

ALLOCUTION DU PROFESSEUR VERNON B. MOUNTCASTLE,

LAUREAT DU PRIX INTERNATIONAL 1982 DE LA FONDATION FYSSSEN

Monsieur le Représentant du Ministre d'Etat, Ministre de la Recherche,
Monsieur le Représentant de l'Ambassadeur des Etats-Unis à Paris,
Madame le Président,
Messieurs les membres du Conseil d'Administration et du Conseil Scientifique
Mes chers amis et collègues,

Je tiens à vous exprimer ma profonde gratitude de m'avoir attribué cette année le Prix International de la Fondation Fyssen.

Je vous suis particulièrement reconnaissant car je crois qu'en m'honorant, vous avez choisi d'honorer la Neurobiologie pour laquelle mes contributions ne dépassent cependant pas celles de bien d'autres.

Ainsi, je m'aperçois que vous reconnaissez les progrès effectués au cours des trois dernières décades dans la compréhension du fonctionnement du cerveau, de la manière dont il génère et contrôle le comportement. Je vous parlerai brièvement de certaines de ces découvertes et spéculerai sur ce que l'avenir nous réserve.

Ces progrès font suite à l'introduction de nouvelles méthodes ainsi que de concepts nouveaux et heuristiques.

Il y a, par ailleurs, deux facteurs importants sur lesquels je voudrais insister.

L'identité psychoneuronale :

Le premier facteur est lié à l'idée selon laquelle même les aspects les plus subtils du comportement, c'est-à-dire la perception, la mémoire, la pensée et la conscience elle-même, sont considérés comme des expériences internes, et quelquefois externes, par l'observation des événements comportementaux résultant de l'activité de larges populations de cellules dans le cerveau.

On ne peut imaginer qu'il existe des influences externes incompatibles avec les lois de la thermodynamique connues jusqu'ici.

Cette idée concorde avec celle de l'identité psychoneuronale et s'oppose tout-à-fait à celle du dualisme, sous toutes ses formes. Notre problème, alors, est de s'interroger sur la manière dont les événements comportementaux, y compris l'expérience interne, sont liés aux événements cérébraux, et non sur la manière dont le cerveau est lié à l'esprit.

Du réductionnisme à la synthèse :

Personne ne met en doute le fait que le thème central de la science au cours de ce siècle a été le réductionnisme. Une grande part de ce que nous avons appris sur le cerveau vient de cette approche, tout d'abord, en comprenant le fonctionnement du cerveau en termes d'activités de cellules isolées et, plus récemment, grâce à l'accès à des niveaux moléculaires et ultrastructuraux.

Cependant, on s'aperçoit, à présent, que l'approche réductionniste est insuffisante. Même nos premières études sur les fonctions supérieures du cerveau chez le primate en préparation éveillée nous ont appris que les comportements complexes ne s'expliquent pas facilement en termes d'activités de neurones isolés. Le niveau d'abstraction est élevé. Ainsi, c'est l'étude des propriétés de larges populations cellulaires qui nous intéressent maintenant.

Nous devons combiner l'approche réductionniste avec l'approche synthétique. Ce qui nous amène à faire face à des problèmes fantastiques quant à la nature de l'explication et de la compréhension.

Sensation et perception :

Les études sur les fibres nerveuses sensorielles nous ont appris que les caractéristiques des stimuli externes sont codées en trains d'impulsions nerveuses véhiculant jusqu'à notre cerveau.

Des millions d'impulsions chaque seconde et chaque jour de notre vie.

Nos transducteurs sensoriels périphériques codent fidèlement certains aspects des stimuli physiques et en négligent d'autres. Ils sont sélectifs et imposent une abstraction de la réalité à la frontière qui sépare le monde extérieur du monde intérieur.

Ces messages neuronaux abstraits sont transmis avec une grande fidélité à travers les systèmes afférents jusqu'aux aires corticales sensorielles. Le neurone cortical impose à son tour sa propre abstraction, déterminée par la connectivité intracorticale locale et les mécanismes de traitement.

Différents canaux à l'intérieur d'une aire corticale sensorielle sélectionnent différentes caractéristiques des messages sensoriels. Ainsi, la perception du monde qui nous entoure est fortement déterminée par la micro-connectivité de nos aires corticales sensorielles. Cette micro-connectivité est elle-même largement déterminée génétiquement et est présente dès la naissance chez le primate. Ce qui a d'ailleurs constitué un solide support en faveur du principe de l'inné et des théories strictement rationalistes.

Jusqu'à un certain point, nous sommes tous à présent des néo-Kantiens !

Mais attendez ! Car des études récentes ont montré que la microstructure corticale peut être modifiée. Elle est sous la dépendance de la continuité de la stimulation périphérique et peut être altérée sévèrement par la privation sensorielle.

Des découvertes, l'année précédente, ont mis en évidence que la micro-connectivité des aires corticales sensorielles chez le primate, en fait la carte topographique du corps dans le cerveau, peut être modifiée par l'expérience sensorielle.

Même chez l'adulte ! Et peut-être également dans le cas de cerveaux âgés.

Si la modifiabilité de la structure par l'expérience a lieu dans les aires primaires sensorielles, on peut imaginer combien plus intense cela doit être dans les aires associatives connues pour jouer un rôle dans les fonctions supérieures.

Nous devons accepter la proposition essentielle des empiristes et l'idée de John Locke selon laquelle la manière dont notre cerveau perçoit le monde est déterminée par l'expérience que l'on en a.

La recherche sur les systèmes sensoriels au cours des dernières décades a fourni des informations détaillées sur la manière dont notre cerveau traite l'information sensorielle. Et de plus, elle a largement contribué à résoudre l'ancienne controverse philosophique entre l'empirisme et le rationalisme, entre l'inné et l'acquis.

C'est l'étude des systèmes sensoriels qui nous a conduits vers des concepts nouveaux tels que la structure modulaire du système nerveux, l'organisation en colonnes du cortex cérébral et le traitement distribué de l'information.

Elle a contribué également d'une manière considérable à ce que j'appellerais maintenant, avec quelque hésitation, l'un des dogmes

essentiels de la science du système nerveux : celui qui met l'accent sur la fusion des idées reçues et des idées strictement rationnelles, sur une vue moniste de la relation esprit-cerveau, sur des concepts mécanistes de la perception par opposition aux concepts mentaux; et enfin, sur des méthodes objectives dans la recherche sur le sensoriel et le perceptuel.

Etude d'une fonction supérieure du cerveau :

Un problème majeur de l'homme à la recherche de son identité est la manière dont il parvient à connaître le monde qui l'entoure. Chacun de nous vit au centre de son propre espace perceptuel et a l'expérience du fonctionnement de son propre cerveau dans ce champ cyclopéen.

A partir d'un complexe mêlant perceptions et expectatives, vous construisez dans l'espace neuronal une image dynamique continuellement renouvelée des objets, des événements et de vos propres mouvements dans l'environnement. Ceci permet à la plupart d'entre nous, et la plupart du temps, de former des images du monde étonnamment précises ainsi que des relations que nous entretenons avec lui.

L'objet de ma recherche au cours de ces dernières années a été d'explorer cette antichambre qui donne accès aux portes de la perception en combinant des méthodes neurophysiologiques et des techniques comportementales chez le singe éveillé.

Plan de l'expérience :

Le plan général de l'expérience est le suivant : le singe est entraîné à reproduire un grand nombre de fois une tâche sélective et ceci, chaque jour, sous contrôle.

On choisit une aire corticale dont on sait que la lésion chez l'homme perturbe le comportement que l'on veut étudier.

On s'arrange pour enregistrer les signaux électriques de l'activité des neurones corticaux au moment où l'animal accomplit sa tâche. Des corrélations sont ensuite recherchées entre le comportement et l'activité reconstruite des populations neuronales de la région corticale étudiée.

Le lobe pariétal et l'attention :

L'extraction du lobe pariétal chez l'homme a pour conséquence une négligence de l'espace du côté opposé, une désorientation visuo-spatiale avec défaut de localisation des objets, défaut de la reconnaissance spatiale de la relation entre eux et défaut, également, de la reconstruction d'un ensemble à partir de ses différentes parties. On décrit aussi un refus à porter son attention ou à initier une action dans la moitié contralatérale de l'espace extrapersonnel. Un syndrome similaire apparaît chez le singe après lésions pariétales.

Nous choisissons des tâches comportementales qui requièrent la direction de l'attention sur des cibles ou la projection de la main et l'orientation de l'oeil vers des objets à portée d'atteinte.

Ce que nous avons observé était tout d'abord à peine croyable. De grandes catégories de populations de neurones dans le cortex pariétal présentaient des propriétés fonctionnelles apparaissant comme des images positives des déficits comportementaux décrits après lésions pariétales. Une classe de neurones ne devenait active qu'au cours de mouvements guidés visuels de la main vers des cibles à portée d'atteinte; une autre classe, au cours de la fixation attentive du regard et de la concentration fovéale; d'autres encore, au cours de saccades ou de mouvements de poursuite de l'oeil.

Les neurones les plus intéressants de tous sont les réels neurones visuels. Ils sont particulièrement sensibles au mouvement et à sa direction. Ils ont de très grands champs récepteurs périphériques qui incluent les deux moitiés du champ visuel mais évitent la région fovéale.

La propriété de directionnalité varie dans différentes parties du champ récepteur de telle sorte que les directions préférées pour un neurone donné ont un sens dirigé en avant ou en arrière de la ligne centrale du regard.

De plus, ces neurones visuels ont une activité contrôlée par l'état comportemental car elle est facilitée lorsque l'animal accomplit un travail fovéal qui requiert une intense fixation attentive.

Formulation :

L'individu normal contemplant un espace étendu peut très rapidement déplacer son attention d'un objet vers un autre et accomplir des mouvements de toutes sortes sans modifier son sens des relations spatiales dont dépend une perception régulière.

Il accomplit ainsi une transformation courante entre des systèmes de coordonnées interne et externe. Il dirige son attention librement vers chacun de ces systèmes.

C'est précisément cette image intérieure des espaces perceptuels interne et externe et la libre direction de l'attention vers chacun d'eux qui disparaissent chez les humains atteints de lésions pariétales.

Mon hypothèse globale est que le lobe pariétal et les systèmes distribués dont il fait partie génère et renouvelle cette image neuronale des relations spatiales (pour ne pas dire image perceptuelle !). Les propriétés fonctionnelles de plusieurs catégories de neurones du cortex pariétal indiquent qu'elles correspondent bien à ces aspects du comportement visuel et attentif.

Il est certain que l'avenir apparaît ici pratiquement illimité. Si, aujourd'hui, c'est l'attention et la perception spatiale, pourquoi pas, demain, l'apprentissage et la mémoire ?

En conclusion :

Quel est l'avenir de la recherche sur le cerveau ?

Je crois que nous sommes au seuil de l'une de ces courtes périodes de progrès, au moment où de nouveaux concepts viennent interrompre le cours normal de la science.

Notre connaissance de la structure et de la physiologie du cerveau, des mécanismes synaptiques, de la neurochimie, et de bien d'autres lignes de recherche se développe à grands pas. Cela veut dire que nous entrons actuellement dans une phase d'accélération intense de la compréhension de la physiologie du cerveau.

Les progrès dans la compréhension des fonctions supérieures telles que l'apprentissage et la mémoire chez les primates dépendront, je le crois, de la compréhension des processus perceptuels. Et, j'ajoute également, de la manière dont le cerveau formule des propositions et, en premier lieu, de la façon dont il compose et exécute des programmes liés au mouvement.

Ils dépendront aussi, à des niveaux plus subtils, de la manière dont nous formulons des propositions internes et de la manière dont nous en sommes conscients. Nul doute que la conscience est la perception intérieure d'opérations internes de notre propre cerveau.

Ces quelques phrases descriptives ne nous apprennent rien quant aux mécanismes neuronaux impliqués dans l'expérience consciente. Et ceci constitue, à mon sens, un objectif important pour les prochaines décades.

A cet égard, la neurobiologie moléculaire et cellulaire prend une importance accrue mais sans doute avec une vision actuelle davantage orientée et focalisée qu'auparavant.

Les sciences neurologiques descriptives approchent à présent un degré de sophistication qui permet un accès direct à l'étude des fonctions supérieures. Une fusion plus parfaite entre les sciences neurologiques et les sciences psychologiques est nécessaire. On peut prédire avec confiance que ceci dépendra, en partie, des efforts portés sur l'analyse du comportement en termes de mécanismes du cerveau par nos collègues dans les sciences comportementales, y compris les psychiatres.

Que se passera-t-il dans ma propre science, la neurophysiologie ?

Imaginez, si vous le voulez bien, une expérience dans laquelle des centaines de micro-conducteurs implantés dans le cerveau de primates non-humains enregistrent l'activité de milliers de neurones simultanément. Les événements comportementaux et neuronaux sont transmis en permanence à la station de l'observateur. L'animal vit dans un environnement quasi-naturel, placé sous contrôle de l'investigateur.

L'information obtenue est visualisée et analysée de telle sorte que le chercheur vient, pour un moment, vivre à l'intérieur du cerveau de son sujet et perçoit le monde comme son sujet le perçoit; il peut aussi, d'une manière similaire, initier une action dépendante de l'environnement.

Dans une telle situation, la neurophysiologie passe de la petite science à la grande science; avec tous les problèmes sociaux, techniques, et de support que cela implique.

Tous sont difficiles, tous peuvent être résolus.

Et qu'est-ce qui pourrait valoir davantage la peine ?

Car, ce qui fait l'homme humain, c'est son cerveau, et quoi de plus humain que de porter ses efforts à rechercher comment le cerveau humain détermine le comportement humain.

C'est, je crois, l'union parfaite de l'art et de la science dans la recherche de la beauté et de l'ordre inhérent à la création la plus noble de la nature : le cerveau de l'homme.
