



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION
DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES



**EXPLORATION DU CERVEAU, NEUROSCIENCES :
AVANCÉES SCIENTIFIQUES, ENJEUX ÉTHIQUES**

**COMPTE RENDU DE L'AUDITION PUBLIQUE
OUVERTE À LA PRESSE
DU MERCREDI 26 MARS 2008**

Organisée par :

Alain CLAEYS, Député de la Vienne

Jean-Sébastien VIALATTE, Député du Var

**EXPLORATION DU CERVEAU, NEUROSCIENCES :
AVANCÉES SCIENTIFIQUES, ENJEUX ÉTHIQUES**

sommaire

ACCUEIL ET OUVERTURE DE LA SÉANCE	5
PROPOS INTRODUCTIF	9
▶ M. Hervé CHNEIWEISS, Directeur du laboratoire de plasticité gliale, Centre de Psychiatrie et neurosciences (INSERM), Membre du Conseil scientifique de l'OPECST.....	9
LES DEFIS DES SCIENCES ET DES TECHNOLOGIES	15
Imagerie du système nerveux, implants cérébraux et comportement : que lit-on, que dépiste-t-on, que soigne t-on ?	15
▶ M. Denis Le BIHAN, Directeur de NeuroSpin, CEA, Directeur de l'Institut fédératif de recherche d'imagerie neuro- fonctionnelle, Membre de l'Académie des Sciences.....	15
▶ M. Emmanuel-Alain CABANIS, Professeur Université Paris VI, Centre hospitalier national d'ophtalmologie des Quinze Vingt, Membre associé de l'Académie de médecine.	23
▶ M. Thomas BOURGERON, Professeur, responsable du groupe Génétique humaine et fonction cognitive à l'Institut Pasteur.	29
▶ M. François BERGER, professeur de médecine, Institut des neurosciences de Grenoble, équipe nano médecine et cerveau (INSERM- CEA).....	32
L'homme augmenté : les trans-humains, mythe ou réalité ? La neuroéconomie : une nouvelle discipline ?	37
▶ M. Jean-Didier VINCENT, Professeur à l'université de Paris Sud-Orsay, Directeur de l'Institut de neurologie Alfred Fessard, Membre de l'Académie des sciences.	37
▶ M. Bernard BIOULAC, Directeur scientifique neurosciences et cognition du CNRS, Directeur de l'Institut des neurosciences de Bordeaux.	41
LES ENJEUX ETHIQUES, PHILOSOPHIQUES, CLINIQUES PSYCHOLOGIQUES, SOCIAUX, JURIDIQUES ET ECONOMIQUES	53
▶ M. Alain EHRENBERG, Sociologue, Directeur du Centre de recherches psychotropes, santé mentale, société CNRS-INSERM et Université Paris-Descartes.	53
▶ M. Jean-Michel BESNIER, Professeur de philosophie, Université de Paris IV-Sorbonne, Centre de recherche en épistémologie appliquée (CREA), CNRS, Ecole polytechnique.	59
▶ M. Didier SICARD, Professeur de médecine, Président d'honneur du Comité consultatif national d'éthique (CCNE).	65
▶ M. Jean-Claude AMEISEN, Professeur de médecine, Président du Comité d'éthique de l'INSERM.....	67
▶ Mme Dorothée BENOIT-BROWAEYS, Déléguée générale de VivAgora, Journaliste scientifique.....	72
▶ Mme Marie-Agnès BERNADIS, Coordinatrice de <i>Meeting of Minds</i> , Cité des sciences et de l'industrie.	75

ACCUEIL ET OUVERTURE DE LA SÉANCE

M. Alain CLAEYS, Député de la Vienne.

Permettez-moi tout d'abord de saluer la mémoire de Christian CABAL qui vient de décéder. Christian CABAL était député, membre de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Il a travaillé sur de nombreux sujets, en particulier sur l'espace et la biométrie. J'aimerais que nous ayons une pensée pour lui.

Au nom du président Henri REVOL et des membres de l'Office, je remercie chacun de sa présence, tout particulièrement les personnalités qui ont accepté d'intervenir lors de cette réunion.

Après avoir ouvert le débat sur l'évaluation de la loi de bioéthique par une première audition publique consacrée à un état des lieux liminaire des relations entre les sciences du vivant et la société, nous avons décidé d'organiser une série d'auditions publiques plus ciblées. Plusieurs membres du Conseil scientifique de l'Office avaient appelé notre attention sur la nécessité de cerner l'impact juridique et social des recherches sur le cerveau à la lumière des nouvelles technologies. L'audition publique du 29 novembre dernier nous a convaincus qu'il faudrait prendre en compte ces recherches lors de la révision de la loi de bioéthique, car c'est le cerveau en fonctionnement qui est aujourd'hui scruté par des machines.

L'accélération des recherches en sciences du vivant, dans les domaines des nanotechnologies, des technologies de l'information et des neurosciences induit en même temps une accélération des convergences de ces technologies. Ce double phénomène d'extension du champ des sciences du vivant et d'accélération entraîne, pour la société comme pour le législateur, des interrogations qui rendent plus difficiles les réponses législatives. Cette extension nourrit des espoirs pour le traitement des maladies et la prévention.

Aujourd'hui, un continent se révèle, il concerne l'exploration des mécanismes cérébraux qui sous-tendent la mémoire, les pensées, les émotions, les comportements. Or, les possibilités d'intervention sur le système nerveux sont maintenant multiples, que ce soit avec des molécules chimiques ou des procédés plus ou moins invasifs tels que l'imagerie cérébrale, la stimulation magnétique trans-crânienne, les implants ou les neuroprothèses.

Des questions se posent : que lit-on, que dépiste-t-on, que soigne-t-on ? Peut-on attribuer un sens ou un contenu aux nouvelles techniques d'imagerie, déduire les causes biologiques d'un comportement ou d'une maladie mentale ? Quels sont les diagnostics actuels et à venir de troubles psychiatriques, tels que l'autisme, la schizophrénie ou la dépression ? Quel est leur intérêt médical et

social ? Qu'apportent les neurosciences et la génétique au diagnostic des pathologies mentales ? Quel est leur pouvoir prédictif et comment les diagnostics prédictifs pour certains troubles sont-ils reçus par les patients et leurs familles alors qu'aucun traitement n'existe ? Quels sont les effets du dépistage précoce quand il n'y a pas de remède et qu'un risque de stigmatisation existe ?

Doit-on au nom d'impératifs de performance médicaliser certaines conduites et comportements « anormaux » en les désignant comme des pathologies, telle l'hyperactivité chez l'enfant ? Doit-on au contraire « démedicaliser » les pathologies mentales, pour que les patients puissent être insérés dans la société ? Les moyens se multiplient pour aider à la performance physique, intellectuelle, soutenir la mémoire (ou l'oubli), intervenir par neurochirurgie, neurostimulation, neuroappareillage, greffes de cellules ou de nano dispositifs. Risque-t-on de modifier l'humain ? Ces innovations seront-elles accessibles à tous ? Ces recherches suscitent espoirs de guérison mais aussi craintes de manipulation, d'atteintes à l'autonomie de la volonté, à l'intimité de la vie privée.

De surcroît, les neurosciences permettent de caractériser des associations de plus en plus pertinentes et précises entre des cartes fonctionnelles d'activité cérébrale et des comportements individuels comme l'agressivité, l'impulsivité et la violence. Ainsi, dans les pays anglo-saxons, les neurosciences sont déjà sollicitées pour caractériser la responsabilité pénale. La demande sécuritaire de plus en plus forte incite d'ailleurs les gouvernements à rechercher des indicateurs biologiques de dangerosité de l'individu, ce qui pourrait conduire à des dérives inquiétantes.

Aux États-Unis, une réflexion trans-humaniste est menée. Ses visées n'ont rien de thérapeutique puisqu'il s'agit d'accroître les performances, de promouvoir un « humain augmenté ». Si c'est sérieux, comme cela semble être le cas, c'est grave, car il s'agit là d'un dévoiement de la science et de la technique ! C'est un nouveau champ d'investigation éthique que nous ouvrons donc aujourd'hui.

M. Jean-Sébastien VIALATTE, Député du Var.

Je m'associe aux remerciements qui vous ont été adressés par Alain CLAEYS. La loi de bioéthique de 2004 ne traite pas directement des questions éthiques que soulève le développement accéléré des recherches sur le fonctionnement du cerveau. Cependant, les débats de la première audition publique consacrée aux défis des sciences du vivant, comme ceux que l'Office continue de mener sur les nanotechnologies ou les biotechnologies font naître des interrogations, des inquiétudes, et surtout un réel besoin de débattre de l'impact de ces recherches et de ces nouvelles technologies sur notre société. Ils appellent aussi une réflexion interdisciplinaire et interpellent le législateur.

Les articles portant sur le cerveau, la neuroimagerie, les neurosciences se multiplient, et pas uniquement en cette « semaine du cerveau ». Ils véhiculent des espoirs de guérison de maladies neurodégénératives, de tumeurs, de troubles

neurologiques et psychiatriques. Ils répondent souvent aux attentes d'un public fasciné par la technologie, aux angoisses des patients et de leurs familles, mais aussi à des craintes diffuses de manipulations, d'atteintes à la vie privée, à l'autonomie de la volonté. On constate une « gourmandise technologique », une exigence de progrès répondant à de réels besoins thérapeutiques, mais aussi un désir de performances, de maîtrise de son corps, de connaissance de ses émotions et de celles d'autrui. Des craintes, des peurs, des angoisses s'expriment, mais aussi des espoirs, parfois suivis de déceptions. Quelles que soient les postures, le besoin d'informations et de débats est immense.

Si nos comportements et nos décisions, peuvent être décortiqués tels des mécanismes biologiques, si les outils diagnostiques aident à prédire les troubles psychiques, leur cause, leur évolution, s'il est possible de manipuler des cerveaux et des comportements par des drogues de l'humeur, de la mémoire, de l'éveil, par des implants cérébraux ou des greffes de cellules, quels en seront les usages et les limites ?

Les techniques d'imagerie nous montrent le cerveau en fonctionnement, mais que représentent ces images ? Peut-on leur donner un sens et en déduire les bases cérébrales, les causes biologiques d'un comportement ou d'une maladie mentale ? Si certaines de ces techniques répondent aux besoins de la clinique, notamment pour les diagnostics et aident à la thérapie, d'autres ne semblent pertinentes que comme outils de recherche et peuvent cependant avoir un impact prédictif de telle ou telle conduite.

Comment limiterons-nous les risques d'utilisation abusive des informations diagnostiquées et leur impact prédictif sur la justice, les compagnies d'assurances ou les services de marketing ? Quels seront les effets sur la société de la neuroéconomie ? Sont-ils conciliables avec notre conception de l'autonomie de la volonté, de la dignité des personnes, de la protection de la vie privée et des données personnelles ?

Par ailleurs, se développe aux États-Unis un courant, certes utopique, semblant relever de la science fiction, mais fondé sur les nouvelles technologies convergentes, nanotechnologies, biotechnologies, informatiques, et sciences cognitives qui, elles, sont utilisées. Ce sont les adeptes du transhumanisme qui se félicitent des résultats de certaines innovations technologiques, des possibilités d'agir sur le cerveau humain, de construire une affectivité et des émotions artificielles à partir d'ordinateurs. Il nous a paru nécessaire d'évoquer cette problématique.

Aussi s'agit-il pour notre mission d'évaluation de dresser un état des lieux, le plus objectif possible, afin de déterminer des pistes de régulation, de savoir si la réglementation actuelle est adaptée, si les instances comme l'Agence de la biomédecine, le Comité national consultatif d'éthique, la Haute autorité de santé, sont en mesure de relever ces défis.

PROPOS INTRODUCTIF

► **M. Hervé CHNEIWEISS, Directeur du laboratoire de plasticité gliale, Centre de Psychiatrie et neurosciences (INSERM), Membre du Conseil scientifique de l'OPECST.**

Je tiens tout d'abord à remercier M. Alain CLAEYS et M. Jean-Sébastien VIALATTE pour l'organisation de cette journée. Je remercie également les participants d'être venus si nombreux.

En quoi les questions éthiques issues des neurosciences sont-elles différentes de celles déjà traitées, en particulier pour la génétique des individus ? Par bien des égards en rien ; aussi convient-il d'appliquer aux neurosciences et à leur usage nombre de principes établis à partir des réflexions sur la génétique, et l'on constatera lors de l'intervention de Thomas BOURGERON que ce n'est pas parce que quelques mutations de l'ADN peuvent être à l'origine de certaines formes d'autisme ou d'autres pathologies psychiatriques qu'il faudrait céder au déterminisme qui fit le lit de l'eugénisme.

Les lois sont encore trop nombreuses, notamment dans le domaine de la bioéthique. Pourquoi vouloir traiter maintenant des neurosciences ? La plupart des principes établis pour la génétique valent pour n'importe quel champ de la recherche sur les sciences du vivant. Le fait que les neurosciences ou les pathologies associées représentent aujourd'hui 30 % des dépenses de santé dans la plupart des pays développés, ou que la population vieillisse ne suffit pas à justifier une réflexion spécifique aux neurosciences.

Il existe toutefois au moins deux domaines spécifiques aux neurosciences : celui de la conscience et celui de la pensée, en ce qu'elle détermine le principe d'autonomie qui fonde toute discussion éthique et donc s'inscrit à l'origine de notre conception de l'individu et constitue le moyen indispensable de toute démarche éthique.

L'activité de notre cerveau est à la fois l'origine et l'émergence de la pensée, de la perception et de l'action, ainsi que l'expression de notre identité personnelle. Les possibilités d'intervention sur le cerveau sont aujourd'hui multiples, qu'elles interviennent grâce à des molécules chimiques ou à des procédés plus ou moins invasifs. Les possibilités nouvelles de modification des comportements, qu'ils soient végétatifs comme l'appétit, le sommeil ou la sexualité, ou cognitifs comme l'humeur ou la mémoire, nécessitent une réflexion approfondie car ces possibilités d'intervention ne sont pas explicitement couvertes par la législation en vigueur, notamment en ce qui concerne le respect de la vie privée et la protection des données.

Le problème de la conscience est bien mis en valeur par son opposé, l'inconscience ou plus exactement la perte de conscience. Nous l'expérimentons tous les jours lorsque nous nous endormons, mais cet état devient un problème de société lorsque les technologies, notamment celle de la réanimation, permettent de voir de très nombreuses personnes dans des états inconscients. Aux États-Unis, de 112 000 à 250 000 personnes sont aujourd'hui plongées dans un coma réactif ou vigile, et 14 à 35 000 sont dans un état végétatif permanent stable. Transposé en France, cela équivaudrait à 30 000 comas réactifs et 4 000 états végétatifs permanents. Au-delà du problème de la souffrance des familles et des coûts colossaux, la question de l'interruption des soins se pose, d'autant plus que, passées les premières heures, les chances de réveil s'amenuisent, de même que les capacités de récupération. La réponse n'est pas simple.

Les techniques récentes d'imagerie cérébrale ont permis de mettre en évidence des réponses fonctionnelles à des récits verbaux évoquant des événements majeurs de la vie de l'individu, tant pour des patients en coma réactif que pour un patient en état végétatif permanent, l'existence de parties fonctionnelles ne présume pas un cerveau fonctionnel, et l'existence d'un traitement d'une information ne préjuge pas de la capacité de conscience. Stanislas DEHAENE et ses collaborateurs ont bien montré l'influence du traitement inconscient de l'information sur nos décisions apparemment conscientes. Il évoquera avec Denis Le BIHAN et Emmanuel-Alain CABANIS les nouvelles possibilités de comprendre les mécanismes d'activité cérébrale avec l'imagerie fonctionnelle.

Quid, dès lors, des messages subliminaux ? L'on sait que l'on peut influencer de façon inconsciente une décision qui apparaît consciente. Jean-Didier VINCENT reviendra sans doute sur le fait que l'essentiel de l'activité cérébrale est inconsciente et que les émotions nous gouvernent au moins autant que la raison. Le *cogito* cartésien apparaît aujourd'hui comme un comparateur entre des scénarios rationnels issus du lobe frontal et le « poids » qui leur est attribué par l'expérience et le contexte, tous deux dépendant et générant de l'émotion issue des circuits limbiques, l'amygdale s'inscrivant au carrefour de ces circuits neuraux.

De la conscience il faudra ensuite passer au champ de l'action. François BERGER et Bernard BIOULAC évoqueront alors des neuroprothèses et des nanotechnologies appliquées à l'humain. Des dispositifs médicaux implantés permettent aujourd'hui à des parkinsoniens ne répondant plus aux thérapeutiques classiques de retrouver une vie décente. Ce traitement est élaboré en France par le groupe bordelais de Christian GROSS et Bernard BIOULAC, et le groupe grenoblois de Alim-Louis BENABID et Pierre POLLAK

Cependant, nous découvrons que les circuits dopaminergiques contrôlent les mécanismes de récompense, donc l'addiction à certaines drogues, d'abus, et l'impulsivité. La manipulation des circuits dopaminergiques peut également conduire à influencer sur les processus de décision de la personne à son insu. Nous sommes dans des sociétés de la performance et de la compétition qui prônent de

façon implicite les principes du libéralisme légal, où chacun serait libre d'utiliser ou de refuser la drogue ou le dispositif de son choix à partir du moment où cela ne nuit pas à autrui.

Or, il va de soi que le consentement éclairé pour un traitement, chimique ou par implant cérébral par exemple, est un pré requis nécessaire, mais ce consentement éclairé n'est nullement suffisant car la puissance publique est garante des principes d'intégrité et d'inviolabilité du corps humain, et c'est bien sur le fondement de ces principes que nous ne sommes pas libres de faire n'importe quoi de notre corps.

L'amélioration de la performance ne semble pas condamnable si elle a pour objet d'aider l'autonomie et le bonheur de l'individu, (permettre aux aveugles de voir, aux paralytiques de marcher) sans en faire payer le prix aux autres. Quel est le prix « social » de l'amélioration de la performance ? Comme personne ne le sait, il nous faudrait d'abord évaluer les conséquences du pouvoir que l'amélioration de l'un peut donner sur les conditions de vie de l'autre : avancement scolaire, promotion hiérarchique, pouvoir de subordination intellectuel... son corollaire est l'obligation subliminaire du « tous dopés » pour survivre. Tel est le problème des 3,5 millions d'enfants traités par le méthyl phénidate aux États-Unis, destinés en grande partie à obtenir des classes calmes dans les quartiers aisés. De même y sont utilisés des micros dispositifs implantés pour améliorer la performance des soldats sur le terrain.

La liberté de l'individu n'est possible qu'autant qu'on l'informe, d'où l'importance d'une telle audition publique. Nous devons démystifier les fantasmes, et informer le public des dernières avancées afin de les encadrer, surtout lorsque les progrès de la science entrent dans le champ social pour l'amélioration des performances, le contrôle du comportement des enfants. Se pose ainsi la question de la maîtrise de ces traitements, surtout quand ils sont remis en cause, comme le furent certains antidépresseurs, utilisés à mauvais escient.

En conséquence un autre aspect du coût social relève du registre de la discrimination. Pour opérer dans un réel environnement de libéralisme cognitif, il faut transformer le procédé d'amélioration en bien public, accessible à tous, dont personne ne puisse être privé et dont l'usage n'épuise en rien la ressource. En outre, de tels dispositifs peuvent être utilisés dans des buts thérapeutiques, ou pour améliorer la performance d'un individu. Il faut dès lors créer un nouveau garant, une Agence nationale de l'amélioration cognitive chargée d'évaluer le procédé, son innocuité, sa réelle efficacité, son accessibilité, etc.

Un autre problème fondamental réside dans la vision mécanique d'un « cerveau machine » permettant d'optimiser des variables biologiques et fonctionnelles au fur et à mesure qu'elles sont connues : niveau hormonal, taux de neurotransmetteurs, adaptation du nombre et de la qualité des cellules actives, ajout de circuits complémentaires de soutien ou de secours. Le neurobiologiste se

substitue alors au grand horloger de l'univers des conceptions déistes. On préjuge qu'il existe une universalité du temps sur laquelle chaque horloge peut être réglée et toute variation à la norme doit être corrigée.

MARX, DARWIN, FREUD et EINSTEIN ont tour à tour fait voler en éclat le schéma mécanique, chacun pour sa part de l'humain dans un monde physique, social, évolutif et relatif. L'exemple de la mémoire est à ce titre instructif car il n'est pas possible d'inférer du quantitatif au qualitatif, et plus de mémoire donne plus de capacité d'agir.

La nouvelle de BORGES, *Funes ou la mémoire*, ou le patient de LURIA, SHERESHEVSKII, montre au contraire des sujets accumulant les souvenirs, mais incapables d'en extraire l'information pertinente et finalement incapable d'agir. Les expériences récentes sur des patients amnésiques après une lésion de l'hippocampe, confirment le lien entre le souvenir organisé et la capacité de projection vers le futur.

La demande sécuritaire de plus en plus importante incite les gouvernements à rechercher des indicateurs biologiques de dangerosité de l'individu. La récente loi sur la rétention de sûreté des criminels sexuels et leur internement en milieu fermé, même après l'exécution de leur peine, conduira certainement à renforcer cette demande. Dans le domaine du prédictif, il serait en effet heureux de savoir si tel criminel peut se révéler dangereux demain. Dès lors, que faire si l'imagerie révèle une faible capacité de l'individu à maîtriser des pulsions violentes ou à réagir de façon inappropriée à une stimulation sexuelle ? Après la bosse du crime issue de la phrénologie, après le chromosome du crime issu de l'observation d'un Y supplémentaire chez certains condamnés, après le gène du crime issu de l'observation de certains variants de la monoamine oxydase A en relation avec un comportement violent, aurons-nous demain l'image cérébrale du crime ? La question est donc bien une nouvelle fois de déterminer la valeur prédictive réelle du test envisagé, et non de valider de manière pseudo scientifique des préjugés sociaux.

Ainsi, après le détecteur de mensonges électriques, le polygraphe, voici venue l'ère du high-tech avec l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), permettant d'aller au plus profond de l'âme. La justice cherche toujours à établir des faits, d'où l'idée qu'il existerait une vérité neurophysiologique inscrite au sein des circuits cérébraux. Mais comment traiter l'adhésion qu'un sujet, témoin par exemple d'une scène violente, peut avoir vis-à-vis d'un souvenir erroné ? L'image cérébrale, si elle s'avère possible, montrera que le sujet ne se ment pas et ne ment pas au tribunal, mais en aucun cas qu'il dit « la » vérité.

Cette vérité serait-elle meilleure si la mémoire était soutenue ? C'est ici la question de la neuropharmacologie et d'éventuelles techniques permettant d'améliorer la mémoire qui est posée. Une grande partie de la justice étant basée sur le témoignage, ne serait-il pas heureux en effet de pouvoir bénéficier d'une

remémoration plus riche, permettant aux témoins ou à l'accusé de relater avec plus de détails le déroulement des faits. Le sous-entendu de cette acception implique que ces informations obtenues en levant la barrière de la volonté de l'individu, volonté consciente ou inconsciente, seraient plus exactes et permettraient une justice plus efficace. Or c'est encore une erreur. La levée d'une inhibition à la remémoration, ou la facilitation de la venue à la conscience d'une image de mémoire ne garantit en rien la validité du témoignage. Le cerveau est une puissante machine à émettre des hypothèses sur le vrai et le faux, et à confronter sa perception du réel à ces hypothèses. Mais il n'existe pas d'image neurale du vrai.

Utilisera-t-on demain des IRM pour débattre au tribunal de discrimination raciale ou sexiste ? Mais qui passera le test ? L'accusé, les membres du jury, le juge, les témoins, les policiers ? Ce que je souhaite montrer est qu'il existe une image neurale de l'activité de notre cerveau, mais il n'existe pas d'image neurale du vrai. Pour reprendre les thèses de Max WEBER, il existe une différence de nature entre les caractéristiques du fait scientifique et celles des valeurs sociales.

Dans son avis n°98 sur la biométrie, le Comité national consultatif d'éthique (CCNE) constatait : « *Les trois questions les plus angoissantes sont donc celle du glissement du contrôle de l'identité à celui des conduites, celles de l'interconnexion des données et leur obtention à l'insu des personnes concernées.* » Dans son avis n°20 portant sur les implants et tout particulièrement les neuroprothèses, le Groupe européen d'éthique (GEE) soulignait également des risques d'atteinte à la dignité humaine, évidents pour des dispositifs implantés à buts professionnels ou d'amélioration de la performance (militaires par exemple), mais également pour les dispositifs à buts médicaux (questions des implants cochléaires unis ou bilatéraux chez les enfants sourds). Le GEE propose d'interdire les implants cérébraux qui pourraient être utilisés « *comme fondement d'un cyber-racisme ; pour modifier l'identité, la mémoire, la perception de soi et la perception d'autrui ; pour améliorer la capacité fonctionnelle à des fins de domination ; pour exercer une coercition sur les personnes qui n'en sont pas dotées* ».

Notre activité cérébrale n'est pas seulement la synthèse de l'activité de nos gènes et de la coordination de nos réseaux neuraux sculptés par notre histoire personnelle. Elle se développe dans une anticipation des événements de notre environnement, dans une projection anthropologique et socialisée de notre monde. Nous anticipons l'action de l'autre et la figure de l'autre agit sur notre activité neurale. Dès lors, quelles que soient les contraintes physiques et biologiques bien réelles dans lesquelles se déroulent nos pensées, nous devons prendre en considération la plasticité de notre système nerveux, sa capacité à sans cesse évoluer et admettre que la liberté de pensée est nécessaire à notre capacité de survie en individu social. Nous devons exister avec les autres et nous existons par les autres.

D'une façon générale, les principes éthiques et légaux qui ont guidé l'encadrement des données personnelles issues de la génétique et des échanges

informatiques devraient aujourd'hui permettre d'encadrer l'utilisation de connaissances issues des neurosciences. Il conviendrait également d'établir un dispositif d'autorisation de mise sur le marché assorti d'évaluations *ad hoc* pour tout procédé ayant comme objectif ou conséquence d'agir sur les capacités cognitives des individus.

Une société de l'information et de la communication est forcément une société où le cerveau de chaque individu doit être protégé de l'instrumentalisation. Par ailleurs, les molécules et procédés issus des connaissances en neurosciences doivent être mis au service de la restauration des fonctions perdues et de l'accroissement des libertés d'agir, et non permettre l'assujettissement à une norme sociale.

M. Jean-Sébastien VIALATTE.

Je vous remercie beaucoup pour ces propos introductifs et instructifs. J'appelle maintenant les participants à la première table ronde qui porte sur les défis des sciences et des technologies.

LES DEFIS DES SCIENCES ET DES TECHNOLOGIES

IMAGERIE DU SYSTÈME NERVEUX, IMPLANTS CÉRÉBRAUX ET COMPORTEMENT : QUE LIT-ON, QUE DÉPISTE-T-ON, QUE SOIGNE T-ON ?

M. Alain CLAEYS.

Je donne la parole à M Denis Le BIHAN qui va présenter les nouvelles technologies d'imagerie.

► **M. Denis Le BIHAN, Directeur de NeuroSpin, CEA, Directeur de l'Institut fédératif de recherche d'imagerie neuro- fonctionnelle, Membre de l'Académie des Sciences.**

Messieurs les députés, mes chers confrères, mesdames et messieurs.

C'est un très grand honneur pour moi que d'intervenir cet après-midi pour vous présenter la neuroimagerie et les outils pour comprendre le cerveau. Je resterai le plus factuel possible pour en expliquer les principes et montrer que l'on observe des phénomènes intéressants, mais qu'il existe des limites à ce que l'on peut faire.

S'intéresser au cerveau humain, implique de s'intéresser, non seulement à l'organe lui-même pour aider le neurochirurgien à opérer, mais également à sa place par rapport à la personne, pour comprendre les pathologies, les anomalies du développement cérébral, le vieillissement et le handicap du cerveau, les troubles liés à l'humeur et la psychiatrie.

Pour tenter de comprendre comment nous communiquons, apprenons et interagissons avec des machines, l'imagerie est devenue incontournable. Il ne s'agit pas de tout expliquer mais de disposer de notions sur le fonctionnement cérébral qui nous aident à répondre à ces questions.

En effet, le chirurgien français Paul BROCA l'a démontré, le cerveau est organisé en régions. Menant des expériences sur un patient célèbre atteint d'aphasie, Monsieur LEBORGNE, surnommé « Monsieur tan tan » car il répondait ainsi à toute question, il a pratiqué une dissection du cerveau et fait deux découvertes majeures : la lésion se situait du côté gauche du cerveau alors qu'à l'époque, on pensait les hémisphères équivalents et la localisation de la lésion située dans le lobe frontal était la cause du trouble de la parole.

Chaque région du cerveau joue un rôle plus ou moins particulier. Ceci explique l'importance de l'imagerie. Si, pendant 150 ans, la recherche a reposé sur la méthode de la dissection des cerveaux avec des résultats limités, l'apparition du

scanner à rayons X dans les années soixante-dix a suscité de nombreuses questions éthiques. Sans avoir besoin de disséquer le cerveau, il devenait possible d'étudier l'intérieur d'un crâne et de localiser une lésion. Le lien entre la localisation cérébrale et les anomalies se précisa alors.

Passer en une vingtaine d'années, de l'imagerie structurale à l'imagerie fonctionnelle, fut une autre révolution, surtout culturelle, en ce qu'il s'agissait alors d'obtenir une image chez un patient normal en train de faire travailler son cerveau pour déterminer les régions cérébrales impliquées, car un des secrets du cerveau réside dans son architecture : fonction et localisation sont étroitement liées à toutes les échelles, ce qui explique l'importance de la neuroimagerie.

La révolution de l'imagerie est née du mariage de la physique et de l'informatique. Nous disposons aujourd'hui de toute une panoplie de méthodes d'imagerie pour étudier l'intérieur du cerveau sans ouvrir le crâne. On peut étudier les signaux électriques du cerveau : c'est l'objet de l'électroencéphalographie ou la magnétoencéphalographie. On a la possibilité d'introduire des molécules partiellement radioactives produites par un cyclotron qui se localiseront dans des zones précises du cerveau en fonction de la présence de récepteurs et obtenir des images avec la caméra à émission de positrons. Nous disposons également de l'imagerie par résonance magnétique (IRM), technique que j'utilise principalement, en aimantant fortement l'eau qui se trouve dans le cerveau, ce qui permet d'obtenir des images fabuleuses de l'anatomie et de la fonction cérébrale. Un très gros aimant produit un champ magnétique très intense de 15 000 gauss, soit 30 000 fois le champ magnétique de Paris, et l'on peut obtenir, par traitement informatique, des images très précises à partir de la mesure, par ondes radio, des molécules d'eau. On voit la matière blanche, la matière grise, les petits vaisseaux uniquement grâce à l'aimantation de l'eau.

L'imagerie permet de regarder le cerveau depuis l'extérieur et surtout de savoir comment il se fabrique pendant la grossesse, et se développe à tous les stades de celle-ci. Grâce à l'informatique, on extrait virtuellement le cerveau du fœtus, cela permet de voir d'éventuelles anomalies afin de les traiter.

Notre cerveau compte 100 milliards de neurones, produits durant la grossesse au rythme de 250 000 par minute. Ces neurones, fabriqués essentiellement au centre du cerveau, migrent ensuite vers la périphérie. Le cerveau devra alors se plisser pour tous les stocker. Il arrive cependant que des neurones restent coincés lors de leur migration, ce qui peut provoquer certaines pathologies neurologiques comme l'épilepsie, voire des pathologies psychiatriques. De nombreuses évolutions se produisent pendant la grossesse, il n'y a que l'imagerie pour les déceler. Avec des modèles animaux, notamment la souris, il est possible d'observer des relations entre gènes et cerveau.

Nous pouvons actuellement voir fonctionner un cerveau. Quelqu'un regarde une image et on observe des changements de couleur à l'imagerie. En effet, davantage de sang irrigue les zones très actives. Or, le passage du sang, qui

contient de l'hémoglobine donc du fer, dans le champ magnétique modifiera l'aimantation de l'eau ; il produira des changements infimes de cette aimantation au voisinage des petits vaisseaux sanguins qu'un ordinateur pourra analyser, ce qui permet de déterminer quelle partie du cerveau travaille.

Il est possible d'aller plus loin. Les régions qui servent à voir le monde réel et celles à imaginer sont-elles les mêmes ? Une personne est allongée dans un cylindre, sans bouger, totalement immobile, on lui donnera l'instruction d'imaginer un chat. Lorsque la personne imagine un chat, la région qui sert à voir le monde réel s'active. Le cerveau utilise donc cette région pendant l'imagerie mentale. L'arrière du cerveau étant organisé de façon très précise : en simplifiant, ce que l'on voit en haut arrive en bas, ce que l'on voit à gauche arrive à droite, ceci se passe comme dans un appareil photo, chacun à sa propre projection, comme un code. Ainsi l'on arrive même à déterminer si une personne volontaire pour une expérience, imagine un objet vertical ou un objet horizontal.

La même étude chez une personne aveugle de naissance montrera qu'elle active les mêmes aires visuelles quand elle lira en braille avec son doigt. Le cerveau s'est réorganisé. Reste à savoir ce qui se passe dans cette région visuelle qui sert aussi bien à voir qu'à lire le braille ce qui n'a rien en commun avec la vision mais est lié à la capacité de gestion de l'espace.

Mais il existe des limites, qui résident notamment dans les conditions à réunir pour obtenir ces résultats. Il est ainsi impossible de forcer quelqu'un à se prêter à cette expérience. Que la personne bouge, ne serait-ce que d'un millimètre, et l'opération est impossible. Elle n'est donc pas réalisable contre la volonté de la personne placée dans l'appareil. De surcroît, l'encadrement législatif permet d'éviter les abus.

M. Alain CLAEYS.

L'encadrement législatif et réglementaire est-il adapté? Ne représente-t-il pas un frein ?

M. Denis Le BIHAN.

En principe non, mais il peut nous gêner dans les modalités pratiques. Ainsi, s'il est normal et utile de demander l'autorisation à un Comité d'éthique de mener ces études, il n'est pas toujours justifié qu'un médecin en soit chargé, ce que la loi impose pourtant. Cette obligation se comprend en cas d'IRM, du fait du champ magnétique et de contre-indications possibles (porteur de pacemaker, d'objet métallique), mais elle n'a plus de raison d'être quand il s'agit de mener des tests neuropsychologiques ne comportant pas de risque médical. Étant médecin, je ne suis pas pénalisé par cette règle, mais peut-être Stanislas DEHAENE, avec lequel je travaille, et qui n'est pas médecin, voudra-t-il expliquer cela.

M. Stanislas DEHAENE, Directeur de l'unité INSERM CEA de neuroimagerie cognitive, Professeur au Collège de France, Membre de l'Académie des sciences.

Les recherches sur le cerveau recouvrent un spectre très large, et certaines relèvent directement de la psychologie. Quand commence la recherche biomédicale ? Pour le législateur ou les Comités d'éthique la frontière n'est pas toujours évidente à tracer, mais je pense à certaines recherches qui devraient être considérées comme des recherches strictement psychologiques et pour lesquelles le cadre légal actuel est inadapté. Ainsi des chercheurs en neurosciences ou en psychologie de l'INSERM ou du CNRS, non médecins, ne sont pas maîtres de leurs propres recherches.

M. Denis Le BIHAN.

Il faut environ dix ans pour qu'une découverte scientifique débouche sur une utilisation en milieu médical. Ceci est le cas pour les patients dont l'une des artères cérébrales est bouchée, ce qui provoque un infarctus cérébral, troisième cause de décès en France, et la première de handicap car la personne qui devient hémiparétique l'est, le plus souvent à vie, ce qui a un important retentissement social et économique. Or, l'on a découvert, dans les années soixante-dix, que dans la région en train de mourir, le mouvement spontané de diffusion des molécules d'eau se ralentit de 30 à 50%. Dans les toutes premières minutes on observe cela à l'imagerie. Grâce à l'imagerie médicale, le médecin peut établir un diagnostic très précoce, dans les six premières heures, et donner au malade un traitement actif qui débouchera l'artère. Parce que ce médicament n'est pas anodin, il faut être certain du diagnostic, ce que l'imagerie permet. Alors qu'un infarctus du myocarde peut être pris en charge dans les deux heures, il n'en va pas du tout de même pour l'infarctus cérébral. Seuls quelques centres en France sont capables d'une telle réactivité.

Il est nécessaire de développer ces méthodes d'imagerie pour observer le mode de fonctionnement des neurones au travail, les connexions neuronales, voir le cerveau se construire, les gènes au travail et étudier la chimie du cerveau. Il faut pousser les limites de l'imagerie au maximum pour explorer le cerveau depuis la souris jusqu'à l'homme, et à cette fin utiliser des champs magnétiques de plus en plus intenses, ce qui peut poser problème. En effet, l'Union européenne projette de réguler l'utilisation de ces champs magnétiques.

À NeuroSpin, centre ouvert il y a plus d'un an au CEA à côté de Saclay, nous sommes complètement impliqués dans ces recherches, au premier rang desquelles figure l'étude des effets biologiques des champs magnétiques sur l'homme ou le petit animal. Explorer et identifier les régions cérébrales, pour établir une architecture fonctionnelle cérébrale, savoir s'il existe un ou plusieurs codes neuronaux en établissant des liens avec l'architecture cérébrale, développer des mécanismes de rééducation, découvrir les mécanismes cellulaires et

moléculaires des maladies pour les prévenir et établir des diagnostics précoces, tels sont les grands défis que devra relever la neuroimagerie.

M. Alain CLAEYS.

Je vous remercie beaucoup de cette présentation très claire et je donne la parole à M. Stanislas DEHAENE

M. Stanislas DEHAENE.

Je vous remercie beaucoup de me donner l'occasion d'exprimer mes idées sur les liens entre psychologie et cerveau.

1. L'imagerie cérébrale met à nu le cerveau et dévoile les représentations les plus fines, toutefois des limites existent. Chaque état mental est aussi un état matériel : une configuration de décharges neuronales. Il peut être décrit à différents niveaux de représentation. Nos comportements s'inscrivent dans des états organisés d'activité du cerveau qui peuvent être décrits à un niveau régional et de grand circuit, mais aussi à des niveaux plus microscopiques : colonnes corticales, neurones individuels, synapses et *in fine* organisation moléculaire du cerveau.

Même si ces différents niveaux de description correspondent à différentes facettes du même objet, cela ne veut pas dire qu'un niveau de description n'est pas meilleur qu'un autre. Certaines épilepsies proviennent d'une mutation très précise d'une sous unité de tel récepteur dans le cerveau, mais d'autres phénomènes relèvent de la psychologie, et ne se laisseront pas réduire si facilement à une représentation à plus bas niveau.

Ainsi, si vous désirez savoir si une personne connaît le prénom de telle actrice, mieux vaut lui poser la question que d'essayer de lire dans son cerveau ! Ces différents niveaux de représentation et d'analyse existent et il ne faut pas oublier qu'il y a une unité des neurosciences. Un coup de projecteur est donné aujourd'hui sur l'imagerie cérébrale, mais ces recherches s'appuient elles-mêmes sur des recherches bien plus fondamentales, chez l'animal, *in vivo* ou *in vitro*. Nous avons besoin de toute cette chaîne de travaux.

M. Hervé CHNEIWEISS.

Au nom de l'unité des neurosciences, je me permets d'ajouter qu'à côté des 100 milliards de neurones se trouve une population importante de 300 à 400 milliards de cellules gliales dont l'activité métabolique va être visualisée par l'imagerie. C'était un petit plaidoyer pour une population de cellules un peu oubliée, mais majeure.

M. Stanislas DEHAENE.

Absolument, mais je voudrais moi aussi plaider pour d'autres populations oubliées ; à l'extrême de ce spectre se trouvent la culture et l'éducation qui jouent

également un grand rôle. L'effet de l'éducation qu'a reçue une personne se traduit directement par des changements d'organisation de ces circuits. Ce que nous observons en imagerie est le contraire du déterminisme et de l'idée que les bas niveaux déterminent ceux qui sont hauts. Très souvent, nous observons le résultat de contraintes conjointes de la génétique et de l'éducation.

Nous avons mené ces études dans des directions différentes. J'ai choisi l'exemple de la lecture. Lorsque l'on place un mot devant vos yeux, vous parvenez à le lire très rapidement, sans avoir conscience qu'il s'agit du résultat d'un calcul sophistiqué du cerveau, que l'on peut révéler par l'IRM fonctionnel, sous forme d'un circuit activé dont les premières étapes sont non conscientes. Certaines régions jouent un rôle fondamental parce qu'elles sont modifiées par l'apprentissage de la lecture. Elles traduisent par leur degré d'activité, le degré d'expertise du sujet pour la lecture.

On peut suivre les états d'activités en fonction du temps. Sur ces images, on observe la dynamique d'activité cérébrale lorsque l'on présente un mot sur un écran d'ordinateur et que le signal d'activation neuronal se propage depuis les aires visuelles jusqu'à l'arrière du cerveau par la voie visuelle ventrale dans laquelle seront identifiés l'orthographe, la prononciation et le sens des mots

Le travail du psychologue, avec ces nouveaux outils d'imagerie cérébrale, consiste à essayer d'attribuer une organisation, une architecture, à ces activations cérébrales, sous forme de modèle. L'activité de modélisation, d'intégration de ces données dans des modèles théoriques est très importante. Elle permet de considérer que chacune de ces régions apporte sa pierre à une étape de traitement de l'information. Notre travail consiste à concevoir des expériences pour déterminer que telle région s'intéressera à la syntaxe de la phrase, telle autre à l'orthographe.

Ces recherches fondamentales visent à comprendre l'organisation du cerveau et à la mettre en relation avec les aspects psychologiques, mais elles ont aussi une importance capitale dans le domaine de la pathologie, dans celui de la lecture, comme en témoigne par exemple la dyslexie. Sur la base de résultats obtenus dans un cerveau normal, on commence maintenant à pouvoir produire des images compréhensibles de ce qu'il advient dans le cerveau d'un enfant qui connaît des difficultés de lecture. Celles-ci peuvent être mises en relation avec des activations insuffisantes de certaines régions du circuit de la lecture, notamment des régions liées au code phonologique et au code orthographique. Certaines anomalies anatomiques commencent également à être détectées chez ces enfants.

Pendant des années, on n'a pas jugé nécessaire de pratiquer des examens IRM chez des enfants dyslexiques ou souffrant de troubles du développement parce que l'on ne voyait rien. On commence maintenant, grâce à des statistiques un peu plus poussées, avec des imageurs très performants, à observer des anomalies particulières qui se concentrent dans certaines régions de ces circuits de la lecture. Il ne s'agit pas de produire des images de la pathologie et de condamner

ces enfants, au contraire ! L'on produit également des images de la rééducation, pour en suivre les progrès. On observe ainsi, la réactivation de nouveaux circuits dans l'hémisphère droit en fonction du degré et du type de rééducation.

2. S'agissant du décodage cérébral, peut-on utiliser ces images, non seulement pour comprendre le cerveau, mais aussi pour aller y lire des états de pensées cachées du sujet ? À partir du moment où l'on effectue une mise en corrélation d'états psychologiques avec des états cérébraux, il existe une forme de réversibilité ; aussi lorsque l'on peut passer d'un certain stimulus à une activité cérébrale compréhensible, on peut entraîner un logiciel informatique à opérer inversement, en partant d'une activité cérébrale. On peut reconstituer ce que la personne était en train de voir ou d'imaginer en tenant compte d'une grande variabilité individuelle. Une expérience menée par Bertrand THIRION en laboratoire montre que lorsqu'une personne fixe l'écran, elle imagine une forme et en partant de son activation cérébrale, on arrive péniblement à reconstituer une sorte de forme de ce qu'elle imaginait.

Une certaine forme de décodage de l'activité cérébrale est donc possible grâce au développement de nouvelles techniques. On peut s'en inquiéter, mais aussi se demander quelles en seront les applications pratiques. Cette forme de décodage de l'activité cérébrale en temps réel pourrait permettre au sujet de prendre le contrôle de son propre cerveau. En permettant à une personne souffrant de douleurs chroniques inexplicables et sévères d'observer l'état d'activité de son cortex cingulaire antérieur qui est l'une des régions jouant un rôle essentiel dans la conscience de la douleur, et en lui apprenant à moduler cette activité consciemment, volontairement, on lui permet, après plusieurs semaines de recul, de diminuer considérablement sa douleur. C'est une manière de rééduquer et de restaurer l'autonomie de la personne.

Les capacités de détection sont également très importantes dans certaines pathologies. Il existe des comas végétatifs persistants pour lesquels l'imagerie commence à permettre de rétablir une forme de communication avec le patient ou à tout le moins de détecter ses états mentaux, alors que la personne est paralysée et incapable de communiquer. Selon une publication récente de l'équipe belgo-britannique d'Adrian OWEN de l'université de Cambridge, sur 60 personnes examinées, en état végétatif persistant, l'une d'entre elles a présenté une activité cérébrale quand on lui a demandé d'imaginer qu'elle jouait au tennis ou se promenait dans son appartement. Grâce à l'appareil d'imagerie par résonance magnétique, les chercheurs ont tenté de communiquer avec cette patiente, seulement capable de mouvements réflexes. Selon eux, elle s'est révélée capable de répondre à certaines consignes. L'équipe de chercheurs a fait passer des examens d'imagerie cérébrale à la jeune femme ainsi qu'à des volontaires sains. Or quand on leur demandait de s'imaginer parcourir les pièces de leur maison, les réponses dans diverses zones du cerveau de la patiente et des personnes saines étaient identiques. Cette jeune femme est en train de sortir du coma, et le fait d'avoir détecté chez elle une activité mentale structurée a joué un rôle important dans sa prise en charge. Ce type d'application se développera de plus en plus. Le

traitement des états végétatifs et de ceux frontières avec le *locked in syndrome*, sera abordé par les neurosciences, en s'efforçant de développer la communication par le biais des interfaces homme/machine.

3. *L'imagerie cérébrale se contente d'enregistrer l'activité cérébrale, elle ne manipule pas le cerveau. La publicité n'a d'ailleurs pas attendu l'imagerie cérébrale pour le faire. Doit-on s'inquiéter du fait qu'elle permette de décoder certains états mentaux ?* Il faut en avoir conscience et ne pas leurrer le public : l'on sait, d'ores et déjà, décoder des états mentaux, notamment lorsque le code neural est macroscopique, c'est-à-dire à l'échelle du centimètre quand, par exemple, une personne lit ou regarde un visage ; c'est différent dans le cerveau et il est possible de l'observer. Il est également possible de décoder des états à l'échelle du millimètre, mais l'on ne peut pas décoder le « micro code », à savoir ce qui fait la spécificité d'un individu, ses connaissances particulières, son lexique personnel, ses souvenirs. Ce « micro code » reste à un niveau qui continuera de dépasser pendant très longtemps, sinon à jamais, nos capacités de décodage parce qu'il se situe au niveau du neurone unique.

Le décodage, par ailleurs, présente un intérêt pratique en médecine pour la détection d'état de conscience, la communication par interface homme/machine, la rééducation etc... Cependant la sensibilité et la spécificité de ces formes de décodage cérébral restent faibles. L'on est très satisfait en recherche lorsque l'on parvient à faire mieux que le hasard. On ne détectera pas chaque état mental du sujet. Ainsi, le potentiel du détecteur de mensonges paraît très exagéré : si certains états psychologiques peuvent être observés à un niveau neuronal microscopique, d'autres ne se réduiront pas si facilement à des états identifiables. Je ne crois pas qu'il existe un seul état cérébral du mensonge, il existe une telle variété de mensonges que sur ce point, il s'agit de fantasmes.

En outre, tous ces examens d'imagerie requièrent une collaboration parfaite du sujet, qui doit rester immobile à l'échelle du millimètre, se concentrer sur ce qu'on lui demande de faire et ne pas penser à autre chose. En particulier, il est impossible de décoder les pensées d'une personne qui passe sous un portique dans un aéroport. Il convient de rester vigilant, il y aura des applications réelles mais l'on doit éviter de propager des fantasmes qui galopent vite dans ce domaine.

M. Alain CLAEYS.

Je vous remercie de cette présentation très intéressante. Quelqu'un demande-t-il la parole ? M Hervé CHNEIWEISS souhaite apporter une précision.

M. Hervé CHNEIWEISS.

C'est vrai que ces histoires de portique sont ridicules aux yeux des chercheurs du domaine, mais pas pour la *Defense Advanced Research Project Agency* (DARPA) aux États-Unis qui a investi des millions de dollars dans au moins deux sociétés chargées de développer ces systèmes. Il convient de démystifier. C'est important.

M. Stanislas DEHAENE.

Les neurosciences progressent en permanence et il est toujours difficile pour un scientifique sceptique par nature de poser les limites, surtout quand elles ne cessent de reculer. Néanmoins, l'on peut affirmer aujourd'hui que l'échelle du neurone est inaccessible chez l'homme avec les mouvements du cerveau qui existent de façon permanente.

Une intervenante dans la salle.

90 % des sourds en France seraient illettrés. Ce chiffre m'a impressionnée. Des travaux sont-ils menés sur l'apprentissage de la lecture par les sourds ?

M. Stanislas DEHAENE.

L'apprentissage de la lecture pose des problèmes particuliers chez les personnes malentendantes parce que les représentations phonologiques, support du code alphabétique que nous utilisons, ne sont pas présentes chez ces personnes, ce qui rend difficile d'apprendre à décoder l'écrit. À ma connaissance, l'imagerie cérébrale n'a pas permis de trouver de solution alternative à ce problème, mais elle permet en tout cas d'aider à comprendre la nature des représentations disponibles, et en particulier que le langage des signes est une vraie langue. L'imagerie cérébrale montre que les régions du langage du cerveau sont concernées comme pour une langue parlée.

M. Jean-Sébastien VIALATTE.

M. Emmanuel-Alain CABANIS vous allez nous présenter le point de vue du praticien.



► **M. Emmanuel-Alain CABANIS, Professeur Université Paris VI,
Centre hospitalier national d'ophtalmologie des Quinze Vingt,
Membre associé de l'Académie de médecine.**

Il m'est apparu intéressant à propos du défi à relever de répondre aux trois questions figurant dans le programme et concernant l'imagerie à savoir que lit-on, que dépiste-t-on, que soigne-t-on ?

Nous osons relever ce défi car notre expérience a quasiment un quart de siècle et porte sur une cohorte de 200 000 patients environ. Après le scanner à rayon X, nous disposons du système d'imagerie à résonance magnétique qui évolue de 0,15 à 3 Teslas. Comme l'a rappelé Denis Le BIHAN, ce n'est pas considérable en comparaison de l'avenir lorsqu'on atteindra 17 Teslas. L'institution que j'ai l'honneur de servir s'occupe du regard et de la vision, c'est ce centre national des Quinze-Vingt.

Ainsi, si aujourd'hui la routine est l'utilisation d'appareil à 3 Teslas, il faut se souvenir des craintes de nombre de nos collègues à travers le monde, et ne pas oublier que François MESSMER au 18ème siècle auprès de Pierre Jean Georges CABANIS était à l'origine du baquet magnétique ce qui fait qu'un certain nombre de mes chers collègues se sont quelque peu moqués de moi lorsque en 1982, nous commençons à évoquer la résonance magnétique. Ce retour aux sources me semblait important à expliquer avec des mots simples. Dans cette imagerie de l'encéphale, que lit-on, que dépiste-t-on et qui soigne-t-on ?

Question n° 1 : que lit-on ?

Une neuroanatomie du système nerveux normal *in vivo*, mais que nous avons apprise et enseignée par des dessins cadavériques dont l'origine remonte au 12ème siècle puis au 13ème siècle, moment de la révolution anatomique européenne. Il est intéressant de rappeler qu'aujourd'hui avec ces outils nouveaux l'on se rapproche de dessins datant du 19ème, ceux de Jules DEJERINE qui dessinait ces tractus de substance blanche, dans lesquels nous sommes empêtrés avec notre tractographie.

On lit cette neuroanatomie, pour reconnaître dans un signal, un contraste permettant de distinguer la substance grise de la substance blanche, selon une succession de plans de coupe adjacents inférieurs ou égaux au millimètre d'épaisseur, avec une résolution grâce à laquelle nous découvrons une sémiologie et une anatomie inconnues jusqu'à présent.

L'exemple du lobe temporal est intéressant puisqu'on observe ce que l'on avait appris à dessiner dans le passé, ce corps godronné essentiel en épileptologie et qui apparaît à l'image avec une résolution spatiale intéressante et file le long de la corne temporale. Voici l'hypothalamus qui est un centre vital, visible avec une autre résolution : c'est un ensemble de 2 mm sur lequel notre fonction végétative complète est réunie. Ceci est une imagerie strictement neuve, sans dessin préalable cette fois qui est celle de notre neurotractographie. Vous observez des connexions pontiques d'une partie du tronc cérébral avec le cervelet, et aussi sous le chiasma du nerf optique, vers les deux pédoncules cérébraux.

Dans ces signaux issus d'une technique multiparamétrique, que va-t-on lire ? Des données quelquefois inquiétantes comme ce globe oculaire qui apparaît blanc, puis noir, contrasté, simplement avec le jeu des séquences, ce qui nous conduit avec une immense prudence vers la reconnaissance anatomique de ce qui pourrait être une tumeur cancéreuse de 1 mm d'épaisseur à peine visible.

Que signifie la normalité ? La normalité représente la donnée la plus difficile à cerner quand on dirige un service de neuroimagerie. Elle n'est rien d'autre qu'une statistique de variabilité individuelle, intra ou interindividuelle. Le plus bel exemple dont nous disposons, est la génération du cortex. En routine, plusieurs fois par jour, les coupes anatomiques que vous avez vues précédemment permettent d'avoir une reconstruction volumique du cortex avec une certitude

maintenant absolue. Cette image montre le degré d'asymétrie extraordinaire de la sulcation entre l'hémisphère gauche et l'hémisphère droit chez un même patient, vu sur cette image sous différents angles.

La description de la neuroanatomie est doublée d'une neurophysiologie motrice, vasculaire, circulatoire, macroscopique ou moléculaire et métabolique. Voici *in vivo* l'hexagone de la base de l'encéphale avec en avant les deux artères sylviennes, les bords latéraux de l'hémisphère, en arrière les artères cérébrales postérieures, présentes à l'animation puis absentes à l'instant. Nous introduisons dans la routine de nos examens, l'approche du cortex visuel par rétinotopie ce qui permet plusieurs images du stimulus visuel.

L'autre physiologie procède de la biochimie dont nous disposons grâce au spectre de l'IRM qui nous montre des pics aussi minces que ceux d'une population axonale dans l'ensemble. Le n-acetyl aspartate ou la créatine pris comme repères nous permettent d'effectuer des analyses biochimiques extrêmement discriminantes, notamment dans les malformations cérébrales de l'enfant. Quoi qu'il en soit, ces signaux, ces formes, doivent être traitées le plus attentivement possible pour séparer la variante individuelle de la variante pathologique. Si on prend l'exemple d'un implant, il est important de pouvoir traduire le véritable variant individuel, de ce qui est la première étape de la pathologie.

Ainsi, sur ce nerf que nous observons pour la première fois en IRM qui est le nerf pathétique permettant de voir le regard du mépris. On baisse vers le bas les yeux d'un regard méprisant. Cet ensemble nous a gênés parce que nous nous demandions si c'était un vaisseau supplémentaire. Nous étions perdus : voir le nerf pathétique ! Cela aurait pu faire naître quelques communications savantes ! Chaque semaine, depuis plusieurs années, nous recevons des patients présentant des retards mentaux. Nous observons certaines anomalies de sulcation qui sont retrouvées de manière strictement inattendue.

Question n° 2 : que dépiste-t-on ?

1) *Le danger* : il peut provenir d'un corps étranger ferromagnétique inclus. Il y a quelques jours, une jeune fille se présente avec un gonflement facial ; une petite plaie attire brusquement notre attention, nous pratiquons un scanner à rayons X lesquels sont arrêtés par le métal ou par un os dense, nous découvrons de façon réellement inattendue un clou ayant pénétré à l'intérieur de l'orbite à l'insu absolue de cette jeune patiente. Malheureusement aucun des interrogatoires n'aurait permis de le savoir. Or, le cas de l'interrogatoire auquel on ne répond pas ou insuffisamment reste une épée de Damoclès car le clou sorti de l'orbite aurait crevé le globe oculaire. Grâce au diagnostic on évitait de nuire. Ainsi, maintenant dans un certain nombre de situations, nous utilisons le scanner à rayons X avant IRM, ce qui conduit à imposer une irradiation. Ceci risque d'entraîner des conséquences juridiques, en matière d'expertise notamment.

2) *Le dépistage de l'anomalie de la forme* : Sur cette image on observe une anomalie de la forme anatomique évoquée précédemment, c'est une augmentation ou une réduction de volume, une variation du signal, acquise ou congénitale, notamment au plan cérébral. Une asymétrie très étonnante du nerf optique rétro bulbaire intra orbitaire apparaît. Il est gros. Cette grosseur correspondra à une désorganisation très inattendue en neurotractographie antérieure ce qui n'est pas classique, car elle est présente chez peu de gens.

Ceci montre l'existence d'une interruption, d'une asymétrie de cette disposition axonale correspondant à une maladie de Recklinghausen. L'anomalie de signal est évidente, comme l'a précédemment expliqué Denis LE BIHAN qui par modestie n'a pas rappelé que c'était lui qui en 1985, avait consacré sa recherche et son énergie à imposer la notion de diffusion qui montre que dans les quelques secondes qui suivent un accident vasculaire, le coefficient de diffusion témoin de la mobilité des molécules d'eau dans les tissus varie, ce qui permet de déceler les premiers signes d'un accident vasculaire cérébral étendu. Aucune autre technique ne peut permettre d'effectuer le diagnostic de cette nécrose locale après une ischémie et ceci est tout à fait étonnant et modifie complètement la thérapeutique.

Voici une forme ajoutée, anormale et tumorale, c'est un processus occupant de l'espace, entouré d'œdème cérébral péri lésionnel, les deux provoquant un effet de masse. Voici une anomalie de fonction vasculaire qui est une interruption d'une carotide interne du côté droit alors que du côté gauche, le flux circulatoire passe. Cette exploration artériographie s'effectue aujourd'hui sans cathétérismes. Nous observons l'accroche de l'aorte à la partie supérieure du cœur, les artères à destinée céphalique du côté droit et du côté gauche, leur pénétration intracrânienne antérieure et les carotides postérieures vers basilaire. Donc, cette anomalie neurotractographique de stimulation nous apprendra enfin que devant la tumeur évoquée précédemment, deux éléments concorderont, celui de la désorganisation des fibres nerveuses et des axones autour de la lésion.

Neurotractographie, mais aussi refoulement des commandes motrices du fait de la tumeur qui se développe. Ce refoulement est maintenant demandé et exigé en préopératoire par nos collègues neurochirurgiens qui veulent savoir si leur geste salvateur d'exérèse de la tumeur touchera ou pas à cette aire motrice pour éviter que le patient devienne totalement hémiparétique.

Question n° 3 que soigne-t-on ?

On ne soigne pas par l'image seule, on soigne le patient qui peut avoir un tractus cortico spinal asymétrique ou abîmé, la question n'est pas là. Trop de patients ont été opérés de leurs images et l'un des meilleurs exemples n'est pas le cerveau, c'est celui de la colonne lombaire et de la moelle épinière. C'est donc toujours un patient, examiné, informé et demandeur avec des degrés de compréhension difficiles à évaluer et à comparer, qui commande l'action de l'exploration intracrânienne.

Ce journaliste brillant m'avait demandé des images, comme tout le monde, de belles images, comme quelques uns, et de très belles images pour un numéro spécial de journalisme. Je lui ai répondu que les belles images, c'est lui qui me les fournirait car je ne trahirai pas le secret des patients. « Votre secret, c'est votre anatomie. On va vous examiner, ainsi vous aurez le droit d'exploiter votre propre iconographie ». Ce journaliste a vu la reconstruction en 3 dimensions et il a compris ce qu'était son cerveau, en 3 D et les dissections virtuelles.

Conclusions

Sachant que le cadre général du « que soigne-t-on », recouvre toute la médecine, résumée en cinq mots traumatique, vasculaire, tumoral, inflammatoire, ou congénital, voilà les cinq armoires normandes qui font l'exploitation de l'imagerie de la tête car nous n'explorons pas l'encéphale, nous explorons la tête tout entière, région supérieure du corps humain. Voici un exemple de sclérose en plaques : l'IRM fonctionnelle montre l'atténuation des allumages corticaux dans la partie postérieure de l'ensemble. Que lit-on ? L'encéphale mais l'alphabet c'est l'anatomie, il faut l'apprendre. Que dépiste-t-on ? Des anomalies qui sont cliniquement significatives. Que soigne-t-on ? Les cinq grands âges de la vie de l'âge néonatal ou intra-utérin à l'âge avancé ou troisième âge.

M. Hervé CHNEIWEISS.

Que se serait-il passé si le journaliste en question avait été atteint d'une malformation vasculaire ou d'une tumeur naissante qu'il aurait ignorée avant l'examen ?

M. Emmanuel-Alain CABANIS.

La question est d'autant plus intelligente qu'elle nous a été posée exactement seize fois par de généreux volontaires témoins présumés sains. Un interrogatoire très attentif et très neurologique est pour nous un premier devoir. Les témoins volontaires présumés sains sont systématiquement soumis à un interrogatoire neurologique très attentif.

Il est également impératif d'évaluer le comportement de celui qui accepte d'être témoin volontaire présumé sain pour éviter de se trouver dans cette situation. Sans doute grâce à l'examen préalable que nous pratiquons, nous n'avons encore jamais découvert de pathologie lourde de façon inopinée. Nous avons cependant découvert un kyste arachnoïdien, chez une étudiante technicienne paramédicale de 23 ans, volontaire pour contribuer aux travaux de recherche qui se développaient autour d'elle. Ce kyste arachnoïdien était une petite zone de 8 mm de diamètre pleine de liquide cérébrospinal sans aucune conséquence pathologique, ni conséquence grave sur le fonctionnement cérébral et ne justifiant pas d'intervention neurochirurgicale. Il a fallu discuter longuement avec elle.

Dans d'autres situations, la découverte d'une pathologie lourde et grave ne nous est jamais arrivée. Procéder par précaution à un interrogatoire attentif et préalable est efficace et devrait être systématique.

M. Stanislas DEHAENE.

Lorsque l'on pratique, comme c'est le cas dans un centre d'imagerie comme NeuroSpin, des centaines d'examens par an, il n'est pas rare de détecter des anomalies plus ou moins importantes chez des personnes réputées normales. Il s'agit le plus souvent de problèmes mineurs mais il nous est arrivé par deux fois de découvrir des tumeurs infiltrantes du lobe frontal totalement indétectables sur le plan symptomatique. Elles ont été opérées à un stade précoce, ce qui a sauvé la vie de deux personnes.

J'attire votre attention sur le fait que cela fait partie du consentement éclairé, signé par la personne. Elle sait que les images seront lues par un neurologue et que s'il y a détection d'un phénomène pathologique, elle sera informée, son médecin le sera et on lui recommandera une série d'examens d'étapes pour contrôler ce dont il s'agit. Le point le plus important du consentement éclairé est la certitude d'être informé des anomalies éventuelles qui seraient détectées.

M. Olivier OULLIER, Maître de Conférence, Université Aix- Marseille, laboratoire de neurobiologie humaine.

Il m'est arrivé également de découvrir une tache d'allure anormale au cours d'une expérience d'IRM fonctionnelle. Or il est difficile à un non médecin de pratiquer un *debriefing* de l'expérience avec le sujet. On ne peut pas lui indiquer cette anomalie avant d'avoir recueilli l'avis du neurologue. La participation du médecin au protocole est donc primordiale.

M. Emmanuel-Alain CABANIS.

Non seulement tout protocole doit être médical mais il doit être transversal, collégial et organisé autour d'un personnage incontournable, le neurochirurgien.

C'est de cette façon que nous sommes organisés dans un collège comprenant, un neurologue, un neuroradiologue et un neurochirurgien, très au courant de ces domaines, car il faut connaître le degré et les raisons de la motivation profonde de certains dans cette participation à la recherche. Les motivations profondes de certains volontaires ne sont pas toujours claires.

M. Stanislas DEHAENE.

Il est en effet important d'être bien préparé à ce type de situation et d'avoir prévu à l'avance la conduite à tenir si l'on découvre une anomalie. Ainsi, on ne montre jamais les images d'IRM à la sortie de l'examen. Il existe, selon le degré

de gravité de la situation, des procédures permettant d'informer la personne immédiatement en nuanciant le degré de gravité que peut présenter la situation. Je crois que cela fait partie de la préparation d'une bonne expérience.

M. Emmanuel-Alain CABANIS.

Permettez-moi de m'inscrire en faux contre cette analyse. Mon expérience au contact de patients présentant un trouble neurologique m'a appris qu'il est essentiel de démystifier tout de suite l'image. Il n'existe pas de conduite générale à adopter : il faut s'adapter à chaque cas individuel. Le fait de laisser un patient partir sans lui expliquer de quoi il souffre et sans le lui montrer peut lui être préjudiciable.

M. Alain CLAEYS.

Je vous remercie de ces explications. La parole est maintenant à M. Thomas BOURGERON.



► **M. Thomas BOURGERON, Professeur, responsable du groupe Génétique humaine et fonction cognitive à l'Institut Pasteur.**

Je remercie l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques de me permettre de présenter les travaux réalisés à l'Institut Pasteur sur les liens entre génétique et troubles psychiatriques.

Première question, y a-t-il des gènes impliqués dans le développement des fonctions cognitives ? Bien qu'il soit aisé, à mon sens, de répondre par l'affirmative : sans tête ou sans cœur, on imagine mal comment des fonctions cognitives existeraient. Cependant, il n'était guère facile, il n'y a pas si longtemps, de poser cette question en France.

Deuxième question, plus compliquée : des gènes sont-ils spécifiquement impliqués dans le développement des fonctions cognitives, par exemple le langage, les relations sociales, la lecture ? Selon moi, cela est probable. Il existe des gènes qui semblent être spécifiques de telle ou telle fonction. Certains modèles animaux et certaines pathologies humaines montrent que la mutation d'un seul gène ou d'un très petit nombre de gènes risque de venir altérer une ou plusieurs fonctions cognitives. En soi, l'hypothèse de l'existence d'un ou plusieurs gènes du langage, par exemple, ne pose pas de problème éthique.

La difficulté commence avec la troisième question : y a-t-il des variations interindividuelles dans les gènes spécifiquement impliqués dans les fonctions cognitives ? Selon moi, c'est probablement le cas : je ne vois pas pourquoi ces gènes échapperaient à la variabilité du génome humain. Dès lors, il m'arrive souvent de me demander s'il faut identifier ces variations interindividuelles. Si je

poursuis ma recherche, c'est pour comprendre le fonctionnement du cerveau et pour tenter de remédier à certaines atteintes des fonctions cognitives. Cependant, si l'on identifie les variations interindividuelles, il est tout à fait loisible d'opérer une discrimination que je supporte mal entre les « bons » et les « mauvais » gènes du langage, et de supprimer ou d'augmenter la fréquence de ces variations.

Chacune de nos cellules renferme deux mètres d'ADN dans nos cellules que l'on peut compacter et séquencer. Le génome humain comporte environ trois milliards de « lettres » *A, C, G, T* (adénine, cytosine, guanine et thymine). C'est la variabilité que l'on recherche. La variabilité entre deux personnes prises au hasard dans le monde se traduit par environ une lettre différente sur 1 200.

Il existe d'autres variations que l'on appelle des polymorphismes de simples nucléotides qui jouent un rôle important : 3 millions de variations entre individu. C'est en Afrique que la variabilité génétique humaine est la plus importante. Parmi les variations génétiques, certains chercheurs s'emploient à établir celles qui sont à l'origine de notre résistance ou, au contraire, de notre vulnérabilité à des agents infectieux, ou encore celles qui déterminent notre réponse aux médicaments.

Les variants du génome peuvent être répartis en trois grandes classes : ceux dont la fréquence est très faible, voire absents dans la population mais dont l'impact, en termes de troubles psychiatriques, est très fort ; ceux dont la fréquence est faible dans la population et qui sont associés à un risque modéré ; enfin, ceux qui se rencontrent fréquemment dans la population et qui sont associés à un risque faible. Le dogme voudrait que les maladies fréquentes, comme le syndrome bipolaire, la psychose maniaco-dépressive, la schizophrénie, soient dues à la combinaison de plusieurs de ces variants faibles, ainsi qu'à des facteurs épigénétiques.

Les gènes codent des protéines qui jouent un rôle très important dans la différenciation des neurones, dans leur migration et dans la phase primordiale qu'est la synaptogénèse, au cours de laquelle les neurones entrent en contact. Cette phase du développement neuronale se déroule entre zéro et trois ans ; durant cette étape, un nombre considérable de contacts neuronaux s'effectue.

Mon travail consiste à détecter les altérations susceptibles d'entraîner, par exemple, des troubles autistiques. L'autisme a été décrit pour la première fois pendant la Seconde Guerre mondiale par un psychiatre autrichien exilé aux États-Unis, Léo KANNER, à partir d'un groupe de quatre garçons et une fille présentant des troubles de l'interaction sociale, des troubles du langage et des « stéréotypies », c'est-à-dire des intérêts et des gestes restreints et répétitifs. Un autre psychiatre autrichien, Hans ASPERGER a décrit, à partir d'un groupe de huit garçons et une fille, un syndrome très proche de l'autisme mais qui s'en différencie par l'absence de troubles du langage. L'augmentation de la prévalence de l'autisme aux États-Unis s'explique probablement par l'élargissement des critères diagnostiques retenus par les psychiatres, qui ne s'inspirent plus des classifications de KANNER. D'un enfant sur mille, on est passé à un enfant sur deux cents.

On connaît depuis dix ou vingt ans certains gènes impliqués dans des syndromes génétiques augmentant le risque d'autisme : syndrome de l'X fragile, syndrome de Rett, sclérose tubéreuse de Bourneville. Ils nous renseignent sur une partie du trouble autistique. Cependant, pour 85 % des enfants atteints, les connaissances sont plus limitées : il existe des « gènes candidats » sur lesquels les chercheurs concentrent leurs travaux, mais dont on ne dispose pas de la preuve formelle de leur implication dans l'autisme.

C'est à ce stade qu'intervient un important problème éthique. Certains scientifiques ou certaines entreprises pharmaceutiques annoncent qu'ils ont trouvé tel ou tel nombre de gènes impliqués dans l'autisme et proposent des diagnostics génétiques pour déterminer statistiquement le risque d'avoir un enfant autiste, bien que l'implication de ces gènes ne soit nullement prouvée.

L'étude de la transmission d'anomalies génétiques dans des familles atteintes par l'autisme ou le syndrome d'Asperger a permis d'identifier certaines mutations qui étaient apparues sur la mère. Nous avons travaillé et identifié les trois premiers gènes impliqués dans des syndromes autistiques, gènes sur l'X. Ces informations ont conduit à l'identification d'autres gènes, sachant qu'une mutation sur un seul gène qui casse la protéine en deux, peut se traduire par un tableau clinique très sévère. On a constaté que la mère avait la mutation dans ses ovocytes, mais pas dans son sang, ni ses cellules buccales.

Lorsque j'ai commencé ces études, il m'a été opposé qu'il était inutile de rechercher des gènes impliqués dans l'autisme car il n'y en avait pas. Puis, les mêmes personnes m'ont affirmé qu'il était inutile de rechercher ces gènes parce qu'il y en avait trop ! Pourtant, il apparaît maintenant que ces mutations ont un rôle fonctionnel au niveau des réseaux neuronaux de la voie synaptique impliquée dans l'autisme. Une expérience *in vivo* a montré qu'une souris dont un gène spécifique a été supprimé ne présente aucune préférence selon qu'on lui présente un objet ou une autre souris et émet des sons beaucoup moins variés que les souris normales.

De même, on a identifié récemment des mutations dans la synthèse de la mélatonine qui intervient dans la régulation du sommeil. Comme environ 50 % des enfants atteints d'autisme présentent un taux bas de cette hormone, on peut considérer qu'il s'agit là d'un variant à risque.

On peut actuellement utiliser des puces sur lesquelles on dépose 1 million de ces variations et on les compare.

M. Jean-Sébastien VIALATTE.

Je vous remercie de cet exposé très intéressant. La parole est à M. François BERGER.



► **M. François BERGER, professeur de médecine, Institut des neurosciences de Grenoble, équipe nano médecine et cerveau (INSERM- CEA).**

Je vous remercie, mesdames et messieurs les parlementaires, de me donner l'occasion de présenter cette courte synthèse sur les développements technologiques liés aux implants cérébraux. Le retard considérable que l'on constate dans la compréhension et le traitement des maladies neurologiques, malgré leur fort impact socio-économique, tient en partie au fait que le cerveau est un organe inaccessible. La nouvelle technologie des implants permet de pénétrer les structures cérébrales pour dispenser un traitement local aux perturbations du réseau neuronal, par opposition aux thérapies médicamenteuses systémiques. À terme, on vise à disposer d'implants multifonctionnels qui diagnostiquent, traitent et surveillent l'efficacité du traitement.

L'ère moderne des implants cérébraux débute en 1987 par une découverte du professeur Alim-Louis BENABID. À l'époque, les tremblements résistant aux traitements médicamenteux étaient traités par électrocoagulation du noyau ventral intermédiaire (VIM) du thalamus. Le professeur BENABID a observé qu'une neurostimulation à haute fréquence entraînait la disparition du tremblement chez le patient. La voie était ouverte à une thérapeutique fonctionnelle non lésionnelle au moyen d'implants délivrant du courant à haute fréquence dans le cerveau. L'efficacité de cette approche s'est encore accrue par l'intégration des données d'autres équipes de recherche en neurosciences, notamment celles de Bordeaux.

Vingt ans après, nous disposons donc d'une sorte de « *pacemaker cérébral* ». Presque 350 000 patients ont été implantés depuis 1995. Il s'agit d'une thérapeutique validée et remboursée par la sécurité sociale, reconnue par la *Food and Drug Administration*. En ciblant d'autres noyaux, comme le noyau sous-thalamique, on a pu étendre cette stratégie à tous les symptômes de la maladie de Parkinson et à d'autres pathologies, notamment dans les dystonies. L'efficacité du traitement est donc considérée comme majeure, dans un contexte de handicap très lourd. Quant aux effets secondaires, on constate qu'un peu moins de 1 % des patients ainsi traités ont eu une hémorragie intracérébrale, il existe un contrat informant le malade des risques. Une mauvaise localisation de l'électrode risque aussi de provoquer des rires ou, au contraire, des états de tristesse, mais ces effets sont réversibles.

La recherche clinique ouvre sur d'autres indications, notamment psychiatriques. Il existe un protocole de traitement des troubles obsessionnels car des structures dopaminergiques sont impliquées dans ce type de pathologie. Alors que de nombreuses équipes de par le monde commençaient des essais quelque peu incontrôlés en matière d'applications psychiatriques, le professeur BENABID a demandé l'avis du Comité national consultatif d'éthique, ce qui a amené ensuite un contrôle des essais thérapeutiques au niveau international. L'équipe du professeur Andres LOZANO a démontré l'existence d'une hyperactivité de

l'aire 25 chez des patients atteints de dépression résistant à toute thérapeutique. La stimulation de cette aire a produit des résultats remarquables.

Au-delà de ces traitements symptomatiques, des données obtenues dans des modèles de maladie de Parkinson chez le rat et le singe laissent à penser que l'utilisation d'implants serait susceptible de s'inscrire aussi dans une stratégie de médecine régénérative. L'effet de la neurostimulation au niveau du noyau sous-thalamique pourrait entraîner un ralentissement du processus dégénératif. L'indication de neurostimulation devrait alors être beaucoup plus précoce, peut-être pré clinique, dans l'hypothèse où l'on disposerait de bio marqueurs, ce qui ne manquerait pas de poser des problèmes éthiques.

L'apport des micros et nanotechnologies consiste à rendre ces dispositifs de moins en moins invasifs, plus efficaces, multifonctionnels, voire plus intégrés à la physiologie cérébrale. Une expérience de stimulation en trois dimensions est en cours à Grenoble, elle permet d'optimiser les sites de stimulation en fonction de la neuroanatomie d'un patient spécifique.

L'un des gros problèmes du traitement des pathologies cérébrales tient à l'impossibilité d'accéder au tissu pathologique et d'en réaliser le décryptage moléculaire. Or il a été montré que l'on pouvait détecter des traces de molécules sur les électrodes implantées dans un cerveau parkinsonien. C'est ce qui a conduit à l'élaboration d'un implant en silicium permettant d'effectuer des biopsies de protéines ou de molécules sans prélever de fragment de tissu. Ces mêmes dispositifs pourront servir à la délivrance localisée de médicaments, si l'on intègre dans les électrodes des éléments de micro fluidique.

Enfin, il apparaît désormais possible de mettre le cerveau en interface avec des ordinateurs. Dans un article publié il y a un an, l'université du Michigan montre qu'un patient paraplégique sur lequel on a implanté un micro réseau d'électrodes a la possibilité d'apprendre à induire une activité cérébrale pour commander un objet à distance. Parvenir à commander un exosquelette pour compenser le déficit moteur, telle serait la perspective, pour les personnes atteintes de ce type d'handicap.

À plus long terme encore, plusieurs laboratoires travaillent à modéliser les circuits cérébraux et à les transposer dans un dispositif électronique susceptible d'être inséré dans un cerveau lésé par un accident vasculaire ou par la maladie d'Alzheimer.

Les quelques essais cliniques d'implantation d'une interface homme/cerveau ont révélé un problème majeur de rejet des microélectrodes. Une voie possible est d'insérer des nanostructures sur ces électrodes pour améliorer leur action sur les structures neuronales, des analyses toxicologiques sont en cours.

Une dernière perspective se rapproche de la science-fiction, de l'apparition d'un nouvel homme hybride : des nanoparticules magnétiques non invasives que l'on pourrait guider dans le cerveau. Comme la stimulation magnétique a des effets équivalents à la stimulation électrique, il est permis d'imaginer une telle technologie, qui permettrait un diagnostic, une thérapie et un ciblage.

Les enjeux éthiques de ces travaux ont été soulignés très tôt. À Grenoble, les critiques des développements technologiques possibles, nous ont conduits à « entrer dans l'arène ». À l'évidence, les citoyens ont peur, d'autant qu'il existe dans l'histoire des erreurs graves : la lobotomie par exemple, qui ne constituait une indication thérapeutique que pour très peu de malades, a connu une diffusion incontrôlée et totalement dépourvue d'évaluation.

M. Alain CLAEYS.

Avez-vous pris des initiatives pour organiser ce débat éthique ?

M. François BERGER.

Nous y avons été amenés non seulement en raison de la peur des citoyens, mais aussi du fait de la contestation de nos travaux par des organisations à la limite du débat démocratique. Les discussions dans des assemblées ouvertes ont vite pris une tournure « café du commerce ». Selon moi, c'est un échec total. En revanche, des « conférences de citoyens » organisées en Île-de-France depuis un an et plus récemment en Rhône-Alpes ont donné aux chercheurs la possibilité d'éduquer des citoyens. Il s'y est réalisé un travail impressionnant qui a débouché sur des avis éthiques.

Il convient de bien distinguer l'état des lieux, qui résulte de vingt ans de procédures très laborieuses avec, à chaque fois, une information du patient et une mise en balance des risques et des bénéfices, et les perspectives et les fantasmes que la recherche peut engendrer et sur lesquels il ne faut pas se focaliser.

Il est également apparu nécessaire de tenir un débat éthique avec des professionnels des sciences sociales. Au plan européen, ce débat a été organisé depuis trois ans dans le cadre du réseau d'excellence *Nano2Life* et de *NanoBio RAISE (Nanobiotechnology: Responsible Action on Issues in Society and Ethics)*. Les échanges ont d'abord été vifs car la plupart des spécialistes de sciences humaines partaient du postulat que le cerveau est un sanctuaire et que l'on ne saurait le pénétrer ou le modifier sans modifier l'humanité elle-même. Cependant, grâce à une approche pragmatique permettant à ces spécialistes d'assister à ce qui se passait dans le bloc opératoire, il a été possible de conclure que, dans l'état actuel de la médecine, le sanctuaire que représente le cerveau est respecté même si l'on y place des implants.

Pour le chercheur, le questionnement éthique est obligatoire. Il doit être précoce et pragmatique et associer des professionnels des sciences humaines. Le clinicien que je suis ne peut cependant que lancer un cri d'alarme : attention au

principe de précaution. Trop de régulation tue l'innovation thérapeutique. L'histoire de la neurostimulation montre qu'il est possible, dans une société régulée et démocratique comme la nôtre, d'instituer un accompagnement et une surveillance efficaces, lesquels sont indispensables. À Grenoble, nous mettons en place un nouveau projet, *Clinattec*, (clinique expérimentale utilisant les nanotechnologies au bénéfice des neurosciences), qui sera un site spécifique de validation des technologies implantées, du diagnostic à la thérapeutique. L'objectif est d'accélérer l'innovation et les preuves de concept dans les meilleures conditions de sécurité.

M. Alain CLAEYS.

Je vous remercie de cette présentation, et j'appelle maintenant les participants de la deuxième partie de cette table ronde.



**L'HOMME AUGMENTÉ : LES TRANS-HUMAINS, MYTHE OU RÉALITÉ ? LA
NEUROÉCONOMIE : UNE NOUVELLE DISCIPLINE ?**

M. Jean-Sébastien VIALATTE.

Je remercie les participants de cette deuxième table ronde et je donne la parole à M Jean-Didier VINCENT qui traitera de la question de l'homme augmenté.



► **M. Jean-Didier VINCENT, Professeur à l'université de Paris Sud-Orsay, Directeur de l'Institut de neurologie Alfred Fessard, Membre de l'Académie des sciences.**

Qu'auraient révélé les images du centre NeuroSpin si l'on y avait placé les auteurs des *Champs magnétiques*, André BRETON et Philippe SOUPAULT ? Il est heureux, finalement, que ces deux poètes soient morts à temps. Je ne vous parlerai pas des neurosciences. Les dommages considérables que subit, au fil des ans, mon cortex préfrontal ont provoqué une levée des inhibitions : je ne cherche plus à passer pour savant et je me laisse aller à des fantaisies de plus en plus répréhensibles. D'ailleurs, ayant dépassé la date de péremption, je n'ai plus accès à aucun laboratoire.

C'est pourquoi je me suis tourné vers l'anticipation et le futur. J'ai passé quelque temps dans la *Silicon Valley*, j'ai rencontré tous les gourous du trans-humanisme ainsi que d'autres personnages de moindre intérêt comme Michel HOUELLEBECQ, et d'autres qui me paraissent être les vrais prophètes de l'avenir. Après que j'eus rencontré, en compagnie de François BERGER, James HUGUES, un des papes du trans-humanisme, j'ai eu droit à un papier du *Canard enchaîné* insinuant que j'étais devenu moi-même un trans-humaniste !

Le cerveau est considéré comme le dernier continent inexploré. La découverte, somme toute récente, de l'Amérique a représenté un bouleversement pour l'humanité, et a été payée de millions de morts, de grandes souffrances, de la disparition de civilisations entières ... La découverte du cerveau, quant à elle, reste à faire : les images qui nous ont été présentées sont merveilleuses, mais cela ne nous avance pas tellement de savoir que telle zone se colore en vert ou en rouge quand nous aspirons à Dieu, avec la « neurothéologie », ou à la richesse, avec la neuroéconomie. Il n'est cependant pas trop tôt pour y réfléchir et je vous remercie les rapporteurs de l'Office d'avoir mentionné ces questions dans leur exposé tout à fait informé. Nous ne pouvons plus nous contenter de cette éthique au jour le jour,

certes politiquement correcte mais qui ne prévoit rien hormis un principe de précaution à la fois superflu et paralysant.

L'homme est parvenu à un tournant radical de son histoire où il prend conscience qu'il ne réalisera jamais le rêve cartésien d'être maître et possesseur de la nature. Il est devenu l'esclave d'une nouvelle nature une nature artificielle, qu'il a lui-même produite, une nature supérieure à la misérable *natura naturans* dont nous sommes les produits naturels. Il cherche aujourd'hui à échapper à cette calamité en alignant son corps sur ses instruments. Grâce à l'*engineering* de l'humain, extrême perversion de l'offre et de la demande, nous imitons les objets que nous avons fabriqués. Longtemps, l'homme a été le modèle de la machine ; aujourd'hui, la machine est le modèle de l'homme. L'enjeu n'est donc plus d'imiter la nature mais de créer une nouvelle nature.

Quelle doit être la place de l'Europe dans cette course, ou plutôt dans cette fuite en avant animée par un principe « d'immaîtrise » que l'on pourrait par antiphrase appeler, avec Hans JONAS, principe d'irresponsabilité ? En effet, cette nouvelle nature dont l'homme est responsable, n'est efficace que dans la mesure où elle n'est pas vraiment maîtrisée, ce qui invalide d'emblée le principe de précaution dans ce domaine. Le vaste programme de recherche consacré à la convergence des technologies, engagé en 2002 principalement aux États-Unis, vise à la mise en œuvre systématique de la convergence, dont on sait qu'elle est aussi un des processus majeurs de l'évolution du vivant. L'Europe ne doit ni concurrencer ce programme, ni le suivre aveuglément, mais affirmer sa place de foyer original pour tout ce qui concerne l'évolution de l'homme.

Le programme américain comprend quatre voies technologiques convergentes vers le « *post-humain* », qui permettra à l'homme de faire mieux que ce que la nature a su faire. Les biotechnologies seraient les premières à ouvrir la porte de la post-humanité. Les nanotechnologies tireraient l'attelage, complétées par les technologies de l'information et les sciences cognitives. Le gouvernement fédéral des États-Unis a doté ce programme couramment appelé NBIC – *nano, bio, info, cogno* – de plusieurs milliards de dollars. On peut considérer le projet comme la première pierre officielle de ce que ses adeptes conviennent de nommer trans-humanisme et qui n'est rien d'autre qu'un état intermédiaire vers le post-humanisme.

C'est dans le domaine des biotechnologies que les menaces pour le futur de l'espèce humaine sont le plus visibles et que les débats éthiques sont le plus étendus. Les avancées connues et spectaculaires ne sont que la partie visible d'une science plus avancée que le public ne le pense, dans la révélation des mystères de la vie. S'agissant du triage des embryons : leur amélioration, leur fabrication avec contrôle de qualité, leur incubation dans une matière médicalisée seront bientôt à la portée d'une société disposant d'assez de moyens pour en assurer le coût. D'emblée, on observe que le prix de ces technologies implique qu'elles ne seront pas réservées à tout le monde.

Le clonage reproductif des mammifères par transfert *in vitro* d'un noyau d'une cellule adulte dans un ovocyte énucléé, suivi d'une implantation *in vivo*, technique inaugurée par la naissance royale de la brebis Dolly, a constitué sous le regard impavide des savants ayant doctement déclaré la chose impossible, le début d'une procession de lapins, chevaux, vaches, cochons, couvée, chats, etc., qui évoque la file d'attente des animaux à l'entrée de l'arche de Noé. L'alibi médical laisse augurer la mise en œuvre prochaine du clonage thérapeutique, avec l'intention louable d'améliorer le sort de l'humanité en soignant, réparant, et soulageant les souffrances.

On peut toutefois se demander si la science résistera longtemps à l'orgueilleuse tentation de réaliser un clonage reproductif. D'ores et déjà, les biotechnologies se proposent non seulement de soigner, mais aussi d'augmenter les capacités « *enhancement* » de l'homme. Le dernier rapport du *United States presidential council of bioethics* s'intitule d'ailleurs *Beyond therapy* : au-delà de la thérapie. La convergence des technologies s'annonce dans ce domaine d'une redoutable efficacité. « Quand les technologies du xxi^e siècle convergeront, l'humanité pourra enfin atteindre, grâce à elles, un état marqué par la paix mondiale, la prospérité universelle et la marche vers un degré supérieur de compassion et d'accompagnement. » Ces mots figurent dans le document officiel de l'autorité fédérale américaine, la *National Science Foundation*, qui a lancé en 2002 le programme interdisciplinaire doté de plusieurs milliards de dollars et dûment signé par le président George W. BUSH.

Les nanotechnologies forment l'ossature du projet. Elles ont déjà connu, dans les deux dernières décennies, des avancées considérables, au premier rang desquelles la mise au point des microscopes à effet tunnel et des microscopes à force atomique, qui permettent de voir les atomes et de les manipuler un à un pour assembler et construire des engins à l'échelle du milliardième de mètre. Le projet, tel qu'il est défini au départ par Kim Eric DREXLER au *Massachusetts institute of technology* (MIT) en 1980, prétend que ces machines rivaliseront avec la nature : ce que celle-ci a fait, l'homme, avec son intelligence, doit pouvoir le faire. Les nanoengins construits sur des modèles vivants comme les ribosomes fabriqueront des machines capables d'assembler à partir d'atomes, grâce à des bras mobiles, des ensembles moléculaires autorépliquants et économes en ressources, aussi bien sur le plan de l'énergie que sur celui des matériaux.

L'alliance déjà ancienne, notamment sur le plan idéologique, des sciences cognitives et des sciences de l'information se poursuit par exemple dans l'augmentation exponentielle des capacités des ordinateurs : on peut ainsi extrapoler la loi de MOORE et l'utilisation de machines hybrides combinant neurones humains et éléments électroniques, parallèlement à une connaissance à haute résolution de l'architecture du cerveau.

Tout cela nous promet un avenir qui chante. Le rapport de la *National Science Foundation* (NSF) américaine sur la convergence des technologies pour améliorer les performances humaines (*Converging technologies for improving*

human performance) reste cependant prudent lorsqu'il conjecture que l'humanité pourrait devenir comme un cerveau unique dont les éléments seraient distribués par des liens nouveaux parcourant les sociétés.

J'ai rencontré Nick BOSTROM, professeur à Oxford ou du moins se faisant passer pour tel car, grâce à une personne qu'il a pu congeler, il a obtenu un milliard qu'il a donné à cette université, laquelle, peu prudente, a accepté de créer un département de philosophie hébergeant ce redoutable utopiste. Cela crée un malaise. Le vice-président de la *National Science Foundation*, que j'ai rencontré également, ne fait pas mystère de ses liens avec le mouvement trans-humaniste, qui ne vise pas moins qu'une amélioration de l'espèce humaine et, à terme, l'immortalité. Il s'agit non seulement de prolonger la vie, mais de la prolonger en bon état et d'aller, tant qu'on y est, jusqu'au point où l'on s'ennuiera sur terre. Mais tous ces programmes n'intègrent pas la dimension de l'ennui...

J'avoue avoir été sidéré par ma rencontre avec un homme qui fait de la sociologie sur ordinateur, William Sim BAINBRIDGE car mon interlocuteur, un petit Écossais roux et ventru, une sorte de *Hobbit*, m'a mis tout de suite en présence de son avatar, un homme très mince vêtu comme on l'était dans les phalanstères utopiques. J'ai passé trois heures avec ce dernier sur un ordinateur. Nous avons ainsi discuté d'une sociologie future résultant de l'intégration dans les cerveaux humains d'éléments fabriqués. Je me suis aussi entretenu, dans la *Silicon Valley*, avec un merveilleux allumé, un prophète qui travaille sur des algorithmes avec lesquels il espère implémenter et interconnecter plusieurs cerveaux humains et préparer ainsi une nouvelle humanité.

Une fois que nous serons immortels ou clonés, la question sera de savoir comment transmettre la mémoire. Y aura-t-il une mémoire d'espèce ? Le clone n'emporte pas avec lui ce que l'individu détient dans sa mémoire. Il faudrait donc envisager des systèmes de translation ou d'implémentation des cerveaux après reproduction. Quoi qu'il en soit, ces évolutions signifient la disparition de l'espèce humaine, ou sa démultiplication : il y aurait les laissés pour compte – mais il y en a déjà : le changement ne serait donc pas considérable – et ceux qui pourraient être clonés. Les conséquences sur l'héritage seraient catastrophiques. Quel intérêt aurait-on à cloner son père si l'on espère une succession qu'« il » risque de venir réclamer par la suite ? Les problèmes éthiques seront considérables ! Si le sujet se prête à la plaisanterie, il n'en est pas moins sérieux. L'échéance est inférieure à un siècle. Une personne très écoutée aux États-Unis, Raymond KURZWEIL, a proposé le concept de singularité, selon lequel les développements technologiques pourraient être si rapides que la courbe des progrès deviendrait presque verticale.

Les propos de savants devenus prophètes, abolissant les frontières entre utopie et projet scientifiques, ne doivent pas faire oublier le sérieux d'une entreprise que pourrait résumer la devise : « Rendre l'impossible possible, et l'impensable pensable. » Pour Danny HILLIS, un grand architecte d'ordinateurs, de Palo Alto « la négation de l'animalité de l'homme aboutira à l'abolition de la

mort imputable à notre être charnel. L'adversaire d'une telle entreprise est la religion sous toutes ses formes. Aucune divinité ne devrait plus polluer une nature artificielle qui tient sa création de l'homme seul et de l'utilisation d'une intelligence augmentée, tout aussi artificielle, permettant de franchir les limites imposées par les techniques actuelles grâce à des supports artificiels produits par la bioélectronique. »

Tel est l'avenir qui nous est réservé. J'espère que mes descendants appartiendront à la bonne espèce ou que s'ils sont dans des espèces secondaires, il pourront peut être essayer d'en sortir... Cela se mettra en place Voyez ce qui s'est passé en Amérique : on a détruit toutes les civilisations qui y existaient, or aujourd'hui la grande Amérique civilisatrice apporte la paix et la démocratie à l'ensemble du monde. Pour ma part, je crois qu'une pensée européenne cohérente, issue de nos traditions humanistes et à l'abri de toute tentation conservatrice, est le rempart le plus sûr contre les menaces idéologiques et les excès dans lesquels la recherche forcenée de crédits pourrait entraîner les chercheurs.

M. Jean-Sébastien VIALATTE.

Je vous remercie de cet exposé fort instructif.

M. Alain CLAEYS.

Je crois qu'avec votre conclusion, nous pourrions encore cheminer et nous interroger. M. Bernard BIOULAC que je suis heureux d'accueillir vous avez la parole.



► **M. Bernard BIOULAC, Directeur scientifique neurosciences et cognition du CNRS, Directeur de l'Institut des neurosciences de Bordeaux.**

Je suis très gêné d'intervenir après mon maître car mon propos sera beaucoup plus prosaïque. Il portera sur la stimulation cérébrale profonde qui a permis de réaliser des progrès importants dans le traitement de certaines pathologies, au premier rang desquelles la maladie de Parkinson, mais qui peut poser des questions éthiques.

Dans cette approche, on est passé d'une logique de maladie sensori-motrice à des troubles plus compliqués – dystonie, dyskinésie –, puis on a commencé à aborder des aspects psychomoteurs, dont le type pourrait être le syndrome de Gilles de la Tourette, avant de se diriger vers des maladies plus psychiatriques : la dépression, avec les stimulations du cortex préfrontal, et les

troubles obsessionnels compulsifs. On a donc suivi, comme souvent, une sorte de *continuum* allant du plus simple au plus complexe, qui m'interroge.

La question rémanente est de savoir ce que l'on fait exactement : comment l'écoulement du courant électrique intervient-il dans le système nerveux central ? L'électrochoc produit encore de bons résultats dans le traitement de certaines formes de dépression mais on sait mal comment cela agit. Dans la stimulation cérébrale profonde, on opère de façon plus ponctuelle, on maîtrise mieux les paramètres. Mais il est important de disposer de bons modèles animaux nécessitant une recherche fondamentale de qualité, pour savoir ce que l'on fait, car on implante l'homme. Cela est déjà difficile à obtenir pour les maladies motrices, mais pour les maladies mentales, les modèles de rongeurs ou de primates que l'on utilise, suscitent de graves interrogations de la part de nos collègues psychiatres. Il faut pourtant avancer et comprendre ce qui se passe au niveau élémentaire, avant de procéder à des implantations sur l'homme.

Si, dans le traitement des tremblements, l'on est passé du thalamus au noyau sous thalamique, c'est parce qu'on s'est appuyé sur des données d'une autre nature, fondées sur une meilleure compréhension de l'organisation cortico sous corticale du système nerveux, sinon cette petite structure n'aurait pas été visée. Une rupture dans le raisonnement s'est produite. On a alors décidé de contrecarrer par la stimulation cérébrale profonde l'activité anormale apparaissant au niveau du noyau sous thalamique chez le parkinsonien ou dans le modèle de maladie de Parkinson chez le singe. La question est cependant plus complexe : des travaux sur des tranches de cerveau qui respectent la circuiterie sous corticale montrent que, au-delà d'une activité anormale ponctuelle, le dysfonctionnement atteint tout un réseau.

Par la stimulation, nous savons que nous interagissons sur la dynamique du réseau mais, je le répète, nous ignorons ce qui se passe exactement. Il faut approfondir les connaissances par la recherche fondamentale avec des modèles et des préparations simplifiées pour arriver à une meilleure compréhension de l'écoulement du courant électrique dans les réseaux du système nerveux. Le courant est vraisemblablement distribué parallèlement dans l'ensemble du système nerveux, agissant de façon prévalente sur un réseau particulier mais agissant également ailleurs. Cette question me préoccupe beaucoup, elle a obligatoirement des interférences éthiques et bioéthiques. Il est important de comprendre ce que l'on fait lorsque l'on accomplit des progrès dans le traitement de l'humain. Comment ces éléments expliquent-ils les progrès ?

Aujourd'hui, face à l'amélioration clinique considérable, il est malaisé de dresser le tableau de la réalité explicative et mécaniste du phénomène. Peut-être les avancées de la recherche sur la dynamique des synapses, que l'on peut observer par imagerie bi photonique, permettront-elles de saisir enfin le phénomène premier de cet écoulement dans l'organisation et le réseau synaptique et comment elle s'exprimera au niveau clinique.

Ceci a des conséquences éthiques car on traite depuis 1993 des patients au niveau du noyau sous thalamique. Jusqu'ici apparemment tout se passe bien malgré quelques vilaines déconvenues, mais on agit sur tout le système nerveux, et il est important de savoir ce que l'on y fait.

M. Jean-Didier VINCENT.

Dans les années 1958-1960, avec Michel JOUVET, nous avons posé des électrodes sur des chats et des lapins éveillés et libres de leur comportement, mais nous avons vite buté sur une difficulté : comment explorer les fonctions alors que le courant passe un peu partout ? Nous ne savions pas si nous stimulions des fibres de passage ou des relais synaptiques. Certains pionniers, comme Walter Rudolf HESS, avaient déjà pratiqué la stimulation par électrodes.

Ensuite, on a effectué des enregistrements à l'intérieur du cerveau avec des électrodes isolées, notamment dans des régions de l'hypothalamus et dans des zones sous corticales. Bernard BIOULAC et moi-même avons cru que nous étions parvenus à nos fins, on a observé des neurones pendant des comportements élémentaires de boisson etc., avant de nous apercevoir que beaucoup de chemin restait à parcourir. On croit toujours s'approcher de la réalité et celle-ci ne cesse de reculer. Il en ira de même avec toutes les techniques.

Il ne faut donc pas rêver : si révolutions il y a, elles seront de l'ordre de celles que proposent les trans-humanistes, c'est-à-dire des révolutions radicales qui tourneront le dos au passé et aux technologies anciennes. Sans vouloir doucher les enthousiasmes des scientifiques ici présents, je considère que, contrairement à la génétique où les progrès sont sans conteste considérables, la physiologie est en retard : nous manquons de modèles et l'homme n'est pas manipulable à l'infini. On ne peut pas poser des électrodes partout.

L'exemple du traitement par électrochocs est à cet égard significatif. En mai 1968, on condamnait violemment les psychiatres qui le pratiquaient, alors que c'est la seule façon de calmer les souffrances immenses de certains patients déprimés et suicidaires. À l'époque on ignorait la façon dont cela agissait, quelques hypothèses étaient avancées. Aujourd'hui, on commence à savoir à quel niveau de transduction, quels enzymes et quels gènes sont sollicités. La neurogénèse du cerveau offre aussi une explication.

Ceci met en évidence des dérives considérables. Toute la neuropharmacologie a été construite sur la synapse, et c'est à ce niveau que l'on expliquait l'action des psychotropes, ce qui est inexact car la synapse fonctionne quasi instantanément, alors que les substances produisent généralement leurs effets au bout de trois semaines. Pourquoi ? On ne s'est jamais interrogé sur le délai d'action des substances agissant sur les synapses. La vraie cible thérapeutique n'est donc pas où l'on croit. Cela n'a pas empêché les visiteurs médicaux d'expliquer aux psychiatres pendant des années qu'il suffisait d'inhiber

la recapture de la sérotonine pour guérir la dépression, et ce sans connaître les récepteurs qu'ils fallait bloquer. Cela n'expliquait rien.

Ces lacunes dans la connaissance ont des bons côtés : tant qu'on ne trouve pas grand-chose, on ne risque rien, hormis quelques dérives momentanées. Or les tentations ont existé. Mais il est probable que la science arrivera à un stade que nous ne pouvons pas concevoir actuellement et où l'on disposera de moyens d'intervention sur le cerveau dont nous ne pouvons avoir l'idée. C'est alors qu'il faudra faire très attention à ce qu'il adviendra.

M. Alain CLAEYS.

Je vous remercie de ces interventions qui soulèvent des problématiques fort intéressantes. Je donne la parole à M. Olivier OULLIER qui nous présentera sa vision de la neuroéconomie.

M. Olivier OULLIER.

Mesdames et messieurs les parlementaires, je vous remercie de me donner l'occasion de m'exprimer devant vous. Je ne surprendrai personne en vous disant que je suis un enseignant-chercheur en neurosciences récemment recruté et n'ayant que peu d'expérience de l'institution française. J'ai en effet d'abord travaillé aux États-Unis et fait aujourd'hui partie de ceux qui ont préféré revenir en France pour y exercer leur métier, principalement par passion. Cette décision de travailler dans le monde académique français vous montre que, malgré l'objet de mon intervention sur les neurosciences des décisions économiques, mon but premier n'était pas l'appât du gain financier.

Mes recherches et mes enseignements portent sur ce qu'on appelle pompeusement les neurosciences des interactions sociales, à savoir comment notre corps et notre cerveau se comportent lorsque nous interagissons avec autrui. Dans ce champ de recherche, ils portent plus particulièrement sur une discipline émergente, la neuroéconomie, dans laquelle interviennent des chercheurs en sciences économiques, en neurosciences, en sciences sociales, en psychologie. La neuroéconomie vise à mieux comprendre les mécanismes comportementaux et cérébraux qui sous-tendent nos choix économiques.

Donner, vendre, investir, récompenser, punir, sont des actions qui scandent notre quotidien, lequel peut être considéré comme une succession de décisions conscientes ou non. Si le mariage entre neurosciences et économie peut paraître improbable, il offre aujourd'hui la possibilité d'étudier la dynamique comportementale et cérébrale d'un ou plusieurs individus en interaction dans des situations de plus en plus réalistes et écologiques. Cette discipline universitaire permet aussi d'affiner les théories économiques néo-classiques basées principalement sur l'idée d'un agent purement rationnel, en explorant le rôle des émotions dans les décisions économiques et morales. Elle est une superbe illustration de la multidisciplinarité.

C'est un euphémisme d'expliquer que la neuroéconomie, et les neurosciences en général, suscitent de nos jours l'intérêt et ont une portée en dehors des laboratoires de recherche publics. Dans les milieux industriels, politiques, éducatifs, sportifs et financiers, pour ne citer que les plus explorés, la nécessité d'une meilleure compréhension du cerveau de l'individu semble devenue une priorité. Les premières applications que nous observons aujourd'hui au sein de la société laissent présager des bouleversements majeurs dans l'appréhension des sciences comportementales et leurs conséquences, voire dans la vision de l'humain et de la société. La réflexion éthique sur l'utilisation, effective ou potentielle, des sciences du cerveau hors des laboratoires de recherche médicale et scientifique est aujourd'hui incontournable.

Je pourrais essayer de vous « vendre » la neuroéconomie mais je souhaiterais surtout parler de pseudo science, de fantasmes et de tous les « neuro marchands de tapis » qui investissent la société. Les neurosciences sont en effet beaucoup plus présentes dans notre quotidien, qu'il s'agisse de faire élire Mme CLINTON ou M. OBAMA, de développer les jeux vidéo de demain, de condamner ou d'innocenter une personne, ou encore de déterminer si une jeune femme nue sur une affiche fera vendre un yaourt au goût banal.

Lorsque nous avons développé à Marseille en 2005 le premier cours universitaire de neuroéconomie en France, il me semblait inconcevable, étant donné les applications liées à la compréhension des choix économiques de l'individu, de ne pas intégrer la neuroéthique dans les enseignements. Or il a été très difficile de convaincre l'université de l'intérêt de réfléchir avec les étudiants sur les questions éthiques. Il n'était pas prévu *a priori* de sensibilisation autour des applications susceptibles d'être réalisées en dehors des tours d'ivoire que constituent nos laboratoires.

Pourquoi un tel engouement pour les neurosciences ? Il y a d'abord l'amélioration de la compréhension de certaines pathologies ou des effets du vieillissement. Mais on utilise aussi ces connaissances pour développer des secteurs qui, *a priori*, n'ont pas grand-chose à voir avec les neurosciences. Certains brandissent des promesses de décryptage de la pensée et de « neuroprédiction ». Ainsi, j'attirerai votre attention sur deux éléments interdépendants : l'avancée des recherches en neurosciences de la décision et leur commercialisation. Deux domaines qui, s'ils peuvent se télescoper dans l'opinion publique, se développent dans deux milieux et à travers deux perspectives distincts.

La neuroéconomie en tant que discipline universitaire mondialement reconnue ne doit en aucun cas être confondue avec les dérives commerciales qu'une poignée essaie de développer bien souvent à l'insu de la communauté neuroscientifique et, encore plus souvent, sans que les neurosciences ne soient vraiment utilisées. Cet intérêt est lié à deux facteurs principaux : d'une part, les promesses et autres fantasmes de décryptage de l'esprit pour améliorer la prédiction du comportement humain et, d'autre part, l'image séductrice et de plus

en plus populaire du cerveau. Les belles images du cerveau en trois dimensions, indispensables à la recherche médicale et scientifique, se retrouvent de plus en plus à la une des magazines et dans les émissions de télévision. Or ces images sont, somme toute, aussi intimes qu'un code génétique.

La prédiction, vérifiée ou pas, joue un rôle majeur dans notre société. Elle concerne tout à la fois le traitement que l'on administre à un malade, la punition que l'on inflige à une personne au comportement antisocial, la météorologie, etc. Notre quotidien est fait de prédiction. Le verbe « prédire » est ainsi défini dans le dictionnaire : « Annoncer ce qui doit arriver, soit par intuition, par conjecture, soit par des règles certaines. » Les neurosciences vont-elles vraiment nous fournir ces « règles certaines » de nos comportements ou bien seulement des éléments pour affiner nos intuitions?

Aujourd'hui, quiconque affirmerait pouvoir, grâce aux seules neurosciences, proposer des règles certaines du comportement humain, dans le meilleur des cas se trompe, dans le pire c'est un charlatan. Aucun scientifique digne de ce nom ne s'y risquerait car ce serait vite oublier qu'un cerveau seul ne sert pas à grand-chose. Le cerveau se trouve dans un corps, ce corps interagit avec d'autres corps dans un environnement, physique et social, qui varie en permanence et qui, comme lui, a un vécu, des expériences, donc une histoire. De par son fonctionnement et ses interactions qui interviennent à de multiples niveaux, le cerveau est un système auto organisé, le plus complexe, connu et étudié par l'homme. Le cerveau en soi, isolé, n'a pas grande utilité.

Pourtant, où, sinon dans le cerveau, aller chercher la réponse aux questions visant à mieux comprendre le comportement de l'individu, à des fins d'anticipation mais aussi de manipulation ? Voilà pourquoi le cerveau intéresse les institutions, les publicitaires, les développeurs de jeux vidéo, les milieux judiciaires. Il y a encore quelques années, les enregistrements de l'activité du cerveau n'étaient que successions de courbes peu attrayantes d'un point de vue visuel que seule une poignée d'initiés pouvaient interpréter.

À partir du moment où l'image est devenue tridimensionnelle, agrémentée d'une « tâche jaune » pour localiser l'activité cérébrale, le cerveau est devenu commercialisable, on le retrouve en unes de magazines comme dans beaucoup d'émissions de télévision. Comme le disait PICASSO : « *Certains artistes représentent le soleil à l'aide d'une tâche jaune, et d'autres transforment une simple tâche jaune en soleil* ». Cette tâche jaune censée représenter une activité cérébrale, certains la transforment en dollars. Ce sont, des neuro opportunistes : ultra minoritaires certes, mais diablement efficaces d'un point de vue financier.

Pourtant, cette neuroimagerie, outil indispensable au progrès en neuroscience et en médecine illustre une nouvelle fois la pensée, ô combien pertinente d'Alfred KORZYBSKI : « *Une carte n'est pas le territoire* ». Aussi belles soient-elles, une image figée ou une animation en trois dimensions, ne suffisent pas à résumer à elle seule le fonctionnement de notre organe le plus

complexe, et encore moins nos comportements. Une carte cérébrale n'est donc pas un lexique comportemental. L'enregistrement du cerveau en train de penser, rêver ou décider n'est en aucun cas un enregistrement de la pensée du rêve ou de la décision. Ces mots ont souvent été prononcés, mais certains ont tendance à trop vite l'oublier.

Dans ce contexte, quel peut être l'apport d'un jeune enseignant-chercheur de trente-trois ans qui fait partie de la génération des enfants gâtés des neurosciences ? Ceux-ci sont arrivés alors que les machines d'imagerie cérébrale étaient déjà opérationnelles. Ces techniques sont le fruit du travail phénoménal de leurs prédécesseurs, qui en outre, leur servent leurs théories sur un plateau. Mais cette génération hérite aussi du fardeau de l'intégration des neurosciences dans nos sociétés et des risques de détournements qui peuvent en être faits. La neuroimagerie est certes l'outil de prédilection pour une meilleure compréhension du cerveau, mais elle est aussi utilisée pour convaincre des gens crédules qu'ils peuvent améliorer une campagne publicitaire, voire déterminer si une personne sera criminelle ou non.

Lorsque nous ouvrons les fenêtres de nos laboratoires pour regarder la « vraie vie », nous constatons que tout un *business* s'est développé autour des sciences du cerveau et que des sommes colossales sont en jeu. Le phénomène s'est principalement répandu aux États-Unis, mais il gagne maintenant l'Europe. Je dois sans doute ma présence parmi vous à l'écho d'un article sur le *neuromarketing* publié il y a cinq ans, dans un grand quotidien français. Le contraste des réactions a été frappant. Le privé a sollicité des avis pour connaître l'éventuelle faisabilité du *neuromarketing*, pour accroître les effets des campagnes publicitaires, et le monde académique a trop souvent balayé d'un revers de la main ce *neuromarketing* considéré alors comme du vent, sans vraiment se préoccuper des éventuels problèmes qu'il pose.

Je tiens toutefois à rendre hommage au Comité consultatif national d'éthique pour son écoute, nos échanges sur ces thématiques et son soutien dans ma démarche de réflexion et d'enseignement de la neuroéthique. J'ai trouvé dans cette institution des interlocuteurs qui ont guidé et soutenu ma démarche.

Depuis ce premier article paru en 2003, on assiste à une accélération des dérives. Du reste, si un marché florissant a émergé, c'est aussi parce que des avancées scientifiques sont intervenues. En 2004, la revue *Neuron*, qui jouit d'une bonne réputation, a publié une étude comparative des réactions du cerveau au goût du Pepsi-Cola et au goût du Coca-Cola. Cette étude a conclu à l'existence d'une différence. Mais a-t-on vraiment besoin des neurosciences pour savoir que l'on apprécie différemment une marque dont la publicité a matraqué vos grands-parents et vos parents, qui matraquera aussi vos enfants, qui est connue sur les cinq continents et qui est associée à une couleur, et son challenger qui, depuis, a renoncé à la bataille ? L'étude ne fait que démontrer qu'un processus sensoriel est influencé par des informations d'ordre culturel, mais elle a fait grand bruit.

Début 2007, une étude a été publiée dans laquelle des individus dans une situation proche de l'achat en ligne devaient acheter ou non, à leur convenance, un ou plusieurs produits parmi plusieurs dizaines de produits aussi divers que des chocolats, des vêtements ou des DVD. L'on aurait réussi, en se concentrant sur un réseau d'activité cérébrale, à prédire si oui ou non les gens allaient acheter, indépendamment du produit. À la même époque, *Omnicom*, n°1 mondial de la communication qui annonce plusieurs milliards de dollars de chiffre d'affaire annuels, a investi dans le domaine des neurosciences. On peut douter que ce soit dans un but philanthropique !

Il faut aussi mentionner un autre « coup », phénoménal du point de vue du marketing et aberrant du point de vue des sciences. Une équipe de chercheurs assez renommée de l'Université de Californie Los Angeles a publié des résultats scientifiques sur le fonctionnement du cerveau des participants aux primaires des élections présidentielles, non pas dans une revue, mais dans le *New York Times*. Les conclusions étaient proprement hallucinantes. N'ayant pu les valider ou les critiquer, la communauté scientifique américaine comme les revues *Nature* et *Science*, sont montées au créneau pour dénoncer ces pratiques.

Aujourd'hui les véritables victimes de ces pratiques sont les dirigeants d'entreprises qui sont surfaturés sous prétexte d'une prétendue amélioration de leurs techniques de recrutement ou de vente grâce à l'utilisation de l'imagerie cérébrale. Une véritable démarche éthique ne devrait pas distinguer entre les dirigeants d'entreprises et le citoyen ordinaire, qui sera de toute façon lui aussi ciblé. Actuellement, sur la place de Paris, plus de dix cabinets proposent l'utilisation directe ou non des techniques de neurosciences pour amplifier les campagnes publicitaires.

Si le marché du *neuromarketing* existe, il ne faut absolument pas, et je n'insisterai jamais assez là-dessus, faire l'amalgame avec la neuroéconomie, discipline universitaire rigoureuse dont les finalités ne sont nullement commerciales. Mieux comprendre comment nos émotions peuvent intervenir dans les décisions économiques et morales peut avoir un impact positif y compris pour vaincre les mécanismes d'addiction, par exemple, afin de savoir pourquoi les gens prennent la décision de replonger. Au Canada, par exemple, des équipes utilisent ces techniques pour tester l'impact sur le cerveau et sur le comportement des consommateurs de messages comme « fumer tue » ou d'images de poumons malades sur les paquets de cigarettes.

On peut souligner au passage une certaine hypocrisie de la communauté scientifique : en tout état de cause, si la neuroimagerie peut être utile pour développer des méthodes d'apprentissage de la lecture ou pour soigner des pathologies, elle devrait aussi pouvoir améliorer une campagne de publicité. Que la finalité soit « bonne » ou « mauvaise » ne change rien. La publicité n'est pas seule en cause : on peut aussi penser aux choix d'investissement.

Dans l'affaire KERVIEL, on a assisté à des réactions très émotionnelles des acteurs pour couvrir les pertes. Si demain quelqu'un se présente sur la place publique et affirme avoir identifié une zone du cerveau censée permettre de distinguer le *trader* compétent du *trader* fou, on peut gager que ses méthodes trouveront preneur !

Les « neurosciences des choix moraux » étudient des scénarios reproduisant des situations dans lesquelles la vie des personnes est en danger. Le ministre allemand de la défense a récemment déclaré qu'il donnerait l'ordre d'abattre tout avion se dirigeant vers une cible abritant des civils. On peut déceler dans ces propos un effet contexte : auraient-ils été prononcés avant les événements du 11 septembre 2001 ? À l'évidence, le cerveau fonctionne différemment selon les contextes et il n'existe pas de relation univoque entre une zone du cerveau et un processus aussi complexe que la décision.

Les institutions publiques, notamment dans le management des risques et des crises, (financiers ou autres) ne sont pas en reste. Face à l'émergence de nouveaux risques, aux choix stratégiques et souvent moraux qui impliquent les vies de citoyens auxquels sont confrontés nos dirigeants, de nouveaux paradigmes de gestion de crise sont en cours d'élaboration. Aux États-Unis, les neuroéconomistes font désormais partie des panels d'experts qui contribuent à ces travaux.

En conclusion, l'entreprise dans laquelle nous sommes impliqués aujourd'hui est délicate. Trop tirer la sonnette d'alarme sur les activités des neuro opportunistes d'une certaine façon légitimerait leur existence. Après tout pourquoi aurait-on peur de quelque chose qui ne fonctionne pas ? Cela pourrait aussi desservir les neurosciences. D'autant que nous parlons d'une minorité qui ne pratique même pas les neurosciences et essaie simplement de tirer partie de l'attrait actuel pour le cerveau. D'un autre côté, ignorer ce monde parallèle autour des neurosciences serait à mon sens une erreur.

L'imagerie cérébrale est un outil formidable et notre pays est sous équipé par rapport à ses voisins européens, et aux États-Unis. Cet outil a permis et permettra encore d'en apprendre toujours plus sur le fonctionnement du cerveau et de mieux le soigner. La recherche en neurosciences est nécessaire, et doit continuer de recevoir un soutien fort des autorités. Dans mon domaine d'intérêt, il faut donc bien distinguer entre le *neuromarketing* qui est un commerce et la neuroéconomie qui est une discipline de recherche scientifique pratiquée dans les institutions publiques qui doit continuer à se développer car nous sommes à la traîne. La freiner serait dès lors une erreur grave. Je reste persuadé que la connaissance, son développement et sa diffusion restent la meilleure arme contre les dérives.

M. Alain CLAEYS.

Avant d'introduire la deuxième table ronde, je vais demander à Hervé CHNEIWEISS de faire une synthèse, ce qui suscitera peut-être des questions.

M. Hervé CHNEIWEISS.

Je retiendrai essentiellement deux aspects de table ronde. Le premier a été soulevé par Jean-Didier VINCENT et je m'inscris en faux contre ses propos. S'il est un domaine des sciences de la vie dans lequel les découvertes ont entraîné des progrès extraordinaires, c'est bien celui des neurosciences. Pour la maladie de Parkinson, par exemple, on est passé de la description anatomique d'un défaut au niveau des neurones dopaminergiques à un traitement substitutif. Comme l'a rappelé François BERGER, des traitements avec des implants permettent à des milliers de patients gravement handicapés non pas, malheureusement, de vivre normalement mais, dans la plupart des cas, de retrouver une autonomie et une vie sociale importantes.

Les neurosciences apportent des connaissances fondamentales, qui permettent d'observer de façon nouvelle, par exemple, les mécanismes d'apprentissage, ce qui est important pour l'éducation de nos enfants, qu'ils soient handicapés ou normaux, puisqu'on découvre des propriétés naturelles du cerveau concernant ce dénombrement, voire la reconnaissance de certains caractères, ou encore la cognition à la fin de la vie, puisqu'on sait aujourd'hui que faire faire des exercices qui stimulent le cerveau à des patients qui commencent un Alzheimer retarde leur entrée dans la maladie.

Le deuxième aspect a trait à cette extraordinaire avancée scientifique et les abus éventuels qu'elle pourrait induire à l'insu et au détriment des personnes qui suscitent, il est vrai, des questions sur l'usage thérapeutique et le progrès. L'homme a toujours su utiliser des prothèses pour aller plus loin, plus haut et plus vite ; cela fait partie de l'humain de dépasser la nature. Des éléments de la neuroéconomie et du transhumanisme montrent que des dérives sont possibles. Elles sont actuellement complètement fantasmagoriques mais l'importance des sommes investies peut conduire un certain nombre de personnes à y croire et être à la base de certaines idéologies.

Il est important de distinguer entre ce qui relève de l'ordre du fait scientifique et ce qui demeure de l'ordre d'une certaine vision idéologique. Dans le cadre des travaux sur la bioéthique, des réflexions ont déjà été menées pour améliorer le contexte des recherches en psychologie et celui des essais cliniques, ainsi que l'encadrement des tests. Thomas BOURGERON reviendra peut-être sur la nécessité d'obtenir, pour les tests de dépistage de certaines pathologies, une autorisation de mise sur le marché beaucoup plus sérieuse qu'elle ne l'est aujourd'hui et de ne pas laisser des firmes expliquer tout et n'importe quoi. Une réflexion plus générale et à plus long terme devra aussi être menée sur les abus que peuvent entraîner ces connaissances.

M. Stanislas DEHAENE.

Je proposerai quelques réflexions en soutien de ce qu'a très bien expliqué Hervé CHNEIWEISS, la diversité des exposés de la première partie ayant peut-être semé un peu le trouble sur ce que sont réellement les neurosciences. Un certain nombre d'exposés étaient factuels et fournissaient les dernières connaissances sur le fonctionnement du cerveau. Les avancées de la génétique des fonctions cognitives sont considérables et les applications bénéficient aux patients.

Il est extrêmement important que 35 000 patients parkinsoniens aient pu être traités et que 4 000 personnes en état végétatif soient en attente d'un traitement car l'on sait que, dans dix ans, on pourra améliorer l'état de certaines d'entre elles. Dans le domaine de l'éducation, les avancées sont également réelles. Une autre série d'exposés a alerté le législateur sur les fantasmes, proches de la science-fiction, générés par les neurosciences. Il ne faut pas tout confondre. Cela ne fait pas partie des neurosciences. Le *neuromarketing* est un mouvement publicitaire qui a peut-être une certaine ampleur mais il n'existe pas de science du *neuromarketing*. C'est un peu comme si on jugeait les sciences de la terre, la géologie, à l'aune de l'affaire des avions renifleurs. Notre travail est de séparer les choses et de parvenir à expliquer au public ce qui est de l'ordre du fantasme et ce qui ne l'est pas. Le législateur ferait une erreur de s'attarder trop sur ce qui a jusqu'ici relevé du fantasme dans la discussion et qui ne paraît pas pour l'instant très réaliste.

M. Jean-Michel BESNIER, Professeur de philosophie à l'Université Paris IV-Sorbonne, Centre de recherche en épistémologie appliquée (CREA), CNRS, École polytechnique.

Le flou qui entoure les neurosciences fait partie du problème éthique posé précisément par le développement des sciences du cerveau. Il n'y a guère de problème éthique en mathématiques. Avec les neurosciences, nous avons affaire à un flou qui est aussi de votre responsabilité. Vous avez donc conclu très pertinemment en appelant à la vigilance pour éviter les rumeurs et les fantasmes.

M. Bertrand MATHIEU, Professeur à l'Université Paris I, Président de l'Association française de Droit constitutionnel.

Il est nécessaire pour les juristes de réfléchir en amont des développements de la science. Dès lors que l'on raisonne sur un système de valeurs et sur un encadrement, on ne peut pas simplement chercher à s'adapter au plus juste aux évolutions de la science. En matière d'implants, par exemple, comment pourra-t-on, matériellement, établir une frontière entre des actions de rétablissement et d'amélioration des fonctions ? En tant que juriste, je suis incompetent en la matière mais on perçoit bien la possibilité d'entrer dans une logique d'eugénisme, c'est-à-dire d'amélioration de l'espèce humaine, qui pose également un problème d'égalité d'accès à ces techniques, au risque que l'inégalité sociale naturelle se transforme en une inégalité touchant à l'exercice des fonctions.

Certes, nous sommes en démocratie. Mais qui décidera de la frontière entre le rétablissement et l'amélioration ? Les scientifiques ? Le législateur ? Sur quels critères ? L'analyse de Jean-Didier VINCENT est intéressante à ce sujet. On raisonne fréquemment en micro-éthique, c'est-à-dire au cas par cas. Or il y a là un problème de macro-éthique, notamment sur la portée du principe d'égalité. La science est totalement indifférente à la formule selon laquelle les hommes naissent libres et égaux en droit. Mais que ce soit scientifiquement vrai ou faux n'a aucune importance puisque c'est un postulat social. Les questions qu'il convient dès lors de se poser sont : peut-il y avoir rupture avec ce postulat ? Dans quelles conditions ? Sous quel contrôle ?

M. Hervé CHNEIWEISS.

Vous avez tout à fait raison. En même temps, il faudrait demander à tous les participants au débat d'aujourd'hui qui portent des lunettes de les enlever. Dix dixièmes n'est pas la vision maximale mais une moyenne. Des personnes ont davantage, naturellement. D'autres souhaitent obtenir plus avec la chirurgie de la cornée. La compétitivité et l'amélioration de la performance sont donc un problème général des sociétés.

LES ENJEUX ETHIQUES, PHILOSOPHIQUES, CLINIQUES PSYCHOLOGIQUES, SOCIAUX, JURIDIQUES ET ECONOMIQUES

M. Alain CLAEYS.

Nous en venons à la deuxième table ronde. La parole est à M. Alain EHRENBURG



► **M. Alain EHRENBURG, Sociologue, Directeur du Centre de recherches psychotropes, santé mentale, société CNRS–INSERM et Université Paris-Descartes.**

Permettez-moi, tout d'abord, de réagir brièvement à ce qui vient d'être dit. Premièrement, la différenciation prônée par Hervé CHNEIWEISS entre fait scientifique et idéologie n'est pas simple. Deuxièmement, la question de la frontière entre rétablissement et amélioration doit être posée dans le contexte d'aujourd'hui : nous assistons à des transformations de grande ampleur des relations entre le normal et le pathologique, dues à une modification des normes sociales et, d'une manière plus générale, à des transformations dans les rapports maladie/santé/société. Par ailleurs, les neurosciences ne changent rien à la question de l'égalité de droit.

Le menu des tables rondes d'aujourd'hui est presque indigeste tant le domaine de l'exploration du cerveau et des neurosciences est vaste et hétéroclite. Le spectre d'action des neurosciences va en effet, au-delà de la neurologie et de la neuropsychologie traditionnelles, de l'autisme et des schizophrénies, aux émotions et aux sentiments moraux normaux. Elles portent donc sur l'expérience subjective (l'esprit sain et malade) et la sociabilité humaine. De plus, comme cela a été déjà expliqué, les neurosciences prétendent être aujourd'hui des neurosciences sociales.

Deux raisons conduisent le sociologue à s'intéresser aux neurosciences. Premièrement les neurosciences, les sciences cognitives et, plus généralement, le naturalisme réductionniste connaissent une diffusion inédite. Les relations cerveau, esprit, société sont sorties des discussions entre spécialistes pour devenir un sujet commun de préoccupation *via* la souffrance psychique et la santé mentale. Les réflexions non seulement scientifiques mais aussi métaphysiques sont désormais dans la rue.

La seconde raison est que la subjectivité, les émotions, les sentiments moraux sont aujourd'hui à la fois une question transversale, thème traditionnel à la philosophie, à la biologie et à la sociologie et un thème stratégique : on pense y

trouver le secret de la socialité. Les émotions deviennent alors des concepts magiques. Le cerveau a acquis une valeur sociale qui n'existait pas il y a encore peu. Ce succès repose sur l'idée qu'une authentique biologie de l'esprit serait à portée de main. Par « biologie de l'esprit », il faut comprendre une biologie de l'homme total, pensant et agissant, et par « authentique », que l'on n'est plus dans la spéculation mais sur le terrain de la démonstration expérimentale en laboratoire.

En général, le débat se situe souvent trop directement sur un plan moral : va-t-on pouvoir manipuler les esprits ? Il faut d'abord le situer sur les plans épistémologique et pratique, afin de distinguer entre les questions morales qui ne se poseront pas – on se fabrique souvent de fausses peurs – et celles qui seront réellement soulevées, en remarquant que cela nest pas décidé d'avance.

Dans le temps qui m'est imparti, j'introduirai quelques distinctions qui me semblent souvent absentes du débat à travers quatre remarques.

1- Je propose de distinguer, dans l'ensemble assez hétéroclite formé par les neurosciences, entre deux programmes ou conceptions : un programme que j'appelle modéré et un autre que je qualifie de grandiose. Le programme grandiose identifie connaissance du cerveau et connaissance de soi-même et, sur le plan pratique, c'est-à-dire clinique, prétend pouvoir fusionner neurologie et psychiatrie, c'est-à-dire, *in fine*, traiter les psychopathologies comme des neuropathologies. De très nombreuses synthèses présentent d'ailleurs l'état de l'art en plaçant, sans justifications logiques suffisantes, l'Alzheimer et les schizophrénies dans le même concept de maladie. Le programme raisonnable vise à progresser dans le traitement des maladies neurologiques (Parkinson, Alzheimer) et à découvrir d'éventuels aspects neuro-pathologiques dans les maladies mentales, mais sans les prétentions philosophiques et pratiques du programme grandiose.

Précisons que la distinction entre programme grandiose et programme modéré n'est pas nécessairement donnée d'avance, du fait de la multitude de cas limites qui font toute la difficulté et l'intérêt des questions mentales, à savoir l'intrication de la mécanique physico-chimique et des raisons sociales et psychologiques.

2- Le programme grandiose repose sur un fondement purement métaphysique, à savoir le dualisme fait/valeur. Les faits sont objectifs et relèvent donc de la science et les valeurs étant subjectives, relèvent de l'opinion. Or la caractéristique du fait social est précisément que l'opinion n'est pas extérieure à l'objet, mais en est bien au contraire une propriété. Par exemple, quand nous évoquons l'absence de culpabilité dans le trouble des conduites ou, au contraire, l'excès de culpabilité dans la mélancolie, et nous avons d'excellentes raisons d'opérer ainsi, ne faisons-nous pas une évaluation, ne jugeons-nous pas, n'accordons-nous pas à un fait une valeur sans laquelle il n'y aurait aucun fait ?

Si l'on n'évoquait pas l'excès de culpabilité dans la mélancolie ou l'absence de culpabilité dans le trouble des conduites, ni le fait mélancolique, ni

celui du trouble des conduites n'existerait. Si l'on ne sait rien des mœurs, des usages d'une société, on ne peut pas comprendre ce qu'un jugement comme « cet enfant est mauvais » signifie. Dans une société de type lignagère qui se reconnaît dans des ancêtres communs, comme les sociétés traditionnelles d'Afrique noire, cela signifie « il est possédé par une force », un ancêtre ou un sorcier ; et dans notre société individualiste, cela signifie « il manque d'empathie ». Dans le premier cas, on se trouve dans un monde où la persécution régule les relations interindividuelles, le mal venant du dehors, tandis que, dans le second cas, la culpabilité laisse chacun en face de sa responsabilité d'agent réel ou potentiel du mal. Le grand défaut des neurosciences de l'expérience subjective et des neurosciences sociales est qu'elles n'intègrent pas le contexte, ce qui grève nombre de résultats

3- Ma troisième remarque porte précisément sur le contexte. Quand on prétend faire une neuroanatomie du deuil par imagerie cérébrale – et de nombreux articles paraissent à ce sujet –, on ne tient pas compte du caractère relationnel et contextuel du deuil. Si ma femme meurt et que j'en suis encore très amoureux est-ce la même chose que si je ne souhaite que la quitter pour épouser ma maîtresse ? La neuroanatomie du deuil ne s'embarrasse pas de ces distinctions contextuelles qui sont pourtant essentielles. Le deuil est toujours le deuil de quelqu'un, ce qui suppose un monde commun avec l'endeuillé.

Je citerai un autre exemple, sur la sympathie et l'empathie, tiré des travaux de Jean DECETY et de son équipe. Le dispositif expérimental est le suivant : des acteurs racontent à la première personne six courtes histoires dont le contenu est soit triste, soit neutre – soit deux facteurs narratifs – et doivent montrer trois expressions : heureuse, triste ou neutre – soit trois facteurs d'expression motrice des émotions. Les histoires sont présentées à des sujets qui doivent noter si l'histoire est crédible et si l'expression faciale des émotions est congruente avec le contenu. L'hypothèse est que le sentiment d'empathie et de sympathie est détruit s'il y a une distorsion entre l'expression émotionnelle de l'acteur et le contenu du récit. Ce qui est mesuré est le degré de cohérence ou de distorsion entre contenus narratifs et expressions des émotions. Par exemple, une histoire triste accompagnée d'une expression joyeuse est une distorsion dans l'expérience.

Quand le neuroscientifique écrit cela, il ne dit pas quelque chose de faux, mais quelque chose de vide. Raconter une histoire triste arrivée à votre ennemi intime avec une expression joyeuse, voilà bien un acte tout à fait cohérent. L'incompréhension d'une telle possibilité, et de bien d'autres, comme la taquinerie affectueuse, le second degré, montre qu'on ne démontre rien de réel. C'est de la pure démonstration de laboratoire.

On peut parfaitement accepter les résultats de ces expériences – on observe que telle aire cérébrale est activée – mais en contester les conclusions sociologiques ou philosophiques. Par exemple, quand les chercheurs écrivent que ces études montrent le « rôle du cortex pariétal inférieur dans la distinction entre soi et autrui », que représente l'opération désignée par le mot « rôle » ? Cette aire

cérébrale est-elle l'agent causal ? Est-elle le mécanisme neurophysiologique impliqué, dérivé, nécessaire pour éprouver la distinction entre soi et autrui ? Est-elle simplement une condition biologique générale ? Alors que les méthodes sont décrites le plus précisément possible, les mots employés par les chercheurs pour en rendre compte sont vagues : rôle, implication, sous-tendus, base, reposer sur, sont à valeur interprétative et donc vont donner le sens des résultats.

Le niveau de la réflexion conceptuelle est des plus faibles. Quand on évoque, par exemple, des corrélats anatomiques de la conscience, ces derniers ne sont pas la conscience. Ce ne sont que des corrélats. Qui plus est, on n'a découvert aucun mécanisme physiologique pour produire expérimentalement de la sympathie ou de l'empathie : ce sont des corrélations, mais non des mécanismes. Or, des corrélations, la recherche en trouve tous les jours. Le constat d'une corrélation ne lève pas l'ambiguïté entre « quand je fais X, mon cerveau est dans l'état E » et « si je fais X, c'est parce que mon cerveau est dans l'état E », c'est-à-dire entre quelque chose qui se passe dans mon cerveau quand je fais une action et quelque chose que je fais quand j'agis parce que mon cerveau en est la cause. Or, cette distinction est fondamentale.

4- Dans tous ces travaux visant à naturaliser les émotions et les sentiments moraux, on confond deux types de conditionnement distingués par le philosophe Ludwig WITTGENSTEIN : le conditionnement causal « si tu mets ta main sur la plaque chauffante, tu te brûles »; c'est une expérience, et le conditionnement logique : « tu ne dois pas coucher avec ton frère »: c'est un argument d'autorité qui précède toute explication et toute expérience personnelle. On n'a pas besoin de définir ce qu'est se brûler, alors qu'il est nécessaire de définir ce qu'est un frère, avant de pouvoir interdire ou permettre quoi que ce soit. Or un frère ne peut être défini que dans et par un système de relations, la parenté, selon une règle qui rend le système signifiant pour tous ceux qui vivent dans la société X ou Y. C'est seulement lorsque l'on a d'abord défini ce qu'est un frère, ce qu'est un don, ce qu'est un meurtre etc... que l'on peut formuler ce que l'on permet et ce que l'on interdit.

Stanley CAVELL a magnifiquement résumé ce conditionnement logique par le langage : « En apprenant le langage, vous n'apprenez pas seulement la prononciation des sons et leur ordre grammatical, mais aussi les formes de vies ». Pour qu'il y ait un fait, il faut donc qu'il y ait préalablement un consensus sur les valeurs. C'est la grande erreur des partisans du programme grandiose en neurosciences que d'assimiler la relation sociale à un ressenti intérieur, par exemple d'empathie ou de sympathie, l'empathie étant là considérée comme la clé du social.

Conclusion

Dans *The Conscious Brain*, le neurobiologiste et psychiatre Steven ROSE a lancé en 1973 ce qui semble une mise en garde : « les cliniciens sont comme les collectionneurs de timbres de la biologie ; ils sont condamnés à l'être, car nous n'avons pas grand-chose de mieux à leur offrir », que ces procédés « désordonnés, complexes, équivoques dans leur interprétation [...] qui, au cours des vingt dernières années, a conduit à l'analyse de l'urine ou des tissus de malades des hôpitaux psychiatriques, pour presque chaque enzyme en vogue et chaque métabolite au goût du jour dans la communauté scientifique ». Et de conclure : « chez aucun malade « mental », autre que ceux qui souffrent de désordres neurologiques spécifiques [...], on n'a pu détecter d'anomalie significative de l'anatomie, de la physiologie et de la biochimie du cerveau ».

Malgré les progrès des outils et des méthodes, le jugement de Rose devrait rester à l'esprit de chacun car, surtout en ce qui concerne les pathologies mentales, la situation a peu changé en termes de résultats réels pour les patients. Peut-on se contenter de développer des méthodes et de parier sur les outils en abandonnant le travail conceptuel sur la nature des phénomènes sur lesquels on veut agir ? La réification des outils – c'est-à-dire penser qu'ils ont une application générale – n'a qu'une seule conséquence : de nombreuses démonstrations sont destinées à rester des démonstrations de laboratoire.

Ma conclusion est que le programme grandiose est une théorie magique de la science qui confond la généralisation avec la théorie, François JACOB emploie une formule semblable, et ne débouche que sur des banalités. Dans une éblouissante *Revue de littérature scientifique* que Georges PEREC avait consacrée à « La démonstration expérimentale de l'organisation du lancer de tomates chez les sopranos », il concluait que « plus on lance de tomates sur la soprano, plus elle crie ». A-t-on vraiment besoin de publier des milliers d'articles pour savoir que les émotions affectent la cognition ou la rationalité ?

Le plus grand reproche que l'on peut faire au programme grandiose est qu'en psychologie et en sociologie, il ne nous permet même pas d'utiliser ce que nous savons déjà. C'est pourquoi je n'aurai, aujourd'hui du moins, qu'une seule petite recommandation que je tire d'un article publié par RACINE, BAR-ILAN et ILLES dans *Nature Neuroscience* en 2005, *fMRI (Functional Magnetic Resonance Imaging) in the Public Eye* : « Étant donné que les neurosciences cognitives intègrent de plus en plus les domaines des sciences sociales, [...] la compréhension de l'intérêt et des limites de l'intégration des niveaux d'analyse est un souci majeur. Il sera nécessaire de pourvoir les neuroscientifiques » –auxquels j'ajouterai les journalistes – « avec une meilleure éducation sur les enjeux des recherches sur les phénomènes sociaux pour s'assurer de la validité de leurs recherches et pour promouvoir une interprétation des résultats compétente, responsable et sensible. »

M. Alain CLAEYS.

Je vous remercie beaucoup, je constate que votre exposé suscite des interventions. M. BOURGERON vous avez la parole.

M. Thomas BOURGERON.

Je suis d'accord avec la majeure partie de votre analyse mais cela me gêne que l'on explique qu'il n'y a pas de gènes impliqués, par exemple dans l'autisme, au motif qu'on ne les a pas tous découverts mais qu'on en a seulement trouvé quelques-uns chez certains individus. On considère, dès lors, que nous n'avons rien montré. Penser qu'il y aurait une théorie unique de ce trouble psychiatrique est faux. Il faut accepter l'hétérogénéité des causes et le travail progressif des chercheurs.

M. Alain EHRENBURG.

Vous m'avez mal compris. Je ne conteste pas du tout que nous ayons un corps constitué de molécules et de gènes très divers, et je n'ai qu'une envie, c'est d'en savoir plus sur les gènes de l'autisme que vous avez découverts. Je ne vois pas du tout où, dans mon exposé, vous avez trouvé la promotion d'une théorie unique du trouble psychiatrique. Mon propos était plutôt, par rapport à ce que WITTGENSTEIN appelle la pulsion de généralisation, d'essayer, très rapidement, d'établir quelques distinctions logiques, telles que celle entre « je fais quelque chose et ça se voit dans mon cerveau » et « je fais quelque chose parce que mon cerveau en est la cause » – qu'on ne peut pas résoudre simplement par une méthode scientifique.

Cela étant, je ne conteste pas du tout la nécessité de la recherche, y compris pour les maladies psychiatriques. D'ailleurs, dans le spectre autistique, il y a de nombreux cas limites. C'est pourquoi j'ai indiqué, dans ma première remarque, que la distinction entre programme grandiose et programme modéré n'est pas donnée d'avance.

M. Stanislas DEHAENE.

Cela vous surprendra peut-être mais je suis en accord avec nombre de vos observations. Vous avez tout à fait raison : on peut contester les conclusions des programmes de recherche et le niveau de la réflexion conceptuelle n'est pas très avancé. Nous souffrons dans notre discipline d'une certaine confusion des genres. Certaines recherches tentent des sauts conceptuels extrêmement rapides en passant tous les niveaux de complexité du cerveau, y compris le cerveau social, tandis que d'autres sont plus sérieuses.

Cela étant, je pense que vous-même pratiquez un glissement entre une vision grandiose et une vision modérée. Il ne faudrait pas jeter le bébé avec l'eau du bain. Dans un certain nombre de cas, des phénomènes qui relèvent après tout des sciences sociales ou du cerveau social surviennent. Vous avez raison de

souligner qu'il s'agit très souvent de corrélations, phénomènes avec lesquels il faut être très prudent. Mais, outre le bénéfice des électrodes implantées dans la maladie de Parkinson, une expérience sur une patiente ayant une électrode dans le noyau sous-thalamique, montre que la stimulation de ce noyau la plonge, en dix secondes, dans une dépression profonde. L'effet, immédiat, reproductible et, fort heureusement, réversible présente toutes les caractéristiques de causalité souhaitables.

Il existe un certain nombre de cas où des programmes que l'on peut qualifier de réductionnistes fonctionnent. Je considère comme vous qu'existe une grande naïveté en ce domaine. Nos collègues en science sociale, en particulier, ont tendance à penser que l'imagerie va apporter une réponse immédiate. Ce n'est évidemment pas le cas. Le travail conceptuel, comme vous l'avez souligné, est très important. La construction de théories qui intègrent ce que vous avez appelé le contexte me paraît tout à fait essentiel.

M. Alain EHRENBURG.

Dans le domaine de la stimulation cérébrale profonde, on observe des avancées très intéressantes, laissant entrevoir des applications dans les maladies psychiatriques. Un de mes étudiants fait une thèse sur ce sujet. Pour balayer devant ma porte, je précise que la distinction entre programmes forts et programmes modérés n'est pas un monopole des neuroscientifiques. Elle existe partout, notamment, en sociologie, où elle s'appelle le sociologisme. On oppose, par exemple, nature et culture et on va jusqu'à soutenir que, quand ce n'est pas naturel, c'est que tout est construit. Tout cela n'est pas sérieux !

M. Alain CLAEYS.

Je vous remercie de cet échange et donne la parole au deuxième orateur de cette table ronde, M. Jean-Michel BESNIER.



► **M. Jean-Michel BESNIER, Professeur de philosophie, Université de Paris IV-Sorbonne, Centre de recherche en épistémologie appliquée (CREA), CNRS, Ecole polytechnique.**

Je note une certaine progression de la réflexion. En début d'après-midi, on aurait pu penser que les neurosciences produisaient essentiellement des images. Les neurosciences produisent des représentations de l'homme et elles contribuent à élaborer des conceptions du monde, des idéologies qu'il faut interroger. Le philosophe peut tenter de le faire, depuis un poste d'observation qui le met au plus près du sens commun. La leçon que je tire de ma fréquentation des neurosciences est que la réaction du sens commun est souhaitable. Le philosophe se retrouve, dès lors, dans la posture d'épauler, pour une fois, celui-ci.

Je me suis attaché à tenter de répondre à la demande qui nous a été faite, donc de proposer moins des réflexions d'ordre épistémologique qu'un état des lieux pour essayer d'identifier quelques impacts éthiques des neurosciences, du point de vue, comme je l'ai indiqué, du sens commun. Je propose un état des lieux des interrogations les plus récurrentes, afin d'identifier quelques impacts éthiques des neurosciences avec lesquels le législateur devrait compter.

Les neurosciences interrogent le philosophe et, par delà, bousculent certaines représentations auxquelles le sens commun est attaché. En règle générale, on met très vite en avant le problème du statut de la conscience et de la pensée. Sont-elles une simple production du cerveau ou quelque chose d'autre qu'on appelait jadis l'âme ? Si l'on souhaite être un peu plus précis, on se demande si les neuroscientifiques ne sont pas tentés de confondre une condition nécessaire avec une condition suffisante en réduisant la conscience au cerveau ou, pour reprendre la formule d'Alain EHRENBERG, s'ils ne sont pas tentés de confondre une simple corrélation avec une causalité. Ces questions de nature épistémologique tournent toutes autour de celle de savoir si l'imagerie ou la démarche des neurosciences résout le vieux problème philosophique du statut de la conscience et de la pensée.

Les neurosciences posent aussi la question de la responsabilité et du libre arbitre. Sommes-nous ce que notre cerveau nous dicte ou avons-nous le pouvoir de décider et d'agir de manière autonome ? La réflexion épistémologique qu'elles suscitent s'inscrit dans le cadre d'une critique du réductionnisme : en rappelant l'évidence que la conscience est liée au cerveau et en concluant qu'elle en traduit le fonctionnement, ne confond-on pas une condition nécessaire avec une condition suffisante, une simple corrélation avec une causalité ? Reste que les valeurs sur lesquelles repose la morale sont engagées par les découvertes faites sur le cerveau.

Dès qu'on prend un peu de hauteur et qu'on essaie de comprendre les choses d'un point de vue historique, les neurosciences apparaissent comme l'un des derniers avatars de ce qu'on appelle parfois la mécanisation de l'esprit, mouvement que l'on repère dès le XVIII^e siècle. Les sciences cognitives contribuent depuis longtemps, surtout après la cybernétique des années 1940-1950, à décrire la vie mentale par référence aux machines algorithmiques dont nous connaissons surtout l'efficacité aujourd'hui grâce au moteur d'inférence qui tourne sur Internet. La mécanisation de l'esprit équivaut, à n'en pas douter, à une simplification équivalant elle-même, pour le philosophe, à une sorte de désenchantement.

Les neurosciences contribuent à l'évidence à changer certaines de nos représentations, à modifier notre vision du monde, donc à transformer nos jugements et nos décisions. Bon nombre des convictions qui constituaient traditionnellement le fondement de l'humanisme ont été bousculées par la possibilité d'identifier dans le cortex frontal le lieu d'origine de nos facultés morales, l'aptitude à se projeter, à planifier une action comme l'a montré le cas emblématique de Phinéas GAGE qui a permis d'identifier le rôle de cette zone du

cerveau ainsi que la découverte des neurones miroirs qui justifient les comportements d'imitation, par conséquent, les conduites altruistes et l'aptitude à se mettre à la place de l'autre.

Qu'est-ce donc que l'esprit ? Si l'on devait en croire certaines explications offertes par les sciences cognitives, ce ne serait qu'un simple logiciel, qu'un agencement de routines gérant des informations, des *inputs* que des modèles connexionnistes peuvent simuler, sinon implémenter sur des robots capables d'incarner ces modèles. Les neurosciences se sont laissées imposer ce paradigme explicatif qui justifie les fantasmes d'un remodelage de l'homme, d'une optimisation de son fonctionnement tel qu'il pourrait se mettre à la hauteur des machines qu'il a produites.

Je crois que les neurosciences dans la version publique, vulgaire qui en est donnée, se sont laissées imposer ce paradigme de la mécanisation de l'esprit, qui justifie que l'on puisse vouloir aujourd'hui, comme le rappelait Jean-Didier VINCENT, remodeler l'humain, l'optimiser pour le mettre à la hauteur de ce que peuvent réaliser nos machines. Il a souligné le fait que : « nous imitons aujourd'hui les objets que nous avons fabriqués. » Günther ANDERS, philosophe que l'on redécouvre, a nommé cela la « honte prométhéenne ». Dès les années 1950, il a mis en garde contre le fait que nous sommes dans la posture de jalouser les machines qui sont bien plus performantes et durables que nous.

L'idée de réaliser une conscience artificielle ne paraît plus guère incongrue aujourd'hui. Des chercheurs, comme Alain CARDON en France, font métier de développer des modèles de conscience artificielle. Plus simplement, le projet de manipuler l'humeur grâce à des implants électroniques qui interviendront sur les boucles de rétroaction des circuits synaptiques est parfaitement admis.

Les neurosciences – et c'est ce sur quoi j'aimerais insister – ont la vertu d'être rapidement assimilées par l'esprit de nos contemporains. On ne s'étonne presque plus des conséquences que l'on peut en tirer. On est frappé de voir à quel point les effets d'annonce, qui sont fréquents en matière de neurobiologie, pénètrent très facilement le grand public. La pathologisation de la turbulence des enfants qui requièrent des amphétamines du type de la ritaline, n'a pas suscité les débats auxquels on aurait pu s'attendre (voir *Le Monde* du 23 septembre 2005).

Les idées émises ici et là sur la nécessité de restaurer l'école unisexe au motif que le cerveau des garçons et celui des filles ne fonctionneraient pas de la même façon n'ont pas fait l'objet de discussions. On peut encore citer le scientisme d'un ministre récent de l'éducation qui entendait fonder la légitimité de la méthode syllabique sur les découvertes des neuroscientifiques. L'une des caractéristiques des neurosciences est d'être admises au pied de la lettre.

Jadis, les nouveaux savoirs, associés à des techniques nouvelles, suscitaient des réserves, voire l'effroi, avant de se banaliser. La première transplantation cardiaque du professeur BARNARD avait donné lieu à de

nombreux débats. Aujourd'hui, tout se passe comme si, la médiatisation aidant, les neurosciences avaient la vertu de se banaliser très rapidement et de mettre en porte à faux les scientifiques eux-mêmes, qui se trouvent confrontés aux drôles de lièvres qu'ils ont eux-mêmes levés *nolens, volens*. Cette divulgation des neurosciences produit des effets d'occultation.

Il en résulte que l'on glisse sans s'en apercevoir de l'idée d'une science médicale réparatrice à l'idéal d'une amélioration de la nature humaine. Les neurosciences sont de plus en plus perçues dans le public, non seulement comme la promesse de guérison des troubles neurodégénératifs ou des traumatismes facteurs de tétraplégie, mais aussi comme l'instrument de performances accrues, d'une modification de l'humeur, d'une augmentation de la réalité perçue, etc... Bref, on se laisse aller à consentir à une manière d'eugénisme positif que, si l'on était vigilant, on refuserait ou, au moins, on mettrait en débat.

Autre point qui me frappe lorsque je dresse l'état des lieux de la réception des neurosciences dans le public, c'est que ces dernières accréditent facilement sur le terrain de ce que les philosophes nomment la raison pratique, l'idée d'une dépossession de l'initiative, qui pourrait avoir des conséquences graves sur le plan de la vie collective. En s'aventurant à considérer la conscience comme l'effet émergent du fonctionnement des neurones, on peut, en effet, en déduire que la volonté est une illusion et qu'il vaut bien mieux s'abandonner au cours des choses.

Quand on ajoute à cela que notre époque est volontiers fascinée par des modèles de sagesse fatalistes, par des spiritualités négatrices de l'individu, on peut être inquiet. Il y a là un symptôme, renforcé par l'enseignement des neurosciences, de cette disposition à abdiquer la volonté, laquelle était au fondement d'une vision du monde interventionniste, sinon prométhéenne.

Ce qu'a expliqué Jean-Didier VINCENT à propos du trans-humanisme est au cœur de cette approche. Celui-ci s'inscrit sur la base d'une sorte de désaffection pour l'interventionnisme cartésien qui nous voulait maîtres et possesseurs de la nature. Aujourd'hui, on est, tout au contraire, disposé à agir sur les conditions initiales des systèmes qui nous définissent et qui nous entourent et prêts à laisser à une sorte de sélection naturelle le soin d'opter pour ce qui pourrait en résulter. Raymond KURZWEIL développe ces thèmes dans la théorie de la « singularité technologique ». Pour prendre un exemple souvent convoqué par les philosophes à propos des travaux des neurobiologistes ou des neuroscientifiques, quelles autres conséquences tirer de l'idée qu'un potentiel évoqué signifierait qu'une décision consciente est toujours prise auparavant par le cerveau ? Que faire de cette idée ? Comment le libre-arbitre ne se verrait-il pas remis en question ? Les expériences de Benjamin LIBET sont un cas d'école, sinon un pont aux ânes, dans ce domaine.

On met souvent en avant aujourd'hui la plasticité neuronale, qui laisse entrevoir la possibilité d'évoluer tout au long de la vie. Il est vrai qu'il y a là matière à être optimiste. Les neurosciences paraissent bien illustrer la capacité offerte à la vie de tirer profit des erreurs et d'inventer continuellement ses normes.

Et qu'est-ce que la santé sinon l'invention continuelle des normes ? La contrepartie est que l'on donne du poids à l'épigénèse dans les apprentissages et aux facteurs environnementaux dans les acquisitions. Ce qui pourrait sembler positif tourne assez facilement au négatif quand on y aperçoit la dimension de conditionnement et de déterminisme qui pèse sur les itinéraires individuels.

Des extrapolations que l'on confond souvent trop vite avec la science-fiction, donnent à imaginer la possibilité d'implémenter le contenu de la conscience sur un autre support que le cerveau humain. C'est ce qu'on appelle le *clouding*, le téléchargement de la conscience sur des puces de silicium, par exemple. L'esprit étant apparenté à un logiciel d'ordinateur, il est susceptible, en tant que logiciel, d'être installé sur divers supports. On en conclut à la possibilité que la vie elle-même trouvera à se développer sur un autre support que l'organisme, par exemple sur du minéral, comme l'ont montré les fantasmes trans-humanistes évoqués précédemment. Cette idéologie trans - et post - humaniste se développe, et trouve des justifications à ces fameuses sectes qui misent sur la convergence des nanotechnologies, des sciences cognitives, des technologies d'information et de la biologie (NBIC). Relayée par les médias, romans, cinéma, Internet, elle est potentiellement dangereuse car elle anesthésie le sens commun – pour lequel je milite – et elle augmente la confusion entre le réel et le virtuel qui nous invite à confondre la carte et le territoire.

Une interrogation sur les neurosciences doit prendre au sérieux les extrapolations et non pas les balayer d'un revers de manche ; elle doit exiger des scientifiques qu'ils fassent la part de la réalité dans les horizons qu'ils révèlent et essaient de contrôler les fantasmes qu'ils génèrent, qu'ils le veuillent ou non.

En conclusion, à plus d'un titre, les neurosciences posent le grave problème de l'amélioration de la nature humaine et, plus généralement, celui de la prétention à éliminer ce qui fait de nous des hommes, à savoir le hasard de la naissance, de l'évolution, dans l'identification des maladies auxquelles nous sommes en but, de la mort, etc... Les neurosciences apparaissent, dans l'esprit du public, comme une machine de guerre contre la finitude humaine et contre ce qui donne sens à l'existence : par exemple, le libre arbitre, les valeurs de responsabilité, la dimension symbolique des êtres de langage que nous sommes, dimension fort peu évoquée au cours de cette audition.

En ce sens, les neurosciences sont, bel et bien, un facteur de bouleversements dans nos manières de penser, dans nos manières de nous penser, et d'affronter notre condition. La réflexion éthique doit permettre d'amortir cet effet de bouleversement et de prévenir la banalisation des fantasmes que les neurosciences produisent.

M. Alain CLAEYS.

Je vous remercie de cet exposé et donne pour quelques commentaires la parole à la salle.

M. Hervé CHNEIWEISS.

Tout en étant d'accord sur la conclusion, je remarque cependant que les faits sont têtus. Que cela bouleverse éventuellement certaines réflexions, il n'en demeure pas moins qu'il existe des neurones miroirs, une plasticité des cellules souches et même une possibilité de régénération de certaines cellules chez l'homme. On peut ensuite critiquer l'instrumentalisation qui en est faite, mais cela existe. On peut également discuter de la manière de concevoir des notions comme l'empathie. Cela étant, le fait d'avoir une conception ancienne du cerveau – considéré comme simple boîte réactive à son environnement, ou une conception de celui-ci comme un organe au sein duquel se déroule l'activité mentale, qu'elle soit réelle ou imaginée, n'est neutre ni pour l'activité au quotidien, ni pour un certain nombre de pathologies et de troubles des relations humaines.

L'invitation à repenser des questions, même entérinées par des réflexions millénaires, peut aussi s'articuler sur des faits. Je citerai, pour terminer, la réponse du Dalaï Lama à un reporter de *Nature* lors d'une conférence qu'il organise chaque année à Dharamsala et qui réunit des moines et des neuroscientifiques. : « Et si la religion avait tort ? » – sous-entendu au regard des neurosciences – lui avait-on demandé, et le Dalaï Lama avait répondu : « Il faudrait repenser la religion. »

M. Jean-Michel BESNIER.

Les faits, j'en suis tout à fait d'accord, sont têtus et il faut s'y attacher. Ce que je conteste, c'est le passage des faits aux valeurs. Des faits, on ne peut pas déduire les valeurs. En ce sens, pour moi, le cerveau n'est pas une boîte réactive à son environnement. Il est également une machine qui rétroagit, et connaît la rétro propagation. J'ai apprécié, dans l'exposé de Stanislas DEHAENE, l'insistance qu'il a mise sur la culture et l'éducation, qui peuvent très bien rétroagir sur les faits. Mon invitation consiste à viser à ce que les faits et les valeurs soient en boucle et à ce qu'on évite ce réductionnisme facile, que l'on appelle scientisme, qui voudrait fonder les valeurs sur les faits.

M. Alain CLAEYS.

Je vous remercie, nous poursuivons notre table ronde avec le président SICARD.



► **M. Didier SICARD, Professeur de médecine, Président d'honneur du Comité consultatif national d'éthique (CCNE).**

J'articulerai mon propos en cinq points.

Premièrement, je suis frappé par la rapidité avec laquelle les neurosciences surgissent non seulement dans les sciences sociales mais également dans la vie quotidienne. Cette rapidité de transfert est totalement décalée par rapport à la prudence des neuroscientifiques eux-mêmes. J'ai été surpris, par exemple, d'entendre le ministre de l'éducation nationale déclarer vouloir changer l'enseignement des langues en fonction de ce que nous avons appris de l'imagerie fonctionnelle. Il y a une certaine naïveté à croire que la vérité dépend de l'imagerie fonctionnelle.

Les neurosciences exercent aussi une certaine fascination sur la justice et François MATHIEU a bien fait d'insister sur la nécessité de garder une certaine raison. De la même façon que j'ai été effrayé par l'irruption de la génétique dans le droit, je considère que les neurosciences risquent de bouleverser totalement les juristes qui, n'aimant pas, au fond, les incertitudes, seraient plutôt tentés de demander à l'expertise des neurosciences, non pas la vérité, mais une aide qui serait interprétée par le corps social comme une vérité. La prudence prônée dans l'emploi des détecteurs de mensonge me paraît sans rapport avec leur utilisation aux États-Unis, avec de nouveaux moyens très sophistiqués. On peut imaginer qu'à Guantanamo ou, peut-être, dans le futur par une nouvelle loi, on puisse arriver à une sorte de mécanisation, de banalisation de la responsabilité, qui serait tout à fait effrayante sur le plan éthique.

Deuxième point : l'utilisation perverse du principe de précaution me paraît atteindre son acmé dans la foetopathologie. Denis LE BIHAN nous a montré des cerveaux à huit, douze, seize semaines. Ces images étaient passionnantes mais la moindre anomalie, dont on ne sait rien et dont on ne saura jamais rien parce qu'on ne voudra pas faire d'expériences, aboutit, par prudence à partir de cette expertise, à des non naissances, ce qui pose une véritable question éthique.

Mon troisième point porte sur la recherche et la notion de consentement éclairé. On sait déjà qu'en matière de psychiatrie, il est la chose la plus difficile qui soit. On peut imaginer que le consentement éclairé à partir d'une image de soi projetée à l'extérieur finisse par être invalide et qu'il faille repenser totalement cette conception. Il a été question des neurostimulations, pour lesquelles le Comité consultatif national d'éthique a été saisi et a donné un avis. Il continue d'ailleurs à suivre l'affaire. Lors d'une réunion à laquelle participait également Alain EHRENBURG, j'ai été frappé de constater que, lorsqu'un malade qui tremble ou qui a un trouble obsessionnel est délivré de son trouble, il n'est pas forcément heureux. La guérison d'un symptôme par une telle stimulation a un bénéfice considérable pour un grand nombre de personnes mais peut créer des états dépressifs chez d'autres. Autrement dit, il faut se méfier d'une sorte de réparation générale de tous les symptômes. Si, pour les troubles moteurs, on peut imaginer

qu'on est dans la bienfaisance, quand on approche de la psychiatrie, cela s'avère plus compliqué.

Mon quatrième point a trait à la prédiction. Notre société ne supportant plus l'incertitude, en demandera de plus en plus aux neurosciences, que ce soit de l'ordre de l'imagerie ou de la génétique. Il a été observé avec raison que, soit on demande trop à la génétique, soit on la refoule. En même temps, le discours n'est pas neutre car, quand des gènes existent, même si ce sont des gènes de prédisposition et qu'ils présentent une part d'incertitude, la tentation immédiate est de les breveter et de faire des tests de dépistage. Comment une société peut-elle résister au réel fourni par la neuroscience qui fascine l'opinion ?

Enfin, le plus important pour moi est la notion de dépendance. Quel que soit le discours, permissif ou critique, que l'on tient, depuis vingt ans, sur les psychotropes, on ne peut pas s'empêcher de penser que notre société est « psychotropée ». La ritaline n'est pas très importante en France mais il y a une surconsommation de psychotropes, en particulier des benzodiazépines, dénoncée par Édouard ZARIFIAN. N'étant ni psychiatre ni neurologue et ne portant pas de jugement moral sur leur usage, je sais simplement que, quand on a commencé à en prendre, on en prend sa vie entière.

À partir du moment où le marché pharmaceutique étend son territoire à des drogues qui doivent être prises durant toute la vie, on peut imaginer qu'un jour, des facilitateurs de mémoire, confirmés par telle ou telle imagerie, et des médicaments permettant une plus grande sérénité finissent par combler bien plus le marché que les personnes. Cette notion anglaise intraduisible en Français de « *enhancement* » a nécessairement pour contrepartie la dépendance. Le dopage d'un sportif n'offre pas une vision très éthique de l'existence. Comment le fait de combler un cerveau par un logiciel le ferait-il ? Lors de la dernière campagne présidentielle, j'ai été frappé de constater que les candidats rivalisaient dans l'emploi du mot « logiciel », ce qui donne une image de l'introduction dans le cerveau d'une extériorité.

J'ai le sentiment que, si l'on naît homme, on devient humain. Le problème, c'est que les neurosciences s'intéressent plus à l'homme qu'à l'humain.

M. Jean-Sébastien VIALATTE.

Je vous remercie pour cette intervention très précise, Monsieur le Président et donne la parole à M Jean-Claude AMEISEN.



► **M. Jean-Claude AMEISEN, Professeur de médecine, Président du Comité d'éthique de l'INSERM.**

Les avancées des neurosciences sont fascinantes et permettent, comme l'a souligné Jean-Michel BESNIER, de repenser des questions ancestrales : déterminisme, libre arbitre, émotions, raison, etc... Je suis étonné d'observer que les représentations nouvelles du vivant, de nous-mêmes et des autres possèdent le pouvoir de changer nos conduites et nos valeurs. C'est intrinsèque à la démarche scientifique et au rôle que jouent les avancées de la connaissance scientifique dans la société et au développement de la réflexion éthique.

Au fond, il n'y a pas d'essence de ce que nous sommes hors de ce que nous découvrons que nous sommes devenus. Cela transforme des formes de dualisme, des frontières considérées comme qualitativement infranchissables - entre la vie et la matière, entre l'animal et l'homme, entre le corps et l'esprit - en des seuils, des transitions, des phénomènes progressifs. La science progresse dans sa compréhension du monde et dans sa manipulation du monde lorsque, d'une certaine façon, elle fait abstraction de toute une série de singularités. C'est quand elle est capable, dans ses modes les plus efficaces, de transformer la singularité de ce qu'elle étudie en un point sur une courbe - ce qui correspond à un phénomène de réification abstrait - qu'elle est la plus efficace à comprendre et à manipuler une partie de la réalité.

Quand ce qui sera efficacement décrit ou manipulé concerne ce que nous possédons de plus intime, notre vie intérieure, notre conscience, notre mémoire, nos comportements, il y aura forcément un problème entre ce qui est décrit de l'extérieur comme un objet d'étude et ce qui nous donne le sentiment d'être un acteur et un sujet de notre vie. En d'autres termes, c'est un récit à la troisième personne du singulier de ce que nous vivons à la première personne du singulier. Plus on se rapproche de ce qui concerne notre vie intérieure, qui définit la personne humaine et plus apparaît un conflit ou une difficulté à s'approprier les deux. La définition légale de la mort repose sur la détection de ce qui semble traduire la disparition d'une vie intérieure.

Un des éléments de la réflexion éthique consiste à penser la capacité de se réapproprier ce que nous apprenons sur nous-mêmes comme objet d'étude de l'extérieur. La question est de savoir comment on peut se le réapproprier ? Est-ce que ce que nous apprenons augmente le champ de nos possibles, nous enrichit ou, au contraire le restreint et nous appauvrit. Le consentement libre et informé, avec toutes les ambiguïtés que Didier SICARD évoquait, qui est le pilier ambigu mais fondamental de la démarche politique depuis soixante ans, explique quelque peu le statut de la connaissance par rapport à la personne. Il place la connaissance au service de la personne, mais pas la personne au service des avancées de la connaissance.

La spécificité des neurosciences est qu'en étudiant les mécanismes mêmes de la pensée, elles examinent au fond les mécanismes biologiques de la démarche scientifique elle-même et les déterminants de la démarche éthique. La réflexion éthique s'interroge, quant à elle, sur les implications de ces résultats et avancées. Une co-évolution est nécessaire : l'environnement changeant des avancées des connaissances pose de nouvelles questions éthiques quant à l'appropriation, et les avancées de la réflexion éthique changent l'interprétation des avancées des connaissances. La réflexivité, qui est un des éléments de notre vie intérieure, est importante dans le dialogue entre science et société.

Au fond, il s'agit de savoir si nous sommes capables d'une certaine distance et d'un certain retrait quand nous souhaitons placer un certain nombre de résultats d'avancées dans un contexte plus large. De cela procède l'idée que le respect de la dignité humaine et les droits de l'homme, repose sur un postulat toujours changeant, puisque la science avance, et que ce qui définit la dignité humaine et l'égalité est ce qui ne peut pas être mesuré. Tout ce qu'on peut mesurer d'une personne n'en rend compte qu'en partie. Donc une personne est forcément plus que ce qu'on peut mesurer. Dès lors, comment replace-t-on cette idée que ce qu'on décrit, qui est moins que la personne entière, est remis au service de la personne ?

Toute une série de questions d'éthique qui se posent en neurosciences, n'ont rien de spécifiques à ce domaine. Une information sur une maladie comme l'Alzheimer qui serait obtenue à l'aide de tests génétiques ferait l'objet d'un processus de consentement : droit de ne pas savoir, possibilité de savoir. Si elle était obtenue par un test de mémoire ou par de l'imagerie, il n'y aurait pas ce processus. Il est important de réfléchir à cela. En médecine, c'est la gravité de l'annonce et de ses implications qui compte, pas l'outil utilisé pour la révéler.

Des questions se posent également sur le rôle de l'inné et de l'acquis, de l'environnement et des gènes, avec une tendance, comme dans d'autres domaines, à essayer de conférer une prédominance à l'un plutôt qu'à l'autre, sans penser qu'il s'agit de boucles de causalité en spirales, ce que PASCAL appelait des choses à la fois causantes et causées, qu'il faut construire.

Didier SICARD a évoqué la prédiction, cependant dans la plupart des cas, sauf quand la contrainte est telle que l'inévitable va se produire, toute prédiction est fondée sur des probabilités. Il faut donc réfléchir en permanence au risque d'enfermer un individu singulier dans une probabilité qui concerne le groupe auquel on l'a rattaché parce qu'il partage certaines caractéristiques communes avec celui-ci. L'histoire informe sur la tentation parfois très grande, de la société d'instrumentaliser les progrès de la connaissance au détriment des personnes. Il suffit de lire « *La malmesure de l'homme* » de l'évolutionniste Stephan Jay GOULD, qui raconte les dérives de l'adaptation de la théorie de l'évolution et de la génétique un siècle après la publication de « *L'origine des espèces* », pour réaliser que la plus grande dérive éthique, c'est de se servir d'avancées de la connaissance ou de moyens de manipuler la réalité pour les inscrire dans des

concepts culturels préexistants : racisme, sexisme, discrimination sociale et culturelle. Ce n'est pas la science qui crée ces discriminations, mais elle devient un argument de la société pour renforcer une idée préexistante ou pour changer des représentations concernant ces différences.

La volonté de mesurer de la science, si l'on n'y prête pas garde, conduit à la tentation de hiérarchiser en fonction de ce qu'indique la mesure qui, souvent, est quantitative. Dès qu'une hiérarchisation ou tentation de hiérarchisation existe, il y a risque de discrimination et de stigmatisation. Être capable d'apprécier les corrélations des mécanismes de causalité sur une portion de la vie intérieure, l'identité ou le devenir d'une personne, risque de l'enfermer dans ce qu'on a découvert, qui peut être tout à fait vrai mais n'est qu'une des identités multiples qui se construiront à partir de cette personne. C'est ce que rappelle le dernier livre d'Amartya SEN intitulé « *Identité et violence, l'illusion du destin* ».

La problématique de l'homme transformé touche toutes les branches de la médecine mais se pose de manière plus aiguë en neurosciences. Si on demande à quelqu'un s'il veut être augmenté ou amélioré, il y a peu de chances que la réponse soit non. Si on lui demande, en revanche, s'il veut être modifié, la question devient : quels seront les avantages, les risques, les bénéfices ? Le langage n'est pas neutre. Parler de modification induit la question de la réversibilité, de la dépendance, des bénéfices et des risques, qui est toujours une question contextuelle, changeante. Les mots utilisés sont importants.

L'autre interrogation porte sur : « qui manipule qui ? » Les interfaces homme/machine sont fascinantes : piloter un ordinateur par la pensée, manier une prothèse et ressentir ce qu'elle envoie comme sensation est extraordinaire. Il y a vraiment des avancées fantastiques dès qu'on interconnecte et que la pensée peut directement avoir un effet moteur. Mais il faut être sûr que c'est l'autonomie de la personne qui est aux commandes et non la personne qui est contrôlée de l'extérieur. Poser la question à la fois de la réversibilité, des bénéfices, des risques et du respect de l'autonomie de la personne fait qu'on peut concevoir toutes ces modifications comme étant mises à la disposition de la personne et non pas comme la restreignant.

Autre point qui me paraît important, c'est que, dès qu'on touche au comportement, à la vie intérieure, qui est quelque chose de très humain, de très dépendant de la culture, du temps, de la société, les définitions deviennent floues. Les définitions des comportements normaux et pathologiques, des maladies, des handicaps, sont mouvantes. Rechercher des causes, proposer des traitements impose donc de prendre en compte ce caractère relatif. Cela ne veut pas dire que des événements ne sont pas observables de manière objective mais que le contexte est relatif. Le seuil de la dépression a changé en quelques années. L'homosexualité était jadis classée par l'OMS comme une pathologie mentale. Il faut toujours mener une réflexion sur ce qui paraît évident car cela peut poser un problème.

Quand on passe dans le champ social, dire n'est jamais neutre. Il y a un risque, quand on décrit une personne et que celle-ci essaie de s'approprier cette description, qu'elle se conforme à ce qui se dit d'elle, ceci risque d'avoir une valeur prédictive. Si les personnes se sont appropriées ce qui était dit d'elles au point d'effectuer ce qu'elles croient qu'on a découvert qu'elles faisaient, elles le feront. Il existe à la fois une distance et une réflexivité. Il faut observer en quoi on se borne à décrire, à nommer et à dire, et en quoi on met des renseignements à la disposition de la personne. Le risque de normalisation est évident.

On a évoqué la ritaline. Faut-il changer l'école, changer l'éducation ou traiter les enfants qui ne s'adaptent pas ? On a parlé aussi du dépistage de la délinquance à trois ans. Il faut se demander si on aide l'enfant ou si on essaie de le rendre conforme à ce qu'on attend de son comportement. C'est très ambigu. Toute culture formate d'une certaine façon. C'est le principe même de l'éducation et de la vie culturelle. La question d'apporter quelque chose tout en développant l'autonomie et la liberté se pose toujours. La discrimination est un champ qui dépasse les neurosciences mais qui, parfois, ne me semble pas pris en compte. Une discrimination sur une prédiction statistique, même quand la probabilité est faible, semble possible: si quelqu'un appartient à un groupe dans lequel 10 % de personnes aura tel avenir et que l'on ne sait pas si cette personne aura cet avenir là, une école, un employeur ou un assureur peut très bien décider de la discriminer parce que, statistiquement, quoi qu'il lui arrive, c'est efficace. Ne pas enfermer ces personnes est important.

Quant à la justice, il existe deux questions distinctes. La première consiste à se demander jusqu'où l'imagerie ou d'autres approches peuvent traduire le mensonge, le non-mensonge, la culpabilité, le non-sentiment de culpabilité. La seconde est : quel que soit le résultat, quel statut donne-t-on aux informations fournies par les neurosciences dans une démarche judiciaire, dans laquelle le secret, la confidentialité ont été considérés pendant des siècles comme partie intégrante d'un procès juste? En d'autres termes, si je peux lire dans la tête de quelqu'un, y a-t-il un sens à vouloir utiliser obligatoirement ce qui d'un seul coup devient disponible, par rapport à son droit au secret et à la confidentialité de ses discussions avec son avocat, comme si on estimait qu'à partir du moment où l'on dispose de micros miniatures, écouter les conversations de cette personne avec son avocat devient normal puisque c'est possible ? Il faut réfléchir à la frontière entre le possible et le souhaitable dans la construction de toute une série de démarches.

Les manipulations du comportement existent depuis que le monde existe. Certaines sont souhaitées : la fiction, les livres, les films, le théâtre, les jeux vidéos sont des manipulations du comportement, de la vie intérieure, avec l'assentiment de la personne. Le problème n'est pas la manipulation ou le fait qu'elle soit intrinsèquement bonne ou mauvaise, mais l'existence ou non d'un consentement informé de la société, à savoir l'information donnée ou non sur le fait qu'une manipulation existe. Lorsqu'il s'agit de modifier les comportements, comme pour la conduite routière, on trouve que la manipulation est souhaitable, mais on en est

informé ; elle n'est pas subliminale, elle n'est pas effectuée sans qu'on ait réfléchi à son propos.

Le langage scientifique s'est voulu le plus objectif possible. Cela pose parfois des questions intéressantes dans lesquelles le chercheur s'abstrait de la description qu'il est en train de donner. Il y a des articles sur le libre arbitre qui concluent que celui-ci n'existe pas dans des situations restreintes. Je n'ai jamais vu, dans la discussion de ces articles, les signataires expliquer : « c'est la première fois qu'un article scientifique est écrit par des scientifiques qui ont découvert que le libre arbitre n'existait pas. Cela change-t-il quelque chose à la valeur de l'article ? Est-ce que la réflexivité que l'on a ensuite implique que nous assumons librement les conclusions ? » C'est comme si ceux qui décrivent le fait qu'on a découvert que le libre arbitre n'existait pas, étaient d'une certaine façon exemptés de cette description.

On trouve également des situations intéressantes, sur la corrélation causalité/signification : en quoi la description la plus précise du corrélat d'une vie intérieure peut-il se substituer à ce qui est incommunicable et qui est le fait de vivre cette vie intérieure ? KEATS disait que rien ne devient jamais réel tant qu'on ne l'a pas ressenti. Comment rentrer dans la réalité du ressenti ? Le fait que des études chez un tout petit nombre de personnes en état végétatif, indique qu'ils réagissent à des noms, des paroles, des demandes de la même façon que des personnes conscientes est, pour nombre de neuroscientifiques, plus une question qu'une réponse. La question devient : est-ce que ces corrélats sont nécessaires et suffisants pour qu'il y ait conscience ou ne sont-ils que nécessaires et pas suffisants ? Souvent, quand elle est féconde, la recherche apporte autant de questions que de réponses, en déplaçant le questionnement vers des interrogations plus larges.

Il est essentiel de toujours mieux comprendre, donc de continuer les avancées. Il faut, par conséquent, permettre la poursuite et le développement des recherches sur le cerveau. Ce qui a été explicité sur l'information est essentiel pour éviter une certaine fascination naïve devant les neurosciences, et aussi la propension des personnes, malgré les efforts des neuroscientifiques, à se conformer à ce qu'elles croient apprendre sur elles-mêmes. Il importe de les protéger contre des utilisations à leur détriment : instrumentalisation, discrimination, stigmatisation, respect de la vie privée et de la vulnérabilité ; le législateur peut sans doute jouer un rôle important en cela.

Quoi que nous explique la science, elle ne nous dit jamais si la conclusion que nous devons tirer est d'accompagner ou d'isoler, d'insérer ou d'abandonner. Or le développement de la connaissance sur nous-mêmes doit s'accompagner du développement de ce qui fait souvent défaut, à savoir l'accompagnement, l'insertion dans la société, qui sont le plus grand contre-feu aux dérives qui pourraient surgir d'une mauvaise application et d'une mauvaise compréhension des avancées des neurosciences.

M. Alain CLAEYS.

Je vous remercie de cet exposé, la parole est à Madame BENOIT-BROWAEYS.



► **Mme Dorothee BENOIT-BROWAEYS, Déléguée générale de VivAgora, Journaliste scientifique.**

Je vous remercie de m'avoir invitée au titre de VivAgora, association que j'ai fondée afin qu'elle soit une plate-forme de veille, d'information et de concertation pour une contribution citoyenne aux choix scientifiques et techniques, étant moi-même, depuis une vingtaine d'années, journaliste scientifique spécialisée dans le champ du vivant et des biotechnologies. VivAgora considère que les technologies sont faites pour l'homme et non l'inverse.

Dès lors, l'association interroge les usages, l'impact et les sens des technologies. VivAgora dispose d'une vision des nano-bio-info-cogno-sciences, assez vaste à la suite des douze débats menés à Paris et à Grenoble en 2006 sur les nanotechnologies et des six débats organisés à Paris en 2007 sur les neurosciences. VivAgora a constaté que les maladies mentales et des souffrances psychiques touchent 1/5 de la population. Parallèlement, les neurosciences sont un objet d'espoirs et obtiennent des financements importants. À quelle demande sociale répondent-ils? Doivent-elles sortir de leur justification thérapeutique systématique pour recueillir des fonds? Quel est leur objet d'étude : le cerveau ou la santé mentale ? Qui pilote les priorités ? Quelles sont les logiques des acteurs? Quelle est la place des demandes sociales?

Je dois avouer que je n'ai pas compris quel était l'objet exact de l'audition. Est-ce le cerveau ou la santé mentale ? Les neurosciences sont-elles pilotées par une logique de compréhension du cerveau ou par une logique de soins et par une démarche de service public à destination des malades ou des bien-portants qui ont besoin d'aide ?

Alain CLAEYS a demandé à François BERGER si des débats à propos des implants cérébraux avaient eu lieu. Ils se sont tenus dans le cadre de Nanoviv. François BERGER a estimé qu'ils ressemblaient à des discussions de café du commerce ; peut-être. En tout état de cause, la société civile a pu être présente et s'exprimer sur le sujet. Il a également expliqué que le dopage ne faisait pas partie de la médecine. Cela m'amène à poser tout de suite une question qui me paraît essentielle : est-ce que le flou dont parlait Jean-Michel BESNIER et les dérives comme le dopage sont forcément en dehors de la responsabilité des scientifiques, des médecins, des cliniciens, des accompagnants et de la communauté des personnes impliquées dans les soins auprès des malades mentaux.

Dans le processus de débats publics de VivAgora, auxquels a participé pratiquement la moitié des personnes présentes à cette audition, nous avons voulu écouter la demande de la société. Sur les questions qui nous occupent aujourd'hui, on assiste à une véritable guerre de pouvoir, d'argent, de pilotage, d'arbitrage. Au terme des six débats de l'année dernière, l'équipe de VivAgora a été particulièrement surprise de la discordance entre les acteurs du soin et les acteurs de la recherche.

Comment sont menés les débats organisés par VivAgora ? Quand on organise des discussions, il est important d'informer, mais les journalistes à l'origine de VivAgora préfèrent que l'information n'encombre pas les débats, d'autant que cela pose l'expert en autorité, ce qui ne facilite pas le dialogue. Nous distribuons en préalable des fiches repères pour que le débat soit le moment de la confrontation, de la mise en évidence des conflits d'intérêt.

Pour questionner les acteurs, leurs intérêts et ceux des malades, la méthode consiste en la mise en place d'un comité de pilotage pluraliste, la distribution de fiches repères contenant un état des lieux : logiques des acteurs, l'intérêt général etc... Nous n'avons pas, en France, la culture du débat et il existe un certain tabou à regarder en face les divergences entre industriels, universitaires et cliniciens. Nous prenons le temps de permettre à ces divergences et à ces conflits de s'exprimer.

Les six débats de 2007 sur le thème « Cerveau et santé mentale » ont débouché sur la proposition de quatre axes de vigilance.

Le premier insiste sur l'importance de rééquilibrer les investissements en neurosciences et en psycho-sciences. Une sorte d'automatisme s'est institué, certainement en raison du côté fascinateur des neurosciences qui font croire à une certaine puissance et à une certaine compréhension des maladies, ce qui incite la société à voir dans la traduction organique de la maladie psychique la clé ou l'origine unique du mal. Je soulignerai, comme Jean-Claude AMEISEN l'a fait pour les médias, l'importance de l'imaginaire lié au cerveau dans la société.

Les visions déterministes véhiculées par les médias ne sont pas le fait uniquement des journalistes. Dans le champ des publications scientifiques, des argumentaires très fournis donnent à penser, ne serait-ce que pour obtenir des financements, qu'en poussant plus loin les recherches, on trouvera les rouages. Cela donne une vision très mécanistique du cerveau, entraînant des dégâts dans la société. C'est un point important auquel ne s'intéressent pas beaucoup les scientifiques.

En 2005, j'ai écrit avec Catherine VIDAL un livre intitulé *Cerveau, sexe et pouvoir*. Nous avons été très étonnées de constater que les neurobiologistes étaient peu enclins à monter au créneau face à de telles dérives dans les médias. Ce premier axe de vigilance insiste sur la nécessité de dépasser le réductionnisme, considéré comme une sorte de maladie infantile des neurosciences. Il est important

que le contexte soit valorisé et que le cerveau soit mis en lien avec l'environnement. La santé mentale environnementale pourrait être une discipline à développer. Il convient également d'opérer une distinction entre expliquer et soigner.

L'argument selon lequel tels travaux sont réalisés parce qu'ils aideront à soigner est parfois assez fallacieux. Il est aussi nécessaire de préciser la portée de l'expertise biologique et ses limites. On connaît les dérives de ces expertises qui font croire que le cadre de pensée des neurosciences est le seul qui permette de définir les priorités, surtout en politique.

La deuxième préconisation consiste à placer la recherche davantage au service des maladies que de la performance. Il s'agit de se consacrer davantage à l'« homme diminué » (ou malade) qu'à l'« homme augmenté » et de guérir des maladies avérées avant de dépister des maladies potentielles. On rétorquera certainement qu'il est vain de faire une telle demande dans une société de compétitivité comme la nôtre. Mais quand on observe ce qui se passe dans le domaine de l'environnement, il n'est pas certain que notre société ait envie de poursuivre la fuite en avant actuelle. Il serait peut-être bon de réfléchir à une évolution, à un aménagement, pouvant se produire prochainement, en mettant l'accent sur le soin plutôt que sur la guérison.

Le troisième point invite à questionner les « pathologies » du système social. Il importe de résister au système social qui ne valorise que la performance et l'autonomie. D'autres visions de l'usage des neurosciences sont possibles. La société formule peut-être d'autres demandes. Les questions de la finitude et de la vulnérabilité, par exemple, occupent tout un chacun. Il convient de protéger les individus plutôt que de les doper, et d'aborder les maladies du vieillissement de façon spécifique. Nos débats se sont d'ailleurs souvent focalisés sur la question, cruciale en politique, de l'arbitrage des priorités du point de vue du vieillissement des populations.

Le quatrième axe invite à construire collectivement les choix en matière de santé psychique. Il n'y a pas d'organisation, pas d'organe dans des instances universitaires ou auprès de centres de recherche, pas de rendez-vous pour traiter ces questions et véritablement articuler demande sociale et logique des neurosciences. Il est important de développer la discussion publique sur la santé mentale, en mettant en place des procédures de démocratie participative en mesure de moduler nos pouvoirs et de décanter les fantasmes.

Il s'agit de peser la demande de soins et d'accompagnement des populations par rapport aux logiques industrielles ou de compétition de la recherche. Il convient de surveiller les processus normatifs (les enfants sont en première ligne), d'élaborer la dimension éthique de la cause politique fondés sur des principes de solidarité, de finalité, et de proportionnalité. Il faut, en outre mobiliser la discussion publique sur la santé mentale en contrant la vision

mécanisme des comportements, informer sur les priorités de recherche, et réfléchir à la manipulation des ambivalences.

Conclusion

Il convient d'interroger les priorités financières et la gouvernance des choix. En France, la consommation des psychotropes est deux fois plus élevée que dans le reste de l'Union Européenne. 85 % des prescriptions de psychotropes sont faites par des médecins généralistes (avec information des visiteurs médicaux missionnés par les industriels).

Plusieurs questions se posent : quelle est l'évaluation du plan santé mentale 2005-2008 ? Comment s'est décidé l'investissement de NeuroSpin (51 millions d'euros)? Qui décide de la mise en œuvre de Clinatex (20 millions d'euros dans l'enceinte de Minatex)? Quel a été l'impact du rapport réalisé par l'Office parlementaire d'évaluation des politiques de santé (OPEPS) publié en mai 2006.

Il convient également de s'interroger sur les bénéfices et finalités et pour cela d'ouvrir les comités d'orientation stratégiques (Universités, CEA, INSERM...) à des acteurs associatifs, de créer des structures à 5 collèges (Etat, industriels, acteurs sociaux et associatifs, académiques, personnalités qualifiées) pour préciser les objectifs et évaluer les programmes et de mobiliser des principes de finalité et de proportionnalité comme dans le champ de la CNIL.

M Jean-Sébastien VIALATTE.

Je vous remercie Madame. Madame BERNADIS vous avez la parole.



► **Mme Marie-Agnès BERNADIS, Coordinatrice de *Meeting of Minds*, Cité des sciences et de l'industrie.**

Je remercie messieurs Alain CLAEYS et Jean-Sébastien VIALATTE, députés et membres de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques de m'avoir invitée à présenter la délibération des citoyens européens sur les enjeux du développement des neurosciences, *Meeting of Minds*. La diffusion des conclusions des travaux du panel des citoyens est très importante. Le lien avec la décision politique constitue l'un des enjeux de la mise en œuvre des procédures participatives impliquant des citoyens profanes dans l'évaluation des sciences et des technologies qui ont pour but d'enrichir l'exercice de la démocratie et aucunement de se substituer à la démocratie représentative.

La délibération citoyenne *Meeting of Minds*, organisée à l'échelle européenne, a porté sur les enjeux éthiques, juridiques et sociaux du développement des neurosciences. Achevée au printemps 2006, elle a concerné

126 citoyens de 9 pays parlant 8 langues qui ont travaillé ensemble pendant plus d'un an, dans un contexte multiculturel et multilinguistique, ce fut un véritable défi. La consultation européenne de citoyens avait pour objectifs : de mettre la question des sciences du cerveau à l'ordre du jour de l'agenda politique, de formuler des recommandations à l'intention de la communauté des scientifiques et de la recherche, au niveau européen et au niveau national, et de mettre en place une méthode pour des débats transnationaux publics dans d'autres domaines.

Le premier débat public européen sur les neurosciences avait permis d'organiser une consultation de citoyens à l'échelle européenne. Ce projet pilote, cofinancé par la Commission européenne et la fondation belge Roi Baudouin, a été porté par 12 institutions partenaires (musées des sciences, conseils d'évaluation des sciences et des technologies, fondations publiques ou privées, universités). Quelque 150 experts y ont été associés. Plusieurs personnes présentes à cette audition publique ont participé et le Comité consultatif national d'éthique l'a soutenue. Pour la première fois, on a demandé à un panel de citoyens européens d'exprimer leur avis, de faire état de leurs réflexions, de formuler des recommandations dans un domaine très important des avancées scientifiques, les neurosciences.

Ce sujet avait été choisi parce qu'il concernait chacun d'entre nous, qu'il s'agisse de la compréhension des pathologies comme les maladies mentales, les maladies neurodégénératives, les traitements médicamenteux, l'hyperactivité des enfants, ou bien de la connaissance du fonctionnement du cerveau, des mécanismes de la mémoire, des émotions, de la conscience, des comportements. Des interrogations sur la possibilité de doper et d'augmenter les performances, d'agir sur les comportements, sur la volonté, le libre arbitre étaient encore émergentes au moment où le projet a été lancé, en 2004. Il n'y avait pas de controverses publiques hormis le débat suscité, en France en septembre 2005, par la publication de expertise de l'INSERM relative à l'identification des troubles de conduite chez les jeunes enfants.

Les questions soumises aux citoyens étaient : « Comment allons-nous utiliser au mieux les nouvelles connaissances obtenues dans le domaine des neurosciences ? Quels sont les enjeux éthiques et sociaux de leur développement ? » Ils les ont prises très au sérieux et ont travaillé en cinq étapes : trois étapes nationales qui suivaient une méthodologie de conférence de consensus et deux conventions européennes où ont été mêlées différentes méthodes participatives.

Dans chaque panel national, les citoyens ont commencé à discuter entre eux à partir de questions concrètes (une même brochure d'information traduite en différentes langues) : est-ce qu'il faut traiter un enfant hyperactif avec de la ritaline, est-ce qu'il faut annoncer un diagnostic précoce d'Alzheimer ? Qu'est-ce qui se passe quand on soigne un patient atteint de la maladie de Gilles de la Tourette en implantant des électrodes dans le cerveau ? Est-ce que l'on peut augmenter ses performances cérébrales, comment ?

Puis le panel européen a défini lui-même les 6 thèmes de son questionnement : normalité et diversité, réglementation et contrôle, information du public et communication, pression des intérêts économiques, égalité d'accès aux soins, liberté de choix. Ces thèmes ont été débattus au niveau national, lors de débats publics et contradictoires à partir des questions élaborées par chaque panel et soumises aux « experts » : chercheurs, responsables d'instances de réflexion éthique, cliniciens, représentants de parties prenantes comme les laboratoires scientifiques, associations de patients, responsables politiques. Cette initiative a abouti à la rédaction de deux rapports : un rapport national puis, après discussion de tous les rapports nationaux, un rapport européen.

Les conclusions de cette délibération européenne. Il ne faut pas s'arrêter aux seules recommandations des panels nationaux (30 pour le panel français) et du panel des 126 citoyens européens (37). Elles ne reflètent qu'une partie de leurs travaux délibératifs dont l'intérêt réside tout particulièrement dans les échanges, les discussions, les débats, au sein du groupe lui-même et les experts auditionnés.

Les recommandations étaient destinées à être transmises à des décideurs afin de fournir des pistes et des éclairages. Le but était d'enrichir la démocratie représentative et non de s'y substituer. En cela, les panels de citoyens – 14 dans chaque pays – ne sont pas du tout représentatifs d'une population nationale ou européenne. Ils regroupaient simplement des profanes, de façon équilibrée en genre, niveau d'éducation et provenance géographique.

Les échanges ont été vifs avec des représentants de l'industrie pharmaceutique sur les classifications du DSM 4 (*Diagnostic and Statistical Manual - Revision 4*) et les prescriptions de médicaments ou avec des responsables politiques à propos des politiques de santé publiques et de la prise en charge des personnes atteintes de maladies mentales neurodégénératives.

Je n'énumérerai pas toutes les recommandations, d'autant qu'elles ne résument pas ce qui reste de ces consultations. L'intérêt a résidé dans les discussions en amont, l'échange et le dialogue, qui a parfois été contradictoire.

Quelques recommandations du panel européen :

Sur la dimension recherche et développement : il a été recommandé : d'accroître les financements de l'Union européenne en matière de recherche fondamentale et de base sur des cerveaux sains et malades, de consacrer une partie des budgets de la recherche à la communication des résultats au public, d'affecter une partie des fonds globaux alloués à la recherche sur le cerveau à l'étude de l'interaction entre les caractéristiques neurologiques et les facteurs environnementaux d'ordre social et culturel dans le but de réduire les troubles liés au cerveau, de promouvoir la recherche visant à mieux définir la normalité et les états qui devraient être qualifiés d'anormaux afin d'éviter les traitements superflus et réduire la tendance actuelle à soigner avec des médicaments tout état qui s'écarte de la norme.

Dans tous les pays, les panels ont souligné l'importance de la recherche fondamentale et la nécessité d'accroître son financement.

Pour la dimension « Ethique des sciences et de la recherche », il a été préconisé : d'instaurer des procédures obligatoires de consentement informé pour toutes les techniques d'imagerie du cerveau, d'interdire l'utilisation des techniques d'imagerie cérébrale par la police, les services de la justice et de la sûreté, de créer un comité paneuropéen de conseil juridique et éthique pour établir des lignes de conduite en matière de recherche sur le cerveau.

Sur la dimension « Produits pharmaceutiques et médicaux », il a été suggéré : d'encourager les entreprises pharmaceutiques à s'engager dans des recherches sur le cerveau peu rentables et dans des recherches sur les conséquences à long terme de la médicalisation et d'autres traitements.

Sur la dimension « Soins de santé », il a été proposé d'établir des lignes de conduite européennes pour que l'assistance médicale dans les États membres assure dignité et qualité de vie aux personnes souffrant de troubles mentaux, de procurer aux patients des soins multidisciplinaires dans une atmosphère familiale ou à domicile. Le panel européen a manifesté une grande attention à l'égalité d'accès aux soins. On notera que sur des questions éthiques assez nouvelles comme « l'homme augmenté » par les médicaments, les implants de puces, les citoyens ont établi une distinction nette entre soigner, réparer, traiter des dysfonctionnements. Ils ont mis en garde contre la tentation d'augmenter les performances de l'homme surtout dans une société qui valorise les performances individuelles.

Quelques recommandations du panel français : une partie du débat français a porté sur la prise en charge des maladies neurodégénératives et les politiques ont été interpellés sur la continuité des plans ou sur la manière dont a été utilisé l'argent. Plusieurs des recommandations du panel français ont d'ailleurs concerné les problèmes soulevés par la maladie d'Alzheimer notamment. Elles sont en phase avec celles du rapport de la commission présidée par le professeur Joël MENARD, remis au président de la République en novembre 2007.

Ces recommandations portent sur l'annonce du diagnostic au cas par cas et le droit du patient de ne pas savoir, le cas d'un diagnostic précoce, l'accompagnement du patient et de son entourage en général par des équipes qualifiées et pluridisciplinaires, un meilleur accès à des structures de soin, une meilleure répartition des centres de diagnostic, la création de structures de vie plus humaines, plus familiales, la revalorisation de la médecine gériatrique et formation de personnels qualifiés.

D'autres recommandations concernent l'utilisation de données de l'imagerie cérébrale : ne pas catégoriser les individus à partir des informations recueillies grâce au progrès des neurosciences ; une information obtenue en imagerie cérébrale ne devant pas conduire à une interprétation réductrice, éviter

les dérives d'utilisation des données de l'imagerie dans le monde professionnel et social, dans les recrutements, l'assurance, l'information. Il est nécessaire d'être vigilant sur les outils pouvant provenir des progrès des neurosciences et susceptibles d'être utilisés par des acteurs du monde judiciaire qui doivent être de formés aux questions éthiques posées.

Les citoyens avaient bien identifié la différence entre intervenir sur un handicap et augmenter les possibilités de l'homme. Dans le panel français, ils avaient inscrit la nécessité d'ouvrir la réflexion sur l'évolution de la relation homme/médicament et de la course au bien-être à tout prix, ainsi que de sensibiliser les élèves des écoles à l'usage des médicaments et à leurs éventuels effets secondaires.

Tout un débat a porté sur le traitement des enfants hyperactifs par la ritaline. Pour appuyer leur réflexion, tous les participants avaient travaillé sur une brochure et sur des cas très concrets. De nombreuses questions ont tourné autour de la « normalité » et de la « diversité », au moment où paraissait, en France, l'expertise de l'INSERM sur l'identification précoce des troubles de conduite. Le panel français a souligné la nécessité de soutenir des sources d'informations indépendantes des laboratoires pharmaceutiques et a préconisé que la formation continue des médecins soit également indépendante.

Le panel européen comme le panel français a souligné avec force la nécessité que l'on investisse dans la recherche fondamentale sur le cerveau sain comme sur le cerveau malade. Il ne m'appartient pas de commenter les recommandations, mais les citoyens ont fait preuve de maturité dans leur réflexion. Dans les auditions qui ont eu lieu cet automne, le danger d'utiliser des avancées thérapeutiques encore très incertaines et très lointaines pour faire passer un certain nombre de recherches a été souligné.

Conclusions

Cette expérience a montré qu'une délibération à l'échelle européenne est possible et que cette manière d'impliquer des citoyens est importante pour la gouvernance de la recherche. On peut souhaiter que les débats et les états généraux de la bioéthique feroient une grande place aux citoyens et que le débat public s'ouvrira largement à leur participation, à leur réflexion et à leurs contributions.

Parmi les recommandations du panel français, comme du panel européen, figurait en effet le renforcement de la participation citoyenne aux niveaux régional, national et européen. La communication des scientifiques vers le grand public sur le mode du « *public understanding of science* » a montré ses limites. Il est d'autres manières d'engager le public avec les sciences (« *public engagement with science* ») parmi lesquelles la contribution des citoyens à l'évaluation du développement scientifique et technologique.

Au moment de la révision de la loi de bioéthique, l'un de nos espoirs est que l'on organise la participation de citoyens profanes dans des enceintes de débat parce qu'ils représentent une certaine idée du bien commun. Ils n'appartiennent ni à des lobbies, ni à des groupes de pression. Quand ils échangent, ils arrivent à définir quelque chose qui est de l'ordre du bien commun et non pas de l'intérêt particulier. C'est une autre manière d'envisager la communication scientifique. On est sorti de cette période durant laquelle on faisait du *Public Understanding of Science*. On juge désormais important de développer d'autres voies de dialogue, de discussion, voire de controverse, avec des représentants non seulement du monde scientifique, mais également du monde politique et du monde associatif.

M. Alain CLAEYS.

Nous suivrons cette recommandation : un débat public est prévu dans le cadre de la révision de la loi bioéthique, et nous avons fait savoir que l'Office parlementaire voulait s'y inscrire.

M. François BERGER.

Permettez-moi un mot de synthèse. Ce serait une catastrophe de sortir de cette réunion en pensant que les données des neurosciences sont des outils de réductionnisme. Elles sont, au contraire, des outils de liberté et de complexité. Ce qui émerge plutôt, c'est la difficulté à comprendre la complexité et à discuter autour de celle-ci, puis de décider – ce sera une tâche difficile pour les politiques.

Ce qui ressort des débats citoyens dont il vient d'être question est une très belle leçon de démocratie. J'y étais plus ou moins opposé. Or les recommandations sont très rigoureuses. Elles ont réussi à intégrer la complexité du sujet et à se démarquer des lobbies et des discussions habituelles. J'ai l'impression que, lorsqu'un sociologue ou un philosophe discute avec un représentant des neurosciences, ils n'arrivent pas à communiquer. Or le citoyen a complètement résolu le problème. Ceci doit nous rendre vraiment optimistes.

M. Alain CLAEYS.

Je remercie chaleureusement tous les intervenants à cette audition publique.

