

Mensuel n°353
mai 2002



Entretien
Axel Cleeremans
Expérimenter
sur la
conscience
page 67

Les surprises
de l'ADN
ancien
page 44

L'avenir
de la science
française
page 66

Le sida
du bananier
page 34

La relativité
restreinte
en dix
questions
page 50

La Recherche

La colère des trous noirs

Le mystère des sursauts gamma

T 01108 - 353 - F: 5,80 €



MENSUEL - DOM'S 4 € - BEL 4,30 € - LUX 4,60 € - ESP 4,20 € - GR 6,20 € - ITA 6,20 € - PORTUGAL 4,20 € - CAN 7,95 \$CAN
DN 32 PS - MAR 47 DN - ISSN 0035-9517

© Studio Simone Chouffe



48 **CAS D'ESPECE**
Echanges mielleux
et intéressés
par Stéphane Deligeorges

50 **BAC TO BASICS**
La relativité
restreinte
Par Elisa Brune
et Philippe Mergny

54 **B.A.-BA**
Des agents
pour prévoir
l'imprévisible
par Hervé Zwirn

56 **RELU 20 ANS APRÈS**
La biologie
en apesanteur
par Hubert Planel

57 EN BREF...

- Elections : langue de bois
- Sida : un test de vaccin inutile ?
- Toulouse : combien d'explosions ?

60 SCIENCES ET ENTREPRISES

- Alchimier, greffeur de surfaces
- L'hologramme, mémoire du futur

63 INTERNET

Qui gouverne Internet ?
par Jean-Claude Guédon

64 FILIÈRES JEUNES

66 Dossier

L'avenir de la science française

par Olivier Postel-Vinay

LE MANQUE DE RÉSULTATS
DE LA RECHERCHE FRANÇAISE
EST DE PLUS EN PLUS VISIBLE.
C'EST TRÈS POSITIF !



74 JEUX

81 LIVRES

- Alors l'un devint deux
Roland Omnès
- La Galaxie Internet
Manuel Castells
- Science, Money and Politics
Daniel S. Greenberg
- Code TetraTys
Armand Herscovici

85 LIBRAIRIE DES SCIENCES

87 ENTRETIEN

Axel Cleeremans :
science et conscience
propos recueillis par
Elisa Brune



90 SUR LE WEB

91 CHRONIQUES

Les princes de Serendip
par Antoine Danchin
Probabilités irakiennes
par Hervé Le Bras
Enseigner la violence
par Boris Cyrulnik
Intelligibilité du monde
par Jorge Wagensberg

93 COURRIER

94 OFFRES D'EMPLOI ET FORMATIONS

98 BILLET

Les jeunes boudent les sciences...
et l'université
par Olivier Postel-Vinay

Retrouvez l'agenda
de La Recherche sur
www.larecherche.fr

Axel Cleeremans

est professeur de sciences cognitives à l'université Libre de Bruxelles, où il coordonne un DEA pluridisciplinaire. Il a organisé la quatrième conférence de l'Association pour l'étude scientifique de la conscience (ASSC) à Bruxelles en 2000. Il a publié *Mechanisms of Implicit Learning* en 1993.



“Un homme déguisé en gorille traverse l'écran... personne ne l'a vu !”

Axel Cleeremans : science et conscience

Longtemps jugée inaccessible à l'investigation scientifique, la conscience fait aujourd'hui l'objet d'une véritable ruée vers l'or. Les techniques d'imagerie ont ouvert la voie à l'expérimentation scientifique pure et dure. Une nouvelle réalité se fait jour : l'étude de la conscience fait apparaître la réalité de l'inconscient – mais pas au sens de la psychanalyse !

La Recherche : *Peut-on aborder par l'expérimentation la question la plus difficile des sciences cognitives ?*

Axel Cleeremans : Cela peut paraître surprenant, mais la réponse est oui. Pendant des décennies, la conscience a été exclue d'office du champ de l'étude scientifique, essentiellement parce qu'on ne voyait pas comment étudier un phénomène aussi privé et subjectif au moyen de techniques objectives. Aujourd'hui, les difficultés méthodologiques restent nombreuses, mais elles sont aussi source d'un renouveau conceptuel spectaculaire. Le principe de base de l'approche, c'est de dire qu'à tout état mental (perçu, ressenti, et donc subjectif) correspond un état neural (un état physique du cerveau, observable, mesurable, et donc objectif). Il est ainsi possible de se lancer dans un programme de

recherche visant à l'identification systématique de ce qu'on appelle aujourd'hui les « corrélats neuraux de la conscience ».

Comment peut-on identifier un état neural, concrètement parlant ?

Grâce aux nouvelles techniques d'imagerie médicale, qui permettent littéralement de « voir » et même de quantifier l'état du cerveau en activité. Il s'agit notamment de la résonance magnétique nucléaire ou de la tomographie par émission de positons (TEP). Toutes deux permettent de cartographier l'activité du cerveau avec une résolution spatiale très élevée et une finesse temporelle qui s'améliore constamment⁽¹⁾. Ces techniques ont littéralement révolutionné les sciences cognitives, au point qu'on doit plutôt parler aujourd'hui de « neurosciences cognitives ».

Si un état mental correspond à un état neural, est-on sûr que ce sera le même chez tout le monde ? N'avons-nous pas des caractéristiques personnelles dans le cerveau, comme les empreintes digitales ou les traits du visage ?

Il y a des arguments solides pour étayer cette idée. L'expérience subjective est fondamentalement déterminée par l'histoire des interactions de l'individu avec son environnement, histoire par essence personnelle. De plus, on sait que le cerveau est un organe extrêmement plastique. D'innombrables exemples de récupération de capacités après lésions en ont fourni la preuve. Même chez le sujet normal, on peut trouver la trace de l'expérience. Les zones du cerveau qui représentent la stimulation tactile du bout des doigts, par exemple, sont agrandies chez les joueurs d'instruments à

cordes. Ou encore l'hippocampe des chauffeurs de taxis est particulièrement développé par rapport à celui des sujets n'ayant pas dû mémoriser de géographies complexes. Nous ne pouvons plus douter que l'apprentissage laisse des traces détectables dans le cerveau. Dans ces conditions, il faut s'attendre à ce qu'il y ait des variations importantes d'un individu à l'autre. Mais il nous reste de nombreux traits communs à étudier avant de buter sur cette limite de la spécificité individuelle.

Comment procède-t-on pour être sûr d'isoler tel ou tel état mental ?

Ce que l'on cherche à mettre en évidence, ce sont des oppositions entre ce qui se passe avec ou sans conscience. Exactement comme le font les physiciens, on tâche de réduire la difficulté en

La Recherche a publié :

① « Voir dans le cerveau », numéro spécial, juillet-août 1995.

② John R. Swick, « Deux biologistes et un physicien en quête de l'âme », mai 1996.

③ A. Greenberg et al., *Trends in Cognitive Sciences*, 2, 403, 1998.

④ T. Mumukshu et al., *Psychological Science*, 12(6), 523, 2001.

⑤ D.J. Sanders et al., *Trends in Cognitive Sciences*, 1, 201, 1997.

⑥ M.S. Gazzaniga et al., *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 45, 710, 1962.

⑦ T. Nagel, *Philosophical Review*, 41, 431, 1974.

⑧ D.C. Dorevici, *La Conscience mystique*, Odile Jacob, 1995.

étudiant une seule variable à la fois, et dans une seule dimension de la conscience, comme la perception ou l'attention par exemple. Il existe plusieurs voies d'approche possibles. Dans l'une d'elles, on étudie l'activité du cerveau lorsque la perception du sujet change alors que le stimulus qui lui est présenté ne change pas. Un exemple parfait de cette possibilité réside dans la rivalité binoculaire. Imaginez un dispositif qui ressemble à des jumelles. Chaque oculaire donne à voir une image projetée, un rond du côté gauche et un carré du côté droit. Ce stimulus reste constant au cours de l'expérience. La situation est très artificielle puisqu'elle sépare les champs visuels associés aux deux yeux du sujet et en plus leur fournit des informations différentes. L'intégration habituelle des données par superposition des images en provenance des deux champs ne peut pas se faire normalement. Ce que l'on constate, c'est que la perception subjective du sujet va osciller entre deux états. Tantôt il voit un rond, tantôt il voit un carré. Intéressant, c'est que l'on peut alors observer – par l'une des techniques d'imagerie que j'ai citées – le corrélat neural (l'état du cerveau) qui correspond à la sensation de voir un rond, par opposition au corrélat neural qui correspond à la sensation de voir un carré. La différence observée reflète uniquement la différence de perception subjective. Le stimulus objectif, lui, n'a pas changé.

Dans cette expérience, on réduit le champ de la conscience à presque rien : percevoir un rond ou un carré ! Peut-on vraiment soutenir que l'on est en train d'étudier l'expérience subjective ?

Ce ne sont que les premiers jalons dans cette direction. Il faut commencer par associer

des perceptions conscientes, même élémentaires, et des états du cerveau. Mais très vite les questions posées vont s'affiner. Des progrès énormes sont en train de se faire, puisqu'on étudie déjà les états émotionnels de cette façon. On demande par exemple au sujet de sélectionner une phrase parmi huit qu'on lui propose (des phrases qui évoquent des climats émotionnels très différents) et, en observant l'activité de son cerveau grâce au PET Scan, on est capable de deviner à quelle phrase il pense. Tout cela évoque la possibilité de « lire » un jour dans les pensées grâce à l'observation du cerveau.

Pensez-vous que l'on puisse repérer par l'observation du cerveau des choses que le sujet ignore lui-même ? Par exemple, des souvenirs ou des informations qu'il aurait oubliés ?

Il est évident que l'activité du cerveau donne parfois des indications que le sujet ne peut pas fournir lui-même. On peut déterminer par exemple qu'il a perçu un stimulus, alors qu'il ne le sait pas. C'est un cas de figure exactement inverse de la rivalité binoculaire – ici, la perception subjective ne change pas tandis que le stimulus a changé. Un exemple type concerne les personnes qui ont perdu la faculté de reconnaître les visages : les sujets dits « prosopagnosiques ». Toute personne, même très familière, leur apparaît comme si c'était la première fois. Or, on s'aperçoit que les corrélats neuraux ne sont pas les mêmes si on leur présente des photos de personnes réellement inconnues et des photos de leurs proches. Bien qu'elles déclarent ne reconnaître personne, l'activité de leur cerveau prouve qu'il y a une différence marquée. Autre exemple : des patients atteints de lésions qui les rendent aveugles pour une partie

de leur champ visuel. Si on présente un objet dans la partie aveugle, ils disent ne rien voir. Mais ils se montrent capables, par la suite, de retrouver cet objet dans une série qu'on leur propose. C'est ce qu'on appelle la « vision aveugle ». Ces phénomènes témoignent de la possibilité d'une connaissance sans conscience. Il pourrait même apparaître que la majorité des phénomènes perceptifs mettent en jeu de tels mécanismes inconscients. C'est certainement le cas pour les processus d'apprentissage.

Vous voulez dire que nous sommes capables d'apprendre des choses sans le savoir ?

Parfaitement. Dans mon équipe, nous avons particulièrement étudié ce phénomène d'apprentissage implicite^①. Dans un protocole type, des sujets parviennent à améliorer notablement leurs performances dans une tâche où on leur demande de réagir à l'apparition d'un stimulus lumineux sur l'écran d'un ordinateur. Il y a par exemple six endroits où le stimulus peut apparaître, six touches devant le sujet, et celui-ci doit enfoncer la touche correspondant au stimulus le plus rapidement possible. On mesure leur temps de réaction. Ce qu'ils ignorent, c'est que le stimulus se déplace en suivant des règles. S'ils connaissaient ces règles, ils pourraient prédire l'endroit où le stimulus suivant va apparaître, et donc répondre plus vite. Curieusement, les sujets se montrent capables de progresser sans passer par un apprentissage des règles. Au bout d'un temps, ils répondent nettement plus vite à ces séquences réglées que lorsqu'on leur présente des séquences totalement aléatoires. Pourtant, ils ne peuvent rien dire des règles qu'ils devinent, ils n'ont même pas conscience de devi-

ner quoi que ce soit ! Ils ont donc appris sans le savoir.

Il semblerait que la conscience et la formalisation des connaissances ne sont pas nécessaires à la mobilisation de celles-ci. C'est aussi la raison pour laquelle tout être humain est capable de produire des expressions correctes dans sa langue maternelle, sans passer par un apprentissage formel.

On voit que l'étude de la conscience bute rapidement sur le problème de l'inconscient !

Cela n'aurait pas de sens d'étudier l'une sans l'autre, en effet. Les rapports entre ces deux entités font l'objet de vives discussions dans la profession (sans même parler de l'inconscient de la psychanalyse, bien éloigné de notre propos). Je proposerais pour ma part que ces rapports soient régis par la notion de qualité des représentations. Certaines connaissances échappent à notre contrôle parce qu'elles sont trop faibles, tandis que d'autres échappent à notre contrôle parce qu'elles sont tellement fortes que nous n'avons pas besoin de les contrôler (pensez à toutes les activités que vous réalisez sans y penser, comme marcher, conduire, manger...). Il faut donc distinguer la disponibilité à la conscience et la disponibilité au contrôle. Quand les deux sont faibles, on est en régime de connaissances implicites (sans conscience). Quand les deux sont élevées, on est en régime de connaissances explicites (avec conscience). Et quand la disponibilité à la conscience reste élevée alors que la disponibilité au contrôle retombe à un niveau très bas, on est en régime de connaissances automatiques. Celles-ci sont accessibles à la conscience, mais ne l'occupent pas de façon centrale. Elles forment une sorte de bruit de fond.



"L'unité de la conscience est infirmée par toute une série de résultats expérimentaux"

La conscience serait donc à placer sur un continuum, assorti de « changements de régime » entre l'implicite et l'explicite, puis l'explicite et l'automatique ?

Exactement, tout comme les changements graduels et continus de la température d'une masse d'eau s'accompagnent de changements d'états brutaux en certains points critiques. Ici, c'est la qualité des représentations qui est la variable continue. La conscience (ou sphère de l'explicite) correspond à un pic dans le traitement des stimuli perçus, entre deux domaines d'inconscient fort différents, celui où la qualité des représentations est trop faible et rejetée à la mer, comme les poissons trop petits, et celui où cette qualité est très forte et permet aux représentations de s'exprimer toutes seules, en quelque sorte.

Ya-t-il des faits expérimentaux pour soutenir cette description de la conscience ?

Beaucoup. Prenons l'expérience de Yuko Munakata consacrée à l'acquisition de consignes par un enfant de 5 ans⁽²⁾. Sur des cartes, on a dessiné des camions et des fleurs, qui peuvent être rouges ou bleus. On demande à l'enfant de trier les cartes selon la couleur, les rouges à droite et les bleues à gauche. Il réussit la tâche. Ensuite, on lui annonce qu'on change les règles : maintenant il faut mettre les camions à gauche et les fleurs à droite, on ne joue plus le jeu de la couleur mais le jeu de la forme. Lorsqu'un camion bleu apparaît, l'enfant se trompe et le classe à

droite, comme dans le jeu précédent. Le point crucial, c'est que si on lui pose la question : « Où faut-il mettre les camions ? » il répond correctement et montre la gauche. Mais si on lui présente à nouveau un camion bleu, il le place à droite. Dans cette expérience, la qualité des représentations de la tâche qu'a développée l'enfant est encore fragile. Il est capable de répondre aux questions qui ne mobilisent qu'une dimension à la fois, mais pas aux stimuli conflictuels entre forme et couleur.

Dans une autre expérience menée par Dan Simons⁽³⁾, on demande à des sujets adultes de suivre une vidéo et d'y compter les passes de ballon qui s'effectuent entre les membres d'une équipe de basket habillés en blanc. La tâche est difficile, car une autre équipe, habillée en noir, s'échange un autre ballon dans le même espace. A la fin, les sujets donnent des résultats, corrects ou non, mais aucun n'est capable de dire qu'il s'est produit un événement bizarre pendant la séquence : un homme déguisé en gorille a traversé l'écran. Ils ne l'ont pas vu, parce que leur attention était entièrement focalisée sur le ballon. Le stimulus n'était certainement pas trop faible pour être perçu consciemment, mais il a été négligé lors d'un traitement préconscient. Seuls accèdent au champ de la conscience les stimuli qui ont été sélectionnés comme dignes d'attention. En somme, la conscience se ramène à une bande passante plus ou moins étroite dans le bombardement de stimuli auxquels nous sommes confrontés.

Mais si la conscience est une fenêtre plus ou moins arbitraire sur le monde, comment se fait-il qu'elle nous paraisse si stable ?

Voilà bien l'une des questions les plus délicates posées aux sciences cognitives. Car si l'expérience subjective conduit à ne

pas douter de l'unité de la conscience, celle-ci est infirmée par toute une série de résultats expérimentaux. D'une part, il est de plus en plus évident que la conscience, loin d'être localisée dans une région précise du cerveau, émerge du fonctionnement simultané de l'ensemble de nos neurones. D'autre part, certaines études cliniques apportent des éclairages très troublants sur les possibles dissociations de la conscience. Je ne citerai qu'un exemple. Quand le cerveau est divisé, il semble que la conscience le soit aussi. Sperry et Gazzaniga ont été les initiateurs, dans les années 1960, des études sur des sujets dont le corps calleux* avait été sectionné (un traitement de l'épilepsie à l'époque⁽⁴⁾). A première vue, ces sujets étaient tout à fait normaux. Mais des études beaucoup plus fines ont fait apparaître des phénomènes étonnants. Si on envoie un stimulus vers l'hémisphère gauche d'un tel patient (par l'intermédiaire de son œil droit uniquement), il le voit et peut dire ce qu'il voit. Si on envoie un stimulus vers l'hémisphère droit, il affirme n'avoir rien vu, mais peut retrouver l'objet si on le lui donne à palper, sans toutefois pouvoir le nommer. On semble être confronté à deux individus différents dans la même personne, qui ne coopèrent pas nécessairement. Le premier dépend de l'hémisphère gauche et prend la parole (le centre de la parole se trouve dans l'hémisphère gauche). Le second dépend de l'hémisphère droit et est privé de parole, mais fait la preuve qu'il perçoit et agit, si on l'interroge adéquatement. Un homme qui était paisible pourra s'apercevoir qu'il gille sa femme, mais uniquement de la main gauche, comme s'il avait perdu le contrôle sur les initiatives prises par son hémisphère droit. Ainsi, les deux personnes qui résident dans nos deux

hémisphères fonctionnent habituellement de concert grâce aux communications qui s'établissent par le corps calleux, mais si celles-ci sont coupées, il est possible de constater l'autonomie de l'hémisphère droit !

Pourrait-on dire que l'on aura compris les états subjectifs lorsque l'on aura établi leurs corrélats neuronaux ? Probablement pas. La connaissance, même ultraprécise, de l'état d'activité du cerveau ne donne en réalité aucun accès à l'expérience elle-même (c'est-à-dire à ce que le sujet éprouve en tant que sujet). C'est la limite ultime des sciences cognitives et elle donne bien du fil à retordre aux philosophes⁽¹⁰⁾. Elle s'illustre classiquement dans deux histoires. Imaginez un scientifique qui a étudié tout ce que l'on peut savoir sur la perception des couleurs. Imaginez qu'il vit depuis sa naissance dans un environnement exclusivement composé de noir et de blanc. Bien qu'il connaisse toute la neurophysiologie de la perception du rouge, il ne peut pas lui-même savoir quel effet cela fait de percevoir du rouge. Dans le même ordre d'idée, le philosophe Thomas Nagel demande, dans un article qui a fait date, « Quel effet cela fait-il d'être une chauve-souris⁽¹¹⁾ », et montre que la réponse à cette question nous restera probablement inaccessible, quelle que soit la quantité de connaissances que nous accumulons. Il demeurera un hiatus infranchissable entre la description à la troisième personne, seule possible pour la science, et le vécu à la première personne, que nous voudrions atteindre malgré tout. Certains comme Daniel Dennett, affirment même que la conscience subjective est un mystère, parce que c'est un problème auquel on ne sait pas encore comment penser⁽¹²⁾.

Propos recueillis par Elise Brun
Elise Brun est écrivain scientifique et romancière