales. Celles-ci consistent dans un premier temps à demander aux participants d'identifier les images et représentations de soi qu'ils considèrent comme définissant leur identité - les traits de personnalité que le participant se reconnaît (par exemple le courage ou la timidité) et les rôles et fonctions qu'il est amené à exercer en famille ou en société (par exemple mère ou vendeuse). Il est ensuite demandé aux participants de restituer des souvenirs fortement liés à ces images et représentations de soi (Berna et al, 2011b ; Bennouna-Greene et al, 2011). Chez les patients schizophrènes, les images et les représentations de soi ont une tonalité plus passive que celles des témoins et reposent sur des souvenirs peu spécifiques, associés à un affaiblissement du sentiment-même de soi, et dont l'organisation hiérarchique est altérée. Ainsi, alors que l'organisation reposant sur des facteurs temporels et émotionnels est préservée, l'organisation conceptuelle des souvenirs autobiographiques sous-tendant le soi conceptuel est altérée chez les patients (Bennouna-Greene et al, 2011 ; Morise et al, 2011).

Une approche cognitive du délire de persécution

Le modèle de Conway rend enfin possible une approche cognitive du délire dans la mesure où le délire peut être conçu comme une croyance. Cette approche postule que le délire se construit selon un processus dynamique mettant en jeu des mécanismes qui ne sont pas fondamentalement différents de ceux impliqués dans la construction de n'importe quelle forme de

croissance non délirante. Le délire de persécution, le plus fréquent des délires dans la schizophrénie, se construirait ainsi progressivement par sémantisation des souvenirs d'expériences délirantes de persécution, c'est-à-dire par abstraction progressive de leur vécu commun de persécution et perte concomitante des informations spécifiques à chaque expérience particulière. Une fois constitué, le délire de persécution correspondrait à des croyances délirantes faisant partie intégrante du soi conceptuel sous la forme d'un « soi délirant ». Les résultats préliminaires sont en accord avec cette approche du délire comme croyance. Ils montrent que les croyances du délire de persécution reposent sur des souvenirs à contenu de persécution qui sont fortement sémantisés et chargés émotionnellement. Les mécanismes sous-tendant la constitution du délire de persécution ne semblent pas différents de ceux impliqués dans la constitution des croyances non délirantes. Toutefois, les patients schizophrènes pourraient être particulièrement vulnérables aux croyances délirantes dans la mesure où il existe chez eux un déséquilibre entre les émotions, qui sont exacerbées et dès lors renforcent les croyances à contenu persécutif, et les processus cognitifs, qui sont affaiblis et ne peuvent plus jouer leur rôle de mise à distance de ces croyances.

Implications thérapeutiques

Ces recherches ont des implications thérapeutiques dans la mesure où elles permettent de concevoir des psychothérapies « informées » de données empiriques issues des neurosciences cognitives. Une première direction de ces thérapies visant à renforcer l'identité défaillante des patients est de renforcer le sentiment même de soi, d'une part en encourageant les patients à augmenter la richesse des informations mémorisées pour des événements vécus quotidiennement et d'autre part, en entraînant les patients à retrouver des souvenirs de leur passé de la façon la plus détaillée possible. Une seconde direction thérapeutique consiste à les inciter à donner sens aux événements marquants de leur passé. Le but de cette intervention est de renforcer la cohérence des liens entre souvenirs autobiographiques et self. Ce type de thérapie a été utilisé avec succès dans d'autres pathologies comme la dépression ou les maladies somatiques graves comme le cancer. Enfin, les travaux sur le délire permettent de mieux comprendre les mécanismes mis en jeu lors des thérapies cognitivo-comportementales des croyances délirantes ■

Références

- Bennouna-Greene M. Berna F., Conway M.A., Rathbone C.J., Vidailhet P., Danion J.M. Self-images and related autobiographical memories in schizophrenia. *Conscious. Cogn.*, 2011, à paraître.
- Berna F., Bennouna-Greene M., Potheegadoo J., Verry P., Conway M.A., Danion J.M. Impaired ability to give a meaning to personally significant events in patients with schizophrenia. *Conscious. Cogn.*, 2011a, 20 : 703-11.
- Berna F., Bennouna-Greene M., Potheegadoo J., Verry P., Conway M.A., Danion J.M. Self-defining memories related to illness and their integration into the self in patients with schizophrenia. *Psychiatry Res.*, 2011b, 189 : 49-54.
- Conway M.A., Pleydell-Pearce C.W. The construction of autobiographical memories in the self-memory system. *Psychol. Rev.*, 2000, 107 : 261-288.
- Danion J.M., Cuervo C., Piolino P., Huron C., Riutort M., Peretti S., Eustache F. Conscious recollection in autobiographical memory: an investigation in schizophrenia. *Conscious. Cogn.*, 2005, 14 : 535-547.
- De Oliveira H., Cuervo-Lombard C., Salamé P., Danion J.M. Autonoetic awareness associated with the projection of the self into the future: an investigation in schizophrenia. *Psychiatry Res.*, 2009, 169 : 86-87.
- Morise C, Berna F, Danion JM. The organization of autobiographical memory in patients with schizophrenia. *Schizophr Res*, 2011, 128 : 156-160
- Pernot-Marino E., Schuster C., Hedelin G., Berna F., Zimmermann M.A., Danion J.M. True and false autobiographical memories in schizophrenia: preliminary results of a diary study. *Psychiatry Res.*, 2010, 179 : 1-5.
- Potheegadoo J., Cuervo-Lombard C., Berna F., Danion J.M. Distorted perception of the subjective temporal distance of autobiographical events in patients with schizophrenia. *Conscious. Cogn.*, 2011, à paraître.
- Riutort M., Cuervo C., Danion J.M., Peretti C.S., Salamé P. Reduced levels of specific autobiographical memories in schizophrenia. *Psychiatry Res.*, 2003, 117 : 35-45.

Conclusion du colloque

Par **Michel Le Moal**

Membre de l'Académie des sciences, professeur émérite
à l'université Victor-Ségalen de Bordeaux.

Par choix les orateurs ont donné au colloque une orientation expérimentale. La durée limitée des présentations n'a pas permis de référer à la polysémie du terme conscience et aux aspects théoriques par ailleurs développés dans l'introduction faite par le Pr Henri Lôo. Parmi les références connexes il est classique de citer l'expérience subjective personnelle, la prise de conscience, l'approche morale de soi, la connaissance réflexive de notre activité psychique, le libre arbitre, la volonté, et aussi l'esprit ou la pensée en général. Deux questions en débat, au cœur du problème de la conscience furent explicitées de façon différente selon les approches considérées : l'implémentation neuronale et les relations entre l'activité neuronale inconsciente et la pensée consciente.

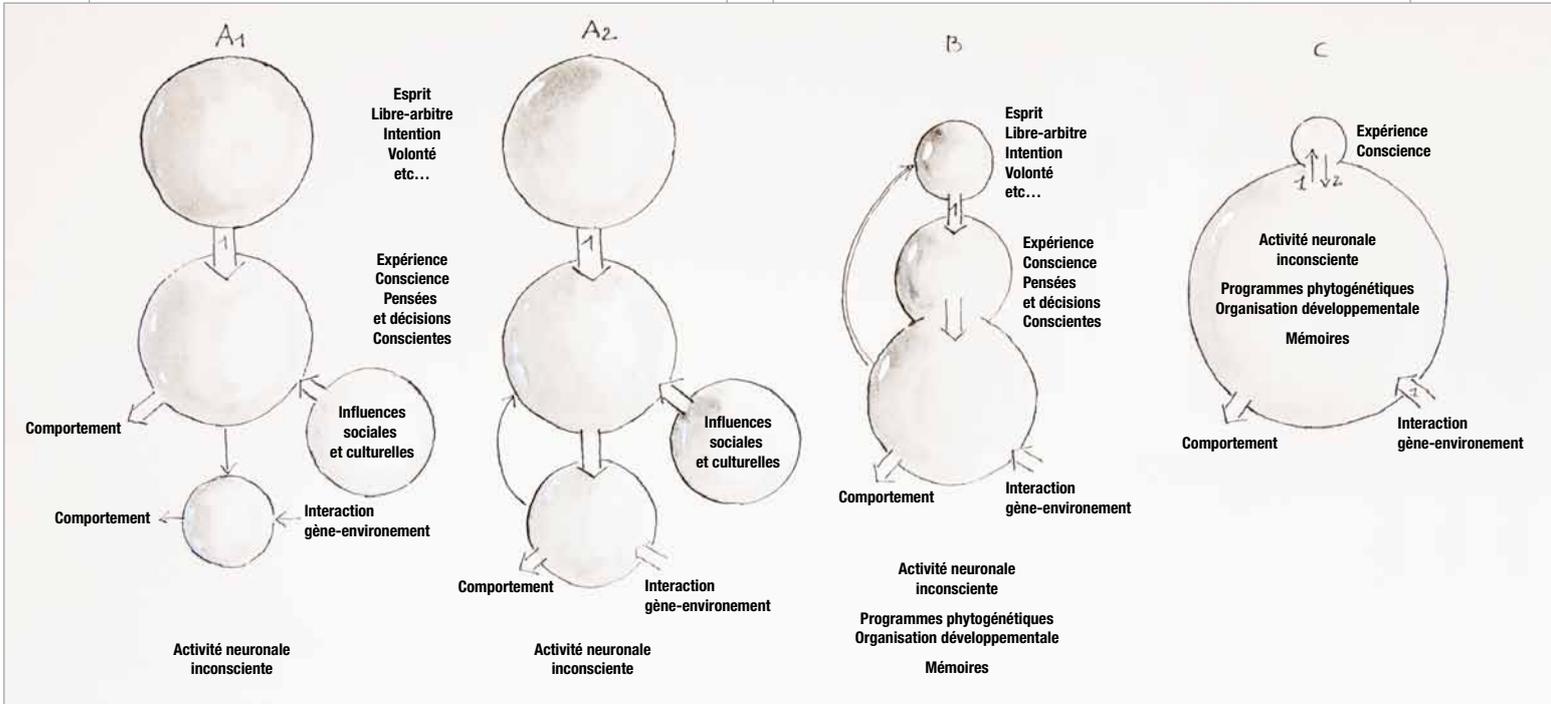
La connaissance du monde extérieur suit une voie dite « bottom-up » caudo-rostrale, des voies sensorielles aux cortex frontal et temporal. Il y aussi un transfert des connaissances en direction opposée dite « top-down », des cortex associatifs aux régions traitant les sensorialités. Il y aurait donc une bi-directionnalité, la prise de conscience résultant de l'activité « top-down ». Très succinctement trois théories seront ici évoquées, parmi de nombreuses. La théorie du système central dynamique [15] distingue deux aspects essentiels des états de conscience : d'une part ils sont illimités et il n'y en a pas deux identiques (différentiation) et d'autre part un état de conscience ne peut être décomposé en des constituants indépendants (intégration) et ceci repose sur les flux fronto-pariétaux associatifs. Une seconde théorie, dite de l'espace de travail neuronal global [3], [2], [16] implique d'une part une collection de processeurs séparés (bottom-up), anatomiquement confinés et spécialisés pour un traitement sensoriel donné, ce dernier étant réalisé inconsciemment et d'autre part des réseaux interconnectés associant de nombreuses régions (pré-frontales, pariétales, cingulaires) et qui permettrait (top-down) ce que nous expérimenterions consciemment avec toute la diversité des possibles. Cette théorie rappelle ce que Fodor [17] avait proposé avec les systèmes verticaux d'entrée des informations, cloisonnés et le système central permettant les traitements infinis des pensées associés aux mémoires autobiographiques. Enfin la troisième théorie, dite de la rétroactivation multirégionale [18] propose que la perception et le rappel des mé-

moires sont inséparables. Chaque perception déclenche la ré-expérience d'images de même nature ou d'autres modalités stockées dans les cortex associatifs. Pour être ré-expérimentées consciemment les images doivent être reconverties dans leurs formes explicites *via* des signaux « top-down » au niveau des cortex sensoriels primaires : ainsi le flux de la conscience ne serait rien d'autre qu'un présent inscrit dans les mémoires. Ces théories, et bien d'autres, ont des points communs et par certains aspects des explicitations métaphoriques proches. L'idée que les images perçues ne seraient pas un reflet direct de l'environnement est depuis longtemps débattue. La conscience serait une propriété intrinsèque reflétant des dispositions existantes d'un cerveau actif d'une certaine manière [19]. Par ailleurs, considérant le rôle essentiel d'activités de type « top-down » de nombreux auteurs estiment nécessaire une rétroaction fournie par le flux entrant émanant du « bottom-up ». En d'autres termes les images auxquelles nous sommes confrontés résulteraient de signaux qui descendraient par les systèmes sensoriels comme le comportement résulte de signaux qui descendent le long des voies motrices [20]. Enfin les états de conscience sont très souvent associés à l'activité cognitive ou à l'activité mentale. Pour beaucoup d'auteurs les processus cognitifs sont placés en majesté surplombant l'ensemble des fonctions neurobiologiques. Dans sa forme radicale cette position relève d'une réduction discutée des états mentaux qui s'est imposée au cours des trois dernières décennies. Une conception plus large s'appuie sur les travaux démontrant l'omniprésence fondamentale des émotions et états affectifs qui ont sur les opérations neuronales et les conduites une primauté organisatrice. Émotions et processus cognitifs sont interpénétrés mais la réactivité émotionnelle est primordiale [21].

La seconde question concerne les relations entre les activités inconscientes et conscientes et notamment leurs relations causales. Rappelons que l'essentiel de l'activité mentale et en particulier la plus créatrice, dans tous les domaines, est inconsciente. Pour certains auteurs l'expérience consciente ouvre un accès global au lexique mental, à la mémoire autobiographique, au contrôle volontaire sur les conduites routinières, au libre-arbitre laissant supposer une causalité allant de la conscience vers le cerveau. Il serait possible d'admettre que les pen-

sées conscientes n'acquerraient que secondairement un substrat matériel neuronal qui leur soit spécifique, celui que l'imagerie cérébrale révélerait en relation avec l'organisation des conduites. Il convient de remarquer les différences entre les constantes du temps compatibles avec l'IRM fonctionnelle et celles qui sous-tendent nos activités quotidiennes, rapides, changeantes, entremêlées parfois, prédictives et adaptées. Pour certains au-

émanant de l'environnement social et culturel sont souvent dotées d'un rôle causal sur le comportement, rôle théorisé à l'extrême au travers des conceptions relativistes-constructivistes. Cette position radicale est très souvent nuancée (A2), en particulier par l'acceptation d'une activité neuronale inconsciente et du rôle organisateur des interactions stochastiques gène-environnement. Les positions schématisées dans A1 et A2 sont en



Représentations schématiques de quelques modalités possibles des relations entre esprit-conscience et activité neuronale et de leurs relations causales. Le chiffre 1 indique l'ordre de la causalité. La largeur des flèches suggère l'importance des relations causales. A1 et A2 : modèle où l'esprit et l'expérience consciente créent le comportement, B : modèle largement utilisé, C : modèle totalement matérialiste, primat de la causalité inconsciente.

teurs l'activité neuronale de l'information précède toujours la mise en route d'un comportement [22] et guide la nature de la réponse. Enfin une large part du monde scientifique récuse à la conscience, considérée comme un épiphénomène ou une illusion, tout rôle causal dans notre activité au sein de nos environnements [23], [24], [25], [26], [27]. Ces considérations se rapportent également aux relations causales entre pensée consciente, libre arbitre, volonté, etc..., d'une part et l'activité neuronale inconsciente et le comportement, d'autre part. Quelques-unes de ces possibles relations sont représentées dans la figure 1. [Figure 1 ici]. Les modèles A1 et A2 correspondent à des causalités résultant d'un dualisme plus ou moins radical. Ces modalités sont communes et présentes dans toutes les sociétés et cultures d'une manière soit radicale (A1) soit plus modérée (A2) : des forces directrices organisent la pensée consciente et les conduites. La position extrême (A1) repose sur une négation implicite ou explicite de la biologie (anti-naturalisme) et donc de l'activité neuronale comme cause directe et unique du comportement; cependant un rôle pour le cerveau est parfois reconnu. Les informations

contradiction avec les lois fondamentales de la chimie et de la physique. Une autre position largement répandue (B) repose sur la reconnaissance du rôle du cerveau et particulièrement de l'activité neuronale inconsciente. Toutefois le raisonnement laisse parfois supposer l'acceptation implicite d'un rôle causal de forces relevant de l'esprit, de la volonté, du libre arbitre, pouvant être d'ailleurs plus ou moins contrôlés par l'activité neuronale. L'expérience consciente a une action déterminante sur le fonctionnement neuronal inconsciente doté de ses programmes phylogénétiquement acquis, des transformations développementales et d'une manière générale des interactions gène-environnement. Le modèle représenté en C est accepté essentiellement dans le monde scientifique et chez les neurobiologistes. Moniste, radicalement matérialiste, non vitaliste, il considère que l'essentiel de nos activités quotidiennes, des routines aux activités les plus créatrices résultent du fonctionnement inconscient du système nerveux. L'organisation neuronale est la matérialité de notre production mentale et rien n'existe en dehors de cette matérialité. La conscience n'est plus le moyen par lequel le comportement est influencé mais le mécanisme par lequel nous suivons éventuellement l'activité neuronale inconsciente et le comportement et qui interviendrait accessoirement sur le comportement pour le renforcer. L'apparition de la conscience au cours de la phylogénèse et de l'évo-

lution chez l'homme, et sans doute de nombreux animaux, pourrait refléter un avantage, évolutif donc, mais qui n'est pas encore bien compris.

Ces deux questions, concernant la matérialité et la causalité, ne sont pas nécessairement reliées. La recherche des substrats neuronaux peut se faire dans une perspective corrélationnelle non causale ou dans une perspective primordiale et causale. L'usage des mots, l'excitation de leurs sens fonctionnels, la recherche des relations entre fonction et matière sont autant de niveaux complexes que la science permettra (un jour) de mieux comprendre. Le sujet touche également un problème aigu des croyances et il peut arriver que ces dernières soient organisatrices de l'approche scientifique ■

Références

1. B. J. Baars, *A cognitive theory of consciousness*. Cambridge, Mass., *Cambridge University Press*, 1989.
2. B. J. Baars, In the theatre of consciousness. *Global Workspace Theory, a rigorous scientific theory of consciousness*. *JCS*, 1997, 4, 292-309.
3. B. J. Baars, *Understanding Subjectivity: Global Workspace Theory and the Resurrection of the Observing Self*. *JCS*, 1996, 3, 211-216.
4. S. Dehaene, L. Naccache, *Towards a cognitive neuroscience of consciousness: basic evidence and a workspace framework*. *Cognition*, 2001, 79, 1-37.
5. M. Pessiglione, L. Schmidt, B. Draganski, R. Kalisch, H. Lau, R. J. Dolan, C. D. Frith, *How the brain translates money into force: a neuroimaging study of subliminal motivation*. *Science*, 2007, 316, 904-906.
6. L. Schmidt, S. Palminteri, G. Lafargue, M. Pessiglione, *Splitting motivation: unilateral effects of subliminal incentives*. *Psychol Sci*, 2010, 21, 977-983.
7. E. Pomarol-Clotet, G. D. Honey, G. K. Murray, P. R. Corlett, A. R. Absalom, M. Lee, P. J. McKenna, E. T. Bullmore, P. C. Fletcher, *Psychological effects of ketamine in healthy volunteers. Phenomenological study*. *Br J Psychiatry*, 2006, 189, 173-179.
8. P. R. Corlett, G. D. Honey, M. R. Aitken, A. Dickinson, D. R. Shanks, A. R. Absalom, M. Lee, E. Pomarol-Clotet, G. K. Murray, P. J. McKenna, T. W. Robbins, E. T. Bullmore, P. C. Fletcher, *Frontal responses during learning predict vulnerability to the psychotogenic effects of ketamine: linking cognition, brain activity, and psychosis*. *Arch Gen Psychiatry*, 2006, 63, 611-621.
9. P. R. Corlett, G. K. Murray, G. D. Honey, M. R. Aitken, D. R. Shanks, T. W. Robbins, E. T. Bullmore, A. Dickinson, P. C. Fletcher, *Disrupted prediction-error signal in psychosis: evidence for an associative account of delusions*. *Brain*, 2007, 130, 2387-2400.
10. J. F. Deakin, J. Lees, S. McKie, J. E. Hallak, S. R. Williams, S. M. Dursun, *Glutamate and the neural basis of the subjective effects of ketamine: a pharmaco-magnetic resonance imaging study*. *Arch Gen Psychiatry*, 2008, 65, 154-164.
11. M. A. Conway, C. W. Pleydell-Pearce, *The construction of autobiographical memories in the self-memory system*. *Psychol Rev*, 2000, 107, 261-288.
12. J. M. Danion, C. Cuervo, P. Piolino, C. Huron, M. Riutort, C. S. Peretti, F. Eustache, *Conscious recollection in autobiographical memory: an investigation in schizophrenia*. *Conscious Cogn*, 2005, 14, 535-547.
13. P. S. Blagov, J. A. Singer, *Four dimensions of self-defining memories (specificity, meaning, content, and affect) and their relationships to self-restraint, distress, and repressive defensiveness*. *J Pers*, 2004, 72, 481-511.
14. F. Berna, M. Bennouna-Greene, J. Potheegadoo, P. Verry, M. A. Conway, J. M. Danion, *Impaired ability to give a meaning to personally significant events in patients with schizophrenia*. *Conscious Cogn*, 2011, 20, 703-711.
15. G. Tononi, G. M. Edelman, *Consciousness and complexity*. *Science*, 1998, 282, 1846-1851.
16. S. Dehaene, J. P. Changeux, *Experimental and theoretical approaches to conscious processing*. *Neuron*, 2011, 70, 200-227.
17. J. A. Fodor, *The modularity of mind: An essay on faculty psychology*. *MIT Press*, 1983, p. 145.
18. A. R. Damasio, *Time-locked multiregional retroactivation: a systems-level proposal for the neural substrates of recall and recognition*. *Cognition*, 1989, 33, 25-62.
19. R. R. Llinás, D. Paré, *Of dreaming and wakefulness*. *Neuroscience*, 1991, 44, 521-535.
20. L. Cauller, *Layer I of primary sensory neocortex: where top-down converges upon bottom-up*. *Behav Brain Res*, 1995, 71, 163-170.
21. D. Kahneman, *A perspective on judgment and choice: mapping bounded rationality*. *Am Psychol*, 2003, 58, 697-720.
22. B. Libet, C. A. Gleason, E. W. Wright, D. K. Pearl, *Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activity (readiness-potential). The unconscious initiation of a freely voluntary act*. *Brain*, 1983, 106 (Pt 3), 623-642.
23. D. M. Wegner, *The illusion of conscious will*. *Bradford Books, Cambridge: MIT Press*, 2003, p. 405.
24. S. Blackmore, *Conversations on consciousness*. *Oxford University Press*, 2006, p. 274.
25. C. S. Soon, M. Brass, H. J. Heinze, J. D. Haynes, *Unconscious determinants of free decisions in the human brain*. *Nat Neurosci*, 2008, 11, 543-545.
26. A. R. Cashmore, *The Lucretian swerve: the biological basis of human behavior and the criminal justice system*. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2010, 107, 4499-4504.
27. D. Dennett, *Are we explaining consciousness yet?* *Cognition*, 2001, 79, 221-237.

« Bibliométrer » n'est pas évaluer

Par **Denis Jérôme¹** et **Jean-François Bach²**

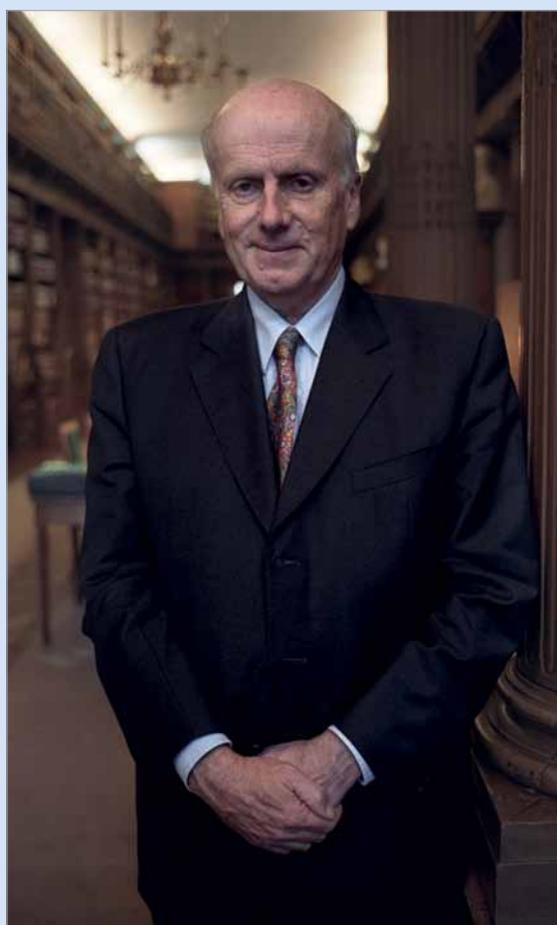
1 Membre de l'Académie des sciences, directeur de recherche émérite au CNRS.

2 Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, professeur à l'université René Descartes.

« **B**ibliométrer » (verbe que nous proposons), dérivant du substantif bibliométrie, une pratique déjà largement répandue parmi les chercheurs et les organismes de recherche dans le but d'évaluer les performances des chercheurs tant au niveau des individus que des équipes et des institutions.

L'Académie des sciences avait constaté dans son rapport du 8 juillet 2009 sur « L'Évaluation individuelle des enseignants-chercheurs et des chercheurs en sciences exactes et expérimentales³ » que l'évaluation individuelle des chercheurs par les pairs reste très subjective et soumise à de nombreux biais potentiels ; elle pose de plus des problèmes pratiques liés à la lourdeur d'un examen approfondi des dossiers, amplifié par le nombre excessif des évaluations demandées de toute part.

De nombreux chercheurs ou institutions ont tendance à penser que la bibliométrie pourrait se substituer à l'évaluation qualitative par les pairs. C'est ainsi que depuis plusieurs années, la bibliométrie est



largement utilisée dans des contextes assez divers, en particulier en France où certains organismes y recourent de façon régulière. L'Académie des sciences a souhaité dans son rapport du 17 janvier 2011, « Du bon usage de la bibliométrie pour l'évaluation individuelle des chercheurs⁴ », examiner les conditions de son utilisation.

La réflexion menée par l'Académie a révélé l'existence d'opinions très contrastées sur le sujet. En dépit de ce que certains ont demandé, il paraît irréaliste de remettre en question la bibliométrie qui restera utilisée en tout état de cause. L'objectif est plutôt d'identifier l'utilisation erronée qui en est souvent faite et de cerner les limites de sa signification et de son utilisation. De nombreux pays anglo-saxons utilisent déjà officiellement la bibliométrie au niveau de l'évaluation des performances des universités et organismes de recherche. Au niveau individuel, la lecture des résultats d'un sondage effectué par *Nature* auprès de 150 chercheurs, enseignants-chercheurs ou responsables de départements (en juin 2010) fait ressortir que 70% des sondés pensent que les considérations bibliométriques sont utilisées pour le recrutement et les promotions, mais que 63% d'entre eux jugent l'utilisation des mesures quantitatives inadéquates. Tout cela démontre bien que dans tous les pays, l'utilisation de la seule bibliométrie en vue d'une évaluation est loin d'être perçue comme satisfaisante.

La bibliométrie est un produit dérivant de la construction des gigantesques bases de données bibliographiques. Eugène Garfield, qui en fut l'un des pionniers dans les années 60, avait eu l'idée d'utiliser les citations des articles comme critère de délimitation des domaines scientifiques. Ultérieurement, l'utilisation des citations a donné naissance à des instruments de mesure de la visibilité des journaux scientifiques (facteur d'impact⁵). Plus récemment, l'usage des citations a été étendu à l'évaluation scientifique individuelle grâce notamment à l'utilisation de la base *Web of Science* de *ISI* commercialisée par *Thomson Reuters*, ou *Scopus* commercialisée par *Elsevier*. La bibliométrie est devenue une pratique qui s'est développée rapidement après la proposition en 2005 par J.E. Hirsch d'un indicateur h^6 attribué individuellement à chaque scientifique. Cet indicateur, fondé sur le nombre d'articles ayant un fort nombre de citations, a le mérite de pouvoir être obtenu extrêmement rapidement avec le logiciel *Web of Science* de la base *Thomson ISI*. De nombreux autres indicateurs plus élaborés ont été proposés par les spécialistes des sciences de l'information dont l'indicateur g proposé en 2006 par L. Eghhe (cf. note précédente). Il est cependant utile de prendre conscience que l'outil bibliométrique reste pour l'instant dans un état rudimentaire.

Force est de constater que l'évaluation bibliométrique fait débat, avec des avis souvent extrêmes pour ou contre son utilisation.

Tentons d'y voir un peu plus clair. Le terme bibliométrie recouvre plusieurs pratiques.

La première, souvent utilisée par les institutions, consiste à baser une évaluation quantitative des chercheurs sur le prestige des revues dans lesquelles ils publient, prestige déterminé par le facteur d'impact des revues. C'est assurément une méthode rapide mais qui est fort critiquable notamment dans certaines disciplines. Il faut savoir que le facteur d'impact des revues dites de prestige telles que *Nature*, *Science*, *Cell* ou *Physical Review Letters*, etc., ne provient que de 20% des articles les plus cités. C'est à dire que 80% des articles qui y sont publiés n'atteignent pas le taux moyen annuel de citation de la revue donné par le facteur d'impact. Faire valoir une publication dans une revue de prestige revient donc dans une majorité des cas à usurper un taux de citations auquel le chercheur ne peut prétendre. En outre, ces revues privilégient souvent la publication d'articles dans le courant des recherches du moment afin de s'assurer un large lectorat au détriment de la diffusion de résultats réellement novateurs à faible lectorat, du moins à court terme, la conséquence pouvant même aller jusqu'à l'orientation des recherches ayant pour finalité la publication dans ces revues à fort facteur d'impact, ce qui est contraire à l'esprit d'une recherche fondamentale.

La seconde pratique consiste à associer une relation entre la mesure des citations des articles et la valeur de leurs auteurs. C'est pour ce faire que les divers indicateurs bibliométriques associés aux chercheurs tels que h , g , et d'autres ont été proposés. Ce sont les chercheurs eux-mêmes qui font figurer ces indicateurs dans leurs propres dossiers pour l'embauche, les promotions ou les demandes de contrats. Ces indicateurs pris isolément contribuent-ils à l'évaluation du chercheur ?

La question mérite d'être posée puisque en tout état de cause, la bibliométrie ne mesure pas la qualité d'un chercheur mais seulement ses citations, sans préjuger des raisons qui l'ont amené à être cité même si les papiers scientifiques faux ou même frauduleux souvent abondamment cités finissent toujours par être démasqués.

Les pratiques bibliographiques et bibliométriques varient considérablement selon les disciplines, voire les sous-disciplines, avec des différences dans la valeur donnée à la bibliométrie selon les disciplines (ainsi la bibliométrie est quasiment rejetée par les mathématiciens et sur-utilisée en biologie et médecine). Cela vaut autant pour l'utilisation de la bibliométrie que pour la qualité des bases de données. Ces différences, auxquelles il faut ajouter l'énorme disparité de taille des

communautés concernées, doivent inciter à s'interdire de comparer les indicateurs bibliométriques entre des chercheurs appartenant à des disciplines ou des sous-disciplines différentes.

En outre, une question également très sérieuse est celle de la notion même d'auteur. Cette question se pose d'une manière d'autant plus aiguë que les signataires d'un article sont en plus grand nombre. Pour ne citer que les situations extrêmes, en mathématiques le problème n'existe quasiment pas car plus de la moitié des articles n'ont qu'un seul auteur, moins de 10% d'entre eux en ont trois, et une très faible proportion en a plus. L'ordre est strictement alphabétique. En revanche, ce problème est très important en sciences médicales puisque l'activité de recherche des hôpitaux a des conséquences financières sur leur budget et que cette activité est mesurée à travers les publications de leurs chercheurs par un système de validation par points en fonction de leur place dans la liste des auteurs des articles (le logiciel SIGAPS).

La question de l'*autorship* mériterait d'ailleurs d'être mieux étudiée par l'Académie des Sciences afin que des pratiques différentes suivant les disciplines puissent devenir transparentes pour une meilleure représentativité des indicateurs.

Si la seule considération de l'indicateur ne vaut pas évaluation, la bibliométrie peut, elle, donc constituer une aide à l'évaluation. Quand et comment l'utiliser ou ne pas l'utiliser ?

La bibliométrie n'est pas la panacée mais seulement un outil à utiliser avec discernement par les pairs comme le préconisait le rapport du 17 janvier 2011.

- L'utilisation des indicateurs demande de la part des jurys une conscience des limites de leur utilisation : les différences considérables entre les disciplines et la prise en considération de la distribution dans chacune des sous-disciplines.
- Les indicateurs présentent un intérêt lorsqu'ils sont utilisés par les jurys pour comparer des chercheurs comparables tant par leur âge professionnel que par leur domaine scientifique, en excluant la référence aux indicateurs pour le recrutement des jeunes chercheurs.
- L'indicateur doit surtout agir comme révélateur des caractéristiques du chercheur et faire aussi porter l'intérêt sur les chercheurs atypiques situés dans les ailes de la distribution de chercheurs comparables.
- Les indicateurs et la comparaison entre les indicateurs de chercheurs comparables doivent engager l'évaluateur à faire un pas de plus en consultant les fichiers bibliométriques et bibliographiques des bases

de données et dans la mesure du temps disponible en lisant les quelques publications qui pèsent le plus lourd dans la détermination de l'indicateur⁷.

Puisque créativité et innovation, deux qualités que l'on est en droit d'attendre de la part d'un chercheur de haut niveau, ne peuvent se résumer à un nombre, un examen comparatif et qualitatif des dossiers demeure incontournable pour la prise de décisions.

En conclusion, « bibliométrer » n'est pas évaluer mais la bibliométrie mérite mieux que la caricature qui en est souvent donnée en la présentant avec un point de vue réductionniste. Même si elle ne représente en aucun cas le remède miracle pour l'évaluation, un évaluateur averti peut en tirer profit.

La décision finale appartient aux jurys de pairs, mais au cas où elle ne correspondrait pas aux indices bibliométriques, une argumentation de cette décision devrait être fournie pour expliquer les raisons pour lesquelles un travail est jugé très important en dépit d'un faible nombre de citations ■

³ <http://www.academie-sciences.fr/activite/rapport/rapport080709.pdf>

⁴ <http://www.academie-sciences.fr/activite/rapport/avis170111.pdf>

⁵ Le facteur d'impact d'une revue pour l'année N est défini par la base de données *ISI* par le rapport entre le total du nombre de citations vers cette revue à partir de toutes les revues enregistrées dans la base *ISI* durant les années N-1 et N-2 et la somme des articles publiés par la revue durant ces mêmes années. Le facteur d'impact est souvent interprété comme le taux annuel moyen de citations d'un article de la revue, ce qui est trompeur car il faut garder en mémoire qu'une très petite fraction d'articles bénéficie d'un taux de citations élevé. De plus, dans les magazines scientifiques généralistes de prestige, le taux moyen de citations de la revue peut fort bien s'éloigner fortement du taux moyen d'un domaine en particulier.

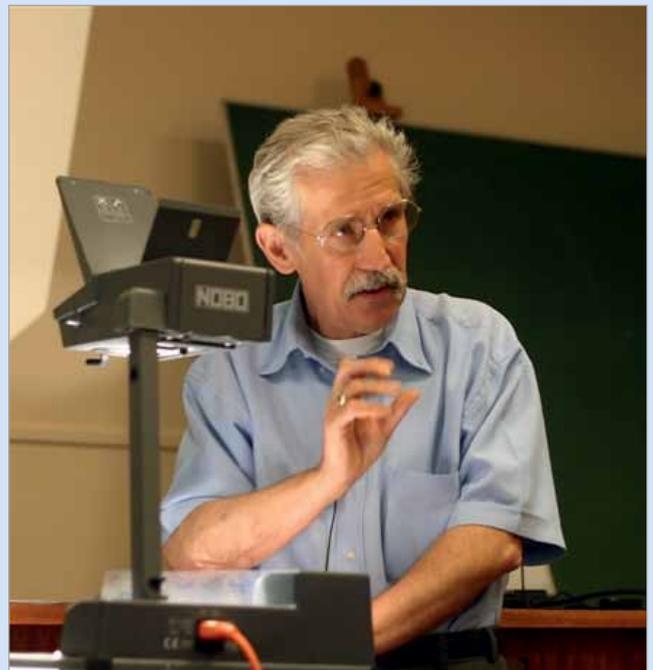
⁶ L'indicateur *h* du nom du physicien J. Hirsch est déterminé en classant les articles d'un auteur en fonction du nombre décroissant, C_i , de leurs citations, de sorte que le papier de rang $i=h$ ait reçu au minimum *h* citations. Cet indicateur est un nombre associé à un chercheur et est calculé en considérant l'impact de l'ensemble de ses publications (mais il peut également être étendu à d'autres ensembles comme un groupe de chercheurs, un laboratoire, un domaine, un pays, des journaux, etc). Il tient compte de tous les papiers très cités sans toutefois donner un avantage particulier à ceux plus abondamment cités dont l'évolution de la science ne peut se passer. *h* ne permet pas de discriminer entre deux profils de chercheurs de même indicateur : l'un, avec un total modeste des citations jusqu'à l'article de rang *h*, et l'autre présentant un total élevé des citations pour les *h* premiers articles. En outre, l'indicateur n'évolue pas lorsque ce sont les *h* premiers articles à nombre de citations $\geq h$ qui voient leurs citations augmenter au cours du temps. Certains des défauts de l'indicateur de Hirsch ont toutefois été corrigés par L. Egghe qui a proposé, en 2006, un indicateur *g* visant à privilégier la qualité des travaux scientifiques plutôt que leur quantité. Les articles étant toujours classés par ordre de nombre de citations C_i décroissant, l'article (réel ou virtuel) de rang *g* est tel que le total des citations reçues par les *g* premiers articles soit supérieur ou égal au carré de *g* mais inférieur ou égal à $(g+1)^2$. L'indicateur *g* qui est déterminé par une intégrale des citations rend beaucoup mieux justice que *h* à l'impact de travaux fortement cités même s'ils ne sont qu'en nombre modeste puisqu'il n'est pas comme l'est le facteur *h* borné par le nombre total de papiers publiés. Cet indicateur met donc plus l'accent sur la qualité que sur la quantité de publications.

⁷ La consultation des fichiers bibliographiques indique que suivant les chercheurs un faible pourcentage de leurs articles (de 1,5 % à 6,5 %) contribue déjà à 50 % des citations de leur indicateur *g*. Centrer l'évaluation sur ce nombre relativement modeste permettrait d'alléger la charge du jury.

Le paradis (perdu ?) des écoles normales

Par **Marc Yor**

Membre de l'Académie des sciences,
professeur à l'université Pierre-et-Marie-Curie.



Expliquer à un collègue étranger les subtilités du système éducatif français relève de la gageure, voire du parcours du combattant, selon le point de vue.

Dans ce système, figure (ou figurait) en bonne place le réseau des écoles normales primaires (ENP) ou supérieures (ENS).

Mon objectif n'est pas, ici, de faire une présentation historique (qui serait pourtant bien intéressante) ; je brosserai plutôt un panorama en pointillé.

L'existence même des EN est indiscutablement liée à l'Histoire de France, et en particulier à la Révolution française ; le but de leur création était - clairement - que chacun, selon ses aptitudes, puisse accéder aux savoirs, aussi bien élémentaires que supérieurs, et ceci de façon uniforme sur tout le territoire français.

Dans l'atmosphère de ce réseau des EN, on retrouve, bien vivaces, les tensions toutes françaises entre centralisation (parisienne) et décentralisation (provinciale). Les ENP quadrillaient le pays, avec une EN de garçons, et une EN de filles, dans chaque département, le recrutement se faisant au niveau de la 3^e dite spéciale, c'est-à-dire une année après le Brevet des Collèges. Les meilleurs éléments de ces ENP prépareraient ensuite le concours d'entrée à l'ENS de Saint-Cloud (pour les garçons) ou Fontenay-aux-Roses (pour les filles). « Le retour » de ces excellents étudiants dans les lycées de province (en particulier) assurerait le succès de ces derniers aux plus hauts niveaux (préparation au Concours général, par exemple).

Trois autres ENS : Ulm pour les garçons, Sèvres pour les jeunes filles, l'ENSET pour le technique (: le troi-

sième sexe?) se partageraient des objectifs complémentaires, à savoir, elles étaient / sont encore un vivier d'enseignants pour les universités, et les lycées techniques, IUT..., respectivement.

Sous couvert d'un pseudo-féminisme ambiant, les deux ENS de jeunes filles (Sèvres et Fontenay) ont disparu du paysage, dans un silence assourdissant. Je ne me permettrai ici, de faire un commentaire qu'en ce qui concerne les filières scientifiques: les jeunes filles, déjà en très forte minorité dans les classes préparatoires scientifiques se retrouvent, finalement, au compte-gouttes à l'issue des concours d'entrée. Il faut, me semble-t-il, un certain degré de dogmatisme ou d'inconscience pour ne pas reconnaître l'aspect réellement néfaste de cette organisation (on ne peut pas dire scission, ni séparation, qui, a priori, ne sont pas voulues). Je conseille également de relire les belles pages de H. Lebesgue, et de son assistante M^{lle} Félix, concernant les aptitudes spécifiques des promotions de normaliennes de l'ENS Sèvres auxquelles il a enseignées pendant de nombreuses années.

Il est d'ailleurs remarquable que ce type de problème de mixité n'ait jamais été posé en ce qui concerne l'ENSET, aujourd'hui ENS Cachan. Il me semble inutile de commenter....Remarquons toutefois, dans une direction voisine, que les élèves de l'ENSET passent le CAPES, et non plus le CAPET, à partir de 1970.

De façon générale, ces différentes constatations concernant la mixité, le caractère technique, le cadre régional, me semblent mettre en évidence une lourdeur, et des attitudes extrêmement rigides, même si elles se prétendent a priori à l'opposé de rigidités.

Ne serait-il pas temps de mettre toutes les cartes sur la table, et de promouvoir un réseau d'ENS qui soit en phase avec le développement actuel des sciences et des techniques, et de la proximité nouvelle de tous les pays de notre village mondial.

Une proposition qui me semble raisonnable et que j'ai formulée en différents endroits depuis plus de deux ans, serait de « remplacer » les deux ENS « perdues » par deux autres, mixtes bien sûr, l'une située dans la région lorraine, et l'autre dans la région toulousaine (il me semble que la fondation La main à la pâte va tout à fait dans cette direction). Cette convergence n'était a priori pas envisagée!!

Ces choix permettraient de doter notre pays d'un réseau d'ENS bien réparties sur tout le territoire: l'ENS d'Ulm et l'ENS de Cachan sur Paris et la région parisienne, l'ENS de Ker Lann pour l'Ouest, l'ENS lorraine pour l'Est, celle de Toulouse pour le Sud-Ouest, et bien sûr l'ENS Lyon.

L'impact de chacune de ces ENS dans les régions correspondantes est - ou serait - immense. Je me souviens très clairement de la façon dont les normaliens de Saint-Cloud et de l'ENSET, dans les années 70 vivifiaient la Faculté d'Orsay, ainsi que les normaliens de la rue d'Ulm et les normaliennes de Sèvres et Fontenay en ce qui concerne la Faculté de Jussieu, par exemple. Aussi bien les étudiants « de la Fac » que les laboratoires de recherche bénéficient (-eraient) ainsi de ce sang nouveau (nos amis anglais utilisent couramment cette notion de « New blood » pour développer certaines filières de recherche).

Avec le départ massif à la retraite des enseignants de la génération des baby-boomers (aujourd'hui papy et mamy-boomers), il est grand temps de vivifier notre terroir national à l'aide de ces pépinières qu'étaient et que peuvent être encore les ENS, pour peu que l'on cesse de faire du surplace ou du rétropédalage, dignes d'autres époques et d'autres régimes.

Les échos qui me sont parvenus en retour de ma proposition, et qui provenaient des professeurs de Nancy, Strasbourg et Toulouse, sont éloquents: tous disent que leurs universités se meurent, les étudiant(e)s scientifiques devenant de plus en plus rares...L'injection de sang neuf ne permettrait-elle pas d'inverser cette lourde tendance?

Ne nous y trompons pas: les défis du XXI^e siècle sont à l'échelle planétaire, nous bénéficions aujourd'hui (un peu! et pour combien de temps?) de la présence de jeunes étudiants de très grande valeur, provenant des pays émergents (dont la Chine...) qui tiennent la dragée haute aux normaliens « français ».

Il est temps de faire bénéficier au maximum notre pays de toutes ces potentialités, et de son riche passé scientifique, étayés par un réseau national historique. La Grande-Bretagne construit à Singapour, Hong-Kong etc... des universités néo-britanniques. Il nous faut choisir...

Selon la Vulgate, agissons aujourd'hui, demain sera peut-être trop tard... ■

La Fondation La main à la pâte

retient les universités de Strasbourg
et de Toulouse pour installer en 2012
les deux premières Maisons
pour la science et la technologie
au service des professeurs

La toute nouvelle Fondation La main à la pâte, créée par l'Académie des sciences en partenariat avec l'École normale supérieure de Lyon et l'École normale supérieure (rue d'Ulm, Paris), a retenu les universités de Strasbourg et de Toulouse, parmi les six universités et rectorats sollicités par l'Académie des sciences, pour l'implantation en région de Maisons axées sur le développement professionnel des professeurs enseignant les sciences à l'école et au collège. Ces deux prototypes s'inscrivent dans le projet présenté par l'Académie des sciences aux Investissements d'avenir et doté de 8 millions d'euros pour la période 2012-2016.

Pour donner corps au projet de Maisons pour la science et la technologie au service des professeurs, l'Académie des sciences, l'École normale supérieure (ENS) et l'ENS de Lyon ont mis en place une Fondation de coopération scientifique, la « Fondation pour l'éducation à la science dans le sillage de La main à la pâte », dite Fondation La main à la pâte. Créée par décret le 11 octobre 2011, c'est à l'issue de son premier Conseil d'administration réuni ce mercredi 14 décembre que les trois partenaires annoncent les choix faits pour la mise en oeuvre des fonds attribués à l'Académie des sciences *via* une convention avec l'Agence nationale de rénovation urbaine (ANRU) :

Les universités de Strasbourg et de Toulouse seront financées pour installer les deux premières Maisons régionales. Celles-ci ouvriront leurs portes aux professeurs à la rentrée scolaire 2012.

L'université Blaise Pascal (Clermont-Ferrand) et l'université de Lorraine (Metz-Nancy) sont retenues au titre de Maisons émergentes, auxquelles une dotation d'amorçage sera attribuée.

Les propositions des universités Aix-Marseille et Nantes manifestent un fort potentiel, tout en n'étant pas encore en phase avec le cahier des charges des Maisons. Leurs propositions pourront être affinées en vue d'une étape ultérieure.

Un Centre national situé à Paris et également financé par ces fonds prolonge dès janvier 2012, dans la continuité, l'action de la Délégation à l'éducation et à la formation de l'Académie des sciences. Il coordonnera l'action des Maisons, tout en poursuivant le développement du réseau national et international de La main à la pâte, lancé par Georges Charpak autour de la curiosité et du raisonnement chez les jeunes.

Le Conseil d'administration de la Fondation La main à la pâte tient à souligner la remarquable mobilisation des six universités sollicitées par l'Académie des sciences, ainsi que l'intérêt qu'a suscité, dans d'autres universités et rectorats, la possibilité de créer ces Maisons rapprochant les professeurs d'une science vivante représentée par ses praticiens (universitaires, chercheurs, ingénieurs...). L'espoir demeure d'une seconde attribution de fonds à la culture scientifique par les Investissements d'avenir, ce qui autoriserait de nouvelles créations ■

Pour en savoir plus sur le projet : http://www.academie-sciences.fr/activite/enseign/ia_0911.htm

À la manière de . . .

Antoine de Saint-Exupéry

Par **Marc Yor**

Membre de l'Académie des sciences,
professeur à l'université Pierre-et-Marie-Curie.

Par une chance inouïe, nous venons de mettre la main, en septembre 2011, sur un texte inédit d'Antoine de Saint-Exupéry, coincé dans une boîte à gants de son avion, récemment retrouvé. Ce texte, miraculeusement préservé, relate des faits réels...

Ouvrir de grands yeux sur les Mathématiques

Antoine de Saint-Exupéry

Le questionnement mathématique est-il plus intense à certaines périodes de l'existence qu'à d'autres? En particulier, lorsque l'on atteint « l'âge de raison »?

Les deux échanges récents que je viens d'avoir, d'une part avec Henri, et d'autre part avec Sakura, tous les deux âgés de sept ans, semblent aller dans ce sens...

L'échange avec Henri eut lieu fin septembre, lors d'un pique-nique auquel j'avais pu inviter mes anciens étudiants chinois, et leurs enfants. C'est la maman d'Henri qui a demandé mon aide pour répondre à la question suivante qui préoccupait beaucoup Henri: quelles significations peut-on donner à: l'infini moins l'infini, autrement dit: peut-on retrancher l'infini à l'infini, et si oui, quelle valeur obtient-on?

Interloqué par la profondeur de la question, qui porte en elle les concepts d'intégrales semi-convergentes et non-absolument convergentes, de valeurs principales, de renormalisations de toutes sortes..., j'allais voir Henri et nous avons discuté ainsi:

- Henri, on peut considérer la suite des soustractions suivantes: 2 moins 1, 3 moins 2, 4 moins 3, 5 moins 4, etc...
- Que penses-tu alors être la valeur de: l'infini moins l'infini?
- Henri répondit: 1.
- Henri, maintenant, on pourrait considérer également la suite des soustractions: 3 moins 1, 4 moins 2, 5 moins 3, ..., 7 moins 5...
- Que penses-tu alors...
- Henri répondit: 2.

Vous imaginez aisément la suite...Pour faire court, Henri fut vite convaincu que, selon les façons de converger vers l'infini, la réponse à sa question pouvait être n'importe quel nombre...Bien sûr, il se pouvait aussi qu'il n'y ait pas de réponse...mais, il n'est pas nécessaire de prémâcher la nourriture pour Henri...

La fin de l'échange fût encore plus belle... Lorsque sa maman vint nous rejoindre, elle demanda à Henri s'il avait compris. Henri dit simplement: oui, mais je garde la réponse dans mon cœur... Décidemment, on ne voit bien qu'avec ces yeux-là!

	2	3	4	5	6	7	8	9
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								

L'échange avec Sakura, une de mes petites-filles, bien qu'assez différent sur le fond, est également éloquent. Sakura, ayant entendu un garçon, dans la cour de son école, parler de racine carrée, me demanda de lui expliquer cette notion. Après un temps de réflexion, j'essayais de répondre ainsi :

- Sakura, peux-tu remplir le tableau de multiplication (que l'on voyait traditionnellement, et que l'on voit encore, au dos des cahiers de brouillon) :
- Sakura, tu vois que j'ai hachuré les carrés de la diagonale. Réécris, sur une première ligne, les nombres qui figurent dans ces carrés et, sur une seconde ligne, indique le chiffre dont provient chaque nombre. Ceci te donne la racine carrée du nombre de la première ligne.

	4	9	16	?	?	?	?	?	?
√	2	3	4	√?	√?	√?	√?	√?	√?

Là encore, il n'a pas fallu longtemps à Sakura pour s'acquitter de cette double tâche...
Que tirer comme leçon de ces deux beaux moments,

et d'autres dont tout lecteur de cette Lettre a été « la victime », ou « l'objet », ou mieux, l'auditeur privilégié ?

Beaucoup de questions mathématiques concernant les nombres, formes, grandeurs, etc..., habitent les enfants dès leur plus jeune âge : leur curiosité très vive et souvent inquiète peut avoir la durée de vie d'une rose, bientôt fanée, si notre désinvolture d'adultes très préoccupés nous fait répondre aux petits princes et aux petites princesses que, grosso modo..., la question n'est pas de leur âge, et nécessiterait une réponse compliquée...

Mais, les petits princes et les petites princesses ne sont jamais dupes ; ils voient bien que l'empereur est nu, et la vision de cette nudité pourrait bien les dégoûter à jamais ! Prenons-y garde, il est tellement plus beau d'arroser la rose, et de la voir grandir, embellir et s'épanouir...

[Une sorte de graffiti termine le texte de St Ex ; il affirme être allé dans un Café du Commerce discuter avec un de ses amis, versé dans les nombres, pour ne pas écrire trop de bêtises... Modeste St Ex!] ■

L'accident majeur de Fukushima

Rapport de l'Académie des sciences,

disponible fin mars 2012
aux éditions EDP Sciences.

« **L** 11 mars 2011, le district Nord-Est du Japon a été frappé par un tremblement de terre massif suivi d'un tsunami majeur et d'une série d'accidents à la centrale nucléaire de Fukushima avec fuites d'éléments radioactifs ». Tel est le message que le professeur Kanazawa, président du Science Council of Japan adressa quelques jours après la catastrophe aux présidents des académies des sciences étrangères, ajoutant qu'il nourrissait l'espoir que ces académies aideraient à la réhabilitation nécessaire.

L'Académie des sciences décida aussitôt de former un groupe de travail avec pour mission d'analyser les événements survenus au Japon et de faire le point sur les risques sismiques et nucléaires tels qu'ils se posent en France.

Le groupe de travail comprenait trois sous-groupes réu-

nissant les compétences nécessaires à l'étude des trois composantes – sismique, nucléaire et sanitaire – de ce drame. Pour chacune de ces composantes, objets des trois parties de ce rapport, l'analyse des événements observés à Fukushima a été complétée par une réflexion sur les forces et faiblesses de ces domaines en France, de façon à formuler les recommandations qui s'imposent et à répondre aux questions d'ordre scientifique et sociétal que le public se pose. Bien que des incertitudes demeurent et que de nouvelles informations viennent encore chaque mois enrichir le dossier, ce rapport a paru suffisamment abouti pour être publié en l'état à la veille de la date anniversaire de ce drame qui continuera longtemps à nous interpeller ■

A.C.



Situé au cœur de l'Institut de France à Paris, Canal Académie est une radio et un magazine de presse en ligne, qui produit 15 émissions nouvelles par semaine et met à disposition une médiathèque de plus de 5 000 émissions et articles associés. Les sujets traités sont autant d'analyse, de réflexions et de débats d'Académiciens sur l'actualité générale, politique, scientifique et culturelle ■



Quatre années de relations internationales 2008-2011

Par **Guy Laval**

Membre de l'Académie des sciences,
Vice-président délégué aux relations internationales
de l'Académie des sciences.

Les relations internationales de l'Académie des sciences ont déjà fait l'objet d'un éditorial dans « La Lettre » n° 26. Ce nouvel article, deux ans plus tard, devrait, en principe, infliger à nouveau au lecteur un bilan des relations internationales au terme de la mandature de son responsable. Pour l'éviter et donner un peu de dynamisme à ce compte rendu, on se limitera à une description à grands traits en se plaçant d'emblée dans une perspective de projection vers le futur.

L'ampleur des actions entreprises pendant cette période est limitée par les problèmes budgétaires, la disponibilité des compétences et la vocation de l'Académie qui interdit toute compromission. Cependant, grâce à un soutien sans faille et compréhensif du ministère des Affaires étrangères et européennes, les problèmes financiers n'ont jamais représenté des obstacles réels aux initiatives dans le domaine international. La relative faiblesse des moyens en personnel a pu être compensée en s'appuyant sur des organismes extérieurs comme le CNRS, Campus France, le Collège de France, le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Sans eux, nous n'aurions pas pu mener à bien les manifestations de l'année France-Brésil et de l'année croisée France-Russie qui ont disséminé un nombre important d'académiciens de Irkoutsk à Sao Paolo.

Ces actions avaient pour triple objectif de renforcer les liens avec des académies sœurs, d'afficher la vigueur de la science en France et d'approfondir nos contacts avec les milieux scientifiques de ces pays. Il en a été de même pour la Chine où l'Exposition universelle de 2010 a fourni l'occasion, là encore, de donner des conférences de prestige et de lancer une collaboration avec le Consulat général de France à Shanghai pour le développement d'un site internet collaboratif sur la coopération France-Chine dans le domaine scientifique. Avec les Académies du Canada, de l'Inde et de l'Afrique du Sud des colloques conjoints sur des sujets

limités ont permis de confronter notre expérience avec celle de ces pays, qu'il s'agisse des organismes transgénétiques, des maladies infectieuses ou de l'énergie nucléaire.

La plupart de ces initiatives entraînent dans le cadre d'un effort, demandé par le Bureau de l'Académie comme par le ministère des Affaires étrangères, visant à renforcer notre interaction avec les pays dits émergents. Elles n'ont de sens que si elles perdurent et s'amplifient. Les relations d'Académie à Académie présentent l'avantage de pouvoir approfondir l'analyse des problèmes sans se soucier des difficultés politiques. Elles peuvent s'officialiser à l'aide de conventions diverses comme celles que nous avons déjà signées avec une cinquantaine de pays. Mais pour être utile, il faut que les deux parties aient la volonté de les mettre en œuvre, comme c'est le cas pour l'Inde, la Chine, l'Afrique du Sud, le Brésil. Le Mexique, la Suisse, la Thaïlande, la Mongolie en manifestent aussi l'intention.

Avec les pays développés, les échanges se font plutôt de bureau à bureau. Le bureau de notre Académie a été reçu par la National Academy of Sciences américaine, l'Académie royale des sciences de Hollande et la Royal Society britannique. En 2011, nous avons accueilli le bureau de l'académie américaine. Nous avons pu ainsi aborder dans une ambiance amicale des questions importantes et délicates comme le changement climatique, la sûreté des centrales nucléaires, l'expertise scientifique, l'attitude de la jeunesse devant la science ou l'enseignement des sciences. Ces prises de contact directes mais discrètes devraient se généraliser dans l'avenir. Les conférences des présidents d'Académies relèvent de la même philosophie. Elles rassemblent tous les présidents d'académies scientifiques pour des échanges informels sans programme ni compte rendu sur des questions impliquant science et société. Elles se tiennent chaque automne à Kyoto et parfois accompagnent des célébrations comme en 2008 à Pékin et à



Taipeh. Le plus souvent, les discussions sont centrées sur les relations des académies avec les politiciens et la société, mais, cette année, naturellement l'énergie nucléaire a occupé le devant de la scène.

Les relations multilatérales sont d'une autre nature. Elles se déroulent au sein de lourds réseaux regroupant des académies aux statuts très divers, certains très proches du notre mais d'autres s'apparentant plutôt à ceux du CNRS ou de l'INSERM. L'unanimité est rare et les frustrations inévitables. L'administration est pesante. Pourtant, ces réseaux apparaissent comme des ingrédients indispensables à la vie scientifique internationale et c'est pourquoi nous avons tenu à conserver nos positions dans leurs structures dirigeantes. Ils sont un lieu d'échange et d'entraide entre les scientifiques de tous les continents, de toutes les cultures, de tous les régimes politiques, tout au moins de ceux qui respectent l'indépendance des académies. Ils peuvent acquérir le statut d'interlocuteur pour les grandes organisations internationales comme ce fut le cas pour la constitution du comité chargé de réformer les procédures du GIEC. Ils sont les outils adaptés à la diffusion mondiale de méthodes ou de techniques. Notre délégation à l'enseignement et à la formation en a fait l'expérience avec un grand succès pour *La main à la pâte*.

À ces réseaux globaux s'ajoutent des réseaux régionaux. En Europe, ils se superposent aux diverses organisations de l'Union Européenne et peinent à trouver une

place. Peut-être devraient-ils devenir des réseaux satellites du réseau mondial, permettant ainsi de nombreuses économies, une meilleure utilisation du personnel administratif et une coordination plus efficace de leurs politiques. L'Académie des sciences, sous l'impulsion d'André Capron, s'est aussi dotée, depuis 2007, d'un réseau régional centré sur les pays bordant la Méditerranée. Ce réseau, en phase avec les projets politiques du moment en France et en Europe, apporte un outil de concertation qui reste à l'écart des conflits et des révolutions. Il a certainement un bel avenir devant lui et un champ d'action étendu.

Enfin, on ne peut passer sous silence la réunion annuelle des Académies des sciences du G8. Avec le concours des principales Académies des pays émergents et de l'Afrique, les scientifiques y donnent la preuve qu'un accord international est possible sur les remèdes à apporter aux grands défis globaux de notre époque comme le changement climatique global, le développement durable, le droit à la santé, l'éducation. À l'occasion de la session de 2011 sous présidence française, l'Académie des sciences a mis l'accent sur la nécessité de suivre et d'évaluer la mise en œuvre effective des recommandations élaborées en commun.

Foisonnantes, soumises aux aléas de l'actualité, multiformes, les relations internationales maintiennent l'Académie des sciences en prise directe sur les événements du monde et sont un facteur clé de son dynamisme ■

L'Académie des sciences et l'Académie nationale de médecine se sont réunies lors d'une séance commune le 5 avril 2011, pour organiser un colloque

« Consciences et perturbations de la conscience : approche expérimentale »

Introduction au colloque

Par **Michel Le Moal**
Membre de l'Académie des sciences,
professeur émérite
à l'université Victor-Ségalen
de Bordeaux.

Le professeur Henri Lôo, Membre de l'Académie de médecine et professeur de psychiatrie au Centre hospitalier Sainte-Anne et à l'université René Descartes, introduit le colloque en rappelant la polysémie du terme « Conscience » et les usages variés du concept auxquels est confrontée la psychiatrie dans sa pratique clinique. Henri Lôo rappelle certaines questions relevant également du champ de la psychopathologie : la prise de conscience, la conscience et l'approche morale de soi, les dimensions subjectives de la connaissance de soi et du monde sensoriel, les relations entre inconscient et conscience, la conscience du trouble et l'activité psychothérapeutique, l'approche de la conscience de l'autre par l'empathie nécessaire aux liens à résonance

affective entre soi et les autres, l'auto-analyse de l'envahissement du sujet par une condition dépressive et des sensations et des mémoires qui l'accompagne. Enfin il faut noter la dissolution de ces va et vient entre inconscient et prise de conscience en raison de la fixation des croyances dans les délires psychotiques. Quatre communications ont été présentées. Les deux premières, Lionel Naccache et Mathias Pessiglione, ont débattu de questions se rapportant explicitement à la conscience et à ses substrats neurobiologiques, les deux suivantes (Raphaël Gaillard, Jean-Marie Danion) concernaient les relations entre conscience et maladies mentales et plus précisément l'approche expérimentale des symptômes fondamentaux des syndromes schizophréniques ■



Neurosciences de la conscience : de la théorie au lit du malade

Par **Lionel Naccache**

Neurologue à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière,
Pôle des maladies du système nerveux, Paris.
CRICM, UMR 975 Neuropsychology & Neuroimaging unit,
Hôpital de la Pitié-Salpêtrière, Paris.
Professeur à l'université Pierre-et-Marie-Curie, Paris.

Depuis une quinzaine d'années, d'importants progrès expérimentaux et théoriques ont été réalisés dans le domaine des neurosciences de la conscience, et en particulier dans l'étude de la prise de conscience d'une information perceptible. Ces progrès proviennent notamment d'explorations neuropsychologiques originales de malades neurologiques, et des avancées des méthodes de neuro-imagerie fonctionnelle (1). Depuis peu, ces découvertes trouvent des applications médicales afin d'améliorer la prise en charge des malades souffrant de troubles de la conscience (ex : états de comas, états végétatifs, patients non-communiquants ou patients paralysés). En précisant à la fois le diagnostic et le pronostic de ces malades, ces nouveaux outils ouvrent de nombreuses perspectives aux conséquences éthiques, sociales et philosophiques non négligeables.

Applications médicales

Le champ médical qui bénéficie le plus de ces avancées est celui du diagnostic des états de conscience dans la population de malades peu ou non-communiquants (comas, états végétatifs, états « pauci-rela-

tionnels) : cet individu est-il conscient ? Lorsqu'un patient ne peut communiquer ses états conscients à un examinateur, deux hypothèses sont possibles : soit le patient en question n'est pas conscient, soit il est conscient mais ne peut pas communiquer ses états mentaux de manière comportementale (langage, gestes) comme c'est classiquement le cas par exemple chez les malades souffrant de « locked-in syndrome » suite à un accident vasculaire cérébral de la région médiane de la protubérance. Le groupe de Liège dirigé par Steven Laureys a le premier investigué en imagerie cérébrale fonctionnelle cette population très hétérogène de patients chez lesquels les données cliniques sont très limitées. Laureys a ainsi montré, à l'aide d'enregistrements en caméra à positons puis en IRM fonctionnelle, qu'il pouvait encore exister des îlots d'activation cérébrale lorsque l'on stimule (auditivement ou visuellement) des malades en état végétatif, en accord avec le modèle de l'espace de travail global (2, 3) développé par Stanislas Dehaene, Jean-Pierre Changeux et moi-même. Par contre il n'existe pas chez de tels patients, qui sont éveillés mais inconscients, d'activation du vaste réseau cérébral distribué qui accompagne la prise de conscience. À Cambridge, Owen et ses collègues ont élaboré un paradigme « actif »

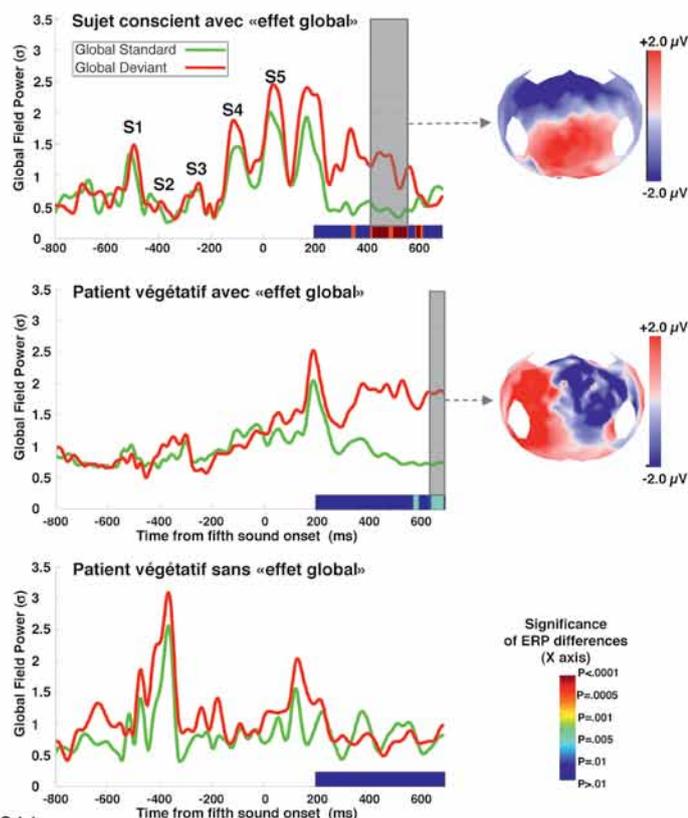


au cours duquel ils demandent aux malades d'imaginer plusieurs situations (ex: jouer au tennis, se promener chez soi) tout en enregistrant l'activation cérébrale en IRM fonctionnelle (4). Ce test a permis de corriger quelques « erreurs cliniques » en révélant des capacités cognitives davantage préservées qu'on ne pouvait l'imaginer chez de (très) rares malades cliniquement considérés comme étant végétatifs et donc inconscients. Sur le plan électrophysiologique nous avons récemment conçu un nouveau test qui permet d'identifier la perception consciente, et qui s'inspire directement de nos résultats expérimentaux et théoriques: des séries de sons sont délivrées au malade qui reçoit l'instruction de deviner la structure temporelle de ces sons et de compter le nombre d'essais dans lesquels cette régularité est violée (5). Alors que le cerveau peut répondre de manière inconsciente à des violations d'une régularité définie sur une brève échelle temporelle (quelques secondes) (6, 7), la dé-

tection d'une violation d'une régularité définie sur une échelle bien plus longue (dizaines de secondes) exige un maintien actif de l'information en mémoire de travail en accord avec le modèle de l'espace de travail global (8). Ces nouvelles approches connaissent des développements rapides et commencent à être utilisées dans plusieurs centres hospitaliers.

Perspectives immédiates

L'apparition de modèles neuro-scientifiques explicites de la prise de conscience stimule de nombreux projets parmi lesquels figurent la capacité à décoder en temps réel le contenu conscient d'un sujet, c'est-à-dire éclairer de manière originale et très innovante le concept de « flux de la conscience » de William James. La mise en évidence de certaines propriétés psychologiques et cérébrales de la conscience ouvre également de nouvelles pistes à de vieilles et fascinantes



Adapté de Faugeras, ... & Naccache *Neurology* 2011

Test auditif de prise de conscience

L'EEG est enregistré au lit du malade à l'aide d'un système à haute résolution spatiale (photo de gauche).

Trois exemples de résultats sont indiqués à droite : celui d'un sujet contrôlé conscient (haut) qui présente la signature électrophysiologique de prise de conscience des « violations » de la règle auditive utilisée dans l'expérience; celui d'un malade cliniquement végétatif depuis quelques jours qui présente également une réponse positive à ce test (milieu) et qui a présenté des signes cliniques de conscience 3 jours après l'enregistrement; et celui d'un malade végétatif présentant un résultat négatif à ce test (bas). Si la très grande majorité des patients végétatifs présentent un résultat négatif à ce test, la présence d'un résultat positif suggère que le patient pourrait être conscient (état de conscience minimale ou de meilleure qualité).

questions : à quel moment du développement ces propriétés de la conscience apparaissent-elles? Quelles sont les autres espèces animales qui disposent de ces briques élémentaires de la conscience? Au-delà de la prise de conscience, comment surviennent les processus de narration et d'interprétation qui semblent accompagner toute prise de conscience (9)? Comment construisons-nous l'univers subjectif dans lequel nous habitons consciemment? Enfin du point de vue des applications médicales, au-delà de l'amélioration diagnostique, il est possible d'envisager des interventions visant à restaurer une fonctionnalité consciente chez les malades souffrant de troubles de la conscience (exemple récent: (10)) ■

Références

1. Naccache, L. (2008) in *The neurology of consciousness: cognitive neuroscience and neuropathology*, eds. Laureys, S. & Tononi, G. (Academic Press, London), pp. 271-281.

2. Laureys, S., Owen, A. M. & Schiff, N. D. (2004) *Lancet Neurol* 3, 537-46.

3. Laureys, S., Faymonville, M. E., Degueldre, C., Fiore, G. D., Damas, P., Lambermont, B., Janssens, N., Aerts, J., Franck, G., Luxen, A., Moonen, G., Lamy, M. & Maquet, P. (2000) *Brain* 123 (Pt 8), 1589-601.

4. Owen, A. M., Coleman, M. R., Boly, M., Davis, M. H., Laureys, S. & Pickard, J. D. (2006) *Science* 313, 1402.

5. Bekinschtein, T. A., Dehaene, S., Rohaut, B., Tadel, F., Cohen, L. & Naccache, L. (2009) *Proc Natl Acad Sci U S A* 106, 1672-7.

6. Kane, N. M., Curry, S. H., Butler, S. R. & Cummins, B. H. (1993) *Lancet* 341, 688.

7. Fischer, C., Luaute, J., Adeleine, P. & Morlet, D. (2004) *Neurology* 63, 669-73.

8. Faugeras, F., Rohaut, B., Weiss, N., Bekinschtein, T. A., Galanaud, D., Puybasset, L., Bolgert, F., Sergent, C., Cohen, L., Dehaene, S. & Naccache, L. (2011) *Neurology* 77, 264-8.

9. Naccache, L. (2006) *Le Nouvel Inconscient. Freud, Christophe Colomb des neurosciences*. (Odile Jacob, Paris).

10. Schiff, N. D., Giacino, J. T., Kalmar, K., Victor, J. D., Baker, K., Gerber, M., Fritz, B., Eisenberg, B., Biondi, T., O'Connor, J., Kobylarz, E. J., Farris, S., Machado, A., McCagg, C., Plum, F., Fins, J. J. & Rezai, A. R. (2007) *Nature* 448, 600-3.

Motivations sub-liminales et sub-personnelles: mise en évidence expérimentale

Par **Mathias Pessiglione**

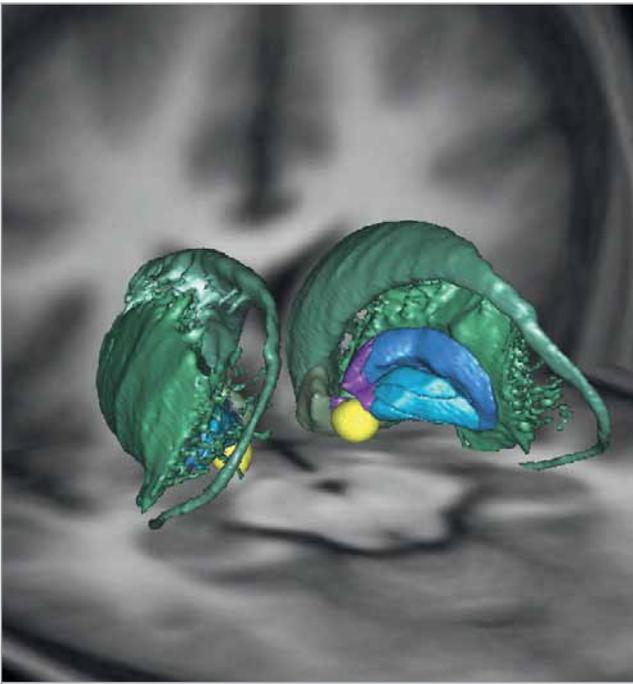
Institut du cerveau et de la moelle épinière,
Hôpital de la Pitié-Salpêtrière, Paris.

« **M**angez du pop-corn » est sans doute un des messages subliminaux les plus célèbres. En 1957, les propriétaires d'un cinéma américain l'avaient intercalé entre les images d'un film, de sorte que les spectateurs ne pouvaient pas le détecter. Lorsqu'ils annoncèrent que leurs ventes de pop-corn avaient décuplé, on salua l'invention d'une méthode révolutionnaire: la publicité subliminale. En réalité le chiffre des ventes était tout simplement fabriqué, et personne ne put démontrer par la suite le moindre effet des messages subliminaux sur les choix des électeurs ou des consommateurs. Mais le mythe était né, entraînant une réaction paranoïaque de grande ampleur. Celle-ci était alimentée par les théories freudiennes suggérant qu'on ne peut pas se défendre contre les publicités subliminales, parce qu'elles s'adressent directement à l'inconscient. L'objet de ce travail est de revisiter le concept de motivation subliminale avec une approche expérimentale croisant des techniques de masquage perceptuel et de motivation par incitation monétaire.

La quête du *limen*, c'est-à-dire du seuil en dessous duquel les stimuli ne sont pas perçus mais influencent néanmoins le comportement, est aussi vieille que la psychologie expérimentale. Aux commencements le critère retenu était subjectif: on demandait simplement aux sujets de dire s'ils avaient perçu le stimulus. Il renvoie à une définition réflexive de la conscience: le sujet doit juger s'il a eu ou non l'expérience de percevoir le stimulus. Ce critère a ensuite été critiqué car il dépend beaucoup de la façon dont les sujets interprètent la question. Les chercheurs se sont donc tournés vers un critère objectif: la perception était dite consciente si les sujets parviennent à discriminer

les stimuli mieux que le hasard. Cela correspond à la conscience au sens de l'accès: le sujet est conscient du stimulus s'il peut rapporter son contenu (verbalement ou non). Le problème est qu'on risque d'éliminer avec ce critère contraignant les phénomènes subconscients qu'on cherche à mettre en évidence. Pour démontrer l'existence d'un traitement subliminal, il faut en effet pouvoir observer un effet du stimulus non détecté sur le comportement. Autrement dit, même si la performance du sujet reste au niveau du hasard sur une mesure directe de discrimination, elle doit s'en écarter sur une autre mesure, moins directe.

Cette dissociation entre mesures directes et indirectes est aujourd'hui la méthode standard pour démontrer l'existence d'un traitement subliminal. Cette méthode, alliée au progrès des techniques de masquage perceptif, a connu de nombreux succès, et l'existence de perceptions subliminales est maintenant largement reconnue. En neuroscience, la théorie dominante est celle de l'espace de travail global (Dehaene et al., 2006). Celle-ci suppose que les traitements opérés par des modules cérébraux isolés restent non conscients. Leur contenu devient accessible à la conscience si les modules se connectent à un espace commun, implémenté dans un large réseau fronto-pariétal, qui rend la représentation disponible pour différentes utilisations. Dans la hiérarchie des traitements perceptifs, le niveau atteint par les représentations subliminales reste sujet à controverses. Les études récentes suggèrent cependant que les traitements non conscients sont beaucoup plus riches qu'on ne le pensait au départ, et incluent notamment des aspects sémantiques. Curieusement, les aspects motivationnels des stimuli subliminaux ont été assez peu étudiés. La motivation est un concept du sens commun, qui peut avoir de nombreuses significations et qui est donc difficile à opérationnaliser. On parlera ici de motivation par incitation, un concept utilisé en expérimentation animale, où on utilise des récompenses pour motiver un effort



Une activation 3D des régions cérébrales responsables de la motivation subliminale.

(Berridge, 2004). Chez l'homme, on utilise volontiers l'argent comme récompense, parce qu'il fonctionne de manière universelle, parce qu'il est facile à quantifier et parce qu'il n'engendre pas de satiété. Cela permet également d'établir un lien avec les incitations monétaires dont on parle en économie. Dans notre paradigme, on propose au sujet différentes sommes d'argent, induisant ainsi différents états motivationnels. On informe le sujet que plus il serre fort la poignée qu'il a en main, plus grande sera la fraction de l'enjeu monétaire qu'il pourra garder. Dans ces conditions, les sujets adaptent leur effort à la somme d'argent proposée, selon le phénomène attendu de motivation par incitation.

Afin de masquer les enjeux, nous les avons présentés très brièvement, sous forme de pièces de monnaie photographiées et affichées sur un écran d'ordinateur. Ces photographies étaient précédées et suivies de masques, c'est-à-dire d'images qui leur ressemblent sur le plan de la forme et de la couleur. Si on les interroge sur leurs perceptions (critère subjectif), les sujets disent ne pas voir les pièces de monnaie. Dans les tests de discrimination (critère objectif), où il s'agit de dire par exemple si l'enjeu est d'un centime ou d'un euro, les sujets ne faisaient pas mieux que le hasard. Pourtant ils exerçaient significativement plus de force pour les euros que pour les centimes (Pessiglione et al., 2007). On a donc bien un phénomène de motivation subliminale: même lorsqu'ils ne percevaient pas consciemment les enjeux, les sujets fournissaient davantage d'effort pour des montants plus importants. Cet effet était accompagné d'une augmentation de la réponse électrodermale pour les enjeux les plus importants, témoignant d'une participation émotionnelle des

sujets. L'IRM fonctionnelle a montré que cette motivation pour un effort physique, qu'elle soit consciente ou inconsciente, recrute de façon bilatérale les régions limbiques des ganglions de la base. En termes d'activation cérébrale comme en termes d'effet comportemental, la différence entre motivation subliminale et consciente est essentiellement quantitative.

Nous avons ensuite cherché à savoir si on pouvait motiver la moitié d'un sujet, et donc constituer la preuve du concept de motivation subpersonnelle. Les pièces de monnaie annonçant les enjeux étaient présentées dans l'un des deux hémichamps visuels, et selon la session expérimentale les sujets devaient serrer la pince soit avec leur main droite soit avec leur main gauche. Les résultats ont montré qu'en conditions subliminales l'effet motivationnel, c'est-à-dire la différence de force entre les euros et les centimes, ne s'exprimait que lorsque les pièces étaient flashées du côté ipsilatéral à la main produisant l'effort (Schmidt et al., sous presse). Ainsi il est possible de motiver un hémisphère indépendamment de l'autre, à l'encontre des conceptions philosophiques classiques pour lesquelles la motivation est un processus central qui s'adresse au niveau du sujet. Cette observation peut être rapprochée du syndrome manifesté par les patients dont les hémisphères ont été déconnectés, où les deux mains semblent suivre par des motivations différentes. Lorsque les enjeux étaient parfaitement visibles en revanche, l'effet motivationnel s'exerçait quelle que soit la main utilisée. Ces résultats s'accordent bien avec la théorie de l'espace de travail global, selon laquelle les incitations non conscientes resteraient encapsulées dans des modules locaux, tandis que les incitations conscientes pourraient être partagées par l'ensemble des modules. Ils ouvrent ainsi la voie à une conception modulaire de la motivation ■

Références

- Berridge KC (2004) Motivation concepts in behavioral neuroscience. *Physiol Behav* 81 : 179-209.
- Dehaene S, Changeux JP, Naccache L, Sackur J, Sergent C (2006) Conscious, preconscious, and subliminal processing: a testable taxonomy. *Trends Cogn Sci* 10: 204-211.
- Pessiglione M, Schmidt L, Draganski B, Kalisch R, Lau H, Dolan RJ, Frith CD (2007) How the brain translates money into force: a neuroimaging study of subliminal motivation. *Science* 316: 904-906.
- Schmidt L, Palminteri S, Lafargue G and Pessiglione M (2010) Splitting motivation: unilateral effects of subliminal incentives. *Psychol Sci* 21(7):977-83.



Incertitude et émergence du délire

Par **Raphaël Gaillard**

Université Paris-Descartes, Sorbonne-Paris-Cité,
Centre hospitalier Sainte-Anne, Paris.

Peut-on modéliser grâce aux neurosciences cognitives les troubles psychiatriques et plus particulièrement le délire ?

L'objectif est de déterminer les conditions d'émergence de l'idée délirante et par la suite de rendre compte de son incorrigibilité au gré de la conviction intime inébranlable du patient. Pour tenter de s'affranchir de l'hétérogénéité clinique des troubles psychotiques, ainsi que du facteur confondant que constituent les traitements psychotropes dans la plupart des études (une modification mise en évidence peut être la conséquence de la pathologie ou des traitements), il est possible de générer des symptômes psychotiques ou du moins leurs prodromes en administrant à des sujets sains des substances psychodysléptiques (qualifiées également de psychotomimétiques). Meyer-Lindenberg souligne ainsi dans sa récente revue dans *Nature* sur les données de neuro-imagerie obtenues dans la schizophrénie [1] que cette approche permettrait un renouveau de la médecine expérimentale en psychiatrie en intégrant les neurosciences dans l'évaluation précoce des essais cliniques, approche qui s'est déjà révélée "extraordinairement fructueuse" en oncologie et en hématologie.

Ainsi la kétamine, agent anesthésiant utilisé notamment chez l'enfant, provoque-t-elle à dose subanesthésique des symptômes similaires à ceux observés au début d'un épisode psychotique [2, 3]. On note ainsi une forme de perplexité, comme si l'ensemble des per-

ceptions devenaient bizarres, anormalement saillantes, et l'esquisse de thèmes délirants tels que les idées de référence, selon lesquelles le sujet pense que les signaux relevés dans l'environnement s'adressent spécifiquement à lui. D'un point de vue neurobiologique, la kétamine est un antagoniste des récepteurs NMDA au glutamate, à l'origine d'un relargage secondaire de glutamate stimulant notamment les récepteurs AMPA [4]. Les neurosciences cognitives visent à comprendre les effets cognitifs de la kétamine et les bases cérébrales de ces effets grâce à des tests simples. Ainsi dans le paradigme expérimental dit de l'allergologue, le sujet apprend qu'un individu a fait une réaction allergique au cours d'un repas comprenant des poivrons et des bananes. La survenue d'une nouvelle réaction allergique lors d'un repas ultérieur comprenant des poivrons amène à formuler l'hypothèse que les poivrons contiennent l'allergène. Il est alors possible de respecter cette hypothèse (pas d'allergie lors d'un repas contenant des bananes) ou de la violer (survenue d'une réaction allergique lors de ce repas). On montre que l'administration de kétamine chez le sujet sain (par rapport à un placebo) s'accompagne en IRM fonctionnelle du même pattern d'activations cérébrales que celui observé chez des patients psychotiques, avec notamment l'absence de différences entre respect et violation de la règle dans le cortex préfrontal latéral droit [5, 6].

Pour autant, la théorie dominante pour rendre compte des symptômes psychotiques positifs, dont le délire, est dopaminergique (hyperdopaminergie sous-corticale), comme en témoigne d'ailleurs l'efficacité des



traitements antidopaminergiques que sont les neuroleptiques [7]. Cette hyperdopaminergie aberrante conférerait une saillance excessive à des stimuli qui ne devraient pas en temps normal attirer l'attention, à l'origine d'une étrangeté que le délire viendrait expliquer dans un second temps. On peut formuler l'hypothèse que cette hyperdopaminergie sous-corticale soit liée à une dysfonction corticale primaire, au niveau préfrontal, comme le montrent des données pré-cliniques [8]. Selon cette hypothèse ce sont les anomalies glutamatergiques et GABAergiques affectant les projections préfrontales sur les structures méso-limbiques qui seraient à l'origine d'une hyperdopaminergie sous-corticale. Ainsi la kétamine est-elle également à l'origine d'une hyperdopaminergie sous-corticale, selon un auteur par un mécanisme direct [9] et plus probablement par cette perturbation de la connectivité préfronto-sous-corticale [4].

Quelles sont les structures cérébrales jouant un rôle-clé dans cette dynamique ?

Le cortex cingulaire antérieur, dont le métabolisme de base est précisément altéré par la kétamine [10], est

un bon candidat pour assurer le couplage entre cortex préfrontal et structures sous-corticales. Notons que le cortex cingulaire, dont on a pensé longtemps qu'il assurait le monitoring des situations de conflits [11] semble impliqué plus généralement dans le monitoring de l'incertitude [12]. L'altération de son fonctionnement de base ne permettrait plus de prendre en compte l'incertitude inhérente à toute prise de décision, plongeant le patient psychotique dans un état d'incertitude majeure que l'idée délirante viendrait résoudre au gré d'un scénario global (théorie du complot par exemple). Parallèlement, les structures sous-corticales étant désinhibées, l'hyperdopaminergie secondaire contribuerait au renforcement continu du délire. En effet le signal codant pour une erreur de prédiction dans une structure dopaminergique sous-corticale, le striatum, augmente le couplage de structures corticales distantes [13], et pourrait ainsi renforcer leur association sous-tendant l'idée délirante. Notre hypothèse sur les perturbations initiales du monitoring de l'incertitude par le cortex cingulaire insiste donc sur le rôle clé de la coordination secondaire de structures cérébrales distantes. Elle s'inscrit plus généralement dans la distinction que nous pouvons faire entre un fonctionne-

ment non conscient en parallèle, impliquant différentes structures cérébrales dont bien sûr les structures sous-corticales [14], et un fonctionnement conscient qui requiert la coordination de régions cérébrales distantes, le cortex préfrontal jouant un rôle important dans cette synchronisation [15, 16].

Pour tester l'hypothèse selon laquelle la kétamine induirait un défaut de monitoring de l'incertitude par le cortex cingulaire, nous avons utilisé à Cambridge dans l'équipe du Professeur Fletcher un paradigme d'apprentissage probabiliste avec renversements de la règle que des sujets sains effectuent dans une IRM sous placebo et sous kétamine. Dans ce paradigme les sujets doivent apprendre à maintenir la règle en dépit d'essais la contredisant (20 % des essais) et correspondant donc à une forme d'incertitude attendue (le risque inhérent au caractère probabiliste de la tâche). Mais ils doivent également en cas d'augmentation brutale de l'incertitude (incertitude inattendue) du fait d'un renversement de la règle (dont ils ne sont pas informés) être capables de modifier leur stratégie. C'est donc la différenciation de l'incertitude inattendue de l'incertitude attendue que les sujets doivent assurer. Qui plus est chaque essai donne lieu à un gain ou une perte d'argent, ce qui permet de mesurer la sensibilité du système dopaminergique. Nos résultats préliminaires montrent que sous kétamine les sujets ne monitorent pas correctement l'incertitude, ce qui les amène à modifier leur stratégie très souvent, y compris lors des périodes de relative stabilité des conditions expérimentales. Il existe de fait une hyperactivité du cortex préfrontal latéral sous kétamine pour le codage de l'incertitude. Enfin on observe une réponse aux gains plus forte dans le cortex orbitofrontal, une structure riche en projections dopaminergiques. L'élaboration d'un modèle computationnel, en collaboration avec l'équipe de Mathias Pessiglione, a pour objectif de mieux caractériser les perturbations de la dynamique préfronto-sous-corticale et notamment du cortex cingulaire et préfrontal latéral par la kétamine, permettant alors de modéliser les phénomènes associés à la transition psychotique. ■

Références

1. Meyer-Lindenberg, A., From maps to mechanisms through neuroimaging of schizophrenia. *Nature*, 2010. 468 7321: p. 194-202.
2. Pomarol-Clotet, E., et al., Psychological effects of ketamine in healthy volunteers. Phenomenological study. *Br J Psychiatry*, 2006. 189: p. 173-9.
3. McGhie, A. and J. Chapman, Disorders of attention and perception in early schizophrenia. *Br J Med Psychol*, 1961. 34: p. 103-16.
4. Corlett, P.R., et al., Glutamatergic model psychoses: prediction error, learning, and inference. *Neuropsychopharmacology*, 2011. 36(1): p. 294-315.
5. Corlett, P.R., et al., Frontal responses during learning predict vulnerability to the psychotogenic effects of ketamine: linking cognition, brain activity, and psychosis. *Arch Gen Psychiatry*, 2006. 63(6): p. 611-21.
6. Corlett, P.R., et al., Disrupted prediction-error signal in psychosis: evidence for an associative account of delusions. *Brain*, 2007. 130(Pt 9): p. 2387-400.
7. Kapur, S., Psychosis as a state of aberrant salience: a framework linking biology, phenomenology, and pharmacology in schizophrenia. *Am J Psychiatry*, 2003. 160(1): p. 13-23.
8. Carlsson, A., N. Waters, and M.L. Carlsson, Neurotransmitter interactions in schizophrenia--therapeutic implications. *Biol Psychiatry*, 1999. 46(10): p. 1388-95.
9. Kapur, S. and P. Seeman, NMDA receptor antagonists ketamine and PCP have direct effects on the dopamine D(2) and serotonin 5-HT(2) receptors--implications for models of schizophrenia. *Mol Psychiatry*, 2002. 7(8): p. 837-44.
10. Deakin, J.F., et al., Glutamate and the neural basis of the subjective effects of ketamine: a pharmacomagnetic resonance imaging study. *Arch Gen Psychiatry*, 2008. 65(2): p. 154-64.
11. Cohen, J.D., M. Botvinick, and C.S. Carter, Anterior cingulate and prefrontal cortex: who's in control? *Nat Neurosci*, 2000. 3(5): p. 421-3.
12. Rushworth, M.F. and T.E. Behrens, Choice, uncertainty and value in prefrontal and cingulate cortex. *Nat Neurosci*, 2008. 11(4): p. 389-97.
13. den Ouden, H.E., et al., Striatal prediction error modulates cortical coupling. *J Neurosci*, 2010. 30(9): p. 3210-9.
14. Naccache, L., et al., A direct intracranial record of emotions evoked by subliminal words. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2005. 102(21): p. 7713-7.
15. Gaillard, R., et al., Nonconscious processing of emotional words modulates conscious access. *PNAS*, 2006. 103(19): p. 7524-9.
16. Gaillard, R., et al., Converging intra-cranial markers of conscious access. *PLoS Biol*, 2009. 7(3): p. e61.

Perturbations de l'expérience de soi et de l'identité personnelle dans la schizophrénie



Par **Jean-Marie Danion**
Inserm U666, CHU Strasbourg.

L'importance des perturbations de l'expérience de soi dans la schizophrénie a été soulignée par tous les grands courants de pensée en psychiatrie. Ainsi Kraepelin évoquait-il une dissolution fondamentale de l'expérience de soi, et Bleuler une perte de l'unité et de la cohérence de la personnalité aux fondements même de la pathologie. Plus récemment, la psychiatrie existentielle et la psychiatrie phénoménologique ont mis en avant les perturbations du sentiment même de soi et l'angoisse

massive qu'elles provoquent, tandis que le courant psychanalytique a souligné l'incapacité des patients à donner sens aux événements vécus.

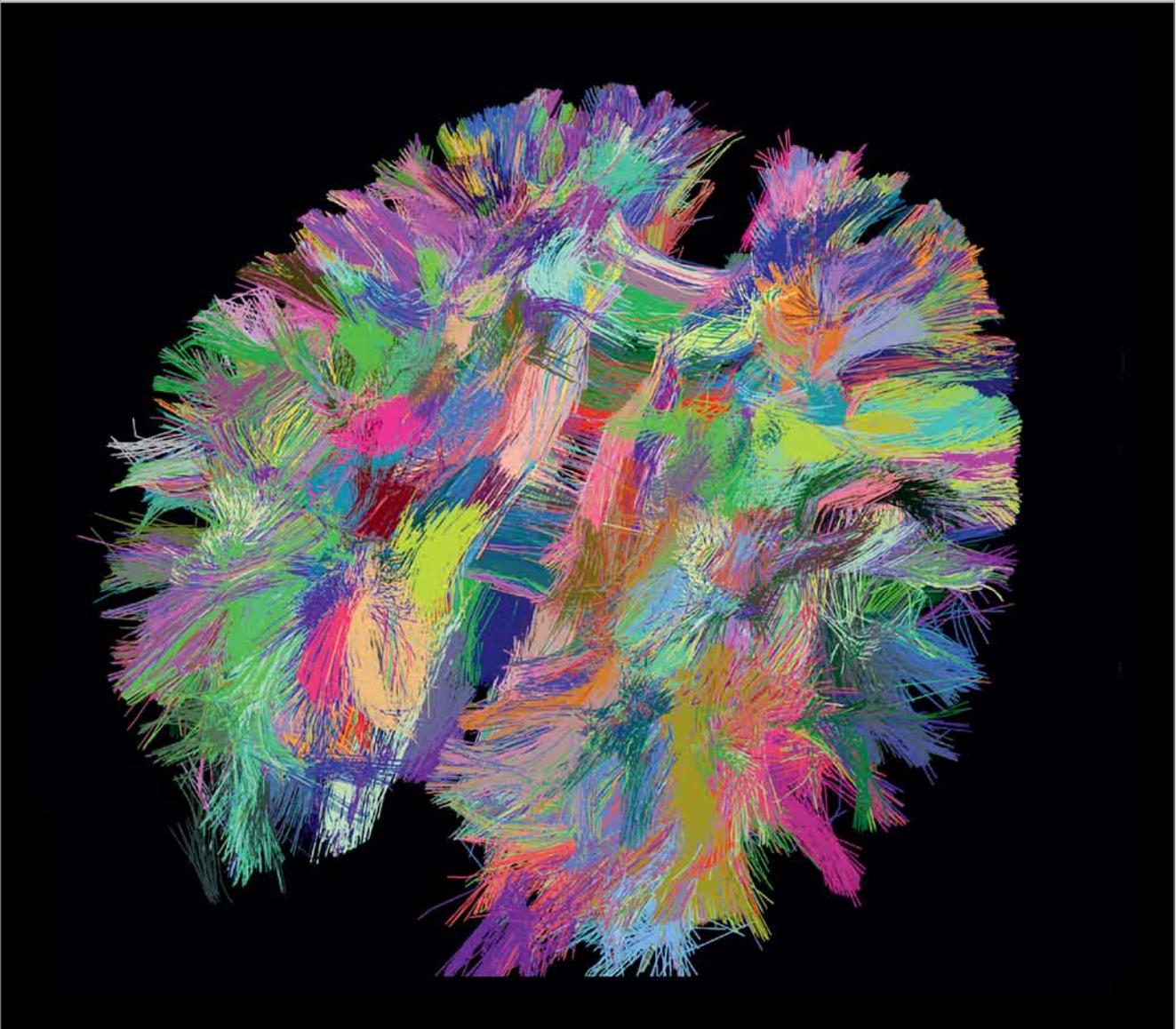
Un modèle cognitif des relations entre mémoire autobiographique et soi

Alors que toutes les grandes conceptions psychopathologiques de la schizophrénie placent les perturbations de l'expérience de soi et de l'identité personnelle au centre des descriptions et de la compréhension de la maladie, il est paradoxal de constater que longtemps, les seules données disponibles sur ces perturbations ont été issues d'approches purement cliniques ou philosophiques. Les neurosciences se sont désintéressées de cette dimension, pourtant essentielle, de la maladie vraisemblablement en raison de l'absence de modèles théoriques permettant d'aborder expérimentalement la

description et l'analyse de ces perturbations. Ce n'est que très récemment qu'une approche expérimentale des perturbations de l'expérience de soi et de l'identité personnelle dans la schizophrénie est devenue possible, grâce au développement de modèles cognitifs du soi (ou self en anglais) et de ses liens avec la mémoire autobiographique. A cet égard, le modèle de Conway revêt un intérêt particulier en ce qu'il souligne la réciprocité des relations entre la mémoire autobiographique et le soi, notamment lors de la construction de l'identité personnelle. Ce modèle distingue deux composantes majeures de l'identité personnelle, le sentiment même de soi et le soi conceptuel (Conway et Pleydell-Pearce, 2000). Le sentiment même de soi est une expérience subjective, corrélative des souvenirs autobiographiques, et correspondant à la reviviscence mentale de l'événement passé. L'individu s'éprouve lui-même dans le passé, à la

Extraction des principaux réseaux de faisceaux de substance blanche cérébrale chez l'homme à partir d'images d'IRM (imagerie par résonance magnétique) de diffusion. Cette technique d'imagerie biomédicale permet d'étudier *in vivo* des fibres de substance blanche et donc de réaliser des diagnostics pour diverses pathologies : sclérose en plaques, schizophrénie, troubles de la conscience.

CNRS Photothèque, L.S.I.I.T. Antoine Grigis, Vincent Noblet, Fabrice Heitz, Jean-Paul Armspach.



fois identique et différent. Le soi conceptuel véhicule un sens plus abstrait de soi et correspond à l'ensemble des images et des représentations de soi ainsi que des valeurs et des croyances sur soi, autrui et le monde.

Exploration du sentiment même de soi

L'exploration du sentiment même de soi repose sur des questionnaires autobiographiques dont l'approche est « en première personne » - les participants eux-mêmes évaluent les caractéristiques subjectives de leurs souvenirs - et qui couvrent des périodes de vie différentes : avant 9 ans, entre 9 ans et 19 ans, entre 20 ans et l'année précédant le test, au cours de l'année précédant le test (Danion, Cuervo et al. 2005). Toutes les caractéristiques subjectives des souvenirs dont dépend le sentiment même de soi sont altérées quelle que soit la période vie considérée, avec toutefois une aggravation des troubles observée à la fin de l'adolescence. La spécificité des souvenirs autobiographiques est ainsi diminuée (Riutort et al, 2003 ; Danion et al, 2005), de même que la richesse en détails visuels et perceptifs (Pothegadoo et al, 2011) et la capacité de revivre mentalement l'événement passé (Danion et al, 2005 ; Pernot-Marino et al, 2010). De plus, la capacité de se projeter dans l'avenir et de vivre un événement futur par anticipation est également altérée (de Oliveira et al, 2009). Ces résultats montrent que la capacité de s'éprouver soi-même, à la fois identique et différent au cours du temps, et de voyager mentalement dans le temps est altérée chez les patients. La schizophrénie est ainsi associée à une perturbation de la continuité temporelle du sentiment même de soi.

Enfin, la méthode des questionnaires autobiographiques « en première personne » permet d'étudier

la capacité des patients et des témoins d'attribuer un sens à des expériences marquantes du passé. Pour cela, il est demandé aux participants de restituer cinq souvenirs marquants, en les laissant attribuer spontanément un sens à ces souvenirs, puis en les incitant à le faire (« En quoi cet événement a-t-il été marquant et en quoi permet-il de vous définir en tant que personne? »). On constate que les patients attribuent moins souvent un sens à leurs souvenirs autobiographiques que les témoins, que ce soit spontanément ou après incitation (Berna, Bennouna-Greene et al. 2011a). Ces résultats suggèrent l'existence d'un défaut d'intégration de ces expériences au sein du soi, l'attribution d'un sens à un souvenir personnel participant de l'élaboration du soi conceptuel. Ainsi par exemple, un événement douloureux comme la disparition accidentelle d'un proche, et surtout la manière dont cet événement a été repensé ultérieurement pour en tirer les leçons éventuelles, peut-il devenir explicitement l'un des jalons d'une vocation professionnelle.

Exploration du soi conceptuel

Le soi conceptuel est également devenu accessible aux approches expérimentales. Celles-ci consistent dans un premier temps à demander aux participants d'identifier les images et représentations de soi qu'ils considèrent comme définissant leur identité - les traits de personnalité que le participant se reconnaît (par exemple le courage ou la timidité) et les rôles et fonctions qu'il est amené à exercer en famille ou en société (par exemple mère ou vendeuse). Il est ensuite demandé aux participants de restituer des souvenirs fortement liés à ces images et représentations de soi (Berna et al, 2011b ; Bennouna-Greene et al, 2011). Chez les patients schizophrènes, les images et les représentations de soi ont une tonalité plus passive que celles des témoins et reposent sur des souvenirs peu spécifiques, associés à un affaiblissement du sentiment-même de soi, et dont l'organisation hiérarchique est altérée. Ainsi, alors que l'organisation reposant sur des facteurs temporels et émotionnels est préservée, l'organisation conceptuelle des souvenirs autobiographiques sous-tendant le soi conceptuel est altérée chez les patients (Bennouna-Greene et al, 2011 ; Morise et al, 2011).

Une approche cognitive du délire de persécution

Le modèle de Conway rend enfin possible une approche cognitive du délire dans la mesure où le délire peut être conçu comme une croyance. Cette approche postule que le délire se construit selon un processus dynamique mettant en jeu des mécanismes qui ne sont pas fondamentalement différents de ceux impliqués dans la construction de n'importe quelle forme de

croissance non délirante. Le délire de persécution, le plus fréquent des délires dans la schizophrénie, se construirait ainsi progressivement par sémantisation des souvenirs d'expériences délirantes de persécution, c'est-à-dire par abstraction progressive de leur vécu commun de persécution et perte concomitante des informations spécifiques à chaque expérience particulière. Une fois constitué, le délire de persécution correspondrait à des croyances délirantes faisant partie intégrante du soi conceptuel sous la forme d'un « soi délirant ». Les résultats préliminaires sont en accord avec cette approche du délire comme croyance. Ils montrent que les croyances du délire de persécution reposent sur des souvenirs à contenu de persécution qui sont fortement sémantisés et chargés émotionnellement. Les mécanismes sous-tendant la constitution du délire de persécution ne semblent pas différents de ceux impliqués dans la constitution des croyances non délirantes. Toutefois, les patients schizophrènes pourraient être particulièrement vulnérables aux croyances délirantes dans la mesure où il existe chez eux un déséquilibre entre les émotions, qui sont exacerbées et dès lors renforcent les croyances à contenu persécutif, et les processus cognitifs, qui sont affaiblis et ne peuvent plus jouer leur rôle de mise à distance de ces croyances.

Implications thérapeutiques

Ces recherches ont des implications thérapeutiques dans la mesure où elles permettent de concevoir des psychothérapies « informées » de données empiriques issues des neurosciences cognitives. Une première direction de ces thérapies visant à renforcer l'identité défaillante des patients est de renforcer le sentiment même de soi, d'une part en encourageant les patients à augmenter la richesse des informations mémorisées pour des événements vécus quotidiennement et d'autre part, en entraînant les patients à retrouver des souvenirs de leur passé de la façon la plus détaillée possible. Une seconde direction thérapeutique consiste à les inciter à donner sens aux événements marquants de leur passé. Le but de cette intervention est de renforcer la cohérence des liens entre souvenirs autobiographiques et self. Ce type de thérapie a été utilisé avec succès dans d'autres pathologies comme la dépression ou les maladies somatiques graves comme le cancer. Enfin, les travaux sur le délire permettent de mieux comprendre les mécanismes mis en jeu lors des thérapies cognitivo-comportementales des croyances délirantes ■

Références

- Bennouna-Greene M. Berna F., Conway M.A., Rathbone C.J., Vidailhet P., Danion J.M. Self-images and related autobiographical memories in schizophrenia. *Conscious. Cogn.*, 2011, à paraître.
- Berna F., Bennouna-Greene M., Potheegadoo J., Verry P., Conway M.A., Danion J.M. Impaired ability to give a meaning to personally significant events in patients with schizophrenia. *Conscious. Cogn.*, 2011a, 20 : 703-11.
- Berna F., Bennouna-Greene M., Potheegadoo J., Verry P., Conway M.A., Danion J.M. Self-defining memories related to illness and their integration into the self in patients with schizophrenia. *Psychiatry Res.*, 2011b, 189 : 49-54.
- Conway M.A., Pleydell-Pearce C.W. The construction of autobiographical memories in the self-memory system. *Psychol. Rev.*, 2000, 107 : 261-288.
- Danion J.M., Cuervo C., Piolino P., Huron C., Riutort M., Peretti S., Eustache F. Conscious recollection in autobiographical memory: an investigation in schizophrenia. *Conscious. Cogn.*, 2005, 14 : 535-547.
- De Oliveira H., Cuervo-Lombard C., Salamé P., Danion J.M. Autonoetic awareness associated with the projection of the self into the future: an investigation in schizophrenia. *Psychiatry Res.*, 2009, 169 : 86-87.
- Morise C, Berna F, Danion JM. The organization of autobiographical memory in patients with schizophrenia. *Schizophr Res*, 2011, 128 : 156-160
- Pernot-Marino E., Schuster C., Hedelin G., Berna F., Zimmermann M.A., Danion J.M. True and false autobiographical memories in schizophrenia: preliminary results of a diary study. *Psychiatry Res.*, 2010, 179 : 1-5.
- Potheegadoo J., Cuervo-Lombard C., Berna F., Danion J.M. Distorted perception of the subjective temporal distance of autobiographical events in patients with schizophrenia. *Conscious. Cogn.*, 2011, à paraître.
- Riutort M., Cuervo C., Danion J.M., Peretti C.S., Salamé P. Reduced levels of specific autobiographical memories in schizophrenia. *Psychiatry Res.*, 2003, 117 : 35-45.

Conclusion du colloque

Par **Michel Le Moal**

Membre de l'Académie des sciences, professeur émérite
à l'université Victor-Ségalen de Bordeaux.

Par choix les orateurs ont donné au colloque une orientation expérimentale. La durée limitée des présentations n'a pas permis de référer à la polysémie du terme conscience et aux aspects théoriques par ailleurs développés dans l'introduction faite par le Pr Henri Lôo. Parmi les références connexes il est classique de citer l'expérience subjective personnelle, la prise de conscience, l'approche morale de soi, la connaissance réflexive de notre activité psychique, le libre arbitre, la volonté, et aussi l'esprit ou la pensée en général. Deux questions en débat, au cœur du problème de la conscience furent explicitées de façon différente selon les approches considérées : l'implémentation neuronale et les relations entre l'activité neuronale inconsciente et la pensée consciente.

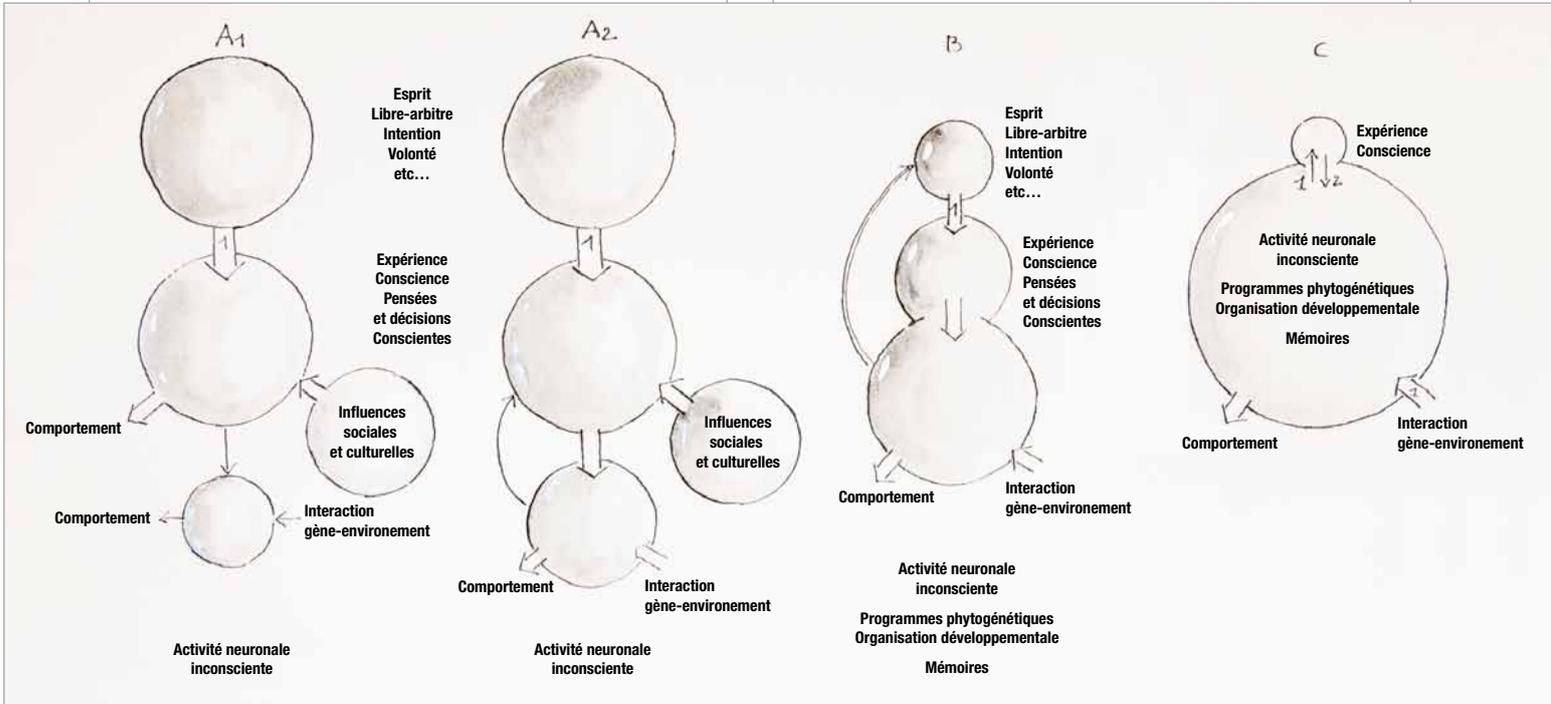
La connaissance du monde extérieur suit une voie dite « bottom-up » caudo-rostrale, des voies sensorielles aux cortex frontal et temporal. Il y aussi un transfert des connaissances en direction opposée dite « top-down », des cortex associatifs aux régions traitant les sensorialités. Il y aurait donc une bi-directionnalité, la prise de conscience résultant de l'activité « top-down ». Très succinctement trois théories seront ici évoquées, parmi de nombreuses. La théorie du système central dynamique [15] distingue deux aspects essentiels des états de conscience : d'une part ils sont illimités et il n'y en a pas deux identiques (différentiation) et d'autre part un état de conscience ne peut être décomposé en des constituants indépendants (intégration) et ceci repose sur les flux fronto-pariétaux associatifs. Une seconde théorie, dite de l'espace de travail neuronal global [3], [2], [16] implique d'une part une collection de processeurs séparés (bottom-up), anatomiquement confinés et spécialisés pour un traitement sensoriel donné, ce dernier étant réalisé inconsciemment et d'autre part des réseaux interconnectés associant de nombreuses régions (pré-frontales, pariétales, cingulaires) et qui permettrait (top-down) ce que nous expérimenterions consciemment avec toute la diversité des possibles. Cette théorie rappelle ce que Fodor [17] avait proposé avec les systèmes verticaux d'entrée des informations, cloisonnés et le système central permettant les traitements infinis des pensées associés aux mémoires autobiographiques. Enfin la troisième théorie, dite de la rétroactivation multirégionale [18] propose que la perception et le rappel des mé-

moires sont inséparables. Chaque perception déclenche la ré-expérience d'images de même nature ou d'autres modalités stockées dans les cortex associatifs. Pour être ré-expérimentées consciemment les images doivent être reconverties dans leurs formes explicites *via* des signaux « top-down » au niveau des cortex sensoriels primaires : ainsi le flux de la conscience ne serait rien d'autre qu'un présent inscrit dans les mémoires. Ces théories, et bien d'autres, ont des points communs et par certains aspects des explicitations métaphoriques proches. L'idée que les images perçues ne seraient pas un reflet direct de l'environnement est depuis longtemps débattue. La conscience serait une propriété intrinsèque reflétant des dispositions existantes d'un cerveau actif d'une certaine manière [19]. Par ailleurs, considérant le rôle essentiel d'activités de type « top-down » de nombreux auteurs estiment nécessaire une rétroaction fournie par le flux entrant émanant du « bottom-up ». En d'autres termes les images auxquelles nous sommes confrontés résulteraient de signaux qui descendraient par les systèmes sensoriels comme le comportement résulte de signaux qui descendent le long des voies motrices [20]. Enfin les états de conscience sont très souvent associés à l'activité cognitive ou à l'activité mentale. Pour beaucoup d'auteurs les processus cognitifs sont placés en majesté surplombant l'ensemble des fonctions neurobiologiques. Dans sa forme radicale cette position relève d'une réduction discutée des états mentaux qui s'est imposée au cours des trois dernières décennies. Une conception plus large s'appuie sur les travaux démontrant l'omniprésence fondamentale des émotions et états affectifs qui ont sur les opérations neuronales et les conduites une primauté organisatrice. Émotions et processus cognitifs sont interpénétrés mais la réactivité émotionnelle est primordiale [21].

La seconde question concerne les relations entre les activités inconscientes et conscientes et notamment leurs relations causales. Rappelons que l'essentiel de l'activité mentale et en particulier la plus créatrice, dans tous les domaines, est inconsciente. Pour certains auteurs l'expérience consciente ouvre un accès global au lexique mental, à la mémoire autobiographique, au contrôle volontaire sur les conduites routinières, au libre-arbitre laissant supposer une causalité allant de la conscience vers le cerveau. Il serait possible d'admettre que les pen-

sées conscientes n'acquerraient que secondairement un substrat matériel neuronal qui leur soit spécifique, celui que l'imagerie cérébrale révélerait en relation avec l'organisation des conduites. Il convient de remarquer les différences entre les constantes du temps compatibles avec l'IRM fonctionnelle et celles qui sous-tendent nos activités quotidiennes, rapides, changeantes, entremêlées parfois, prédictives et adaptées. Pour certains au-

émanant de l'environnement social et culturel sont souvent dotées d'un rôle causal sur le comportement, rôle théorisé à l'extrême au travers des conceptions relativistes-constructivistes. Cette position radicale est très souvent nuancée (A2), en particulier par l'acceptation d'une activité neuronale inconsciente et du rôle organisateur des interactions stochastiques gène-environnement. Les positions schématisées dans A1 et A2 sont en



Représentations schématiques de quelques modalités possibles des relations entre esprit-conscience et activité neuronale et de leurs relations causales. Le chiffre 1 indique l'ordre de la causalité. La largeur des flèches suggère l'importance des relations causales. A1 et A2 : modèle où l'esprit et l'expérience consciente créent le comportement, B : modèle largement utilisé, C : modèle totalement matérialiste, primat de la causalité inconsciente.

teurs l'activité neuronale de l'information précède toujours la mise en route d'un comportement [22] et guide la nature de la réponse. Enfin une large part du monde scientifique récuse à la conscience, considérée comme un épiphénomène ou une illusion, tout rôle causal dans notre activité au sein de nos environnements [23], [24], [25], [26], [27]. Ces considérations se rapportent également aux relations causales entre pensée consciente, libre arbitre, volonté, etc..., d'une part et l'activité neuronale inconsciente et le comportement, d'autre part. Quelques-unes de ces possibles relations sont représentées dans la figure 1. [Figure 1 ici]. Les modèles A1 et A2 correspondent à des causalités résultant d'un dualisme plus ou moins radical. Ces modalités sont communes et présentes dans toutes les sociétés et cultures d'une manière soit radicale (A1) soit plus modérée (A2) : des forces directrices organisent la pensée consciente et les conduites. La position extrême (A1) repose sur une négation implicite ou explicite de la biologie (anti-naturalisme) et donc de l'activité neuronale comme cause directe et unique du comportement; cependant un rôle pour le cerveau est parfois reconnu. Les informations

contradiction avec les lois fondamentales de la chimie et de la physique. Une autre position largement répandue (B) repose sur la reconnaissance du rôle du cerveau et particulièrement de l'activité neuronale inconsciente. Toutefois le raisonnement laisse parfois supposer l'acceptation implicite d'un rôle causal de forces relevant de l'esprit, de la volonté, du libre arbitre, pouvant être d'ailleurs plus ou moins contrôlés par l'activité neuronale. L'expérience consciente a une action déterminante sur le fonctionnement neuronal inconsciente doté de ses programmes phylogénétiquement acquis, des transformations développementales et d'une manière générale des interactions gène-environnement. Le modèle représenté en C est accepté essentiellement dans le monde scientifique et chez les neurobiologistes. Moniste, radicalement matérialiste, non vitaliste, il considère que l'essentiel de nos activités quotidiennes, des routines aux activités les plus créatrices résultent du fonctionnement inconscient du système nerveux. L'organisation neuronale est la matérialité de notre production mentale et rien n'existe en dehors de cette matérialité. La conscience n'est plus le moyen par lequel le comportement est influencé mais le mécanisme par lequel nous suivons éventuellement l'activité neuronale inconsciente et le comportement et qui interviendrait accessoirement sur le comportement pour le renforcer. L'apparition de la conscience au cours de la phylogénèse et de l'évo-

lution chez l'homme, et sans doute de nombreux animaux, pourrait refléter un avantage, évolutif donc, mais qui n'est pas encore bien compris.

Ces deux questions, concernant la matérialité et la causalité, ne sont pas nécessairement reliées. La recherche des substrats neuronaux peut se faire dans une perspective corrélationnelle non causale ou dans une perspective primordiale et causale. L'usage des mots, l'excitation de leurs sens fonctionnels, la recherche des relations entre fonction et matière sont autant de niveaux complexes que la science permettra (un jour) de mieux comprendre. Le sujet touche également un problème aigu des croyances et il peut arriver que ces dernières soient organisatrices de l'approche scientifique ■

Références

1. B. J. Baars, *A cognitive theory of consciousness*. Cambridge, Mass., *Cambridge University Press*, 1989.
2. B. J. Baars, In the theatre of consciousness. *Global Workspace Theory, a rigorous scientific theory of consciousness*. *JCS*, 1997, 4, 292-309.
3. B. J. Baars, *Understanding Subjectivity: Global Workspace Theory and the Resurrection of the Observing Self*. *JCS*, 1996, 3, 211-216.
4. S. Dehaene, L. Naccache, *Towards a cognitive neuroscience of consciousness: basic evidence and a workspace framework*. *Cognition*, 2001, 79, 1-37.
5. M. Pessiglione, L. Schmidt, B. Draganski, R. Kalisch, H. Lau, R. J. Dolan, C. D. Frith, *How the brain translates money into force: a neuroimaging study of subliminal motivation*. *Science*, 2007, 316, 904-906.
6. L. Schmidt, S. Palminteri, G. Lafargue, M. Pessiglione, *Splitting motivation: unilateral effects of subliminal incentives*. *Psychol Sci*, 2010, 21, 977-983.
7. E. Pomarol-Clotet, G. D. Honey, G. K. Murray, P. R. Corlett, A. R. Absalom, M. Lee, P. J. McKenna, E. T. Bullmore, P. C. Fletcher, *Psychological effects of ketamine in healthy volunteers. Phenomenological study*. *Br J Psychiatry*, 2006, 189, 173-179.
8. P. R. Corlett, G. D. Honey, M. R. Aitken, A. Dickinson, D. R. Shanks, A. R. Absalom, M. Lee, E. Pomarol-Clotet, G. K. Murray, P. J. McKenna, T. W. Robbins, E. T. Bullmore, P. C. Fletcher, *Frontal responses during learning predict vulnerability to the psychotogenic effects of ketamine: linking cognition, brain activity, and psychosis*. *Arch Gen Psychiatry*, 2006, 63, 611-621.
9. P. R. Corlett, G. K. Murray, G. D. Honey, M. R. Aitken, D. R. Shanks, T. W. Robbins, E. T. Bullmore, A. Dickinson, P. C. Fletcher, *Disrupted prediction-error signal in psychosis: evidence for an associative account of delusions*. *Brain*, 2007, 130, 2387-2400.
10. J. F. Deakin, J. Lees, S. McKie, J. E. Hallak, S. R. Williams, S. M. Dursun, *Glutamate and the neural basis of the subjective effects of ketamine: a pharmaco-magnetic resonance imaging study*. *Arch Gen Psychiatry*, 2008, 65, 154-164.
11. M. A. Conway, C. W. Pleydell-Pearce, *The construction of autobiographical memories in the self-memory system*. *Psychol Rev*, 2000, 107, 261-288.
12. J. M. Danion, C. Cuervo, P. Piolino, C. Huron, M. Riutort, C. S. Peretti, F. Eustache, *Conscious recollection in autobiographical memory: an investigation in schizophrenia*. *Conscious Cogn*, 2005, 14, 535-547.
13. P. S. Blagov, J. A. Singer, *Four dimensions of self-defining memories (specificity, meaning, content, and affect) and their relationships to self-restraint, distress, and repressive defensiveness*. *J Pers*, 2004, 72, 481-511.
14. F. Berna, M. Bennouna-Greene, J. Potheegadoo, P. Verry, M. A. Conway, J. M. Danion, *Impaired ability to give a meaning to personally significant events in patients with schizophrenia*. *Conscious Cogn*, 2011, 20, 703-711.
15. G. Tononi, G. M. Edelman, *Consciousness and complexity*. *Science*, 1998, 282, 1846-1851.
16. S. Dehaene, J. P. Changeux, *Experimental and theoretical approaches to conscious processing*. *Neuron*, 2011, 70, 200-227.
17. J. A. Fodor, *The modularity of mind: An essay on faculty psychology*. *MIT Press*, 1983, p. 145.
18. A. R. Damasio, *Time-locked multiregional retroactivation: a systems-level proposal for the neural substrates of recall and recognition*. *Cognition*, 1989, 33, 25-62.
19. R. R. Llinás, D. Paré, *Of dreaming and wakefulness*. *Neuroscience*, 1991, 44, 521-535.
20. L. Cauller, *Layer I of primary sensory neocortex: where top-down converges upon bottom-up*. *Behav Brain Res*, 1995, 71, 163-170.
21. D. Kahneman, *A perspective on judgment and choice: mapping bounded rationality*. *Am Psychol*, 2003, 58, 697-720.
22. B. Libet, C. A. Gleason, E. W. Wright, D. K. Pearl, *Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activity (readiness-potential). The unconscious initiation of a freely voluntary act*. *Brain*, 1983, 106 (Pt 3), 623-642.
23. D. M. Wegner, *The illusion of conscious will*. *Bradford Books, Cambridge: MIT Press*, 2003, p. 405.
24. S. Blackmore, *Conversations on consciousness*. *Oxford University Press*, 2006, p. 274.
25. C. S. Soon, M. Brass, H. J. Heinze, J. D. Haynes, *Unconscious determinants of free decisions in the human brain*. *Nat Neurosci*, 2008, 11, 543-545.
26. A. R. Cashmore, *The Lucretian swerve: the biological basis of human behavior and the criminal justice system*. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2010, 107, 4499-4504.
27. D. Dennett, *Are we explaining consciousness yet?* *Cognition*, 2001, 79, 221-237.

« Bibliométrer » n'est pas évaluer

Par **Denis Jérôme¹** et **Jean-François Bach²**

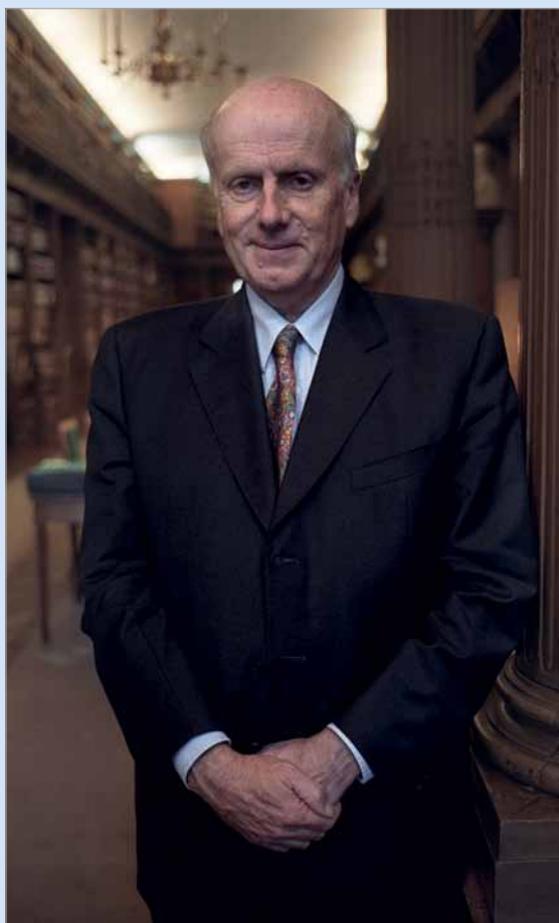
1 Membre de l'Académie des sciences, directeur de recherche émérite au CNRS.

2 Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, professeur à l'université René Descartes.

« **B**ibliométrer » (verbe que nous proposons), dérivant du substantif bibliométrie, une pratique déjà largement répandue parmi les chercheurs et les organismes de recherche dans le but d'évaluer les performances des chercheurs tant au niveau des individus que des équipes et des institutions.

L'Académie des sciences avait constaté dans son rapport du 8 juillet 2009 sur « L'Évaluation individuelle des enseignants-chercheurs et des chercheurs en sciences exactes et expérimentales³ » que l'évaluation individuelle des chercheurs par les pairs reste très subjective et soumise à de nombreux biais potentiels ; elle pose de plus des problèmes pratiques liés à la lourdeur d'un examen approfondi des dossiers, amplifié par le nombre excessif des évaluations demandées de toute part.

De nombreux chercheurs ou institutions ont tendance à penser que la bibliométrie pourrait se substituer à l'évaluation qualitative par les pairs. C'est ainsi que depuis plusieurs années, la bibliométrie est



largement utilisée dans des contextes assez divers, en particulier en France où certains organismes y recourent de façon régulière. L'Académie des sciences a souhaité dans son rapport du 17 janvier 2011, « Du bon usage de la bibliométrie pour l'évaluation individuelle des chercheurs⁴ », examiner les conditions de son utilisation.

La réflexion menée par l'Académie a révélé l'existence d'opinions très contrastées sur le sujet. En dépit de ce que certains ont demandé, il paraît irréaliste de remettre en question la bibliométrie qui restera utilisée en tout état de cause. L'objectif est plutôt d'identifier l'utilisation erronée qui en est souvent faite et de cerner les limites de sa signification et de son utilisation.

De nombreux pays anglo-saxons utilisent déjà officiellement la bibliométrie au niveau de l'évaluation des performances des universités et organismes de recherche. Au niveau individuel, la lecture des résultats d'un sondage effectué par *Nature* auprès de 150 chercheurs, enseignants-chercheurs ou responsables de départements (en juin 2010) fait ressortir que 70% des sondés pensent que les considérations bibliométriques sont utilisées pour le recrutement et les promotions, mais que 63% d'entre eux jugent l'utilisation des mesures quantitatives inadéquates. Tout cela démontre bien que dans tous les pays, l'utilisation de la seule bibliométrie en vue d'une évaluation est loin d'être perçue comme satisfaisante.

La bibliométrie est un produit dérivant de la construction des gigantesques bases de données bibliographiques. Eugène Garfield, qui en fut l'un des pionniers dans les années 60, avait eu l'idée d'utiliser les citations des articles comme critère de délimitation des domaines scientifiques. Ultérieurement, l'utilisation des citations a donné naissance à des instruments de mesure de la visibilité des journaux scientifiques (facteur d'impact⁵). Plus récemment, l'usage des citations a été étendu à l'évaluation scientifique individuelle grâce notamment à l'utilisation de la base *Web of Science* de *ISI* commercialisée par *Thomson Reuters*, ou *Scopus* commercialisée par *Elsevier*. La bibliométrie est devenue une pratique qui s'est développée rapidement après la proposition en 2005 par J.E. Hirsch d'un indicateur h^6 attribué individuellement à chaque scientifique. Cet indicateur, fondé sur le nombre d'articles ayant un fort nombre de citations, a le mérite de pouvoir être obtenu extrêmement rapidement avec le logiciel *Web of Science* de la base *Thomson ISI*. De nombreux autres indicateurs plus élaborés ont été proposés par les spécialistes des sciences de l'information dont l'indicateur g proposé en 2006 par L. Eghhe (cf. note précédente). Il est cependant utile de prendre conscience que l'outil bibliométrique reste pour l'instant dans un état rudimentaire.

Force est de constater que l'évaluation bibliométrique fait débat, avec des avis souvent extrêmes pour ou contre son utilisation.

Tentons d'y voir un peu plus clair. Le terme bibliométrie recouvre plusieurs pratiques.

La première, souvent utilisée par les institutions, consiste à baser une évaluation quantitative des chercheurs sur le prestige des revues dans lesquelles ils publient, prestige déterminé par le facteur d'impact des revues. C'est assurément une méthode rapide mais qui est fort critiquable notamment dans certaines disciplines. Il faut savoir que le facteur d'impact des revues dites de prestige telles que *Nature*, *Science*, *Cell* ou *Physical Review Letters*, etc., ne provient que de 20% des articles les plus cités. C'est à dire que 80% des articles qui y sont publiés n'atteignent pas le taux moyen annuel de citation de la revue donné par le facteur d'impact. Faire valoir une publication dans une revue de prestige revient donc dans une majorité des cas à usurper un taux de citations auquel le chercheur ne peut prétendre. En outre, ces revues privilégient souvent la publication d'articles dans le courant des recherches du moment afin de s'assurer un large lectorat au détriment de la diffusion de résultats réellement novateurs à faible lectorat, du moins à court terme, la conséquence pouvant même aller jusqu'à l'orientation des recherches ayant pour finalité la publication dans ces revues à fort facteur d'impact, ce qui est contraire à l'esprit d'une recherche fondamentale.

La seconde pratique consiste à associer une relation entre la mesure des citations des articles et la valeur de leurs auteurs. C'est pour ce faire que les divers indicateurs bibliométriques associés aux chercheurs tels que h , g , et d'autres ont été proposés. Ce sont les chercheurs eux-mêmes qui font figurer ces indicateurs dans leurs propres dossiers pour l'embauche, les promotions ou les demandes de contrats. Ces indicateurs pris isolément contribuent-ils à l'évaluation du chercheur ?

La question mérite d'être posée puisque en tout état de cause, la bibliométrie ne mesure pas la qualité d'un chercheur mais seulement ses citations, sans préjuger des raisons qui l'ont amené à être cité même si les papiers scientifiques faux ou même frauduleux souvent abondamment cités finissent toujours par être démasqués.

Les pratiques bibliographiques et bibliométriques varient considérablement selon les disciplines, voire les sous-disciplines, avec des différences dans la valeur donnée à la bibliométrie selon les disciplines (ainsi la bibliométrie est quasiment rejetée par les mathématiciens et sur-utilisée en biologie et médecine). Cela vaut autant pour l'utilisation de la bibliométrie que pour la qualité des bases de données. Ces différences, auxquelles il faut ajouter l'énorme disparité de taille des

communautés concernées, doivent inciter à s'interdire de comparer les indicateurs bibliométriques entre des chercheurs appartenant à des disciplines ou des sous-disciplines différentes.

En outre, une question également très sérieuse est celle de la notion même d'auteur. Cette question se pose d'une manière d'autant plus aiguë que les signataires d'un article sont en plus grand nombre. Pour ne citer que les situations extrêmes, en mathématiques le problème n'existe quasiment pas car plus de la moitié des articles n'ont qu'un seul auteur, moins de 10% d'entre eux en ont trois, et une très faible proportion en a plus. L'ordre est strictement alphabétique. En revanche, ce problème est très important en sciences médicales puisque l'activité de recherche des hôpitaux a des conséquences financières sur leur budget et que cette activité est mesurée à travers les publications de leurs chercheurs par un système de validation par points en fonction de leur place dans la liste des auteurs des articles (le logiciel SIGAPS).

La question de l'*authorship* mériterait d'ailleurs d'être mieux étudiée par l'Académie des Sciences afin que des pratiques différentes suivant les disciplines puissent devenir transparentes pour une meilleure représentativité des indicateurs.

Si la seule considération de l'indicateur ne vaut pas évaluation, la bibliométrie peut, elle, donc constituer une aide à l'évaluation. Quand et comment l'utiliser ou ne pas l'utiliser ?

La bibliométrie n'est pas la panacée mais seulement un outil à utiliser avec discernement par les pairs comme le préconisait le rapport du 17 janvier 2011.

- L'utilisation des indicateurs demande de la part des jurys une conscience des limites de leur utilisation : les différences considérables entre les disciplines et la prise en considération de la distribution dans chacune des sous-disciplines.
- Les indicateurs présentent un intérêt lorsqu'ils sont utilisés par les jurys pour comparer des chercheurs comparables tant par leur âge professionnel que par leur domaine scientifique, en excluant la référence aux indicateurs pour le recrutement des jeunes chercheurs.
- L'indicateur doit surtout agir comme révélateur des caractéristiques du chercheur et faire aussi porter l'intérêt sur les chercheurs atypiques situés dans les ailes de la distribution de chercheurs comparables.
- Les indicateurs et la comparaison entre les indicateurs de chercheurs comparables doivent engager l'évaluateur à faire un pas de plus en consultant les fichiers bibliométriques et bibliographiques des bases

de données et dans la mesure du temps disponible en lisant les quelques publications qui pèsent le plus lourd dans la détermination de l'indicateur⁷.

Puisque créativité et innovation, deux qualités que l'on est en droit d'attendre de la part d'un chercheur de haut niveau, ne peuvent se résumer à un nombre, un examen comparatif et qualitatif des dossiers demeure incontournable pour la prise de décisions.

En conclusion, « bibliométrer » n'est pas évaluer mais la bibliométrie mérite mieux que la caricature qui en est souvent donnée en la présentant avec un point de vue réductionniste. Même si elle ne représente en aucun cas le remède miracle pour l'évaluation, un évaluateur averti peut en tirer profit.

La décision finale appartient aux jurys de pairs, mais au cas où elle ne correspondrait pas aux indices bibliométriques, une argumentation de cette décision devrait être fournie pour expliquer les raisons pour lesquelles un travail est jugé très important en dépit d'un faible nombre de citations ■

³ <http://www.academie-sciences.fr/activite/rapport/rapport080709.pdf>

⁴ <http://www.academie-sciences.fr/activite/rapport/avis170111.pdf>

⁵ Le facteur d'impact d'une revue pour l'année N est défini par la base de données *ISI* par le rapport entre le total du nombre de citations vers cette revue à partir de toutes les revues enregistrées dans la base *ISI* durant les années N-1 et N-2 et la somme des articles publiés par la revue durant ces mêmes années. Le facteur d'impact est souvent interprété comme le taux annuel moyen de citations d'un article de la revue, ce qui est trompeur car il faut garder en mémoire qu'une très petite fraction d'articles bénéficie d'un taux de citations élevé. De plus, dans les magazines scientifiques généralistes de prestige, le taux moyen de citations de la revue peut fort bien s'éloigner fortement du taux moyen d'un domaine en particulier.

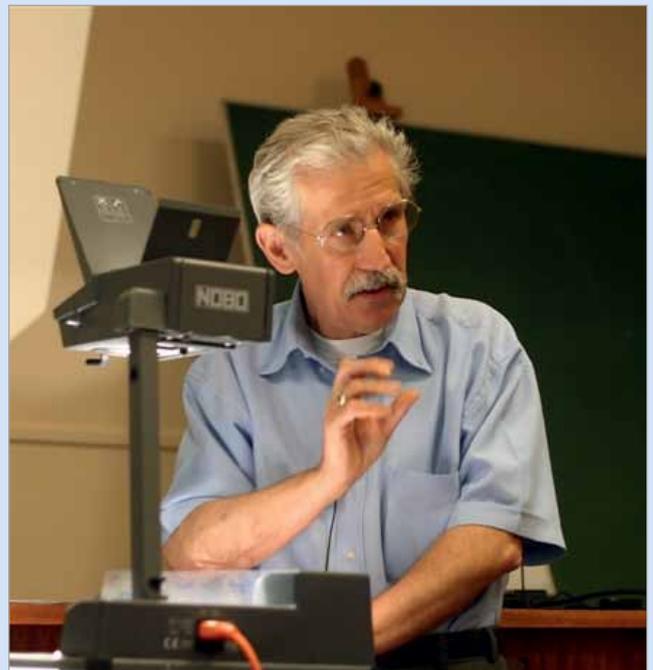
⁶ L'indicateur *h* du nom du physicien J. Hirsch est déterminé en classant les articles d'un auteur en fonction du nombre décroissant, C_i , de leurs citations, de sorte que le papier de rang $i=h$ ait reçu au minimum *h* citations. Cet indicateur est un nombre associé à un chercheur et est calculé en considérant l'impact de l'ensemble de ses publications (mais il peut également être étendu à d'autres ensembles comme un groupe de chercheurs, un laboratoire, un domaine, un pays, des journaux, etc). Il tient compte de tous les papiers très cités sans toutefois donner un avantage particulier à ceux plus abondamment cités dont l'évolution de la science ne peut se passer. *h* ne permet pas de discriminer entre deux profils de chercheurs de même indicateur : l'un, avec un total modeste des citations jusqu'à l'article de rang *h*, et l'autre présentant un total élevé des citations pour les *h* premiers articles. En outre, l'indicateur n'évolue pas lorsque ce sont les *h* premiers articles à nombre de citations $\geq h$ qui voient leurs citations augmenter au cours du temps. Certains des défauts de l'indicateur de Hirsch ont toutefois été corrigés par L. Egghe qui a proposé, en 2006, un indicateur *g* visant à privilégier la qualité des travaux scientifiques plutôt que leur quantité. Les articles étant toujours classés par ordre de nombre de citations C_i décroissant, l'article (réel ou virtuel) de rang *g* est tel que le total des citations reçues par les *g* premiers articles soit supérieur ou égal au carré de *g* mais inférieur ou égal à $(g+1)^2$. L'indicateur *g* qui est déterminé par une intégrale des citations rend beaucoup mieux justice que *h* à l'impact de travaux fortement cités même s'ils ne sont qu'en nombre modeste puisqu'il n'est pas comme l'est le facteur *h* borné par le nombre total de papiers publiés. Cet indicateur met donc plus l'accent sur la qualité que sur la quantité de publications.

⁷ La consultation des fichiers bibliographiques indique que suivant les chercheurs un faible pourcentage de leurs articles (de 1,5 % à 6,5 %) contribue déjà à 50 % des citations de leur indicateur *g*. Centrer l'évaluation sur ce nombre relativement modeste permettrait d'alléger la charge du jury.

Le paradis (perdu ?) des écoles normales

Par **Marc Yor**

Membre de l'Académie des sciences,
professeur à l'université Pierre-et-Marie-Curie.



Expliquer à un collègue étranger les subtilités du système éducatif français relève de la gageure, voire du parcours du combattant, selon le point de vue.

Dans ce système, figure (ou figurait) en bonne place le réseau des écoles normales primaires (ENP) ou supérieures (ENS).

Mon objectif n'est pas, ici, de faire une présentation historique (qui serait pourtant bien intéressante) ; je broserai plutôt un panorama en pointillé.

L'existence même des EN est indiscutablement liée à l'Histoire de France, et en particulier à la Révolution française ; le but de leur création était - clairement - que chacun, selon ses aptitudes, puisse accéder aux savoirs, aussi bien élémentaires que supérieurs, et ceci de façon uniforme sur tout le territoire français.

Dans l'atmosphère de ce réseau des EN, on retrouve, bien vivaces, les tensions toutes françaises entre centralisation (parisienne) et décentralisation (provinciale). Les ENP quadrillaient le pays, avec une EN de garçons, et une EN de filles, dans chaque département, le recrutement se faisant au niveau de la 3^e dite spéciale, c'est-à-dire une année après le Brevet des Collèges. Les meilleurs éléments de ces ENP prépareraient ensuite le concours d'entrée à l'ENS de Saint-Cloud (pour les garçons) ou Fontenay-aux-Roses (pour les filles). « Le retour » de ces excellents étudiants dans les lycées de province (en particulier) assurerait le succès de ces derniers aux plus hauts niveaux (préparation au Concours général, par exemple).

Trois autres ENS : Ulm pour les garçons, Sèvres pour les jeunes filles, l'ENSET pour le technique (: le troi-

sième sexe?) se partageraient des objectifs complémentaires, à savoir, elles étaient / sont encore un vivier d'enseignants pour les universités, et les lycées techniques, IUT..., respectivement.

Sous couvert d'un pseudo-féminisme ambiant, les deux ENS de jeunes filles (Sèvres et Fontenay) ont disparu du paysage, dans un silence assourdissant. Je ne me permettrai ici, de faire un commentaire qu'en ce qui concerne les filières scientifiques: les jeunes filles, déjà en très forte minorité dans les classes préparatoires scientifiques se retrouvent, finalement, au compte-gouttes à l'issue des concours d'entrée. Il faut, me semble-t-il, un certain degré de dogmatisme ou d'inconscience pour ne pas reconnaître l'aspect réellement néfaste de cette organisation (on ne peut pas dire scission, ni séparation, qui, a priori, ne sont pas voulues). Je conseille également de relire les belles pages de H. Lebesgue, et de son assistante M^{lle} Félix, concernant les aptitudes spécifiques des promotions de normaliennes de l'ENS Sèvres auxquelles il a enseignées pendant de nombreuses années.

Il est d'ailleurs remarquable que ce type de problème de mixité n'ait jamais été posé en ce qui concerne l'ENSET, aujourd'hui ENS Cachan. Il me semble inutile de commenter....Remarquons toutefois, dans une direction voisine, que les élèves de l'ENSET passent le CAPES, et non plus le CAPET, à partir de 1970.

De façon générale, ces différentes constatations concernant la mixité, le caractère technique, le cadre régional, me semblent mettre en évidence une lourdeur, et des attitudes extrêmement rigides, même si elles se prétendent a priori à l'opposé de rigidités.

Ne serait-il pas temps de mettre toutes les cartes sur la table, et de promouvoir un réseau d'ENS qui soit en phase avec le développement actuel des sciences et des techniques, et de la proximité nouvelle de tous les pays de notre village mondial.

Une proposition qui me semble raisonnable et que j'ai formulée en différents endroits depuis plus de deux ans, serait de « remplacer » les deux ENS « perdues » par deux autres, mixtes bien sûr, l'une située dans la région lorraine, et l'autre dans la région toulousaine (il me semble que la fondation La main à la pâte va tout à fait dans cette direction). Cette convergence n'était a priori pas envisagée!!

Ces choix permettraient de doter notre pays d'un réseau d'ENS bien réparties sur tout le territoire: l'ENS d'Ulm et l'ENS de Cachan sur Paris et la région parisienne, l'ENS de Ker Lann pour l'Ouest, l'ENS lorraine pour l'Est, celle de Toulouse pour le Sud-Ouest, et bien sûr l'ENS Lyon.

L'impact de chacune de ces ENS dans les régions correspondantes est - ou serait - immense. Je me souviens très clairement de la façon dont les normaliens de Saint-Cloud et de l'ENSET, dans les années 70 vivifiaient la Faculté d'Orsay, ainsi que les normaliens de la rue d'Ulm et les normaliennes de Sèvres et Fontenay en ce qui concerne la Faculté de Jussieu, par exemple. Aussi bien les étudiants « de la Fac » que les laboratoires de recherche bénéficient (-eraient) ainsi de ce sang nouveau (nos amis anglais utilisent couramment cette notion de « New blood » pour développer certaines filières de recherche).

Avec le départ massif à la retraite des enseignants de la génération des baby-boomers (aujourd'hui papy et mamy-boomers), il est grand temps de vivifier notre terroir national à l'aide de ces pépinières qu'étaient et que peuvent être encore les ENS, pour peu que l'on cesse de faire du surplace ou du rétropédalage, dignes d'autres époques et d'autres régimes.

Les échos qui me sont parvenus en retour de ma proposition, et qui provenaient des professeurs de Nancy, Strasbourg et Toulouse, sont éloquents: tous disent que leurs universités se meurent, les étudiant(e)s scientifiques devenant de plus en plus rares...L'injection de sang neuf ne permettrait-elle pas d'inverser cette lourde tendance?

Ne nous y trompons pas: les défis du XXI^e siècle sont à l'échelle planétaire, nous bénéficions aujourd'hui (un peu! et pour combien de temps?) de la présence de jeunes étudiants de très grande valeur, provenant des pays émergents (dont la Chine...) qui tiennent la dragée haute aux normaliens « français ».

Il est temps de faire bénéficier au maximum notre pays de toutes ces potentialités, et de son riche passé scientifique, étayés par un réseau national historique. La Grande-Bretagne construit à Singapour, Hong-Kong etc... des universités néo-britanniques. Il nous faut choisir...

Selon la Vulgate, agissons aujourd'hui, demain sera peut-être trop tard... ■

La Fondation La main à la pâte

retient les universités de Strasbourg
et de Toulouse pour installer en 2012
les deux premières Maisons
pour la science et la technologie
au service des professeurs

La toute nouvelle Fondation La main à la pâte, créée par l'Académie des sciences en partenariat avec l'École normale supérieure de Lyon et l'École normale supérieure (rue d'Ulm, Paris), a retenu les universités de Strasbourg et de Toulouse, parmi les six universités et rectorats sollicités par l'Académie des sciences, pour l'implantation en région de Maisons axées sur le développement professionnel des professeurs enseignant les sciences à l'école et au collège. Ces deux prototypes s'inscrivent dans le projet présenté par l'Académie des sciences aux Investissements d'avenir et doté de 8 millions d'euros pour la période 2012-2016.

Pour donner corps au projet de Maisons pour la science et la technologie au service des professeurs, l'Académie des sciences, l'École normale supérieure (ENS) et l'ENS de Lyon ont mis en place une Fondation de coopération scientifique, la « Fondation pour l'éducation à la science dans le sillage de La main à la pâte », dite Fondation La main à la pâte. Créée par décret le 11 octobre 2011, c'est à l'issue de son premier Conseil d'administration réuni ce mercredi 14 décembre que les trois partenaires annoncent les choix faits pour la mise en oeuvre des fonds attribués à l'Académie des sciences *via* une convention avec l'Agence nationale de rénovation urbaine (ANRU) :

Les universités de Strasbourg et de Toulouse seront financées pour installer les deux premières Maisons régionales. Celles-ci ouvriront leurs portes aux professeurs à la rentrée scolaire 2012.

L'université Blaise Pascal (Clermont-Ferrand) et l'université de Lorraine (Metz-Nancy) sont retenues au titre de Maisons émergentes, auxquelles une dotation d'amorçage sera attribuée.

Les propositions des universités Aix-Marseille et Nantes manifestent un fort potentiel, tout en n'étant pas encore en phase avec le cahier des charges des Maisons. Leurs propositions pourront être affinées en vue d'une étape ultérieure.

Un Centre national situé à Paris et également financé par ces fonds prolonge dès janvier 2012, dans la continuité, l'action de la Délégation à l'éducation et à la formation de l'Académie des sciences. Il coordonnera l'action des Maisons, tout en poursuivant le développement du réseau national et international de La main à la pâte, lancé par Georges Charpak autour de la curiosité et du raisonnement chez les jeunes.

Le Conseil d'administration de la Fondation La main à la pâte tient à souligner la remarquable mobilisation des six universités sollicitées par l'Académie des sciences, ainsi que l'intérêt qu'a suscité, dans d'autres universités et rectorats, la possibilité de créer ces Maisons rapprochant les professeurs d'une science vivante représentée par ses praticiens (universitaires, chercheurs, ingénieurs...). L'espoir demeure d'une seconde attribution de fonds à la culture scientifique par les Investissements d'avenir, ce qui autoriserait de nouvelles créations ■

Pour en savoir plus sur le projet : http://www.academie-sciences.fr/activite/enseign/ia_0911.htm

À la manière de . . .

Antoine de Saint-Exupéry

Par **Marc Yor**

Membre de l'Académie des sciences,
professeur à l'université Pierre-et-Marie-Curie.

Par une chance inouïe, nous venons de mettre la main, en septembre 2011, sur un texte inédit d'Antoine de Saint-Exupéry, coincé dans une boîte à gants de son avion, récemment retrouvé. Ce texte, miraculeusement préservé, relate des faits réels...

Ouvrir de grands yeux sur les Mathématiques

Antoine de Saint-Exupéry

Le questionnement mathématique est-il plus intense à certaines périodes de l'existence qu'à d'autres? En particulier, lorsque l'on atteint « l'âge de raison »?

Les deux échanges récents que je viens d'avoir, d'une part avec Henri, et d'autre part avec Sakura, tous les deux âgés de sept ans, semblent aller dans ce sens...

L'échange avec Henri eut lieu fin septembre, lors d'un pique-nique auquel j'avais pu inviter mes anciens étudiants chinois, et leurs enfants. C'est la maman d'Henri qui a demandé mon aide pour répondre à la question suivante qui préoccupait beaucoup Henri : quelles significations peut-on donner à : l'infini moins l'infini, autrement dit : peut-on retrancher l'infini à l'infini, et si oui, quelle valeur obtient-on ?

Interloqué par la profondeur de la question, qui porte en elle les concepts d'intégrales semi-convergentes et non-absolument convergentes, de valeurs principales, de renormalisations de toutes sortes..., j'allais voir Henri et nous avons discuté ainsi :

- Henri, on peut considérer la suite des soustractions suivantes : 2 moins 1, 3 moins 2, 4 moins 3, 5 moins 4, etc...
- Que penses-tu alors être la valeur de : l'infini moins l'infini ?
- Henri répondit : 1.
- Henri, maintenant, on pourrait considérer également la suite des soustractions : 3 moins 1, 4 moins 2, 5 moins 3, ..., 7 moins 5...
- Que penses-tu alors...
- Henri répondit : 2.

Vous imaginez aisément la suite... Pour faire court, Henri fut vite convaincu que, selon les façons de converger vers l'infini, la réponse à sa question pouvait être n'importe quel nombre... Bien sûr, il se pouvait aussi qu'il n'y ait pas de réponse... mais, il n'est pas nécessaire de prémâcher la nourriture pour Henri...

La fin de l'échange fût encore plus belle... Lorsque sa maman vint nous rejoindre, elle demanda à Henri s'il avait compris. Henri dit simplement : oui, mais je garde la réponse dans mon cœur... Décidemment, on ne voit bien qu'avec ces yeux-là !

	2	3	4	5	6	7	8	9
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								

L'échange avec Sakura, une de mes petites-filles, bien qu'assez différent sur le fond, est également éloquent. Sakura, ayant entendu un garçon, dans la cour de son école, parler de racine carrée, me demanda de lui expliquer cette notion. Après un temps de réflexion, j'essayais de répondre ainsi :

- Sakura, peux-tu remplir le tableau de multiplication (que l'on voyait traditionnellement, et que l'on voit encore, au dos des cahiers de brouillon) :
- Sakura, tu vois que j'ai hachuré les carrés de la diagonale. Réécris, sur une première ligne, les nombres qui figurent dans ces carrés et, sur une seconde ligne, indique le chiffre dont provient chaque nombre. Ceci te donne la racine carrée du nombre de la première ligne.

	4	9	16	?	?	?	?	?	?
√	2	3	4	√?	√?	√?	√?	√?	√?

Là encore, il n'a pas fallu longtemps à Sakura pour s'acquitter de cette double tâche...
Que tirer comme leçon de ces deux beaux moments,

et d'autres dont tout lecteur de cette Lettre a été « la victime », ou « l'objet », ou mieux, l'auditeur privilégié ?

Beaucoup de questions mathématiques concernant les nombres, formes, grandeurs, etc..., habitent les enfants dès leur plus jeune âge : leur curiosité très vive et souvent inquiète peut avoir la durée de vie d'une rose, bientôt fanée, si notre désinvolture d'adultes très préoccupés nous fait répondre aux petits princes et aux petites princesses que, grosso modo..., la question n'est pas de leur âge, et nécessiterait une réponse compliquée...

Mais, les petits princes et les petites princesses ne sont jamais dupes ; ils voient bien que l'empereur est nu, et la vision de cette nudité pourrait bien les dégoûter à jamais ! Prenons-y garde, il est tellement plus beau d'arroser la rose, et de la voir grandir, embellir et s'épanouir...

[Une sorte de graffiti termine le texte de St Ex ; il affirme être allé dans un Café du Commerce discuter avec un de ses amis, versé dans les nombres, pour ne pas écrire trop de bêtises... Modeste St Ex!] ■

L'accident majeur de Fukushima

Rapport de l'Académie des sciences,

disponible fin mars 2012
aux éditions EDP Sciences.

« **L** 11 mars 2011, le district Nord-Est du Japon a été frappé par un tremblement de terre massif suivi d'un tsunami majeur et d'une série d'accidents à la centrale nucléaire de Fukushima avec fuites d'éléments radioactifs ». Tel est le message que le professeur Kanazawa, président du Science Council of Japan adressa quelques jours après la catastrophe aux présidents des académies des sciences étrangères, ajoutant qu'il nourrissait l'espoir que ces académies aideraient à la réhabilitation nécessaire.

L'Académie des sciences décida aussitôt de former un groupe de travail avec pour mission d'analyser les événements survenus au Japon et de faire le point sur les risques sismiques et nucléaires tels qu'ils se posent en France.

Le groupe de travail comprenait trois sous-groupes réu-

nissant les compétences nécessaires à l'étude des trois composantes – sismique, nucléaire et sanitaire – de ce drame. Pour chacune de ces composantes, objets des trois parties de ce rapport, l'analyse des événements observés à Fukushima a été complétée par une réflexion sur les forces et faiblesses de ces domaines en France, de façon à formuler les recommandations qui s'imposent et à répondre aux questions d'ordre scientifique et sociétal que le public se pose. Bien que des incertitudes demeurent et que de nouvelles informations viennent encore chaque mois enrichir le dossier, ce rapport a paru suffisamment abouti pour être publié en l'état à la veille de la date anniversaire de ce drame qui continuera longtemps à nous interpeller ■

A.C.



Situé au cœur de l'Institut de France à Paris, Canal Académie est une radio et un magazine de presse en ligne, qui produit 15 émissions nouvelles par semaine et met à disposition une médiathèque de plus de 5 000 émissions et articles associés. Les sujets traités sont autant d'analyse, de réflexions et de débats d'Académiciens sur l'actualité générale, politique, scientifique et culturelle ■



Publication de l'Académie
des sciences

23, quai de Conti 75 006 PARIS

Tél. : 01 44 41 43 68

Fax : 01 44 41 43 84

[http : www.academie-sciences.fr](http://www.academie-sciences.fr)

Directeur de publication

Jean-François Bach

Directoire

Jean-François Bach

Catherine Bréchnignac

Rédacteurs en chef

Paul Caro et Philippe Taquet

Secrétariat général

de la rédaction

Marie-Christine Brissot

Conception

& réalisation graphique

Nicolas Guilbert

Photographies & illustrations

p. 3, 5, 9, 11, 18, 20, 29 : N. Guilbert

p. 6, 8, 13, 20, 23 : DR

couv. , p. 14 CNRS photothèque

Comité de rédaction

Jean-François Bach, Édouard Brézin,

Pierre Buser, Paul Caro, Alain Carpentier,

Pascale Cossart, Anne Fagot-Largeault,

Jean-Pierre Kahane, Nicole Le Douarin,

Jacques Livage, Bernard Meunier,

Philippe Taquet

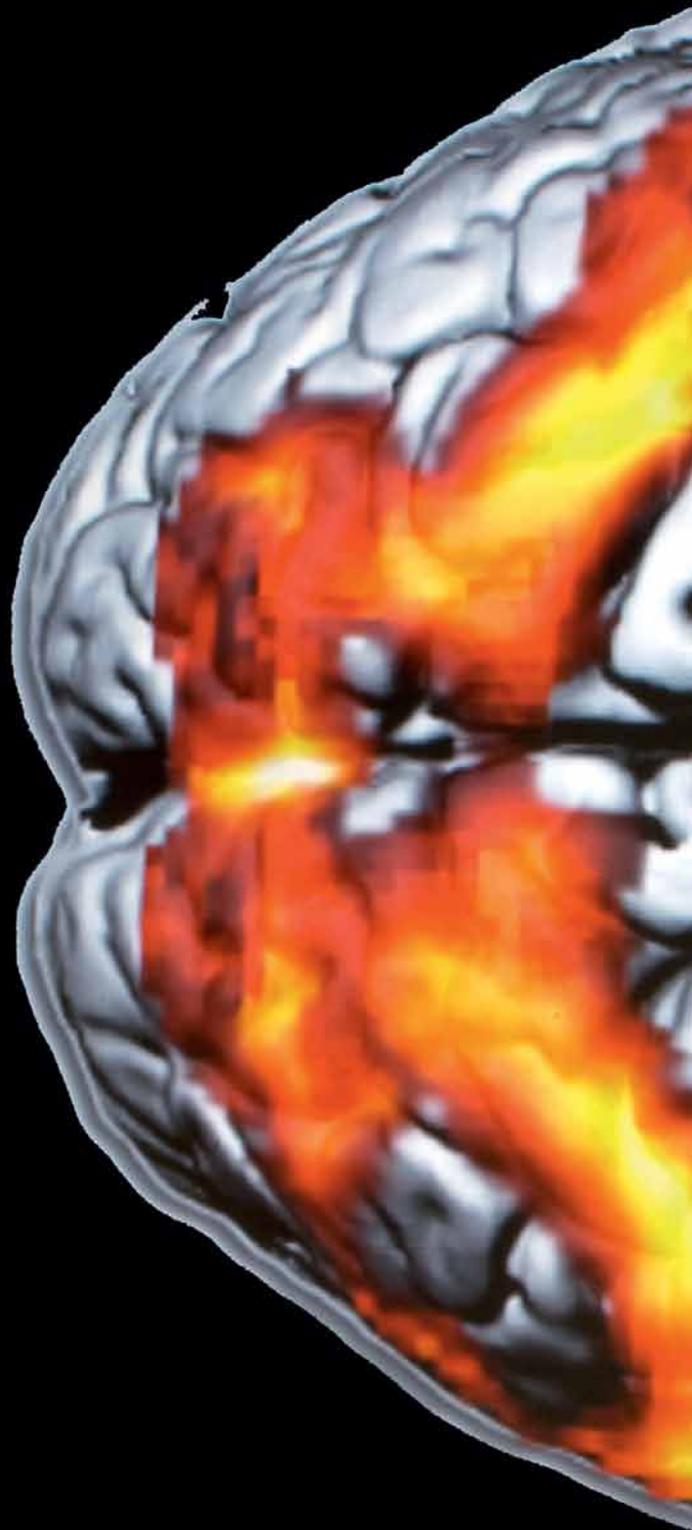
Photogravure & impression

Edipro/PrintreferenceTM

01 41 40 49 00

n° de C.P. : 0108 B 06337

ISSN 2102-5398



Volume obtenu en IRM fonctionnelle au cours de saccades oculaires vers une cible se déplaçant. Image obtenue grâce à un appareil d'Imagerie par résonance magnétique (IRM) grâce à la technique d'exploration fonctionnelle.

© CNRS Photothèque/ CI-NAPS /
Laurent Petit, Bernard Mazoyer