

connaissance de l'homme

de la sensation à l'action



BP review

trimestriel / n° 9 / avril 1963 / édition française

n° 9 Connaissance de l'homme

Affilié à l'association des journalistes périodiques belges et étrangers / Union professionnelle reconnue.

BP review est publié par BP Belgium

162, avenue J. Van Rijswijck, Anvers

Toute correspondance concernant le "BP review" doit être adressée à la Division des Relations publiques de BP Belgium sa - 162, avenue Van Rijswijck - ANVERS.

REDACTEUR EN CHEF : N.-L. ALBESSARD

Les documents, illustrant le présent numéro ont été aimablement mis à notre disposition par le professeur CORDIER, par la Bibliothèque de la Faculté de Médecine de l'ULB ainsi que par le Dr PERIER, du Laboratoire de Microscopie électronique dirigé par le professeur GUSTIN.
Reproductions photographiques de Jean Van der Haegen.

Editeur responsable : E. ALLEBE
245, chaussée de Malines - Anvers

PHOTOGRAPHIE DE SCHUTTER
IMPRIMERIE E. STOCKMANS & C° S. A.

Nederlandse uitgave op aanvraag.

EDITORIAL

Tout était inventé !

Pour permettre la centralisation (partielle d'ailleurs) de la perception et des commandes, la nature avait "imaginé" tout à la fois l'isolant myélinique et la conduction saltatoire qui permit à l'influx nerveux de passer de 60 m./sec. - chez le poulpe par exemple - à 100 m./sec. En somme après avoir dû recourir à des solutions de fortune comme l'adjonction d'un cerveau-relais chez les grands Reptiles, la nature, avec les Vertébrés, avait enfin eu le "petit coup de génie" qui allait permettre la création d'un gouvernement cellulaire fortement centralisé. C'était la fin du Moyen Age nerveux et la naissance de la notion d'Etat.

Mais il restait à manifester au monde ce que Jean Rostand a si joliment appelé "l'inqualifiable pensée". Et ce fut l'affaire de l'Homme.

Comment les choses se passèrent-elles ? Nul en vérité n'en sait rien. On a longtemps lié ce que les anthropologues appellent le "processus de céphalisation" à la station verticale. Un Primate un peu plus délégué que ses congénères se serait un jour dressé et aurait trouvé la position d'autant plus commode qu'elle lui libérait les membres antérieurs pour des tas de petites besognes utiles : fabrication d'armes" de chasse, etc.

Ainsi donc la fonction aurait créé l'organe. Mais on s'est bientôt demandé si ce ne fut pas un Primate à "grosse tête" qui inventa la station debout ; l'organe cette fois permettant la fonction.

Depuis bien d'autres explications ont été tentées, sans jamais apporter de réponse totalement satisfaisante.

Une seule chose est sûre : qualitativement les cellules nerveuses de l'Homme ne présentent aucun avantage sur celles de n'importe quel autre Vertébré. C'est sur le plan quantitatif seul que l'Homme diffère de ses plus proches cousins. Le cerveau humain à lui seul compte des milliards de cellules fortement différenciées et on estime à une dizaine de milliards le nombre de neurones répartis dans l'ensemble du corps.

C'est cette machinerie innombrable qui fait, croit-on, la véritable supériorité de l'Homme. Mais on n'en est pas très sûr et certains biologistes en viennent aujourd'hui à envisager une participation de tout l'être à l'intelligence.

C'est dire combien l'approche de ces problèmes est laborieuse. Avant de pouvoir percer les secrets de l'infiniment petit la médecine avait dû se contenter de solutions souvent barbares pour tenter de démasquer ce mystérieux réseau de télécommunications qu'est le système nerveux.

Il y a très longtemps qu'on percevait la boîte crânienne pour "regarder à l'intérieur" une masse grisâtre, dont on ne savait pas très bien définir le rôle. Plus tard il y eut l'excision des "pierres de tête". Plus tard encore il y eut la science des "bosses".

Et c'est ainsi, d'erreurs en monstruosité, de délires en tortures, que s'élabora peu à peu la science de l'ultime secret.

Où en est-on aujourd'hui ?

C'est la question à laquelle tente de répondre ce premier numéro "BP review" consacré à l'Homme.

Sans doute nos lecteurs trouveront-ils cet exposé aride, difficilement assimilable parfois. Mais en matière de vulgarisation scientifique il est des limites en deça desquelles on ne peut descendre. Nous croyons que dans un numéro consacré au système nerveux il n'était guère possible de céder à la facilité ou de verser dans un romantisme qui n'a rien à voir avec la réalité scientifique.

Nous avons laissé les auteurs exposer les faits avec probité. Nous pensons que nos lecteurs qui, nous témoignent si souvent leur amitié ou leur admiration, nous saurons gré de cette rigueur. Et nous les en remercions.

N.-L. ALBESSARD



1

"Borné dans sa nature, infini dans ses vœux..." disait de l'homme Lamartine. Borné dans sa nature, oui, l'homme l'est sûrement. Et même ce qui fait sa fierté - son système nerveux - ce par quoi, en somme, il appréhende le monde, ne peut que très difficilement soutenir la comparaison avec la perfection des organes sensoriels d'un grand nombre d'autres êtres. L'homme ne serait, en fin de compte, qu'une certaine addition de "manques" qui lui permirent de manifester au monde ce que l'on a pu appeler "l'inqualifiable pensée". C'est cette constatation paradoxale que met en lumière le premier article de ce numéro qui nous parle de l'information sensorielle chez les vertébrés.



L'auteur, M. Robert Cordier, professeur d'histologie à la Faculté de Médecine de l'Université libre de Bruxelles, est mondialement connu pour ses nombreux travaux traitant de physiologie, d'anatomie comparée et d'histologie. Il a participé à la rédaction du *Traité de Zoologie* (16 tomes) édité chez Grasset et vient de terminer un important chapitre d'un ouvrage dirigé par les professeurs Brachet et Minsky, de New-York, intitulé "La Cellule". C'est le professeur Cordier qui a mis à notre disposition les merveilleuses photos illustrant son article.

2

Le cerveau n'est pas un privilège humain et il n'est même pas sûr qu'il soit le siège de l'intelligence (Jean Rostand n'a-t-il point écrit quelque part que la pensée pouvait être l'affaire du corps entier?). Pourtant c'est vers le cerveau que convergent la plupart de nos sensations; c'est de ses quatorze milliards de cellules que partent les ordres qui nous font agir. Mais que sait-on de cette énorme machinerie qui nous ouvre le monde et qui préside à l'organisation mystérieuse de notre vie interne? Où en est-on de la connaissance du système nerveux? C'est ce que s'efforce de nous dire le deuxième article (pages 18 à 33), en même temps qu'un récit de la longue quête de l'homme à la recherche de la pensée nous montre comment, durant des millénaires on s'est interrogé sur ce que Miguel de Unamuno nommait "maladie": la conscience.



Voici le groupe des étudiants de l'ULB qui, animé par Marc Vaincel, au deuxième rang, à gauche, ont rédigé et recherché les documents iconographiques de l'article numéro 2. Ce sont, de gauche à droite; Claude Bran, Jean Jadot, Samy Cadranet et Andrée Ledrut. Ils sont âgés de 23 et 24 ans; tous sont en sixième année de médecine. Nous tenons à les remercier d'avoir, avec beaucoup de gentillesse et de sérieux, accepté de prendre le risque d'aborder un métier nouveau pour eux et, ici, terriblement exigeant; la vulgarisation scientifique.

3

Où va la neurophysiologie, cette "moins innocente des sciences"? Quels sont les problèmes qu'elle se sent en mesure d'affronter? Quelles sont les réponses qu'elle espère? Telles sont les grandes questions qu'aborde, pour terminer, le professeur Brémer, dans un article qui a donné son titre à notre numéro; "De la sensation à l'action". Pourquoi cet emprunt? Parce qu'il nous a semblé qu'il correspondait parfaitement à l'esprit qu'ont voulu mettre dans leurs articles, les auteurs de ce numéro. C'est une analyse objective, difficile peut-être, mais qui se garde bien d'extrapoler. Un bilan, en somme...



C'est avec l'un des plus grands noms de la neurophysiologie que se ferme notre no 9. M. Frédéric Brémer, professeur honoraire à l'ULB membre de l'Académie royale de Médecine, membre correspondant de l'Académie des Sciences de l'Institut de France, membre d'honneur de l'International Brain Research Organization, docteur honoris causa des universités d'Aix-Marseille, Montpellier, Strasbourg et Utrecht, est l'auteur de nombreux ouvrages qui sont tenus pour des classiques et son nom est indissolublement attaché à la recherche scientifique de notre temps.



C'est rue aux Laines, à quelques pas de l'actuelle Faculté de Médecine de l'ULB, qu'André Vésale, ce "Galilée du corps humain", entreprit ses premières dissections. C'est un voisinage historique dont les futurs médecins bruxellois sont particulièrement fiers. Pour les remercier de nous avoir aidé à élaborer ce numéro, nous leur dédions cette planche extraite du monumental ouvrage de Vésale "De humanis corpori..." et qui montre le célèbre anatomiste opérant au milieu d'une foule passablement agitée. L'encombrement des amphithéâtres et les servitudes de l'enseignement étaient semble-t-il des réalités déjà très concrètes au XVI^e siècle.

L'INFORMATION SENSORIELLE CHEZ LES VERTÉBRÉS

Le rôle fondamental du système nerveux est de recevoir les informations les plus diverses, en provenance non seulement du milieu extérieur, mais aussi de l'organisme lui-même, de ses viscères et de son appareil locomoteur, et d'utiliser ces informations en vue d'une réponse appropriée. Il peut s'agir de ripostes relativement simples, ne mettant en jeu que les centres nerveux inférieurs, tels que la moelle épinière, ou bien de réponses plus élaborées et coordonnées, faisant intervenir les centres supérieurs.

L'appareil nerveux qui conditionne l'activité ainsi schématisée est fondamentalement identique dans toutes les Classes de Vertébrés, son plan général de structure est déjà parfaitement établi chez les formes considérées comme les plus primitives et un cerveau de Myxine ou de Lamproie présente tous les étages caractéristiques que l'on retrouvera dans toutes les Classes.

Un coup d'œil sur un cerveau relativement simple comme celui de la Grenouille permet aisément de reconnaître ces étages, dont aucun, dans ce cas ne présente une prépondérance nette par rapport aux autres. D'arrière en avant, on aperçoit :

1° la moelle épinière, dont partent de nombreux nerfs rachidiens destinés au tronc et aux membres ;

2° le rhombencéphale, partie plus élargie, caractérisée par la présence d'une fosse d'aspect losangique, ouverte du côté dorsal et dénommée IV^e ventricule ; plusieurs nerfs destinés, en principe à la région céphalique, en partent. En outre, à sa partie rostrale se développe un organe de coordination motrice, le cervelet, qui dans l'exemple choisi n'est encore qu'une lamelle nerveuse transversale peu développée, mais qui atteindra des dimensions considérables à mesure que l'activité motrice deviendra plus complexe.

3° le mésencéphale, représenté par les deux volumineux corps bijumeaux, recouverts d'une méninge pigmentée ; ils sont les centres récepteurs des stimuli visuels, mais aussi d'informations en provenance de régions plus caudales, et peuvent y répondre grâce à la présence de voies descendantes.

4° le diencéphale ne montre, du côté dorsal, que son toit, région relativement peu développée, tandis que du côté ventral il est représenté par l'important hypothalamus, centre de régulation des fonctions végétatives.

5° le télencéphale, représenté par deux masses symétriques allongées, les hémisphères, qui, à ce stade de l'évolution sont essentiellement en rapport avec l'olfaction.

Chez les Vertébrés supérieurs, nous assistons à un développement très marqué de la masse encéphalique portant surtout sur le télencéphale. Cependant la voie suivie au cours de ce développement n'est pas la même chez les Oiseaux d'une part, et les Mammifères d'autre part. Chez les premiers, en effet, l'effort de développement porte sur la région ventrale du télencéphale, appelé le striatum qui va constituer la masse principale du cerveau antérieur.

Chez les Mammifères, au contraire, c'est la région dorsale ou manteau (pallium) qui s'hypertrophie ; elle deviendra l'écorce cérébrale, qui, lisse d'abord, et plus tard plissée en nombreuses circonvolutions augmentant considérablement sa surface, va finalement recouvrir les autres structures encéphaliques. Un cerveau de Lapin vu du côté dorsal ne montre que l'écorce cérébrale encore lisse, suivie en arrière du cervelet, celui-ci recouvrant le rhombencéphale. Les autres régions encéphaliques sont cachées en profondeur et quoique bâties sur le même plan fondamental que chez la grenouille ne peuvent s'apercevoir qu'après ablation ou écartement du cortex.

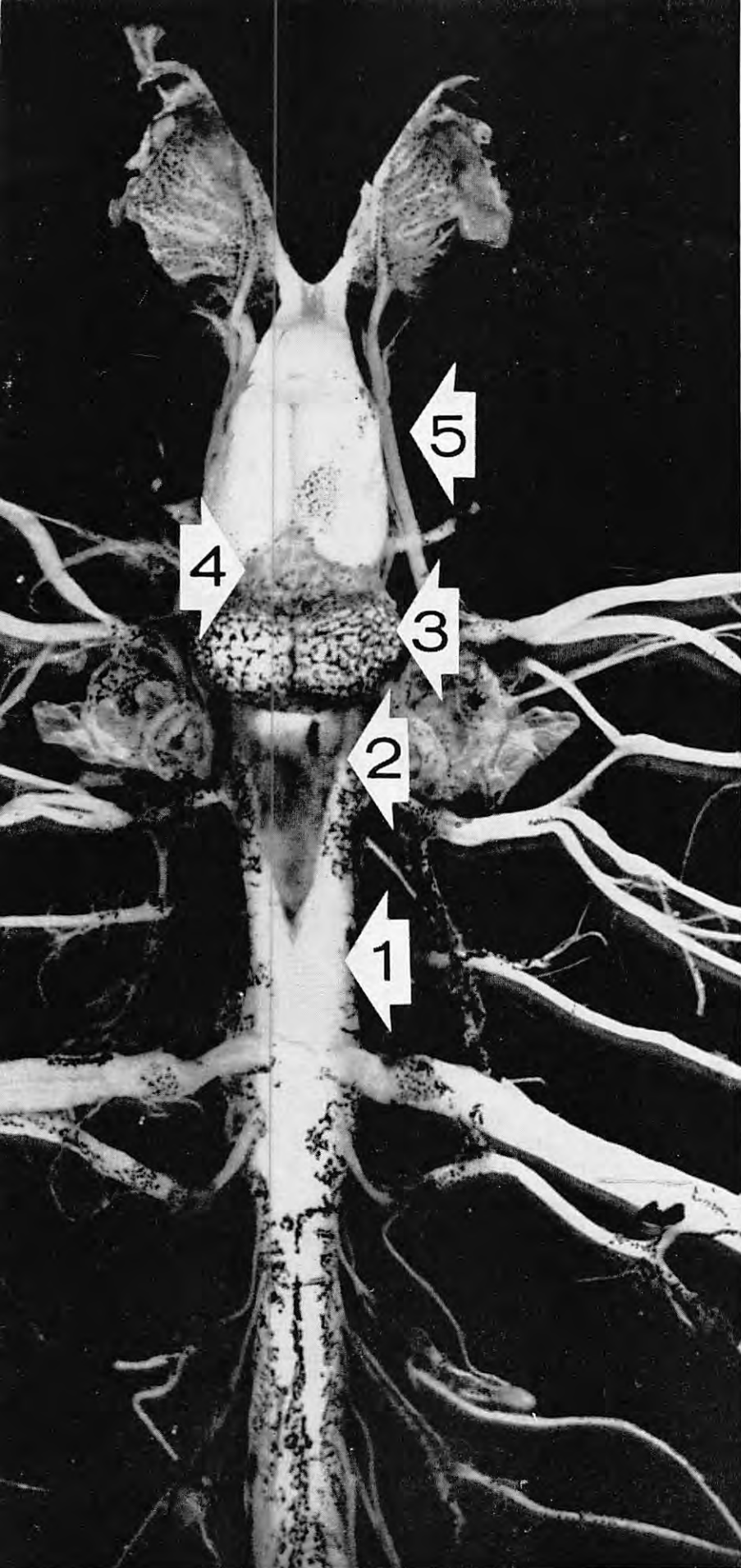
L'activité du cortex cérébral repose, en principe, sur la réception de l'information sensorielle, comme pour les centres inférieurs, mais, de plus, l'information y est inscrite, mise en réserve, en telle manière qu'elle constitue une source de références pour l'analyse consciente des stimuli ultérieurs. Elle permet ainsi un apprentissage, une remémoration, bases de la pensée et des fonctions intellectuelles et psychiques supérieures.

Il résulte de ces aspects du développement, que le cerveau de l'Oiseau et celui du Mammifère sont foncièrement différents en ce qui concerne les fonctions nerveuses supérieures.

Dans le schéma général ainsi tracé, on peut reconnaître :

1° un étage dit "segmentaire" recevant directement les stimuli sensoriels et répondant immédiatement par des ripostes quasi automatiques ;

2° des étages "suprasegmentaires" recevant également l'information sensorielle par des voies plus longues et pouvant y répondre par des réponses plus coordonnées et plus adaptées. Ces centres sont représentés essentiellement par le mésen-



Cette "mise à nu" de l'appareil nerveux d'une grenouille (véritable tour de force technique) permet d'identifier, très aisément, les divers étages du névraxe : moelle épinière (1), rhombencéphale (2), mésencéphale (3), diencéphale (4), télencéphale (5). Cette structuration est le dénominateur commun des vertébrés ; on la trouve aussi bien chez la lamproie que chez l'homme. Mais à mesure que l'on progresse vers l'intelligence, la masse encéphalique se développe.

céphale et le cervelet chez les formes inférieures et plus tard par le télencéphale qui deviendra l'étage le plus important chez le Mammifère supérieur.

L'appareil segmentaire, dans le développement relatif de ses diverses parties, reflète d'une façon souvent très remarquable la nature des stimuli qui lui sont apportés et un zoologiste peut assez facilement reconnaître, au simple examen anatomique si tel ordre de sensibilité, olfactive, gustative, tactile etc. a été prépondérant dans le développement.

Il n'est donc pas sans intérêt de tracer un tableau de l'information sensorielle que l'animal vertébré est susceptible de recueillir et de transmettre à ses centres nerveux.

Une telle étude a forcément un caractère subjectif car étant d'origine humaine, elle s'appuyera sur la connaissance que l'homme possède au sujet de l'information qu'il tire de ses propres organes et qu'il étendra par extrapolation aux organes similaires des Vertébrés. Comment apprécier ce qu'un animal peut ressentir, quantitativement ou qualitativement par des organes récepteurs soit beaucoup mieux développés que les organes humains correspondants, ou même complètement absents dans l'anatomie humaine ? Car, en effet, si l'Homme et les Primates justifient leur position au sommet de l'échelle animale par la possession d'un cerveau antérieur puissamment développé, ils ne possèdent pas nécessairement les organes des sens les plus perfectionnés et, pour un certain nombre de modalités sensorielles, nous rencontrons chez l'animal des exemples de récepteurs anatomiquement mieux construits et plus développés que chez l'Homme. Tout ceci, sans parler des organes sensoriels des Invertébrés où l'on rencontre une foule d'appareils bâtis suivant des principes différents et dont le rôle précis nous échappe souvent. Empressons nous d'ajouter que les méthodes physiologiques, et plus particulièrement l'exploration des activités électriques du système nerveux, permettent néanmoins, par une observation précise et objective de reconnaître la nature et l'importance d'un stimulus, même pour des récepteurs sensoriels faisant défaut chez l'Homme.

Dans l'ensemble des sensations que l'organisme du Vertébré est susceptible de recueillir, il convient de distinguer deux modalités distinctes, à savoir la sensibilité viscérale et la sensibilité somatique, dont les divers aspects feront l'objet de cet exposé.

suite

VERTEBRES

Voici un cerveau de lapin. Le cortex cérébral et le cervelet sont à ce point hypertrophiés que les autres régions sont cachées en profondeur. Le processus d'encéphalisation s'est mis en marche.



La sensibilité viscérale

Elle comporte l'ensemble des sensations naissant dans les organes de la vie végétative, viscères, muqueuse digestive et respiratoire, parois vasculaires, etc. Ces sensations recueillies par des terminaisons nerveuses simples et ne présentant guère de complexité histologique, doivent rendre compte de toutes modifications se produisant dans ces organes et permettre d'une façon rapide et automatique d'en régler le fonctionnement harmonieux. Ce mécanisme traduit ce que W. CANNON a défini sous le terme "homéostasie", c'est-à-dire la faculté pour un organisme vivant de maintenir constant un certain état d'équilibre. Cette notion se trouve d'ailleurs déjà chez Claude BERNARD lorsque ce grand physiologiste écrit "la fixité du milieu intérieur est la condition de la vie libre". Ainsi se maintiennent les conditions indispensables pour le maintien des fonctions vitales, une composition normale des milieux intérieurs, une température normale, une pression sanguine oscillant entre des limites normales, la sécrétion de suc digestifs ou d'hormones, etc. Une telle sensibilité, dite "intéroceptive" quoique ayant quelque fois à sa disposition des dispositifs histologiques particuliers (comme le corpuscule carotidien, sensible à la teneur du sang en oxygène ou en CO₂) ne met pas en jeu les centres encéphaliques supérieurs de la conscience ; elle appartient au domaine de l'„automation" et ; étant inconsciente, ne permet aucune analyse de la nature du stimulus.

Dans ce domaine de la sensibilité viscérale, on place cependant deux ordres de sensations, toutes deux liées à la vie végétative et ayant leur siège dans les muqueuses, toutes deux de nature chémoréceptive, c'est-à-dire enregistrant des stimuli de nature chimique, mais, qui tout en déclenchant des réflexes, atteignent le champ de la conscience et permettent une analyse objective de la nature du stimulus. Il s'agit de la sensibilité gustative et de la sensibilité olfactive, si étroitement liées aux processus de la nutrition.

La sensibilité gustative siège, chez l'Homme, essentiellement sur la langue, dans sa partie postérieure, où l'on décrit, au niveau des papilles dites caliciformes, la présence de bourgeons gustatifs ou tonnelets du goût qui représentent l'appareil récepteur de la sensations gustative. Ces appareils ne sont pas très nombreux, chez l'adulte ; dans le jeune âge on en retrouve aussi sur la partie antérieure de la langue ainsi que sur l'épiglotte et sur le pharynx. Les sensations recueillies, que l'on classe en amères, salées, sucrées et acides sont conduites vers une petite région du rhombencéphale, dénommée le "noyau gustatif" d'où partent des voies nerveuses destinées, soit à la production de réflexes (salivation p.ex.) soit à la transmission de l'influx vers des centres supérieurs con-

scients. La sensibilité gustative chez l'Homme adulte est cependant très limitée, et n'intervient que pour une faible part dans l'appréciation de la qualité de l'aliment ; elle s'associe en effet étroitement à la sensation olfactive et d'ailleurs, à partir d'un certain point des voies nerveuses, influx olfactifs et influx gustatifs se mélangent et sont conduits ensemble vers les centres conscients.

Si, donc, chez le Mammifère en général la sensibilité gustative ne semble pas extrêmement développée - et elle l'est encore beaucoup moins chez l'Oiseau -, nous rencontrons chez certains Poissons des exemples d'hypertrophie remarquable de la puissance gustative. Chez les Silures (Poissons-Chats), les Cyprinidés (Carpe, Tanche), les bourgeons gustatifs envahissent le tégument cutané, les barbillons, la surface latérale de la tête et du tronc. Leur nombre dépasse largement les 100.000. En même temps les centres gustatifs du rhombencéphale s'hypertrophient : sur le fond du IV ventricule surgissent des massifs en forte saillie dont la présence révèle à une simple inspection du cerveau le rôle prépondérant de la gustation dans le comportement de l'animal, et qui représentent le très modeste "noyau gustatif" humain.

Quant à l'olfaction ici aussi l'Homme n'est guère favorisé et se classe parmi les microsmatiques. Son territoire olfactif est limité à une petite région située au plafond de la cavité nasale, où se localisent les cellules olfactives, origines de la voie olfactive. Celle-ci atteint la base du cerveau où l'anatomie décrit un bulbe olfactif de petites dimensions, suivi d'une mince "bandelette" olfactive qui en se bifurquant se perd dans les régions plus profondes. Cette même région examinée chez un animal macrosmatique comme le Porc traduira par le développement beaucoup plus important de toutes ses parties, l'importance de la sensibilité olfactive, qui se marque en périphérie par l'extension sur toute la surface latérale de la cavité nasale d'une muqueuse olfactive épaisse.

Le rapide coup d'œil sur les fonctions sensorielles viscérales permet de reconnaître deux types de sensibilité, l'une est une sensibilité destinée essentiellement à la production de réflexes viscéraux et du maintien des fonctions organiques, elle sera dite "protopathique" ou "vitale".

L'autre représentée par la sensibilité olfactive et gustative est d'un degré plus élevé ; donnant lieu, comme la première, à une activité réflexe liée aux fonctions de nutrition, elle se développera en outre en une sensibilité dite "gnostique" ou "épicrotique", qui permet une analyse consciente de la nature du stimulus et une appréciation centrale de ses qualités.





"Si de nombreux animaux sont capables de faire savoir qu'ils ont faim, seul l'homme peut commander une omelette" a écrit un jour Aldous Huxley. Pourtant l'homme n'est pas particulièrement "gâté" sur le plan de la sensibilité gustative, si on le compare, par exemple au poisson-chat qui possède plus de 100.000 bourgeons gustatifs. Sur cette remarquable photo d'un barbillon de Silure, les bourgeons sont nettement visibles. En somme le poisson-chat goûte déjà avec ses "moustaches".

La sensibilité somatique

Elle comprend l'ensemble des sensations qui sont en rapport avec la vie de relation, c'est-à-dire avec tout ce qui permet à l'individu un comportement adéquat par rapport aux conditions variables du milieu extérieur. Pour cela l'organisme doit percevoir et connaître son milieu extérieur, par la voie des ondes sonores ou des radiations lumineuses émises dans ce milieu, par le contact direct de la surface du corps avec les objets environnants ; il faut en outre qu'il soit informé de sa propre position dans le milieu et de l'attitude des diverses parties du corps par rapport au milieu et par rapport les unes aux autres.

Ainsi la sensibilité somesthésique comprend-elle une sensibilité extéroceptive en rapport avec les stimuli nés dans le milieu extérieur et une sensibilité proprioceptive enregistrant des stimuli qui naissent dans le corps même, spécialement dans le système locomoteur, et dans l'appareil labyrinthique.

La sensibilité extéroceptive

Cet ordre de sensibilité groupe la sensibilité cutanée, la sensibilité auditive et la sensibilité visuelle. Dans chaque groupe, on peut reconnaître une sensibilité destinée à la production de réflexes d'ajustement, ou de réflexes d'évitement (sensibilité nociceptive) et une sensibilité hautement épi-

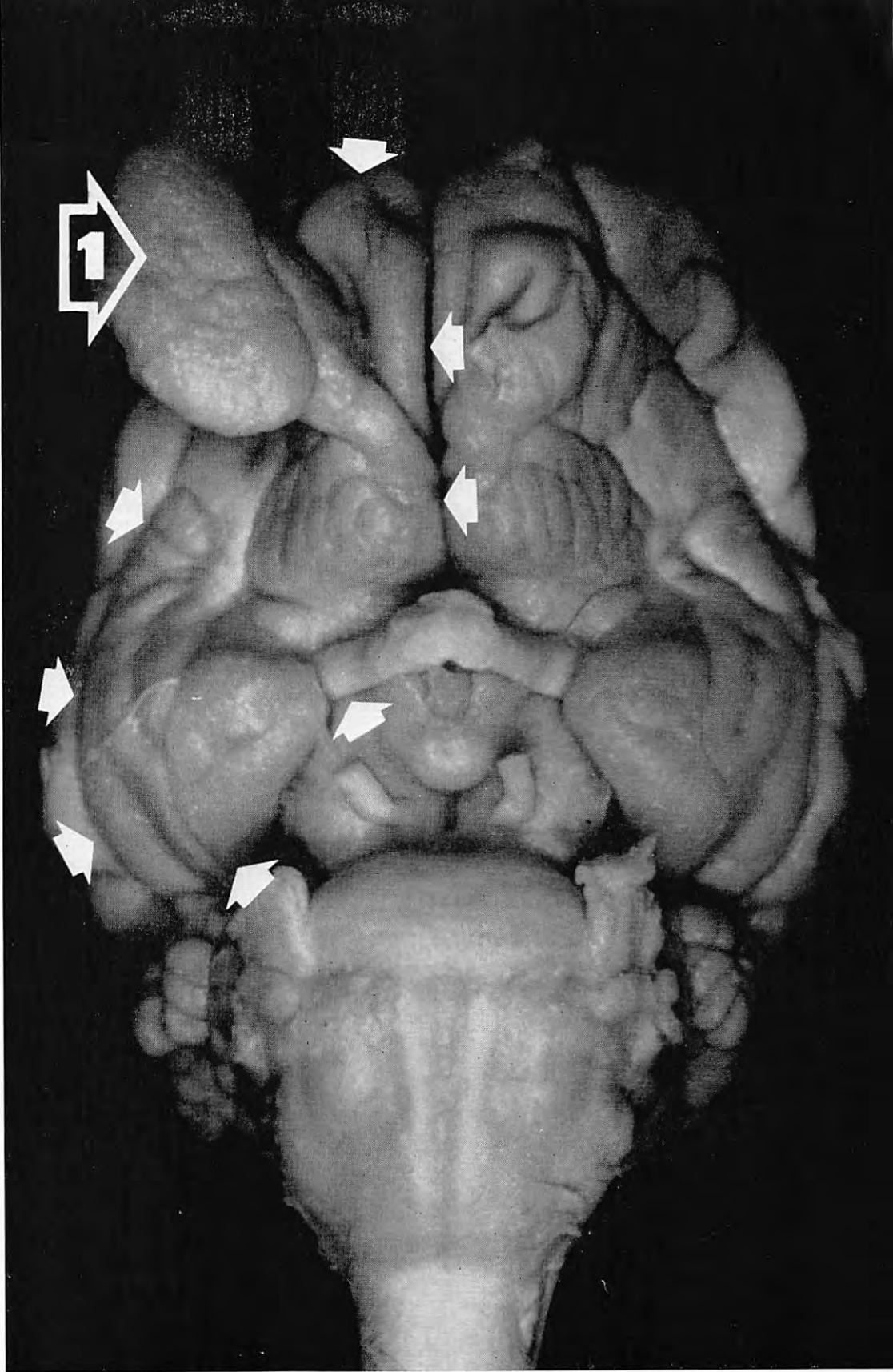
critique, capable d'une analyse poussée et subtile des qualités du stimulus et susceptible d'aboutir à des impressions esthétiques raffinées.

La sensibilité cutanée assurée par l'ensemble des structures nerveuses présentes dans la peau, peut atteindre un haut degré de perfection. Elle repose essentiellement sur la présence à la fois de terminaisons intra-épidermiques et de corpuscules tactiles intradermiques ; ceux-ci correspondent à des types divers dont l'histologie décrit en détail les formes et les aspects. Rappelons en particulier les corpuscules de Meissner, propres aux Primates, localisés immédiatement en dessous de l'épiderme et répondant aux moindres effleurements de la surface cutanée. Ils sont concentrés dans les régions où la sensibilité épicrotite est la plus exquise, spécialement dans la pulpe digitale humaine qui est capable d'une haute discrimination tactile dont un excellent exemple est fourni par la possibilité de lire l'écriture Braille. Plus profondément on décrit d'autres types de corpuscules (c. de Pacini, de Golgi, de Ruffini, etc.) répondant à des contacts plus énergiques et à des pressions plus fortes.

Chez beaucoup d'animaux, le sens tactile se concentre d'une façon remarquable aux environs de la bouche, sur le museau, sur le bec ou sur la langue. Ces régions se caractérisent alors par la richesse de

Deux "mondes" séparés par l'abîme de la perception olfactive

Il nous est extrêmement difficile d'imaginer ce que peut être le monde des animaux ; l'image que nous nous en faisons à travers nos sens n'a rien de commun, sans doute, avec la réalité. Pour illustrer ce propos, nous confrontons ici le cerveau d'un porc (à droite) et celui d'un homme. Alors que chez ce dernier nous voyons des lobes olfactifs (1) réduits à d'étroites bandelettes s'insérant dans une fente minuscule (les flèches), chez le porc, au contraire, les lobes sont gigantesques et le tubercule olfactif occupe une place énorme. Que peut être l'univers du porc, entièrement dominé par l'odorat ? Il nous est impossible de nous le représenter.



suite

VERTEBRES

Le "sens oral" des animaux

l'innervation, par l'abondance de corpuscules tactiles (corpuscules de Herbst et de Grandry des Oiseaux aquatiques), par la présence de poils tactiles ou vibrisses. Ces derniers diffèrent des poils habituels par la présence d'un large sinus sanguin en communication avec l'appareil vasculaire et permettant par un véritable mécanisme d'érection d'obtenir un état de rigidité éminemment adapté à la fonction tactile. EDINGER a qualifié de "sens oral" cette sensibilité localisée et devenue si importante pour la connaissance du monde extérieur. Illustrons le développement du sens oral par le choix de deux exemples : le museau de la Taupe et la langue de Pic.

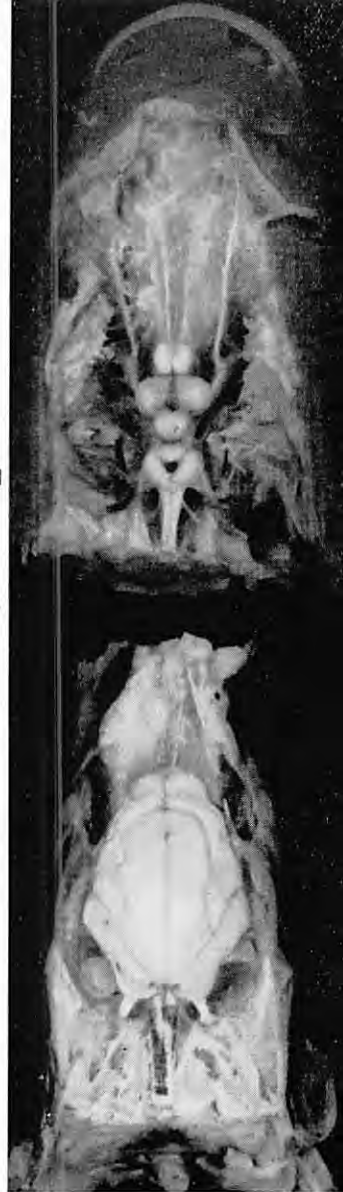
Le museau de la Taupe est revêtu d'une peau glabre, montrant de nombreuses élevures qui correspondent à d'autant de papilles. En coupe, la structure de l'épiderme y rappelle singulièrement l'aspect observé au niveau de la pulpe digitale humaine. Dans chaque papille on trouve une colonne axiale de cellules épidermiques, entourée d'un grillage, formé de fibres nerveuses grimpant jusqu'à la surface. A la base de cette colonne, on aperçoit 2 ou 3 grandes cellules claires, dites "cellules tactiles" de Merkel, contre la base desquelles vient s'appuyer une expansion nerveuse discoïdale. Enfin, sous chaque papille on rencontre 2 ou 3 corpuscules tactiles. L'ensemble constitue donc un complexe sensoriel plus perfectionné et plus complet que ce qui existe dans la pulpe digitale humaine. Son rôle semble prépondérant pour la recherche des proies vivantes que cet animal quasi aveugle recherche au cours de ses longs cheminements souterrains.

Chez les Oiseaux aquatiques, qui fouillent dans la vase, le bec est devenu un organe tactile garni sur ses deux faces de nombreux corpuscules tactiles, connus sous le nom de corpuscules de Herbst et de Grandry. Chez d'autres espèces comme le Pic, c'est la langue qui s'est ainsi spécialisée ; coiffée d'un étui corné, véritable ongle suivi d'une zone élargie extrêmement riche en corpuscules tactiles, la langue constitue un organe préhensile que l'animal introduit dans les orifices creusés par le martèlement du bec contre l'écorce des arbres et qui va y rechercher les petits insectes ainsi chassés de leur retraite. Sur une coupe longitudinale d'une telle langue, on aperçoit les nombreux corpuscules de Herbst, sous forme de petits organes à structure lamellaire groupés sous l'épiderme.

Dans le cadre de la sensibilité extéroceptive, on range encore la sensibilité thermique et algésique. Celle-ci constitue en général une sensibilité dite "nociréceptive", c'est-à-dire destinée à éviter des

contacts nocifs et désagréables plutôt qu'à provoquer des réflexes positifs ou des analyses conscientes. L'existence de récepteurs spécifiques pour la perception des sensations thermiques reste toujours douteuse, spécialement chez le Mammifère, tandis que la sensation douloureuse n'est probablement pas spécifique, toute sensation pouvant devenir douloureuse au delà d'une certaine intensité de stimulation. Il s'agirait donc fondamentalement d'une sensibilité à ranger dans le cadre de la sensibilité vitale.

Il existe néanmoins dans la série des Vertébrés un organe sensoriel remarquable et unique en son genre, s'étant développé comme un récepteur spécifique des radiations infrarouges calorifiques. C'est la fossète faciale des Crotales ou Serpents à sonnettes. Ces Reptiles possèdent en effet, entre la narine et l'œil un petit organe formé de deux cavités superposées dont la supérieure est largement ouverte à la surface, et qui sont séparées par une mince membrane ; celle-ci qui a à peine quelques millièmes de millimètre d'épaisseur contient d'abondantes terminaisons nerveuses. Des expériences physiologiques précises montrent que l'organe réagit uniquement aux rayons infrarouges et permet de percevoir un objet qui diffère de peu de degrés du milieu ambiant. C'est ainsi que la main passée à 50 cms devant l'organe déclenche une réponse électrique des nerfs de la membrane ; de même un



La vie est imaginative : sur le même schéma elle peut varier ses desseins à l'infini. Témoins les documents que nous reproduisons ici. Sur la page de gauche, deux cerveaux de poissons ; en haut la Tanche, en bas, le Mormyre. Chez l'une la structuration "classique" est respectée et si dans le rhombencéphale, on aperçoit de volumineux lobes gustatifs, les divers étages du névraxe sont nettement reconnaissables. Chez l'autre au contraire, la masse du cervelet "dévore" le reste du cerveau. Autre exemple de l'infatigable imagination de la nature : la langue du pic (ci-dessous). Sous une partie cornée on décèle la présence de nombreux corpuscules tactiles lamellaires qui font de cette langue une véritable "sonde" sensible



verre d'eau placé immédiatement devant l'organe, dont la température est différente de 0,1° par rapport au milieu sera également perçu. L'animal qui chasse de préférence la nuit, peut donc percevoir le passage à proximité d'un petit Mammifère qu'il pourra frapper avec précision. D'ailleurs, par suppression de la vue et occlusion des narines, on constate que le Serpent est encore parfaitement capable d'atteindre sa proie.

Enfin, la sensibilité extéroceptive comprend les deux organes les plus perfectionnés dans leur structure et leur fonction chez l'Homme, l'œil et l'organe de l'ouïe. La description de leur structure si hautement complexe dépasse de loin les limites du présent exposé général.

On peut cependant signaler que l'anatomie comparée fournit encore une fois un exemple d'organe sensoriel capable de prestations plus fines que celles de l'organe correspondant. La rétine humaine possède, comme on le sait, une région située au pôle postérieur de l'œil, la macula, et qui est la seule région de vision précise, la région par exemple où doivent se former les images d'un texte imprimé pour que celui-ci soit lisible. En dehors de la région maculaire s'étend une large région visuelle, mais à enregistrement beaucoup moins précis. Les deux maculae, droite et gauche perçoivent des images de la même région du champ visuel, c'est-à-dire que leur

vision est binoculaire. Or chez les grands Rapaces, on a reconnu la présence dans chaque œil de deux maculae, l'une assurant une vision précise vers les côtés correspondant de la tête, donc une vision monoculaire, l'autre, permettant conjointement avec son homologue de l'œil opposé, une vision binoculaire, vers une région située en avant de la tête. L'Oiseau possède donc ainsi un "trident" visuel lui permettant d'explorer avec précision trois régions du panorama, au lieu d'une seule.

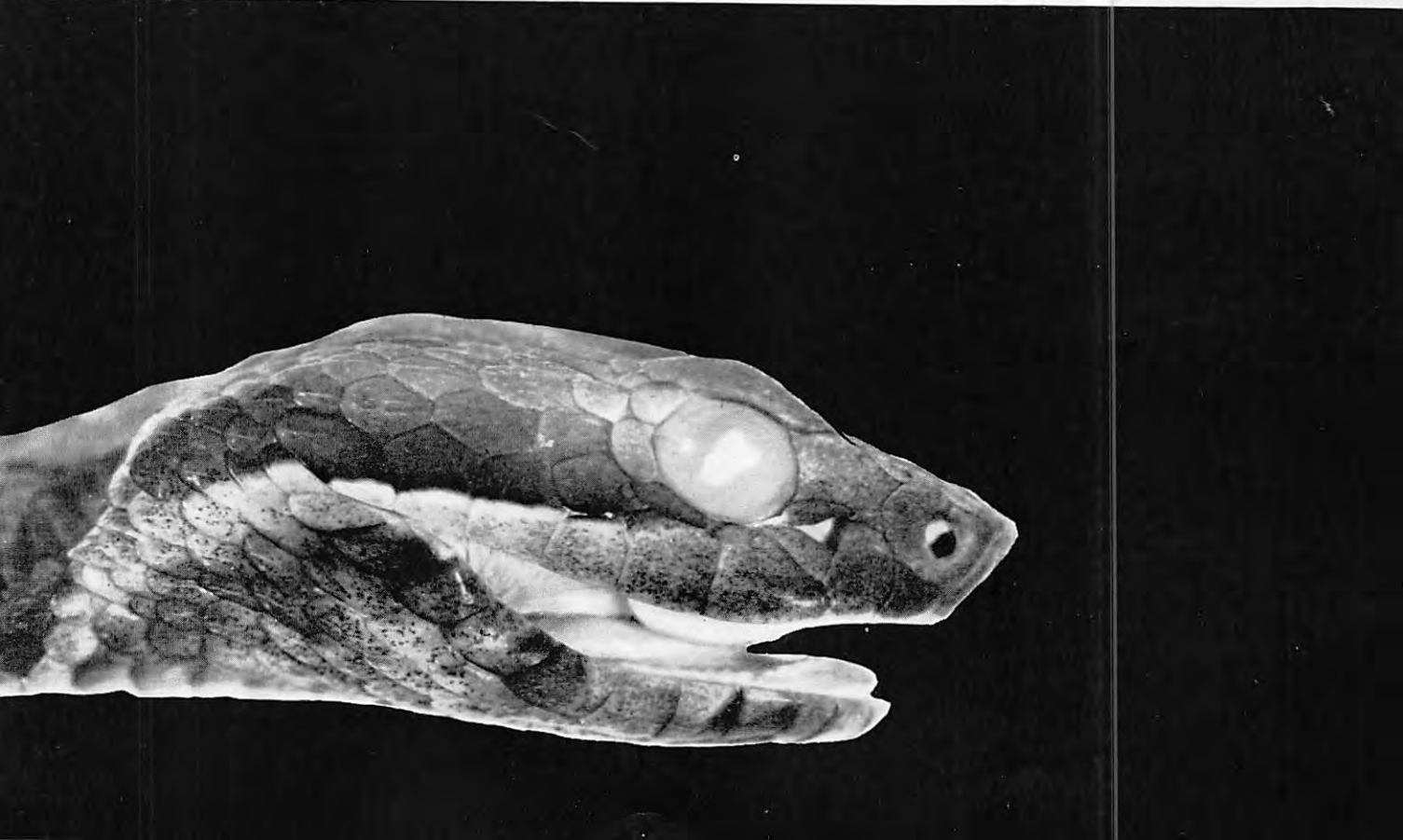
Quant à la sensibilité auditive elle est supportée par l'organe de Corti, anatomiquement et histologiquement hautement structuré. Il ne montre guère de variations importantes chez les Mammifères. Cependant chez les Chauve Souris, il est certainement doté d'une sensibilité plus étendue puisque l'on sait que l'animal, en volant, émet des ultra-sons de haute fréquence qui, réfléchis par les obstacles et immédiatement perçus, permettent à l'animal d'éviter de s'y heurter.

Enfin, notre tableau de la sensibilité extéroceptive ne serait pas complet sans dire quelques mots d'un système sensoriel très polymorphe, complètement absent chez les Vertébrés terrestres mais bien développée chez toutes les formes aquatiques inférieures, Poissons, etc... Il est connu sous le nom de système de la ligne latérale ou système latéral. Ses organes récepteurs sont répandus dans le tégument

cutané et situés soit à sa surface, soit dans des canaux creusés immédiatement sous la peau et apparaissent comme de petits bourgeons sensoriels ou "neuromastes" qui présentent une lointaine ressemblance avec les bourgeons gustatifs, dont les distinguent cependant des caractères histologiques précis.

On considère le système latéral comme essentiellement reflexo-moteur, les stimuli étant constitués par des ondes ou des pressions se produisant dans le milieu liquide extérieur. En se déplaçant l'animal crée au devant de lui des ondes liquides, qui réfléchies par les obstacles se donneront une information sensorielle permettant des réflexes appropriés, soit directement à l'intervention des centres "latéraux" du rhombencéphale, soit avec l'intervention du cervelet auquel le système latéral est étroitement connecté.

On connaît un cas remarquable de développement exubérant du système latéral : c'est celui de certains Poissons africains, les Mormyres. Ces animaux possèdent, spécialement sur la tête des appareils sensoriels compliqués sous forme d'organes tubulaires glanduliformes dont le fond est occupé par des cellules sensorielles et qui, anatomiquement et histologiquement se placent dans le groupe des organes du système latéral. Les centres "latéraux" du rhombencéphale sont hypertrophiés et le cervelet lui-même présente des dimen-



fin

VERTEBRES

sions monstrueuses, par rapport à celles d'un Poisson osseux de même taille. Le rôle de ce système est resté longtemps mystérieux. Cependant des recherches physiologiques récentes semblent indiquer que les "mormyromastes" répondent à des excitations électriques, représentées par de faibles différences de voltage dans le milieu ambiant ou par de faibles courants électriques. Comme par ailleurs, l'on sait que les Mormyres possèdent sur les flancs un organe électrique, susceptible de créer de telles différences de voltage, on peut concevoir que l'animal peut ainsi percevoir les stimuli électriques du milieu, soit que ceux-ci proviennent de son propre organisme soit qu'ils indiquent la présence de congénères voisins.

Citons enfin, toujours dans le cadre du système latéral, les ampoules de Lorenzini, présents sous la peau de la tête, chez les Requins et les Raies et qui seraient peut être sensibles à un abaissement minime de la température extérieure et les vésicules de Savi des Raies électriques concernant la fonction desquelles nous sommes dans l'ignorance totale.

La sensibilité proprioceptive

L'organisme des Vertébrés est doté d'appareils capables d'apprécier la position du corps et de ses parties dans l'espace et de déclencher des réflexes moteurs en rapport avec la variation de cette position. Ainsi le corps se maintient-il dans une attitude normale dont il est difficile de l'écarter. Un Poisson que l'on incline entre les mains se redresse instantanément dès qu'il est lâché. Un tel réflexe correcteur se produit de même pour des déviations de certaines portions du corps par rapport aux autres : si l'on saisit à pleines mains un Canard en le déplaçant dans diverses directions, on observe que le cou se plie et se tord et s'incline de manière à ce que l'horizontalité de la tête soit conservée le mieux possible.

Des réflexes correcteurs du même genre se produisent chez l'Homme, particulièrement en ce qui concerne la position des yeux ; pour assurer une vision normale, ceux-ci doivent conserver le mieux possible leur position correcte dans l'orbite, leur plan horizontal coïncidant à peu près avec la ligne horizontale ; de petits déplacements de la tête vers le haut ou le bas, ou vers les côtés, ou par inclinaison de la tête entraînent instantanément de mouvements compensatoires des yeux en sens opposé. Ce remarquable appareil de réglage est parfaitement automatique et ne nécessite aucune intervention de la volonté. Son organe récepteur est représenté par le labyrinthe vestibulaire, présent chez tous

les Vertébrés, avec une morphologie très constante ; il est formé par deux poches membraneuses, l'utricule et le saccule, portant chacune une région sensorielle recouverte d'une membrane alourdie par des concrétions calcaires ou otoconies et sensible à l'action de la pesanteur. De plus, l'utricule porte trois canaux semicirculaire, orientés dans les trois plans de l'espace et munis chacune d'une dilatation sensorielle, qui sera impressionnée par le courant liquide produit dans les canaux par une rotation de la tête.

Cet appareil vestibulaire assure l'équilibre de tous les Vertébrés inférieurs. Chez les Mammifères, il s'y ajoute un système nouveau, qui non seulement permet des réflexes moteurs finement ajustés, mais aussi la perception consciente de la position des membres. Ce système proprioceptif ou kinesthésique siège dans l'appareil locomoteur lui-même, muscles, tendons et articulations et est représenté par des petits organes atteignant quelquefois un haut degré d'organisation structurale. Tels sont en particulier les "fuseaux neuromusculaires" présents dans les muscles volontaires et d'autant plus nombreux qu'il s'agit de muscles capables de mouvements plus ajustés. Chez l'homme c'est dans les muscles de la main qu'on les trouve en très grand nombre. Il semble bien, selon les résultats de l'électrophysiologie, qu'il n'assure cependant pas la transmission vers la conscience des stimuli recueillis, mais intervient uniquement dans l'ajustement réflexe de l'activité motrice. La sensibilité consciente qui, elle atteint en dernière analyse les aires réceptrices du cortex cérébral, est assumée par les terminaisons sensorielles présentes dans les articulations et les tendons.

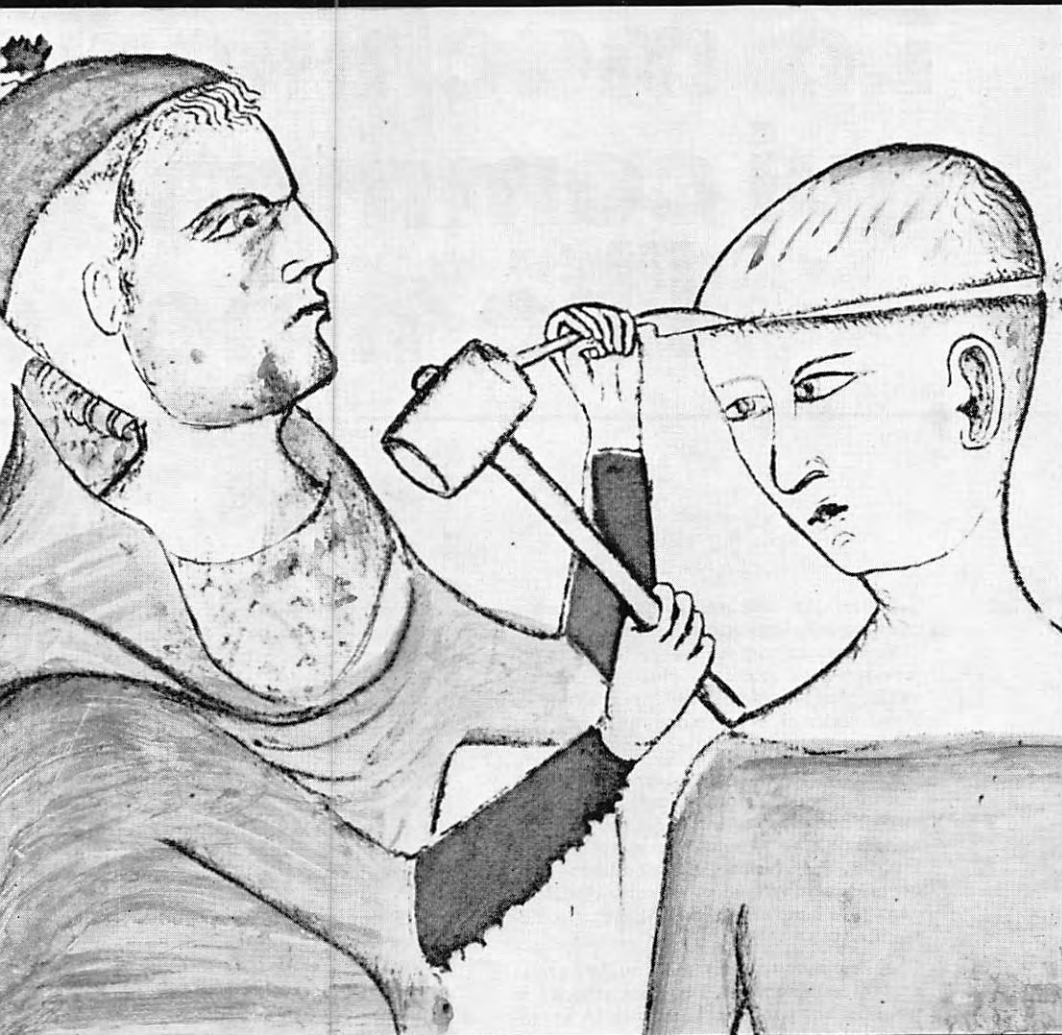
Le tableau ainsi brossé à grands traits permet de se faire une idée générale des diverses informations sensorielles que le Vertébré peut recevoir et de les classer selon un ordre logique. Ce tableau est cependant mieux qu'une classification imaginée pour des buts didactiques ou méthodologiques. Il reflète en réalité les dispositions anatomiques que l'on rencontre dans les zones réceptrices du système nerveux central. L'étude de l'anatomie comparée montre en effet que les diverses modalités sensorielles possèdent chacune leur territoire propre, leurs connexions propres et que l'on peut donc affirmer que le schéma proposé est réellement inscrit dans les structures nerveuses elles-mêmes. Ainsi se révèle d'une façon frappante l'importance prépondérante de l'apport sensoriel pour l'édification du système nerveux.

R. CORDIER

Un biologiste célèbre a comparé l'évolution à un buisson qui pousserait des branches dans toutes les directions, sans ordre ni esprit de suite, oubliant aussitôt le rameau qu'il venait de créer. Parmi ces "rameaux" oubliés : un extraordinaire organe de perception de la chaleur dont le serpent crotale possède l'unique exemplaire. Il s'agit d'une sorte d'ouïe, visible entre la narine et l'œil du dangereux reptile (photo du bas). Elle est formée de deux chambres superposées que sépare une fine membrane. Le moindre changement de température, provoqué par le passage d'un animal, même minuscule, dans un rayon de plus d'un mètre, agit sur la membrane et prévient le crotale qui bondit sur sa proie. Cette disposition anatomique apparaît nettement sur la coupe histologique que nous reproduisons ci-contre.

Après tout
la civilisation
a pour but,
non pas
le progrès
de la science
et des machines,
mais celui
de l'homme

Dr A. CARREL



La machinerie qui commande l'homme

Après avoir situé l'homme par rapport aux autres vertébrés, sur le plan de la perception, il est temps maintenant que nous fassions le point des connaissances actuelles en matière de système nerveux.

Que savons-nous exactement de l'étonnante machinerie qui commande l'homme ? C'est ce que nous nous efforçons de dire ici, en même temps que nous montrons comment, peu à peu, on a accédé au savoir. C'est la confrontation de deux 'vérités' que nous avons voulue ; l'une montrant la relativité de l'autre et ne nous permettant pas d'oublier que toute science n'est jamais qu'un moment de l'histoire de l'humanité.

Dans la célèbre tragédie grecque "Antigone", Sophocle fait dire au chœur : "Nombreuses sont les merveilles de la nature mais, de toutes, la plus grande merveille, c'est l'Homme", car "il est fécond en ressources : il n'en manque point vers quelque instant de l'avenir qu'il s'achemine".

Roi du monde, l'Homme constitue un tout et agit perpétuellement (mais pas toujours raisonnablement, hélas !) comme un tout. En lui, psychisme et conditionnement organique (physique et morale, disent les gens plus simples) se mêlent inextricablement.

Chez les animaux, comme l'amibe, privés de réseau nerveux, les excitations se transmettent par voie humorale. A un niveau supérieur, mettons chez les annélids, on observe des réactions nerveuses non centralisées. Chez les mammifères supérieurs, il y a centralisation. Chez l'homme surtout, ce système est perfectionné : centre de commandement, le cerveau est relié à la "périphérie" ou reste du corps par la moelle épinière renfermée dans l'épine dorsale. Par elle, il commande aux différentes parties du corps.

Ce système perfectionné n'a pas supprimé des moyens primitifs de connexion, représentés par le système hormonal et le système neuro-végétatif. Tous trois, étroitement imbriqués, se contrôlent mutuellement, sans qu'il soit très possible de déterminer ce qui revient à chacun.

C'est la description de cette étonnante "machinerie" que nous allons entreprendre ici.

Partant du plus simple vers le plus complexe, nous commencerons par les composants du corps. Puis, nous analyserons comment se décompose un neurone (la cellule nerveuse), comment il fonctionne et agit sur ses voisins. Ensuite de quelle manière se transmet l'influx nerveux et quelles réponses il peut entraîner : cet arc-réflexe nous amènera à traiter de deux grandes réactions élémentaires : la sensibilité et la motricité.

Nous élevant encore, nous détaillerons le cerveau, ne faisant qu'esquisser ses principales activités (réservées à un numéro

ultérieur de BP Review car nous ne faisons ici que "démonter" la machine sans analyser ses performances) et son inactivité (?) apparente, le sommeil.

Ayant ainsi commenté le principal, le système cérébro-spinal, nous passerons rapidement sur les deux autres systèmes : l'hormonal et le neuro-végétatif.

Tout ceci dissertant d'un fonctionnement inné, de réflexes hérités, nous ajouterons un mot sur une catégorie spéciale de réflexes : ceux que l'on arrive à créer en les "dosant", autrement dit les réflexes conditionnés, porte ouverte vers les limites du savoir.



Les matériaux nutritifs du corps humain

Absent dans le règne végétal, le système nerveux est une organisation caractéristique du règne animal, et qui progresse au fur et à mesure que se perfectionnent les structures. Et qui consomme... Primum edere... pour subsister, c'est bien connu, on a besoin de matériaux nutritifs. Ceux-ci se répartissent en trois catégories :

- 1 les graisses ou lipides
- 2 les matières albuminoïdes ou protides
- 3 les sucres ou glucides

Les lipides

1 Insolubles dans l'eau, mais solubles dans l'éther, les graisses ou lipides sont dites simples ou ternaires lorsqu'elles ne contiennent que du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène. La plus à la mode de ces graisses simples est le cholestérol dont le foie fait la synthèse, et qui est devenu la terreur des gourmets et surtout des gourmands !

Les graisses complexes, dénommées également lipides, contiennent, elles, en plus, de l'azote et du phosphore.

que l'on ne peut dire ce qui revient à chacun,voici...

Le lent cheminement de la connaissance

Il y a 25 siècles les Hindous connaissaient l'essentiel des théories de Freud !

Prévoyant comme l'écureuil, l'organisme renouvelle constamment ses graisses et en "met de côté" pour les cas de nécessité. Le grand régulateur de l'utilisation de ces graisses est une glande qui atteint parfois un poids de plus d'un kilo : le foie, que les hommes modernes ne connaissent que trop.

Les matières albuminoïdes

2 Provenant d'acides aminés au nombre d'une vingtaine, les matières albuminoïdes ou protides forment une source d'énergie, intervenant comme constituants de différents tissus, de sécrétions glandulaires et du plasma sanguin.

Leur métabolisme (on appelle ainsi l'ensemble des échanges qui s'accomplissent dans l'organisme) est infiniment complexe. Ils sont composés d'hydrogène, d'oxygène, de carbone et d'azote. Une synthèse d'acides aminés dont le mécanisme est encore mal connu donne les protéines (la grande presse disait, le 9 février dernier, que leur production industrielle permettrait de nourrir les 2/3 des peuples sous-alimentés).

Les nucléo-protéines comportent des acides nucléiques différents selon leur localisation. Le fameux A.D.N. (acide désoxyribonucléique) forme l'élément principal des chromosomes, support de l'hérédité. Sa double spirale vient d'être reconstituée, sur plus de 2 mètres de haut, à l'Exposition de Seattle. Malgré les expériences de Casper-son, nous connaissons encore très mal le mécanisme de production des nucléo-protéines dans la cellule nerveuse. Certaines perturbations de leur métabolisme mènent à l'excès d'acide urique dans le sang (dix fois trop mène à cette "goutte" qui a fourni aux auteurs de théâtre un excellent comparse).

Les glucides

3 Les sucres ou glucides constituent le combustible de choix pour l'organisme. Toutes nos manifestations énergétiques (ce n'est pas une vaine parole populaire de prétendre que le sucre répare les forces usées et retape le sportif épuisé) dépendent d'eux et de leur stabilité dans le corps.

Constituant normalement la cellule vivante, ils peuvent être stockés par l'organisme.

L'Homme, cet inconnu....

C'est ce titre d'Alexis Carrell qui s'impose à l'esprit lorsqu'on étudie l'histoire du système nerveux ; sa connaissance s'est réalisée d'une façon extrêmement lente au cours des siècles. Tâtonnement sans fin, allégations non fondées, constatations empiriques, erreurs innombrables entravaient la marche du progrès. Faute de relations adéquates entre les différentes civilisations, des découvertes de valeur se perdaient et de grands esprits en étaient réduits à enfoncer des portes ouvertes.

Sait-on qu'il y a 25 siècles, les Hindous connaissaient l'essentiel des théories de Freud ? Songe-t-on qu'il n'y a guère, en plein dans le siècle qui se proclamait de "lumière", des interdits religieux proscrivaient l'auscultation directe du corps humain ? Aussi, jusqu'au XIXe siècle, l'histoire du système nerveux n'est-elle que l'énumération de quelques découvertes isolées.

Depuis, la formation d'écoles, le développement des moyens d'investigation, l'application de méthodes scientifiques et la communication internationale des résultats ont érigé la NEUROLOGIE en science autonome et ont fait d'elle l'une des disciplines les plus exactes de la Faculté de Médecine.

Biologie (étude de la vie des corps organisés), anatomie (structure des êtres organisés, au repos), histologie (qui traite des tissus organiques), physiologie (corps en fonctionnement) pathologie (corps malade) ont rivalisé pour synthétiser les activités motrices sensibles et intellectuelles en un système unique, intégrateur et organisateur, qui confère à l'homme son unité de personnalité et de conscience.

Notion moderne que cette idée d'unité. Les quarante siècles précédents, avec leurs théories plus ou moins valables, n'ont cependant pas été vains.

Ils ont "préparé". Souvent au prix d'erreurs inévitables, lentement, lon-

guement. Car, pour paraphraser Virgile, on pourrait conclure : "C'était un tel travail de fonder l'étude de l'Homme !"

De mystérieuses trépanations

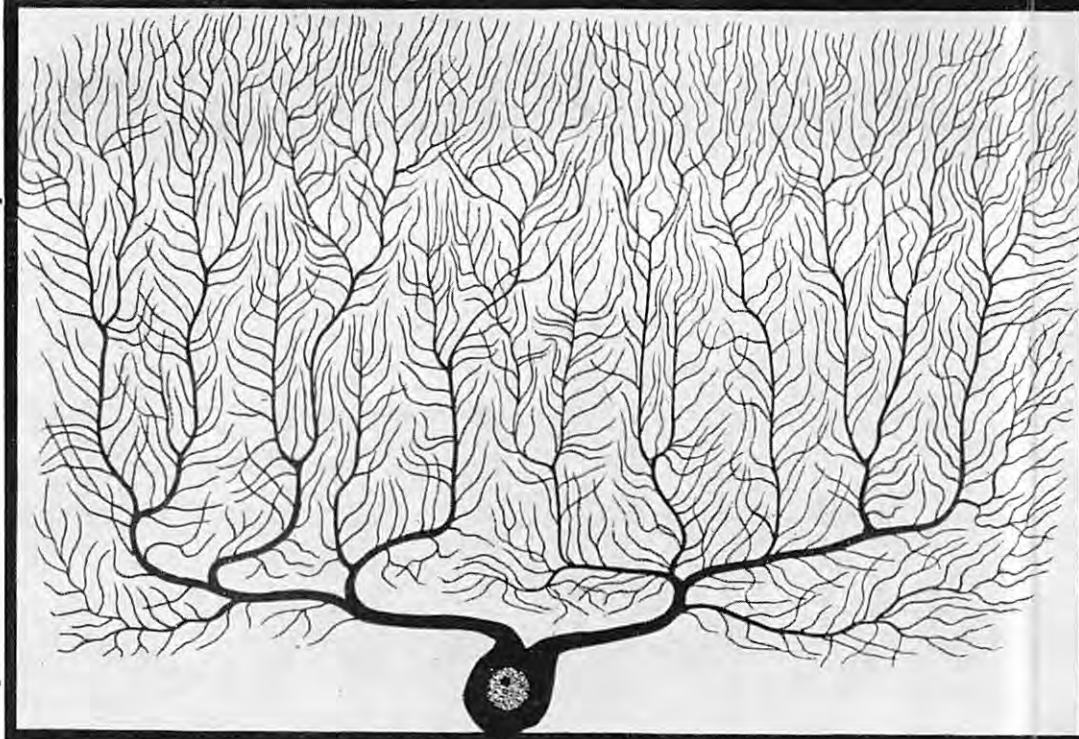
Depuis la mésaventure survenue avec la "Red lady de Paviland" (qui s'est révélée être en réalité... un homme!), il importe d'être très prudent avec les sujets préhistoriques. Et de méditer une boutade de Chesterton assurant



Ce crâne d'un homme ayant vécu au néolithique porte-t-il des traces de trépanation ? Il serait en tous cas difficile de croire à une intervention chirurgicale.

que, si dans quelques millénaires, on découvrait une de nos chambres d'enfants décorée de lapins, de canetons et d'éléphants roses, il ne manquerait pas alors de graves savants pour conclure que nos populations s'adonnaient avant tout à la chasse et que la teinte de nos pachydermes était bien curieuse...

Aussi la plus grande circonspection est-elle de mise lorsqu'on étudie le passé. Et que, par exemple, on constate sur des crânes du paléolithique moyen,



Ce merveilleux espalier n'est autre qu'une des cellules du cerveau, que les anciens appelaient "arbre de vie" et qui joue un rôle déterminant dans les fonctions de l'équilibre.

C'est ainsi que le glycogène remédie à une dizaine d'heures de jeûne. En cas de jeûne prolongé, une réaction du foie, appelé néo-glyconèse, transforme en sucre différents éléments non glucidiques.

BRULES PAR L'ORGANISME QUI EST COMME UN FOYER EN MOUVEMENT, CES TROIS ALIMENTS DE BASE, LIPIDES, PROTIDES ET GLUCIDES, FOURNISSENT NORMALEMENT DE L'EAU (QUI SE TROUVE A RAISON DE 70% DANS LE TISSU CEREBRAL), DE L'UREE ET DU GAZ CARBONIQUE.

Suivant ses besoins, par un métabolisme intermédiaire terriblement compliqué, l'organisme est à même de reconstituer tel ou tel élément qui lui est indispensable. Interconversions que nous exécutons continuellement sans nous rendre compte, heureusement, de leur complexité ! Pour clôturer brièvement, ajoutons que le corps utilise encore des oligo-éléments (il existe en nous de très petites quantités de sels minéraux : moins que pour un dollar assurait un conte de fiction américain), des vitamines (une véritable carence en vitamines dite avitaminose est rare, mais prendre des vitamines reconforte toujours le malade !), des hormones (sécrétions des glandes endocrines dont le rôle est essentiel dans la croissance et la sexualité), des enzymes ou ferments solubles (molécules compliquées nécessaires à toutes les cellules comme catalyseurs).



L'unité de base : le neurone

Le système nerveux des vertébrés (on se rappelle que nous avons spécifié que le système nerveux est typique du règne animal) se décompose schématiquement comme suit, répétons-le :

- Les nerfs (l'unité structurale du tissu nerveux est le neurone)
- Les centres nerveux qui sont l'encéphale (cerveau) et la moelle épinière.

Les centres nerveux, ce sont en quelque sorte des officiers; les nerfs, des soldats qui exécutent les ordres, sans avoir besoin d'être parcourus, comme l'imaginait Descartes par "les esprits animaux".

Plus d'un mètre. . .

Cordons cylindriques ou aplatis, formés de fins faisceaux dénommés fibres nerveuses (certaines dépassent un mètre chez l'homme), ces nerfs prolongent des cellules nerveuses. A cet ensemble d'un noyau (péricaryon) et de ses prolongements, on a donné le nom de neurone. Le tissu nerveux est donc constitué de cellules très différenciées, et de leurs prolongements ; entre elles, les cellules gliales ou névroglies jouent un double rôle de soutien et de nutrition.

DES SON DEVELOPPEMENT DANS LE FETUS, LE NEURONE SE SPECIALISE MAIS IL RESTE INCAPABLE DE SE DIVISER. TOUTE DESTRUCTION DE NEURONES NE POURRA DONC JAMAIS ETRE COMPENSEE PAR LA MULTIPLICATION DE NEURONES VOISINS ET, SI LA DESTRUCTION EST GRAVE (comme, par exemple, avec le virus de la poliomyélite qui attaque des neurones moteurs de la moelle), LE DESASTRE SERA IRREPARABLE ET L'ON NE POURRA EVITER UNE PARALYSIE DES MUSCLES COMMANDES PAR CES NEURONES.

La cellule nerveuse contient un noyau, sorte de vésicule claire, riche en protéines partiellement combinées avec des graisses complexes.

Généralement en forme d'étoile, elle possède deux espèces de prolongements :

- les dendrites ("dendron" veut dire arbre en grec et, de fait, les dendrites se ramifient en branches fines, donnant l'aspect d'un arbre dénudé de ses feuilles), généralement courts et à base d'implantation large.
- le cylindraxe ou neurite ou axone, toujours unique, de calibre invariable et de longueur souvent considérable : ainsi, le nerf sciatique, le plus long de l'organisme,

me, excède le mètre !

Comme s'il manquait de noms, ce cylindraxe (ou neurite ou axone) s'appelle fréquemment aussi fibre nerveuse. Il émet, à angle droit, des branchettes collatérales.

Fort différentes par leur aspect extérieur, les cellules nerveuses ne montrent, en fait, que d'innombrables variations sur le nombre, l'orientation et les ramifications des dendrites ou du cylindraxe.

Sens unique

pour l'influx nerveux

L'influx nerveux, que nous analyserons tout à l'heure, s'effectue toujours dans le même sens : du dendrite au corps cellulaire vers le cylindraxe, puis de la terminaison de ce cylindraxe vers les dendrites du neurone suivant.

Une gaine de myéline, corps gras disposé en couches concentriques autour des cylindraxes (sauf notamment pour la majeure partie du système sympathique), l'isole et permet de conduire cet influx nerveux beaucoup plus rapidement. Bref, un excellent isolateur-accelérateur. Qu'il s'agit de préserver. Car s'il se détériore (par suite de maladies, comme la sclérose en plaques par exemple), l'influx se ralentit considérablement ; ce qui entraîne des troubles graves du système nerveux central, telles des sensations anormales, des paralysies, etc...

SPECIALISEE, DONC IRREMPLAÇABLE, LA CELLULE NERVEUSE, A L'INSTAR D'UNE CHAUDIERE, A BESOIN DE COMBUSTIBLE EN QUANTITES ELEVEES : OXYGENE ET GLUCOSE PRINCIPALEMENT, QUE LES VAISSEAUX DOIVENT LUI AMENER SANS TREVE.

C'est ainsi que tout arrêt de la circulation cérébrale, causé par un arrêt cardiaque dépassant cinq minutes, entraînera des lésions irréparables (les médecins vous diront "irréversibles"). Ce qui explique que, pendant longtemps, ce "simple" obstacle s'est opposé aux progrès de la chirurgie du cœur. Seule l'invention récente du cœur artificiel a permis de contourner la difficulté.

La machinerie qui commande l'homme (suite)

Cette cellule nerveuse si précieuse, comment fonctionne-t-elle ? La physiologie du neurone doit tout à l'intuition d'Henri Waldeyer et aux expériences de Ramon Y Cajal.

La fonction essentielle du neurone est de conduire l'influx nerveux et cette conduite, nous l'avons précisé, s'effectue toujours dans le même sens. Il n'y a jamais de connexions de dendrite à dendrite, ni de cylindraxe à cylindraxe, mais toujours des dendrites (pôle réceptif à travers la cellule) vers le cylindraxe (dont la terminaison constitue le pôle émetteur). Suivant la loi de Cajal, l'influx, sorte de dépolarisation, est cellulipède dans les dendrites et cellulifuge dans le cylindraxe.

En termes moins techniques, l'influx nerveux est une activité "électrique" qui se propage d'une cellule à l'autre si une dendrite se trouve excitée. A chaque stimulation correspond une réponse locale, variation de potentiel membranaire, qui ne se propagera pas si l'excitation est faible. (Signalons en passant que sans avoir été prouvée pratiquement, cette hypothèse de la transmission "électrique" garde de nombreux partisans, bien que l'intervention d'une substance, l'acétylcholine, ait été démontré : ce qui a incité la grosse majorité des chercheurs à admettre désormais cette "explication chimique de l'influx nerveux").

Tout ou rien

Pour qu'il y ait transmission de la variation locale de potentiel, il faut que le stimulus ait une certaine intensité : c'est le "seuil" en dehors duquel on n'obtiendra jamais de réponse propagée. C'est ce qu'on exprime en spécifiant que la transmission de l'influx nerveux répond à la LOI DU TOUT OU DU RIEN.

Si l'on fait varier l'intensité de l'excitant, la réponse recueillie sera toujours la même, pourvu que cette intensité soit supérieure au seuil et que les conditions expérimentales n'aient pas changé.

Dès que l'intervalle entre les excitations successives tombe en dessous d'une certaine valeur dépendant de la fibre considérée, on assiste à une élévation du seuil,

c'est-à-dire à une diminution de l'excitabilité : l'intensité du stimulus nécessaire pour obtenir, à ce moment, une réponse propagée doit être plus grande.

Donc tout se passe comme si la fibre nerveuse, après avoir extériorisé une réponse maximale, était fatiguée, ou plutôt présentait une certaine inertie la rendant incapable de réagir à la stimulation habituelle : c'est ce qui constitue la "période réfractaire". On peut distinguer, immédiatement après l'application du stimulus, une période réfractaire absolue pendant laquelle l'excitabilité est pour ainsi dire nulle. Elle est suivie de la période réfractaire relative caractérisée par le retour progressif à la normale de l'excitabilité.

Quelle est la vitesse de transmission de l'influx nerveux ? La première mesure en fut réalisée par Helmholtz. Depuis, de nombreuses déterminations plus précises ont eu lieu. On a ainsi constaté que cet influx nerveux se déplaçait beaucoup plus lentement que la lumière et même que le son, à une vitesse qui varie suivant le type de fibre nerveuse, mais qui, à une température déterminée et la composition du milieu restant semblable, s'avère constante pour la fibre donnée (± 100 Km. heure).

Un vaste complexe

Cette cellule nerveuse dont nous venons de décrire les principales caractéristiques n'est pas isolée. Elle n'est que l'unité d'un tout extrêmement complexe. L'étape suivante consistera donc dans l'explication de la jonction entre neurones voisins : c'est le Synapse.

Car l'ensemble du système nerveux comporte de nombreuses chaînes de neurones disposées bout à bout. Le synapse est donc le point où le cylindraxe entre en connexion avec le(s) dendrite(s) du ou des neurones suivants.

Certains disent qu'il existe un délai de transmission dit "retard synaptique" dû à l'individualité et à la discontinuité des cellules nerveuses.

D'autres, à la suite de Bethe et d'Apathy, prétendent, au contraire, qu'il y aurait continuité des éléments nerveux, réunis par de fines fibrilles. A l'instar de Dieu, le

suite **chemi
ne
ment**

**Le cerveau
mentionné
3.000 ans
avant
notre ère**

une incision ressemblant à une trépanation.

Probablement est-ce le premier témoignage de l'intérêt que l'homme porta à son cerveau. Mais il serait téméraire de conclure que des mobiles médicaux animaient les peuplades primitives qui se livrèrent à de telles incisions. Opération réelle ? Intervention magique pour chasser d'éventuels mauvais esprits (encore faudrait-il prouver qu'on les localisait dans la tête ?) Rite mortuaire pour permettre à l'âme de se libérer (certains Hindous et Tibétains croient encore qu'au décès, l'âme quitte le corps par le dessus du crâne) ?

Confessons notre ignorance.

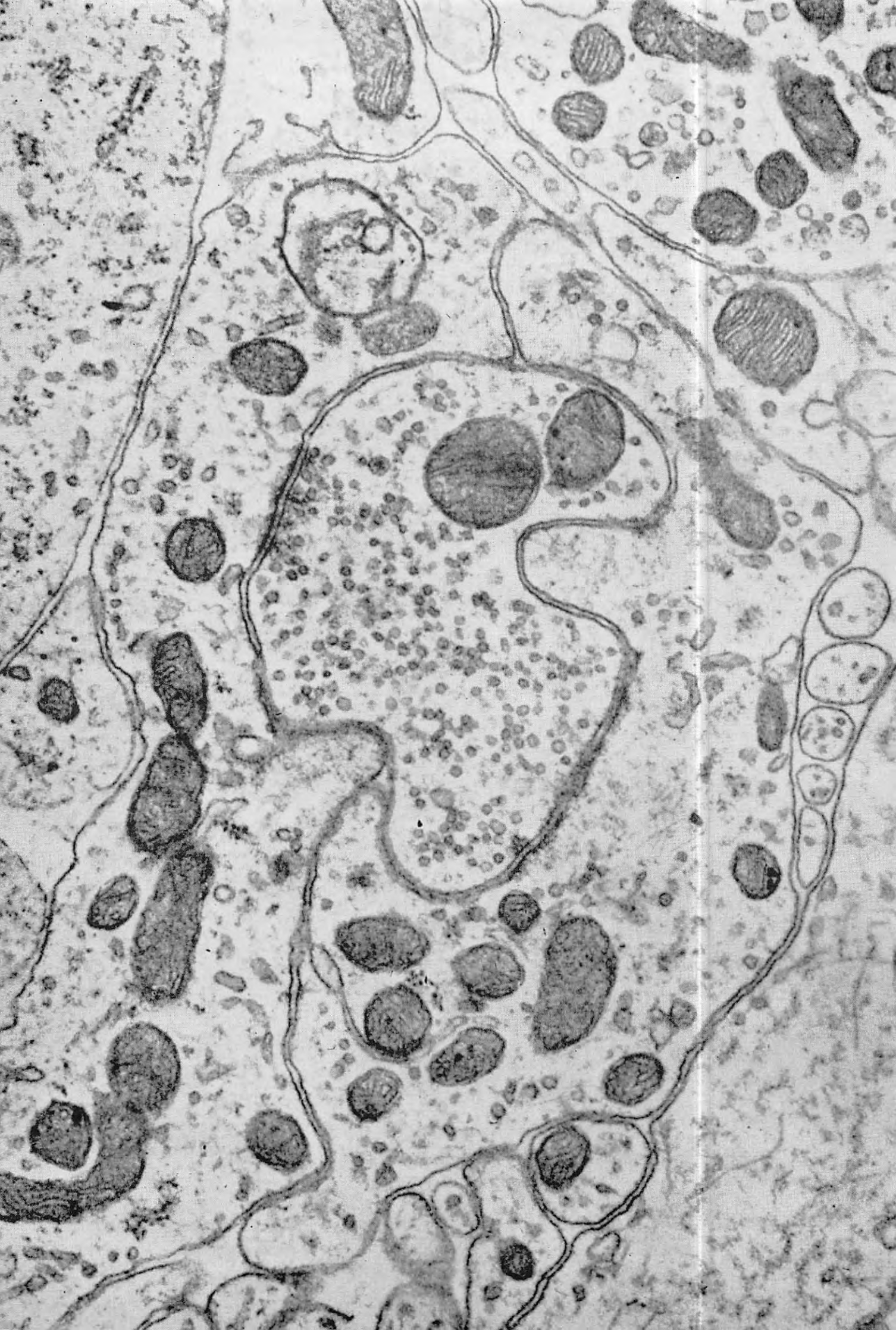
La survivance de cette pratique chez les Incas ou chez différentes tribus primitives disparues au cours de l'ère chrétienne aurait pu nous éclairer. Mais l'absence de documents écrits nous empêche d'épiloguer et nous oblige à nous contenter d'hypothèses fragiles.

**Hippocrate
dit oui...**

C'est sur un papyrus égyptien du III^e millénaire avant Jésus-Christ, découvert en 1862 par Smith à Louxor, qu'apparaît, probablement pour la première fois dans l'histoire des civilisations, la notion de cerveau-organe. Parmi la description clinique de 48 cas chirurgicaux, on y lit : "Si tu examines quelqu'un qui porte à la tête une blessure béante allant jusqu'à l'os (et chez qui) le crâne est fracassé (et) le cerveau mis à nu..."

Les anciennes civilisations dites barbares, bien que connaissant certaines paralysies comme la poliomyélite, semblent du reste avoir ignoré tout de l'existence du système nerveux. Pour elles, l'essentiel de la vie, l'intelligence et le sentiment, résidaient dans le cœur ou même dans le foie. L'Antiquité pré-classique ne marque guère de progrès dans ce domaine : Homère distingue le "Thymos" (où il situe les sentiments, les émotions, les aspirations, et le "Phrèn" ou diaphragme qui est pour lui dépositaire de l'intelligence et de l'esprit ; ce qui fait que phrénologie signifie encore "étude du cerveau").

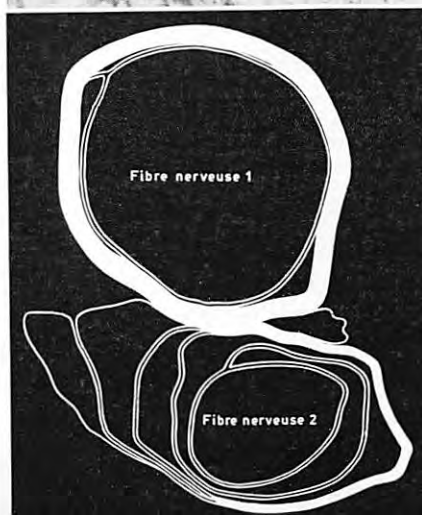
Vers 500, le Pythagoricien Alcmeon de Crotone, en disséquant des animaux, découvre des "canaux", les nerfs, et entrevoit le rôle centralisateur et coordonnateur de l'encéphale (ensemble des organes que renferme le crâne). De son côté, en débarrassant l'observation des spéculations gratuites de la magie et en proclamant son axiome



Au cœur de la machinerie

L'antichambre et l'accélérateur de l'influx nerveux

Bien moins favorisé que ses "frères inférieurs" en ce qui concerne l'acuité sensitive, l'homme possède cependant un avantage incontestable sur tous les autres vertébrés : celui de la rapidité de propagation de l'influx nerveux. Pourtant ce courant informateur ou ordonnateur ne chemine pas à la manière d'un train express dans le système nerveux. Au contraire, il rencontre sur sa route de nombreux "obstacles", les synapses que l'on peut en quelque sorte comparer à des antichambres où s'opère la sélection et la coordination des stimulations que transmettent les "observateurs" sensitifs. C'est ce qui nous empêche d'être de perpétuels agités. Mais pour compenser les multiples "haltes" qui sont imposées à l'influx, la nature a doté certaines fibres nerveuses d'une gaine faite de graisse et de protéines qui est tout à la fois nourricière et accélératrice de stimulations. Ce sont les fibres intervenant dans la défense de l'individu qui sont dotées de cet important perfectionnement.



La machinerie qui commande l'homme (suite)

réseau du système nerveux ne commencerait et ne finirait nulle part.

Quoi qu'il en soit, grâce aux expériences de Casser et d'Erlanger, on sait qu'il existe des variations de vitesse de propagation, en fonction des caractéristiques morphologiques de la fibre nerveuse.

Tout d'abord, la vitesse de conduction dépend de l'épaisseur de la fibre nerveuse et varie en proportion directe du diamètre.

Ensuite, à diamètre égal, une fibre nerveuse myélinique conduit l'influx beaucoup plus rapidement qu'une dépourvue de myéline.

Ainsi apparaît le rôle principal de cette gaine de myéline : augmenter la vitesse de transmission et, par conséquent, obtenir une réponse beaucoup plus rapidement.

Les groupes musculaires qui réagissent le plus vite sont donc "innervés" par les plus grosses des fibres myéliniques ; or, chose étonnante, ces muscles sont précisément ceux qui jouent un rôle dans la défense de l'individu, dans les mouvements de fuite par exemple. Les Latins avaient raison de dire "Le salut est dans la fuite", et les Anglais d'ajouter : "celui qui fuit aujourd'hui est prêt à combattre encore demain". IL FAUT FRAPPER PLUSIEURS FOIS A LA PORTE

Habituellement un neurone ne répond pas à une stimulation unique mais un grand nombre de stimuli est nécessaire pour l'ébranler, donc pour obtenir une réponse propagée. Ceci permet de comprendre que de petites stimulations extérieures n'éveillent pas toujours en nous des réactions motrices. Il serait, en effet, extrêmement désagréable de répondre aux milliers de variations du monde extérieur qui surviennent sans cesse d'une façon infra-consciente. Si notre système nerveux n'était pas protégé par des synapses et une certaine inertie, nous ressemblerions à des pantins continuellement gesticulants. C'est précisément à cause des difficultés de communications et de réponses que nos réactions sont si précises. Dans cette optique on ne saurait mieux comparer la sélectivité du système nerveux qu'à celle d'une centrale téléphonique admirablement réglée qui ne permet qu'un appel à la fois, empêchant tous les autres d'être transmis.



Le réflexe : une perturbation

Tout le monde connaît le fameux réflexe rotulien.

Lorsqu'on percute le tendon du muscle quadriceps à son insertion sur l'articulation du genou, le muscle se contracte et la jambe se déplie. Un excitant ayant stimulé l'organisme, on reçoit une réponse réflexe sous forme d'une action motrice.

Le mécanisme de ce réflexe est complexe : le stimulus perturbe l'état d'équilibre régnant dans les récepteurs sensibles disséminés dans le muscle et est perçu par les prolongements, ou dendrites, d'un neurone sensitif. Il est transformé en influx nerveux qui chemine jusqu'au corps cellulaire du neurone situé dans un ganglion rachidien de la moelle. C'est un stade "réceptif". Puis, par le cylindraxe du même neurone, l'influx nerveux gagne, à travers un synapse, un neurone moteur, qui excité à son tour, réagit en donnant ordre aux organes qui dépendent de lui, muscles ou viscères, de se contracter par exemple. C'est le stade "actif".

La voie suivie par l'influx nerveux depuis son entrée dans l'organisme jusqu'à l'élaboration de la réponse par celui-ci, a reçu le nom "d'arc réflexe".

L'exemple de ce réflexe rotulien nécessite un arc réflexe de deux neurones joints par un seul synapse.

Mais il existe pour la plupart des réflexes, des circuits plus longs et plus compliqués où, entre le neurone sensitif et le neurone moteur, origine et aboutissement du réflexe, viennent s'intercaler une ou plusieurs cellules dans lesquelles se relaie l'influx nerveux.

Ce premier neurone sensitif et ce dernier neurone moteur ont tous deux une localisation dans la moelle. L'EXISTENCE DE NOTRE REFLEXE ROTULIEN SIGNIFIE

QUE L'INFLUX NERVEUX S'EST PROPAGÉ A TRAVERS LA MOELLE ET A TRAVERS ELLE SEULEMENT. L'ORGANISME A DONC LA POSSIBILITÉ D'EXTERIORISER UNE REPONSE SANS LE SECOURS DES CENTRES SUPÉRIEURS CÉRÉBRAUX.

Dès 1784, Prochawska démontra l'existence d'une activité nerveuse autonome au niveau de la moelle. Il livra le résultat de ses observations dans un mémoire devenu classique : une grenouille décapitée, donc totalement privée des parties cérébrales de son système nerveux, est capable de retirer la patte à une piqûre ; elle rampe, saute, effectue même des mouvements coordonnés pourvu qu'on les provoque de façon appropriée. La moelle épinière, considérée jusqu'alors comme un organe de transmission conduisant l'influx nerveux vers les centres supérieurs, se révéla douée d'une certaine autonomie d'activité.

Toutefois, on trouve déjà la limitation de cette activité dans les débuts d'interprétation donnés par l'auteur : jamais les mouvements de la grenouille décapitée n'auront la spontanéité, la variabilité de ceux d'un animal intact. L'excitation provoque une réaction prévisible, stéréotypée, tout se passant comme si le stimulus "se réfléchissait" sous forme d'excitation motrice. De même chez l'homme, on peut dire - avec une certaine réserve cependant - que le réflexe rotulien, et comme lui tous les réflexes médullaires, est dépourvu de variabilité. L'organisme n'a qu'une possibilité d'expression : le muscle se contracte.

L'influence des structures encéphaliques

S'il est acquis que la moelle est un centre nerveux autonome, elle n'en demeure pas moins subordonnée aux structures nerveuses crâniennes. Le réflexe rotulien ne fait nullement intervenir la volonté de l'individu : il se produit chaque fois que l'on percute le tendon du muscle. Mais il peut être inhibé par la volonté. C'est pourquoi ce réflexe est plus difficile à obtenir chez une personne prévenue, un étudiant en médecine par exemple. D'ailleurs, une méthode courante de la pratiquer consiste

suite

cheminement

Les "cobayes" d'Erasistrate : les condamnés à mort

fameux "Tout coule", Héraclite d'Éphèse (-576 - 480) démontre le dynamisme de la nature et lance la méthode dialectique. Tout phénomène possède un devenir qui se manifeste par un changement d'état. Rien n'est isolé, tout est dépendant, suivant la loi de contradiction (vie-mort, chaud-froid, sec-humide, etc.).

Tout se tient dans une longue histoire. Cette conception s'exprime en médecine par Hippocrate de Cos (460 ? - 377 ?) : la découverte analytique doit être insérée dans l'organisme synthétique ; dans cette optique, la maladie apparaît comme un moment de l'histoire du comportement biologique de

l'homme. Hippocrate étudie le mouvement de cette maladie avec son passé, son présent, son avenir et les influences qui s'exercent sur elle. Il est considéré, à juste titre, comme le père de la médecine. Il concilie les tendances des deux écoles célèbres : Cos qui observait les maladies, Cnide qui les classait. Sur le plan du système nerveux, il donne une description élémentaire du cerveau ; il y asservit l'intelligence, la faculté motrice des êtres vivants et leur sensibilité. Les nerfs lui restent presque inconnus, mais il décrit beaucoup de grandes maladies nerveuses, telles que la méningite, l'épilepsie, la paralysie diphtérique, les hémiplegies, le tétanos, etc... Il dénie à l'épilepsie toute origine divine : "Je pense que l'épilepsie, appelée aussi maladie sacrée, n'a rien de divin et n'est pas plus sacrée que les autres..." D'ailleurs, il classe les maladies mentales et bannit les croyances populaires qui prétendent que les fous sont punis par les dieux. Son dogmatisme, toutefois, stérilise les sciences pour plus d'un siècle.

En l'absence d'expérimentation, les idées que l'on émet sur le système nerveux demeurent fantaisistes : Aristote considère le cerveau comme un

organe froid, parfaitement insensible : les passions, l'intelligence naissent dans le cœur, organe chaud, qui envoie son sang dans le cerveau pour y être refroidi.

Né vers 300 avant notre ère, Hérophile de Cos, médecin de Ptolémée, se livre pour la première fois en public à des dissections de cadavres humains. Le premier, il distingue la séparation anatomique des "nerfs de mouvements" et des "nerfs de sentiments". C'est lui qui étudie en éclaircisseur la disposition des veines du cerveau (un confluent veineux porte toujours son nom). En faisant des coupes de l'encéphale il découvre des ventricules cérébraux.

Vers 250 avant Jésus Christ (?), Erasistrate bat ses théories en brèche.

Erasistrate est physiologiste. Expérimentant dit-on sur les condamnés à mort (vivant encore). On ose à peine penser à ce que devaient être ces séances de travail ! Erasistrate met en relation le degré d'intelligence des espèces avec le nombre de leurs circonvolutions cérébrales : idée presque aussi vieille que la médecine. Il attribue l'agilité et la rapidité de course des animaux à la richesse en circonvolutions de leur

Voir suite page 26

à détourner l'attention du patient en lui faisant exécuter une action quelconque, (compter de un à dix ou serrer les poings), pendant que l'on frappe le tendon du muscle.

L'exécution d'un réflexe médullaire ne dépend donc pas exclusivement de l'organisation et de l'excitabilité propres aux éléments de l'arc réflexe qu'il emprunte. Le centre médullaire concerné est, en effet, à tout moment, influencé par des influx d'origines variées (surtout encéphaliques) qui confluent vers les neurones moteurs. D'après leurs effets, ces influx supra-médullaires peuvent être qualifiés d'inhibiteurs ou de "facilitateurs", selon qu'ils favorisent ou entravent l'exécution des réflexes.

L'instrument de l'intégration

Lorsqu'on sectionne la moelle d'une grenouille, son pouvoir réflexe disparaît pour réapparaître ultérieurement. Il se produit ce qu'on a appelé un "état choc" qui, très bref chez la grenouille, devient d'autant plus marqué et tenace que le cerveau est développé. Chez l'homme, après une période d'aréflexie ou d'immobilité totale d'au moins trois à quatre semaines, seuls les réflexes tendineux et quelques autres réactions simples se révèlent récupérables. Ce choc spinal n'est pas entièrement attribuable au traumatisme et à ses conséquences générales. Il faut tenir compte de la privation des influx facilitant normalement la réflexivité spinale.

Cette hypothèse de Sherrington (1906) et Liddell (1934) fut démontrée par des expériences de Fulton et de ses collaborateurs. Plus tard, l'expérimentation réalisée sur le tronc cérébral prouva l'existence, à ce niveau, de telles structures facilitantes.

Le sectionnement traumatique de la moelle a, d'autre part, comme conséquence, à long terme, l'impossibilité d'exécuter des mouvements volontaires, c'est-à-dire la paralysie. En effet, les ordres élaborés dans l'encéphale ne peuvent parvenir aux exécuteurs que sont les neurones moteurs puisque les fibres qui les transmettent sont interrompues. Il existe un autre type de paralysie, occasionné par la poliomyélite notamment : ici, le virus lèse les neurones moteurs qui deviennent incapables d'exécuter les ordres reçus.

Centre nerveux, la moelle épinière douée de pouvoirs réflexes, est par conséquent un instrument d'intégration et de régulation autonome, qui toutefois subit normalement le contrôle des structures sus-jacentes.

Elle intervient aussi comme chaînon indispensable dans la conduction de l'influx nerveux :

- vers le cerveau, elle transmet à l'encéphale les éléments d'information perçus dans les récepteurs spécifiques, profonds ou superficiels, ébranlés par des excitants adéquats. Elle véhicule la sensibilité.
- venant du cerveau, elle transmet en retour les incitations destinées aux neurones moteurs. Elle est la voie qu'emprunte la motricité.

Examinons donc les caractéristiques de cette sensibilité et de cette motricité.

La sensibilité

L'organisme est à tout moment sollicité par des excitants venant soit du monde extérieur, soit de lui-même.

C'EST LE RÔLE DU SYSTÈME NERVEUX DE CAPTER CES INFORMATIONS, DE LES INTÉGRER DANS UN CENTRE

NERVEUX ET D'Y RÉPONDRE, S'IL Y A LIEU.

Soit dit en passant, on appelle chronaxie la valeur du temps nécessaire à l'excitation d'un tissu nerveux.

Et l'on dénomme composants fonctionnels l'ensemble des structures collaborant à une fonction commune.

Cet ensemble, nous le savons par ce qui précède, se décompose en :

- 1 organes terminaux de même nature (dans le cas de la sensibilité, ce sont les organes récepteurs sensibles).
- 2 fibres reliant ces organes terminaux aux centres nerveux pour aboutir au thalamus qui trie les informations (non d'après leur contenu mais d'après leur lieu d'émission).

On distingue :

a) les fibres de la sensibilité somatique qui transmettent des influx en rapport avec des sensations nées du contact de l'organisme avec le monde extérieur (par exemple : sensibilité tactile ou du toucher, thermique ou de la chaleur, algésique ou de la douleur), ou encore avec des sensations permettant d'apprécier la situation, dans l'espace, du corps ou d'une de ses parties (sensations proprioceptives ou d'orientation qui est conservée très aigüe chez les Primates).

b) les fibres de la sensibilité viscérale ou entéroceptives qui sont plus ou moins inconscientes et vagues au niveau des muqueuses ou, au contraire, spécialisées (comme le goût... variable selon qu'on est gastronome ou non !)

Pour en revenir à la sensibilité elle-même, précisons qu'elle connaît deux modalités. La sensibilité vitale ou protopathique groupe l'ensemble des sensations imprécises capables de déclencher tous les ré-

Du sang, "véhicule de l'âme" au cartésianisme

cerveau, présentant la fonction intégratrice dynamique de cet organe. Il élabore une théorie de psychisme ; le sang amène l'âme dans les ventricules du cerveau ou la connaissance. L'influence des théories d'Erasistrate fut énorme jusqu'à la Renaissance, sans se modifier pour ainsi dire. Cet attachement est d'ailleurs l'une des causes de la stagnation des connaissances sur le système nerveux.

Des singes à l'homme

D'une pauvreté pitoyable (qu'on relise les considérations d'un Caton l'Ancien sur les mérites curatifs du chou!), la médecine latine s'enrichit au III^e siècle avant notre ère de l'apport des médecins grecs parmi lesquels il faut citer Soranos d'Ephèse, père de la gynécologie et qui a laissé aussi des descriptions de l'apoplexie et de l'épilepsie. Ses travaux ont été littéralement pillés dans les siècles qui suivirent.

Avec Galien (130 - 201 ?) médecin des empereurs Antoine le Pieux et Commode), la neurologie s'enrichit de conceptions neuves. Galien a beaucoup disséqué, surtout des singes. On lui a reproché d'avoir étendu abusivement ces résultats à l'homme. Pour lui, le cerveau est le premier de tous les nerfs et le centre des mouvements de l'être. La moelle est un intermédiaire qui transmet les ordres de l'encéphale. Cette notion déjà très riche reste cependant incomplète. Galien ne découvrant pas l'autre sens du fonctionnement du système nerveux ; celui qui va de la périphérie sensible à l'axe médullaire (moelle), puis au cerveau qui renvoie les ordres centrifuges. Il décrit les nerfs crâniens et l'innervation sympathique et parasympathique, maîtrise de la vie végétative. Galien coupe les nerfs moteurs et aboutit à des paralysies motrices ; en incisant des nerfs sensibles, il note des anesthésies locales. Grâce à ces expériences, il démontre l'existence de "territoires" en rapport avec certains nerfs : ce qu'on appelle aujourd'hui les territoires d'innervation tronculaire. Le moyen âge vivra de ses théories et de celles de Celse (I^{er} siècle après J.C.) qui, avec pondération, recommande de veiller en tout aux forces du malade.

La révolte

Le Moyen Âge constitue une période d'éclipse de mille ans pour la neurologie. Les médecins se contentent, pour l'anatomie, des vues d'Hippocrate et de Galien, et, pour la physiologie, des conceptions animistes d'Erasistrate. Avicenne, célèbre médecin arabe, héritier des acquisitions helléniques, par le truchement de la civilisation romaine, transmet à l'occident chrétien les théories des grands savants précités. Son "canon" résume à peu près la médecine antique mais ses apports personnels sont minces ; en matière de neurologie, il affirme que la rétine est l'organe essentiel de la vision alors que ce rôle avait toujours été attribué au cristallin. Le crépuscule du Moyen Âge connaît un illustre chirurgien : Guy de Chauliac. On raconte qu'en 1343, il aurait trépané un moine bénédictin de la Chaise-Dieu. Ce moine, guéri, devint pape peu de temps après, sous le nom de Clément VI, et en reconnaissance des services rendus, s'attacha son chirurgien.

Pour les temps médiévaux, on peut dire que les acquis d'anatomie et de physio-

logie ont été parmi les plus pauvres de toutes les époques. La crédulité pour la magie, l'astrologie, et l'imposition des mains (on se rappelle également les Rois de France "guérisseurs d'érouelles"), n'ont rien amélioré.

Luther donne le signal de la révolte contre le dogmatisme des scholastes. La chute de Constantinople, en 1453, amène en Occident les œuvres des Anciens. Le retour aux sources, à l'antiquité classique, revalorise l'idée physique du corps humain, de la beauté terrestre. Les poètes chantent les délices de la vie, exaltent les vertus du plaisir. L'or et les denrées luxueuses inondent l'Occident. La jouissance de ces biens, les grandes découvertes, libèrent l'individu de l'ascèse médiévale. Au "Memento mori" (souviens-toi de mourir) succède peu à peu, dans l'esprit humain, la nécessité de vivre d'abord. L'urgence du retour à l'expérimentation pour les sciences s'impose. Le corps humain, considéré pendant le Moyen Âge comme enveloppe de l'âme et cause de péché, n'avait pas été étudié ; seule l'âme comptait. Désormais, on revient aux idées d'Hippocrate suivant lesquelles la maladie est une inharmonie que la nature peut guérir. L'intérêt porté au corps humain et l'idée que son étude peut faire accéder à la beauté parfaite contribuent au développement de l'anatomie. La dissection des cadavres n'est plus considérée comme sacrilège. On prétend même que des princes ne dédaignent point de s'y livrer. Le grand André Vésale (1514-1564) publie son ouvrage "De humani corporis...", magnifiquement illustré et dont la faculté de médecine de l'U.L.B. s'enorgueillit de posséder un exemplaire. Bref, la Renaissance pour la médecine est un nouveau "miracle grec".

Je pense donc je suis

Si l'on en croit Molière, les médecins de son temps sont de bien tristes personnages, charlatans cachant leur ignorance et leur bêtise à l'aide d'un grand chapeau, d'un clystère et de citations latines. Quels que soient les maux, les remèdes restent immuables ;

"Clysterium donare.
Postea seignare.
Ensuite purgare.
Faire un lavement.
Ensuite saigner.
Enfin purger"

Si la maladie est particulièrement agressive, il faut alors reseignare, repurgare !

Pourtant, le 17^{ème} siècle pose les premiers jalons de la médecine moderne. A l'observation statique de la Renaissance, avec son étude de l'anatomie sur cadavre, succède l'étude dynamique des phénomènes ; c'est le temps de l'attrait pour la physiologie, c'est-à-dire pour l'allure fonctionnelle des phénomènes. L'esprit se donne une méthode de travail avec Descartes, et s'accorde en même temps le primat de la connaissance : "Cogito ergo sum" (je pense donc je suis), l'être connaissant étant le point de départ de toute étude ontologique et physique. Chez Descartes cependant, l'idée de la préséance de la connaissance intellectuelle conduit à de graves erreurs médicales : il tient absolument à localiser l'âme dans la glande pinéale, parce qu'elle est unique et médiane, donc se prête particulièrement à recevoir les sensations qui viennent en dou-

La machi

flexes nécessaires au maintien de la vie. Tandis que la sensibilité gnostique (du grec "qui connaît") ou épicrotique ("qui juge sur") se réfère à des sensations très précises parvenant jusqu'aux centres les plus élevés de la conscience ; la sensibilité tactile du bout des doigts, affinée encore chez les aveugles, en est un excellent exemple.

On a beaucoup parlé, ces derniers temps, d'accouchement sans douleur, et, en ce début d'année, on a même vu, à la télévision, une opération de l'appendicite sans anesthésie.

Ceci nous amène à ouvrir une parenthèse sur la "sensibilité douloureuse".

QU'EST-CE QUE LA DOULEUR ?

Le langage commun l'oppose au plaisir, comme "le jour et la nuit". A y regarder de plus près, leur opposition s'atténue. Plaisir et douleur peuvent se transformer l'un en l'autre : la répétition d'un plaisir peut amener saturation et même dégoût. Tout est relatif... Ainsi dans le *Phédon*, Socrate remarquait déjà : "après la douleur que la chaîne me causait à la jambe, je sens venir le plaisir qui la suit..." Se compénétrant donc parfois pour donner un résultat ambigu, plaisir et douleur restent pourtant irréductibles.

Le plaisir ne se réduit pas, en effet, à l'absence de la douleur comme le voulait le pessimisme d'un Epicure ou d'un Schopenhauer, mais la douleur ne se réduit pas non plus à l'absence de plaisir, comme le prétendait l'optimisme d'un Leibniz.

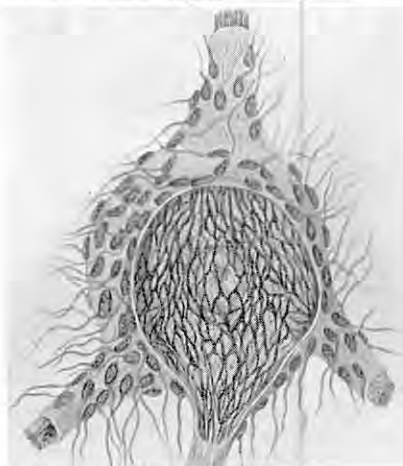
Motricité et motilité

Qu'on soit ou non admirateur du vieil Héraclite (on se rappelle son péremptoire "Tout coule"), il convient... de s'arrêter ici un moment pour étudier le mouvement ! Selon le dictionnaire, il faut d'abord distinguer motricité et motilité.

- La motricité c'est "la propriété que possèdent certaines cellules nerveuses, lorsqu'elles sont excitées, de déterminer la contraction musculaire".

- La motilité est, en général, "la faculté de se mouvoir", et au sens strict "la faculté qu'ont certains organes d'exécuter des mouvements". Pourtant cette dernière définition est incomplète car, paradoxalement, il n'est pas nécessaire qu'il y ait

rie qui commande l'homme



Ce neurone géant est un technicien. Terminus de la voie motrice, il est le passage obligé du mouvement ; c'est lui qui interprète les "ordres" venant d'un grand nombre de cellules périphériques. Il règle ses décharges sur les besoins dont il est informé.

BP review 26/27

mouvement pour que l'on puisse parler de motilité.

Paradoxalement... rassurez-vous pourtant : nous n'allons point vous développer les célèbres arguments par lesquels le philosophe grec Zénon d'Elée, au Vème siècle avant notre ère, prouvait "qu'une flèche ne voulait pas voler" ou "qu'Achille aux pieds légers ne pourrait jamais en courant attraper une tortue", bref niait toute réalité au mouvement.

Toutefois, on doit distinguer deux motilités. La motilité cinétique est celle qui réalise les mouvements visibles de tout segment de membre ou de toute partie du corps (jambe qu'on plie, coup de poing qu'on décoche).

Moins évidente, la motilité statique assure le maintien des attitudes, ou, pour parler en termes médicaux, des "postures" (attitude de semi-flexion pour écrire, par exemple, ou, en yoga, la fameuse pose des jambes croisées "en lotus").

Fort commode, cette classification ne correspond malheureusement que de façon imparfaite à la réalité car la vie quotidienne montre que la distinction entre les deux activités n'est pas absolue.

REFLEXES ELEMENTAIRES

Nous avons réalisé une première approche de

la motricité lors de notre étude du réflexe élémentaire. En effet, nous avons montré alors qu'une excitation périphérique pouvait, par la voie tracée par deux neurones seulement, provoquer une réaction musculaire assez simple, réflexe qui est appelé segmentaire parce que l'influx nerveux n'emprunte que les nerfs et un segment précis de la moelle. Il existe naturellement des réflexes plurisegmentaires notamment celui qui est connu sous le nom de triple retrait : lorsqu'on pince la peau du pied, on provoque une triple flexion du pied sur la jambe, de la jambe sur la cuisse et de la cuisse sur le tronc. Enfin, les réflexes supra-spinaux offrent une réaction stéréotypée dont le mécanisme remonte au dessus du tronc spinal : par exemple, le réflexe d'éblouissement (fermeture des paupières en réponse à une lumière trop vive) ne peut s'effectuer que si le territoire cortical où s'opèrent les projections des images recueillies par l'œil est intact.

MOUVEMENTS AUTOMATIQUES ET ASSOCIES

Différents des réflexes se révèlent les mouvements instinctifs (par exemple, une fuite inconsidérée devant le péril), les mouvements automatiques (Bergson a analysé l'écriture ; et nous savons que si notre volonté déclenche la marche, elle n'est plus nécessaire ensuite pour marcher), les mimiques émotionnelles (tristesse, peur, rire), les mouvements associés (balancer les bras en marchant). Aucun d'eux n'existe à la naissance, tous sont acquis par des apprentissages successifs (spontanés comme les mimiques ; ou volontaires s'automatisant progressivement). Déclenchés ou arrêtés non par une cause extérieure mais par la volonté ou par une émotion, beaucoup moins éternisés que les réflexes, ils ne se bornent pas à un mouvement simple mais comprennent une succession de mouvements synergiques complexes et seul leur déroulement est automatique. Leur organisation dépend d'un ensemble de noyaux gris, situés à la base du cerveau sous le cortex, et groupant le thalamus et le corps strié (pallidum et striatum).

MOUVEMENTS VOLONTAIRES

Leur support anatomique est moins compliqué. Il

comporte, à l'arrière du globe frontal, de grandes cellules nerveuses appelées le faisceau pyramidal qui se croise de telle sorte que le demi-cerveau droit commande à la moitié gauche du corps et inversement. Ce système faisceau - pyramidal et neurones correspondants - non seulement préside aux actes voulus et constamment conscients, mais inhibe et modère continuellement les mouvements périphériques. C'est ainsi que si cette "pyramide" est endommagée, les réflexes deviendront exagérés et incohérents.

LE TONUS

Le muscle n'a pas pour seul but de mouvoir une partie du corps. Lorsque nous nous tenons debout, sans bouger, une intense activité musculaire agit de façon continue et nous permet de conserver cette position. Cette activité est coordonnée et régie par le système

nerveux : un homme profondément endormi de façon artificielle et dont le système nerveux est par conséquent hors-circuit, ne tient pas debout, quelle que soit la position qu'on lui imprime. On pourrait définir la motilité statique comme étant une activité musculaire qui a pour but de maintenir dans une attitude déterminée un segment de membre, le membre ou le corps tout entier.

Ce type de motilité est essentiellement assuré par une contraction musculaire particulière, lente, capable de se maintenir de façon durable avec une fatigue très faible : c'est la contraction tonique ou tonus qui s'oppose à la contraction volontaire, rapide et brusque, vue précédemment, et qu'on appelle la contraction clonique. Cet état de tension du muscle, le tonus, est entretenu par des excitations proprioceptives (d'étirement) produites dans le muscle lui-même, transmises au centre médullaire et renvoyées au muscle. Ceci n'est, en fait, qu'un réflexe baptisé réflexe myotatique de Sherrington. Ce réflexe tonique dépend dans une large mesure de l'action, renforçante ou inhibitrice, exercée sur lui par plusieurs centres supérieurs.

Le tonus n'est également réparti dans tous les muscles du corps qu'à l'état de sommeil profond. Dès que le sujet se réveille, la répartition du tonus se modifie, devient inégale afin d'assurer la fixation des différentes articulations dans des attitudes déterminées, solidaires.

REGULATION DES MOUVEMENTS

Un mouvement correctement exécuté doit être mesuré dans sa force et dans sa direction.

Ce qui nécessite : 1° Une synergie musculaire, c'est-à-dire une contraction des muscles coagonistes en même temps que du muscle principal, accompagnée d'un relâchement des muscles antagonistes.

2° Une mise en jeu de l'activité tonique de soutien et de correction des attitudes pour soutenir le membre pendant l'exécution du mouvement.

3° Il importe, en outre, que les temps successifs qui composent le mouvement se succèdent dans l'ordre voulu.

Cette régulation, déjà indispensable dans

La machinerie qui commande l'homme (suite)

les mouvements les plus simples, suppose un appareil anatomique spécial branché en dérivation sur la voie motrice principale : le cervelet.

Pour que cette régulation soit effective, il faut que de nombreuses conditions soient remplies.

Tout d'abord : l'appareil qui suscite le mouvement doit au départ connaître la position des membres : c'est le rôle de la sensibilité profonde consciente. Ensuite, le centre régulateur doit être averti de ce qui va être exécuté, d'où l'existence de voies motrices accessoires joignant au cervelet l'écorce motrice, les centres de la motilité automatique et ceux de la motilité réflexe.

Au cours du mouvement même, le centre doit être averti à chaque instant de ce qui se passe : cela s'opère par des voies sensibles allant au cervelet. L'œil corrige les données reçues par les voies optiques réflexes.

Bref, appareil régulateur central placé en dérivation sur tous les circuits sensitivo-moteurs du système nerveux, le cervelet, règle la manœuvre : il intervient tantôt en augmentant, tantôt en diminuant la contraction tonique des muscles co-agonistes ou antagonistes pour synergiser dans l'espace ; et, surtout, en accélérant la traction tonique des muscles coagonistes pour synergiser dans le temps.

Les réflexes conditionnés

Le "chien de Pavlov" est devenu célèbre non seulement parmi les physiologistes mais encore dans le grand public. On connaît cette expérience classique : lorsqu'on offre de la viande à un chien, il salive. Il s'agit là d'un réflexe aussi constant et obligé que le réflexe rotulien. C'est un réflexe inné, inconditionnel. Si toutes les fois qu'on présente la viande à l'animal, on lui fait entendre une note musicale, il viendra un moment où il suffira de faire résonner cette note, même sans présentation de la nourriture, pour que la salivation se fasse. Un nouveau réflexe s'est superposé à l'ancien. Une coexistence cérébrale

des signaux communique à un signal normalement indifférent (la note) le pouvoir de déclencher la réaction (la salivation). Une voie nouvelle s'est créée dans le cerveau, un réflexe de dressage, d'acquisition. Parce qu'il n'est pas inné et qu'il n'est dû qu'à l'association constante de la note et du premier réflexe, on le qualifie de réflexe conditionnel ou conditionné, propriété de l'écorce cérébrale. Notons cependant que les centres de la base et notamment la formation réticulée jouent un rôle considérable dans l'établissement de ces réflexes.



14 milliards de cellules : le cerveau

Il importe tout d'abord de liquider un préjugé... de poids. Le cerveau pèse, en moyenne, 1182 grammes chez l'homme pour 1053 chez la femme.

Que le sexe fort ne se réjouisse pas de ce léger privilège apparent. Car intelligence et poids ne sont pas directement proportionnels. Ainsi, le cerveau d'Anatole France pesait 1.017 grammes et celui de Byron 2.238 ! Également, si c'était question de proportion, l'hippopotame serait 1.500 fois plus intelligent que la souris et l'homme seulement deux fois plus que l'hippopotame ! La seule affirmation possible en matière de poids, c'est que le cerveau diminue à mesure que l'être humain vieillit : de la maturité à la sénilité, il peut perdre ainsi jusqu'à 160 grammes.

Le cerveau (relié à la périphérie par la moelle épinière renfermée dans l'épine dorsale et qui joue le rôle de centre réflexe et de conducteur) ou plus exactement l'encéphale, dont le cerveau proprement dit constitue la partie supérieure et antérieure, comprend l'ensemble des centres nerveux renfermés dans la boîte crânienne et comporte plus de 14 milliards de cellules. Le cerveau ne repose pas directement sur un support mais flotte dans le liquide céphalo-rachidien et est abrité dans une cavité rigide, la loge crânienne. Une série

d'enveloppes de textures différentes, les méninges, l'entourent et jouent un double rôle de soutien et de nutrition.

En examinant, même superficiellement, un cerveau isolé, ce qui frappe c'est la présence de deux volumineuses masses symétriques, à sillons capricieux, les hémisphères cérébraux.

Ces deux hémisphères sont constitués d'une mince écorce ou cortex, couche superficielle grisâtre (cellules formant la substance grise) et recouvrant une masse d'un blanc nacré (substance blanche ou fibres prolongeant ces cellules.)

Partant de ces hémisphères, nous distinguons une série d'étages qui les relient à la moelle épinière :

1 Les hémisphères eux-mêmes, appelés télencéphale ou cerveau supérieur, organe de la motricité volontaire et "instrument" de la pensée.

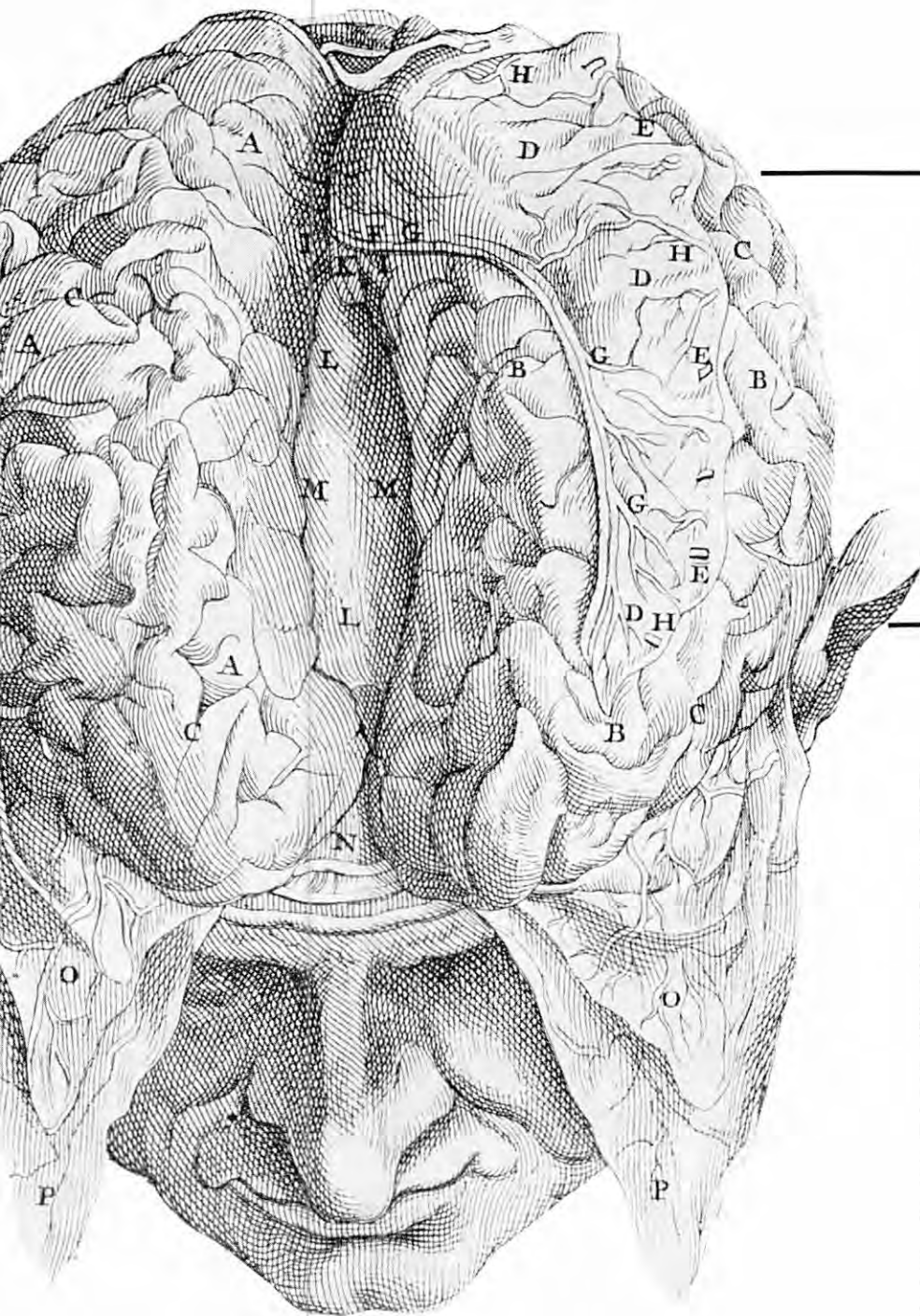
2 Le cerveau moyen (comprenant les tubercules quadrijumeaux, les couches optiques ou thalamus, les corps striés) dont l'affectivité dépend.

3 Le cerveau inférieur, organe de la motricité automatique et qui occupe la loge cérébelleuse (concavité de l'os occipital). Il comprend le myélocéphale prolongeant la moelle, la prolombérance annulaire ou "pont de Varole", les deux pédoncules cérébraux et, en retrait, une masse assez volumineuse, le cervelet, organe d'intégration ne commandant aucune fonction, mais intervenant dans la régulation fine de chacune d'entre elles.

La moelle épinière

Composant avec le cerveau le névraxe ou système cérébro-spinal, la moelle épinière, dont nous avons déjà parlé à plusieurs reprises (abondamment à propos de l'arc réflexe), est enfermée dans un canal osseux, le canal rachidien, creusé à l'intérieur des vertèbres. Elle s'étend de la première vertèbre cervicale jusqu'à la deuxième vertèbre lombaire. En haut de la colonne cervicale, elle se redresse en arrière et devient plus volumineuse pour constituer le bulbe rachidien qui est situé moitié dans la partie supérieure de la co-

LE METABOLISME DU CERVEAU



Le cerveau (qu'une planche reproduite du livre d'André Vésale : "De humani corporis" nous montre "deshabillé"), le cerveau donc est un organe exigeant. Ses besoins en oxygène sont vingt fois plus élevés que ceux d'un muscle. Chaque minute 100 grammes de cerveau absorbent 600 à 800 centimètres cubes d'oxygène. Le volume total d'oxygène "avalé" ainsi par le cerveau entier en l'espace d'une journée avoisine 1 mètre cube et demi. En une vie, plus de 37.000 mètres cubes, soit l'équivalent d'une colonne haute de cent mètres et d'un diamètre d'environ 7 mètres. Ces quantités phénoménales d'oxygène lui sont apportées par le sang. C'est ce qui rend le cerveau tellement vulnérable : un arrêt circulatoire de cinq minutes suffit à "décérébrer" l'homme. Mais si l'on abaisse la température du corps, l'appétit métabolique diminue, d'où l'intérêt des techniques dites d'„hibernation" pour certaines interventions chirurgicales délicates, en particulier pour les opérations du cœur. En abaissant la température du patient à 30 ou même 28 degrés, on parvient à reculer de trois minutes la fatidique frontière de l'anoxie (manque d'oxygène) et cela, sans qu'aucune séquelle nerveuse soit observée.

longue cervicale et moitié dans le crâne où il pénètre par le trou occipital.

La moelle peut être considérée comme la superposition de segments similaires qui correspondent chacun à une région déterminée du corps avec laquelle ils sont en relation par l'intermédiaire d'une paire de nerfs rachidiens. Si nous opérons une coupe transversale au niveau de ces segments, nous trouverons une substance grise disposée en M grossier, et contenant le corps des neurones, c'est-à-dire les cellules nerveuses elles-mêmes, constituant caractéristique des centres nerveux.

Les localisations cérébrales et les aires de la sensibilité

A diverses reprises, nous avons parlé de sensations "affleurant la conscience", et de mouvements, "commandés par la volonté". Il est temps maintenant de nous intéresser au domaine de cette conscience, au siège de cette volonté, d'étudier le cerveau "cortical".

Dans chaque hémisphère cérébral, le cortex est divisé, de façon plus ou moins arbitraire, en lobes par des scissures. Les lobes sont à leur tour découpés en circonvolutions par des sillons. Cette subdivision à base uniquement anatomique n'a qu'une valeur purement descriptive et ne joue pas grand rôle au point de vue fonctionnel.

En arrière de la scissure de Rolando, la circonvolution pariétale ascendante représente le terminus de toutes les informations de la sensibilité générale. S'y trouvent des corps cellulaires reliés point par point aux récepteurs périphériques, par l'entremise de plusieurs relais neuroniques. Ainsi, nous avons là une véritable image de notre corps avec ses parties et ses organes. Mais cette image n'est pas fidèle car toutes les parties, n'étant pas également sensibles, n'ont pas droit à une surface cérébrale proportionnelle à la surface périphérique. Le "petit personnage cortical" que l'on peut ainsi représenter offre un aspect grotesque : grands pieds à la face interne, petites jambes et petit tronc en haut, bras allongés avec énormes mains aux pouces

La machinerie qui commande l'homme (suite)

géants, face étendue avec, tout en bas, une zone importante pour la langue et le larynx.

De même pour les sensibilités spéciales, il existe une aire de projection auditive (au niveau du lobe temporal), une aire olfactive et enfin, à l'arrière du lobe occipital, la zone de projection de la sensibilité visuelle. De cette manière, la zone occipitale est une parfaite "rétine corticale", conclut le professeur Chauchard, où s'inscrit l'image visuelle du monde.

Il faut noter que la vision centrale est prépondérante car chaque cellule de la zone centrale de la rétine (la macula) correspond à un neurone du cerveau auquel elle est reliée directement ; tandis que, vers la périphérie, plus nombreuses sont les cellules visuelles reliées à un seul neurone cortical. C'est ce qui rend la vision centrale plus précise.

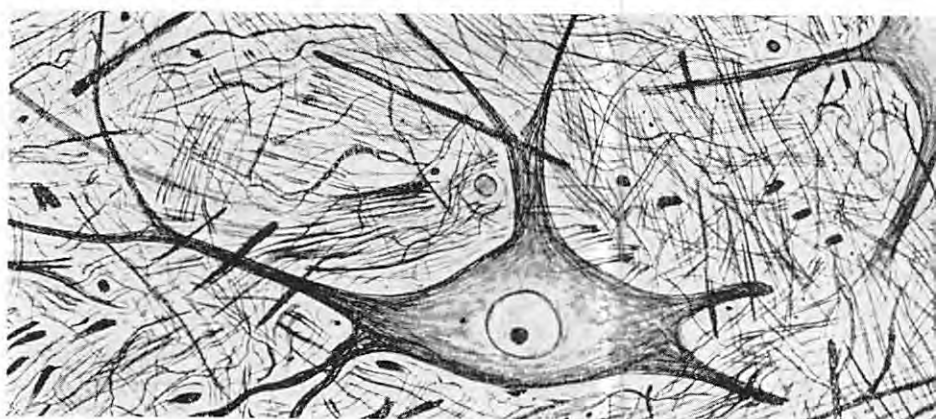
La lésion de ces zones de projection se traduira par une perte de la sensibilité consciente localisée au point précis atteint. Une excitation, électrique par exemple, causera, par contre, une hallucination sensorielle. C'est-à-dire que le cerveau interprétera cette excitation comme venant de la périphérie.

L'aire de la motricité

En avant de la scissure de Rolando, dans la circonvolution frontale ascendante, les cellules pyramidales du système de la motilité volontaire forment une image motrice frontale semblable à l'image sensitive pariétale.

Le "petit bonhomme moteur" a la même allure que le bonhomme sensitif ; ainsi la main aura une représentation corticale très étendue car la commande cérébrale est d'autant plus importante que la motricité doit être plus précise.

Le rôle du cortex moteur n'est pas d'exécuter le mouvement (c'est en effet au neurone moteur de la moelle qu'est dévolue cette charge) mais de la susciter. L'excitation électrique d'un point de cette zone se manifestera par un mouvement limité, isolé, c'est-à-dire une contraction musculaire localisée en même temps que par le



relâchement des muscles antagonistes. Pour l'exécution d'un geste, c'est-à-dire la succession complexe de mouvements adaptés à un but précis, la zone motrice va recevoir un ordre moteur global, véritable plan de travail qu'elle aura à surveiller.

Il existe donc, tant dans le domaine de la sensibilité que dans celui de la motricité, des zones placées plus haut dans la hiérarchie du système nerveux. Elles permettent de comprendre la perception et de coordonner l'action.

De la sensation à la connaissance

Lorsque, plongeant la main dans la poche, nous y touchons un objet froid, métallique, arrondi, nous éprouvons des sensations. Le fait de conclure qu'il s'agit là d'une pièce de monnaie est une reconnaissance. La reconnaissance des objets par nos sens a reçu le nom de gnosie. Il existe ainsi, selon la nature des sens intervenant, des gnosies tactiles ou visuelles ou auditives. Car il ne suffit pas, insistons sur ce point, que notre rétine (et par là les zones corticales de projection sensorielle) soit impressionnée par une image pour en reconnaître la signification. La participation d'autres zones du cortex qui intègrent les

informations élémentaires que constituent les sensations est indispensable à cette reconnaissance. Ainsi une surface rectangulaire avec quatre pieds ne devient "table" que sous l'intervention de ces zones d'intégration, en étroite relation avec les aires de stricte projection. Un malade dont ces zones seraient lésées verrait toujours la surface rectangulaire avec les quatre pieds mais n'y reconnaîtrait pas une table et n'en saurait plus l'usage. Cette agnosie particulière est appelée "cécité psychique".

Cette faculté d'intégrer des sensations s'acquiert. Le cerveau du nouveau-né reçoit les sensations élémentaires sans les intégrer encore. Mais il possède l'aptitude à en faire la synthèse, qui ne sera cependant atteinte qu'au cours d'un réel dressage. Ce dressage de la sensibilité s'effectue très tôt, avant même l'éveil à la pleine conscience, lorsque le nourrisson apprend à reconnaître les parties de son corps et les objets en jouant dans son berceau.

Parallèlement à l'intégration sensible, existe une coordination motrice. Une sorte de schéma du geste à exécuter est élaborée dans une zone située en avant de l'aire motrice (aire prémotrice).

Ce plan du geste est transmis à l'aire motrice pour les mouvements volontaires ou bien au corps strié pour les mouvements



Ce monstre (que l'on appelle l'homunculus de Pennfield) est une sorte de photo-robot de ce que serait l'homme s'il était bâti à l'image de son cortex cérébral où les possibilités motrices de tout notre corps sont très inégalement représentées. Cette image nous montre que ce sont nos pouces et notre langue qui "mobilisent" le plus de neurones.



Voici la cellule noble du cortex cérébral : la cellule de Betz. C'est à son niveau que se joue le destin de notre mouvement car c'est elle qui transmet les ordres volontaires à la "périphérie".

automatiques. Et ce sont eux qui font exécuter le geste par les neurones moteurs de la moelle.

Ce pouvoir qu'a l'aire prémotrice de coordonner les mouvements pour en réaliser des gestes a reçu le nom de praxie. Les praxies sont, tout comme les gnosies, acquises par un apprentissage débutant dès la naissance.

Contrairement à celle de l'aire motrice, la lésion de cette fameuse zone prémotrice ne paralyse pas, mais rend le sujet "apraxique", incapable de mener à bien des gestes appris ou assez compliqués.

Ce tiers de l'existence

le sommeil

To be or not to be, that is the question, disait Hamlet inspiré par Shakespeare.

Mais il ajoutait aussi : to sleep... per chance to dream... dormir... Dormir... Rappelons-nous (on ne l'ignore pas, mais on l'oublie) que l'homme passe un tiers de sa vie à dormir.

Un tiers... alors que l'existence est si brève, que le temps est si fugace.

Le problème méritait examen. Les experts foisonnent.

Un bel éventail de théories, en vérité !

Descartes découvre le réflexe

suite cheminement

ble des yeux, des oreilles, des hémisphères cérébraux. Peu lui importe si, à Leyde, en disséquant des cerveaux humains, il n'a jamais trouvé cette glande. Cela explique que Voltaire l'ait appelé "Le philosophe qui connut le moins la nature".

L'étude dynamique des phénomènes se traduit en neurologie par la découverte du réflexe. Descartes est le premier, sans doute, à en faire mention dans son "Traité de l'Homme". Il observe que la main se retire vivement du feu qui la brûle : "ainsi que tirant l'un des bouts d'une corde, on fait sonner en même temps la cloche qui pend à l'autre bout". En 1743, Astruc de Montpellier donne le nom de réflexe, à ce mécanisme. Wyllis d'Oxford, le plus grand neurologue du siècle, décrit la couche grise corticale du cerveau productrice d'esprits animaux (influx moteur) et la couche blanche (fibres) qui les transmet. Le sommeil et la mémoire sont désormais liés au fonctionnement du cerveau. Il classe les nerfs crâniens dans l'ordre qu'ils occupent actuellement, décrit soigneusement le bulbe et défriche les grandes affections cérébrales. Dans le même temps, Glisson, en France, introduit la notion d'irritabilité de la substance vivante, qu'il définit comme la faculté de réagir à l'influence de l'extérieur.

L'anatomie du cerveau se perfectionne encore grâce à Vieussens qui fait durcir l'encéphale en le cuisant dans l'huile, grâce aussi à Vicq d'Azyr et à Sylvius. Bien d'autres noms encore méritent d'être cités comme les Italiens Borelli, Baglivi, l'Anglais Sydenham et même le moraliste Malebranche qui a compris la modalité d'influence qu'exerce le système nerveux sur la circulation, en d'autres termes, l'innervation vasomotrice.

Le mécano-pneumatisme spiritualiste de Descartes faisait appel à Dieu pour expliquer l'origine de tous les mouvements. Dissertant sur le mouvement et le dynamisme, d'autres philosophes s'éloignent de la réalité. Revenant sur terre, Baglivi voyait dans la vie une cinématique, alors que d'autres, plus préoccupés par les "fluides" et les "tuyaux", faisaient de cette vie un principe d'hydrodynamique. L'organisme devient une machine tantôt hydraulique, tantôt pneumatique, tantôt broyeuse, etc... L'âme se métamorphose en esprit, puis l'esprit est conçu comme entendement, et l'entendement devient tributaire de son "enveloppe" : le cerveau.

Le primat de la connaissance cartésienne est réfuté par les sensualistes, par John Locke notamment. L'esprit n'est plus "causa sui" (cause de soi) : il est informé par les sens : son activité est donc provoquée. Condillac pousse encore plus loin la révolte contre l'ordre de la Raison en définissant les idées comme des sensations abstraites progressant jusqu'au symbole. Dans cette optique, le cerveau secrète sa pensée comme le foie, sa bile. Essayant de découvrir l'origine des forces essentielles, Hoffmann attribue le tonus des fibres dont est composé notre organisme à un "fluide", l'éther nerveux transporté du cerveau à la périphérie.

Cette notion erronée d'éther est d'ailleurs exploitée avec grand succès par Mesmer (1733-1815) qui parle de l'existence d'un "fluide magnétique animal" et prétend guérir ses malades en leur imposant ses mains ou à l'aide de son baquet muni de tiges de fer. Plus raisonnable, le physiologiste suisse Albert de Haller (1708-1777) débarrasse la médecine de toutes les théories hypothétiques en vogue et ramène le principe du mouvement et des forces vitales à des proportions proprement physiologiques, en montrant que le tissu musculaire est doué d'irritabilité et de réactivité mais que la sensibilité est exclusivement neurogène. Le processus de nos réactions motrices est bien près d'être expliqué.

Le 19^{ème} siècle marque l'abandon définitif des systèmes médicaux philosophiques, dont Bichat disait qu'ils étaient : "théorie plus souvent née dans le cabinet qu'auprès du lit du malade".

Par ses idées novatrices et humanitaires, Pinel mérite de figurer au rang des libérateurs. En 1793, devenu médecin

La machinerie qui commande l'homme (fin)

32/33 BP review

Depuis ceux qui professent que l'état souhaitable pour le cerveau est le sommeil, la veille n'étant qu'un accident... jusqu'à ceux qui, à l'instar du professeur soviétique Enghelard, soutiennent que ce sommeil n'est qu'une perte de temps, ajoutant que lui consacrer deux heures serait amplement suffisant. Du coup, notre activité serait accrue notablement !

Bref, on n'est guère plus avancé et l'on oscille toujours entre les extrêmes : le sommeil est-il indispensable à l'organisme surtout fatigué, ou n'est-il qu'une paresse, du temps galvaudé, un luxe presque ?

Le sommeil

demeure

une énigme

Et qu'est-ce que ce sommeil loué par les uns et honni par les autres ? On n'en sait trop rien. L'électroencéphalogramme est venu nous apporter quelques précisions.

Les voici :

1° — des ondes dites bêta sont seules émises par un sujet éveillé, des ondes alpha les remplacent lorsqu'il s'endort.

2° — Les différentes régions du cerveau ne succombent pas simultanément au sommeil ; l'aire auditive est la dernière endormie (vous l'aviez déjà constaté, à demi sommeillant vous entendiez encore).

3° — Des individus très divergents à l'état de veille deviennent assez ressemblants durant leur sommeil, comme si Morphée atténuait les dissemblances.

4° — Après une période de somnolence, succède un sommeil profond entraînant de notables transformations physiologiques (les yeux se révulsent, les tics cessent, le tonus musculaire diminue). Apparaissent alors des ondes delta.

5° — Mais le sommeil n'est point uniforme. Ondes-alpha et delta alternent, ce qui signifie que le même dormeur connaît, durant une nuit, des successions de sommeil léger et profond. L'activité cérébrale stopperait, en moyenne, de 90 à 120 minutes

et des rêves, huit fois sur dix oubliés, envahissent notre pensée. Vers le matin, le sommeil léger s'intensifie et l'ouïe est la première à réintégrer ses fonctions (c'est fréquemment un bruit qui nous réveille).

6° — On dit populairement que "le sommeil avant minuit est le plus réparateur". De fait, on a constaté que les deux premières heures de sommeil permettaient le mieux de récupérer. On en a déduit que l'idéal serait de s'endormir à volonté (on assure que Napoléon en était capable partout et toujours) ou même qu'un repos plus long serait superflu.

Ceci établi (c'est relativement peu, mais enfin), on peut se demander s'il existe un centre de sommeil ?

On y crut dès l'Antiquité, le localisant dans le cerveau. La croyance perdura jusqu'au début du siècle où Henri Piéron émit l'hypothèse que le sommeil était causé par une accumulation d'hypnotoxine ou de toxines fatiguant les cellules nerveuses. On proposa ensuite des localisations cérébrales : au niveau du cortex (HESS) ou à la base du troisième ventricule (Von Economo et Mauthner).

Il fallut les recherches de notre compatriote le Professeur Bremer, en 1937, pour montrer qu'il n'existait pas de centre du sommeil mais bien un centre d'éveil que l'Américain Magoun et l'Italien Moruzzi situèrent, en 1949, "dans la formation réticulée", région inférieure du tronc cérébral.

Enfin, il y a dormir et dormir...

L'anesthésie et l'hibernation sont fondamentalement différentes du sommeil ordinaire. Néanmoins, toutes deux procèdent de déconnexions nerveuses également.

C'est ainsi que l'un des plus grands spécialistes de l'hibernation, Henri Laborit, a réussi récemment à trouver "le gamma-hydroxybutyrique", que l'on a baptisé "l'acide du sommeil synthétique".

On ne s'étonnera pas tellement d'apprendre que ce corps fait partie des acides gras lorsqu'on saura que les animaux hibernants recherchent, avant de s'endormir pour l'hiver, de fortes quantités de graisses.

de Bicêtre, il se révolte contre le traitement infligé aux fous : incarcération dans des geôles obscures et humides, enchaînement, jeûne forcé, coups, brimades, privations. Il écrit : "Ils aliénés, loin d'être des coupables qui faut punir, sont des malades dont l'état pénible mérite tous les égards dus à l'humanité souffrante".

L'étude des centres cérébraux comme ce. A Vienne, Franz Gall étudie inlassablement le cerveau. S'ennuyant dans cette ville il assiste à de nombreuses conférences. Il croit remarquer que les orateurs à la parole facile ont les yeux proéminents. Il en déduit que la faculté d'éloquence est due au développement des lobes frontaux et édifie un système de localisation crânienne (les "bosses" correspondant à des facultés mentales ou affections). En cela, il est le père de la phrénologie, vulgairement la science des bosses. Cette théorie quoique n'ayant plus aucune valeur sinon anecdotique, préluce cependant à des recherches plus précises et plus sérieuses sur la localisation des facultés supérieures.

C'est à Bell et Magendie que l'on doit les lois concernant la distribution de la sensibilité et de la motricité dans les racines nerveuses.

Pierre Jean-Marie Flourens (1798-1867), élève de Cuvier, et professeur d'anatomie comparée à Paris, donna un tableau presque parfait de la localisation des réflexes et de la signification de la moelle. Sectionnant le cerveau d'une grenouille qui resta toutefois capable de réagir à certaines excitations par des mouvements, il constata l'existence de réactions dépendant uniquement de l'axe médullaire : les réflexes. Remarquons que déjà à la fin du siècle passé, Prochawska avait réalisé les mêmes observations. Flourens pratiqua ensuite l'ablation du cervelet chez des pigeons. Il s'aperçut que l'animal a perdu le sens de l'orientation et titube, ses battements d'ailes sont irréguliers et non coordonnés. On en déduit que le cervelet est l'organ



Une intense
activité dont
nous n'avons
pas conscience

Dans l'entre deux guerres, des expériences tentées par le docteur Alexis Carrel, auteur du best-seller "L'homme cet inconnu" et par un "assistant" pour le moins inattendu, le célèbre Charles Lindbergh, firent énormément de bruit. Ces deux chercheurs avaient, en effet, réussi à maintenir en vie plusieurs mois durant un cœur de poulet complètement isolé de son organisme.

Ainsi, à l'instar des viscères des momies égyptiennes qui continuaient leur existence posthume dans les vases canopes, un organe isolé (il en va du cœur comme de l'intestin) continue à battre ou à se contracter, en un mot à vivre, pour autant qu'il soit placé

De la "science des bosses" à la neurochimie en passant par les théories électriques

L'équilibre contrôlant la distribution des ordres moteurs pour faire travailler les muscles en harmonie. Il enfonce un clou dans le bulbe de l'animal et provoque un arrêt respiratoire mortel. On conclut à l'existence d'un "nœud vital", centre de l'automatisme respiratoire.

La découverte du microtome permettant de réaliser des très fines coupes dans les tissus et celle de techniques de coloration et de durcissement du cerveau permettent à Helmholtz, Erhenberg et Purkinje de visualiser le neurone ou cellule nerveuse, unité anatomique fondamentale. Les mêmes Purkinje et Erhenberg décrivent le prolongement du neurone, l'axone ou cylindraxe. Ils autorisent ainsi la physiologie à lier ses lois à un substrat anatomique.

La seconde moitié du 19^{ème} siècle connaît la splendeur de la neurologie, avec l'illustre Charcot qui naquit à Paris, le 29 novembre 1825. Après avoir étudié les rhumatismes chroniques, il fut nommé en 1862, chef de la Salpêtrière. Il y créa un enseignement libre du système nerveux. D'abord très modestes, ses leçons se donnèrent en petit comité. Mais au bout de quelques années, la clarté de son propos, la densité des descriptions et l'intelligence synthétique du maître attirèrent de grands esprits : Bechterew, Freud, Arnesco, Pierre-Marie, etc... Ses descriptions restent des modèles du genre. Son enseignement n'est pas seulement anatomico-clinique, il est également une tentative constante d'expliquer la maladie par la physiologie et ses modifications. Ses prestigieuses réussites sont malheureusement tachées par un manque de prudence dans les applications de l'hypnose ou traitement des hystériques (ce qui ne contribua pas peu à la méfiance des milieux médicaux français vis-à-vis de l'hypnotisme, et ce jusqu'à nos jours).

Dans les autres pays, on ne restait pas aussi actif non plus. En 1870, deux savants allemands, Hitzig et Fritsch, font passer des courants électriques dans le

cerveau. L'application de ce courant en des points précis détermine des réactions de certains groupes musculaires. On acquiert ainsi la certitude de l'hétérogénéité fonctionnelle du cerveau.

Brodman et Vogt découpent la surface corticale en deux cents aires environ de constitutions différentes. Ils créent l'architectonique du cerveau en y reconnaissant des zones définies par des arrangements cellulaires particuliers ; ainsi germe l'idée qu'une fonction motrice déterminée est représentée dans la couche grise par un ensemble de cellules propres.

En 1891, Waldeyer et Cajal énoncent la théorie du neurone que nous développerons.

La physiologie poursuit ses progrès à pas de géant, grâce aux grands travaux de Head, Sherrington, Ramsey, Hunt, Brown-Séquard. Elle gagne en finesse mais aussi en complications. On a compris que la cellule nerveuse est un appareil physique d'une complexité vertigineuse. Son activité ressemble à celle de certains appareils électriques tout en les dépassant en raffinement. Les lois de diffusion des champs électriques ne parviennent pas à maîtriser complètement cette structure, monde mystérieux qui crée les mouvements du corps, les élans du cœur et de l'esprit.

L'école russe de Bechterew étudie les activités cérébrales supérieures. Pavlov découvre les réflexes conditionnels : c'est-à-dire conditionnés par une éducation et qui s'opposent aux réflexes inconditionnels (présents dès la naissance). Découverte essentielle car elle montre l'activité du cortex cérébral dans une manifestation réflexe. Pavlov dévoile ainsi une partie importante des grandes lois du comportement. Même si l'enthousiasme s'est un peu apaisé pour ces travaux, que Drabovitch a poursuivis et auxquels on a parfois accordé une importance démesurée, il n'en est pas moins vrai qu'une bonne part de notre existence

est conditionnée par toutes sortes d'influences extérieures devant lesquelles nous avons appris à réagir... plus ou moins bien (la publicité basée sur "l'underground psychology" des Américains en est un excellent exemple).

Sur un plan moins organique, Sigmund Freud décrit la genèse de la personnalité et tente de donner une explication de la constitution de la conscience.

Allant plus loin, il confère à notre matière nerveuse un rôle d'une richesse incommensurable : celui de détenteur de l'inconscient, partie très obscure du Moi où se trouve inscrite, mise en réserve, en quelque sorte, une partie du monde que nous tenons au secret (censure) pour beaucoup de raisons.

Ce monde ignoré jusqu'ici permet à la médecine de s'attaquer efficacement aux traitements des névroses.

Mais la neurologie n'arrête pas de faire des progrès. Elle devient une discipline vaste, se ramifiant sans cesse : neurochirurgie, neuroanatomie, neurophysiologie, neurochimie enfin qui après les travaux du médecin allemand Thudicum (de 1862 à 1901), fut délaissée au profit des "théories électriques" jusqu'à la découverte d'une substance transmettant l'influx nerveux qu'en 1929, Dale et Dudley isolèrent et identifièrent sous le nom d'acétyl-choline. La neurologie s'attaque à toutes les questions restées mystérieuses au cours des siècles : sommeil, mémoire, humeur, régulation des fonctions vitales, etc...

De très grands esprits, dans le monde entier, passent leur vie à fouiller dans leur laboratoire les mystères de la vie nerveuse. On ne saurait citer le nom de tous. Cependant, il faut leur rendre hommage, car ils nous ont ouvert des perspectives grandioses.

Nul ne peut prévoir exactement ce que nous révélera dans l'avenir cette masse humide et molle de cellules grises enfermées dans l'obscurité de la boîte crânienne, d'où partent des étincelles qui sont à la fois rien et tout...



André Vésale : c'est avec lui que tout a vraiment commencé. A l'hypothèse il substitua l'observation ; à l'imaginaire, la logique. Il fut le Galilée du corps humain.

dans les conditions de circulation artificielle adéquates et dans un milieu liquidien approprié.

Ceci s'explique par le fait que, les viscères ne recevant point de nerfs cérébro-spinaux, toute la vie viscérale est assurée par des systèmes nerveux autonomes (l'orthosympathique et le parasympathique subdivisés en crânien et en pelvien), situés au niveau périphérique. Ces systèmes dotent les viscères d'une véritable activité automatique dont les réflexes permettent l'adaptation (cependant moins rapide que celles du système nerveux cérébro-spinal car les relais périphériques sont peu myélinisés et leurs connexions sont diffuses) des organes aux influences extérieures et intérieures.

Ce système nerveux végétatif contrôle et harmonise le travail des différents viscères, en relation étroite avec le système endocrinien.

L'action de l'activité corticale supérieure (écorce cérébrale) n'en existe pas moins sur les processus végétatifs. L'existence de centres corticaux directement en rapport avec la vie végétative a été démontrée dans le lobe frontal. En outre, nos sentiments, nos émotions, influencent cette vie végé-

tative (une nouvelle triste déclenche les larmes ; la colère élève la pression artérielle, etc.).

Enfin, dans les conditions physiologiques courantes, la vie végétative n'est pas sous le contrôle de la volonté. Ce serait cependant une erreur de prétendre que la volonté n'y a rien à dire : ainsi, des exercices appropriés de yoga permettent de réacquiescer le contrôle des mouvements péristaltiques de l'estomac et de l'intestin, par exemple.

En conclusion, l'activité de nos viscères, leur irrigation, la constance de composition des milieux humoraux, etc., en un mot, notre vie végétative est réglée à la fois par un système nerveux très particulier et par l'activité glandulaire.

Cette régulation constitue le travail continu d'une énorme machinerie qui fonctionne sans bruit. Notre conscience n'en est pas avertie. Cependant, notre comportement - toujours en dehors de notre conscience - peut être modifié par des influx d'ordre végétatif arrivant au cortex. Inversement, le cortex influence notre vie végétative. Cette action s'applique sur l'hypothalamus, grâce aux connexions

qui l'unissent à l'hypophyse, par l'intermédiaire de médiateurs chimiques, les hormones.

L'entité hypothalamus - hypophyse apparaît donc comme la tour de contrôle de notre vie végétative.

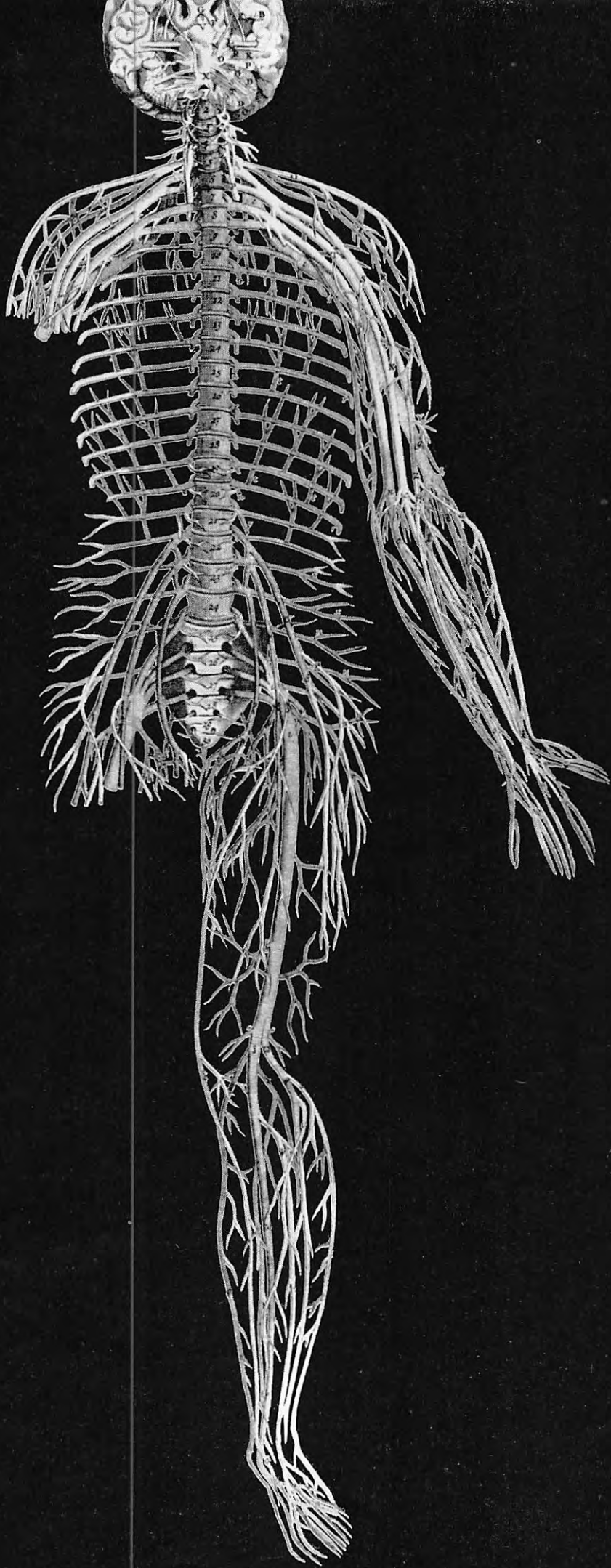
Les hormones

La physiologie contemporaine a analysé la nature et le rôle de substances secrétées par les glandes endocrines ou à sécrétion interne, les hormones. Déversées dans le sang, ces sécrétions commandent le développement des organes et exercent sur les fonctions organiques et psychiques une action comparable à celle du cerveau, en ce sens que tantôt elles stimulent (on les appelle alors stimulines), tantôt elles modèrent ou empêchent (inhibines).

On sait, en outre, que la colère déclenche, dans les capsules surrénales, une forte sécrétion d'adrénaline, nocive à l'organisme. On n'ignore pas non plus que l'insuffisance de l'hormone thyroïdienne provoque la nonchalance, voire la paresse caractérisée ; ce qui explique les piteux résultats d'élèves par ailleurs de bonne volonté.

La pensée n'est qu'un éclair au milieu de la nuit. Mais c'est cet éclair qui est tout...

Henri POINCARÉ



DE LA SENSATION A L'ACTION

F. Brémer

- **La moins innocente des curiosités : celle du neurophysiologiste**
- **La première fonction du système nerveux central : enregistrer les messages en code**
- **Un mécanisme bio-électrique règle les relais et l'intégration**

La curiosité du neurophysiologiste, a dit un jour Adrian, est sans doute la moins innocente de toutes les curiosités scientifiques. Elle amène nécessairement celui qui essaie de la satisfaire à affronter le mind - brain problem et à méditer sur la condition humaine.

Pour le physicien qui scrute la nature intime de la matière, et pour l'astronome qui suit la fuite des galaxies, le parallélisme psycho-physiologique est un fait dont il n'a pas, heureusement, à se préoccuper, dans sa confiance sereine en une raison transcendante, sans commune mesure avec les conduites machinales de l'instinct animal. Lorsqu'il est arrivé à leurs prédécesseurs du 17^e siècle de s'intéresser au déterminisme neurophysiologique, leur curiosité ne s'est portée que sur les moyens par lesquels

cette raison souveraine entre en communication avec les organes des sens, ses informateurs et transmet ses ordres aux muscles, ses serveurs.

Les physiologistes de l'époque répugnaient d'ailleurs à aborder des problèmes devant lesquels ils se sentaient désarmés, techniquement et doctrinalement. Quand ils s'y aventuraient, la démarche de leur pensée était toute mécanistique, à un moment où William Harvey venait de leur révéler les merveilles de la circulation sanguine. Les nerfs étaient des "tuyaux" - c'est le terme de Descartes - transportant du cerveau aux muscles un fluide très subtil, qui durcissait ceux-ci en les gonflant. Borelli incise sous l'eau des muscles en connexion avec le système nerveux pour voir si un gaz ne s'en échappait pas pendant

leur contraction. Et Leeuwenhoek examine, avec le microscope qu'il vient de construire, les troncs nerveux périphériques, dans l'espoir d'y déceler les canaux tubulaires qui devraient s'y trouver.

Il fallut attendre la découverte par Galvani de l'électricité animale, l'identification par Matteuci et par Dubois-Reymond de l'influx nerveux à une perturbation électrique en mouvement, la mesure de sa vitesse par Helmholtz, l'acceptation définitive, grâce aux travaux des Golgi, des Van Gehuchten et des Cajal, de la doctrine établissant le neurone comme l'unité anatomique, trophique et fonctionnelle du système nerveux, pour que s'édifie le plan général d'une neurologie enfin en possession de ses principes fondamentaux.

La fonction de tout système nerveux central est, permettez-moi de le rappeler, d'enregistrer les messages qui lui sont transmis en code, sous forme d'influx fondamentalement de même nature, par une multitude de récepteurs sensoriels, d'interpréter ces messages en fonction à la fois d'une situation momentanée et d'un dossier central graduellement constitué par des expériences antérieures, et finalement de dépêcher des influx moteurs aux organes effecteurs de la machine énergétique que sont les muscles et les glandes.

L'on sait, grâce aux travaux de Nernst, de Bernstein, de Hodgkin, de Lorente de Nó, que la naissance et la propagation de ces influx sensitifs et moteurs ont comme cause immédiate des mouvements d'ions, se faisant selon des gradients électrochimiques à travers la membrane polarisée électriquement de la fibre nerveuse et réglés par des processus métaboliques. Cette unité de nature des influx nerveux contraste avec la diversité extrême de leurs vitesses de propagation. Une loi empirique, établie par Erlanger et Gasser, en accord avec des prévisions basées sur la théorie

des cables conducteurs, lie cette vitesse de conduction de l'influx, qui reste toujours modeste - elle ne dépasse guère le 100 m/sec - au calibre de la fibre qui le transmet. Les plus grosses conduisent le plus vite. Ce sont celles qui sont préposées à la transmission des messages les plus urgents. Un autre progrès notable fut l'élucidation du mécanisme par lequel, de réversible de sens et inconditionnelle qu'elle est dans les fibres nerveuses périphériques, la propagation de l'influx devient unidirectionnelle et conditionnelle dans les réseaux neuroniques de la substance grise centrale.

Ici encore l'électrophysiologie a apporté une explication satisfaisante de ces données connues de longue date. Elle a révélé la nature bioélectrique du mécanisme de relais et d'intégration par lequel, aux nœuds du réseau conducteur que sont les corps des cellules nerveuses avec leurs expansions dendritiques, se font les sommations, les blocages, les aiguillages d'influx qui s'expriment finalement par des réactions musculaires et viscérales s'inscrivant dans le comportement de l'animal. Une nouvelle avance, que l'on doit à Eccles et ses collaborateurs, à Katz et à Kuffler, fut la démonstration du fait que les deux processus antagonistes de l'excitation et de l'inhibition se résolvent toujours en l'opposition de mobilisations ioniques, s'exprimant généralement, mais non nécessairement, par des variations de signes électriques opposés de la polarisation membranaire de la cellule nerveuse.

Bien avant ces apports de la biophysique à la connaissance des mécanismes fondamentaux de la conduction et de l'activation centrale, l'enregistrement oscillographique de l'influx nerveux unitaire, devenu possible grâce aux progrès de l'électronique, avait permis à Adrian et à ses collaborateurs d'aborder l'étude des stades initiaux de la réception sensorielle. Dans ces recherches, l'état d'esprit du physiologiste n'est plus le même que celui du biophysicien. Ainsi que l'a fait remarquer Granit, son attitude comporte l'admission implicite du fait que la compréhension d'une finalité biologique fait partie de son objectif, et donc qu'il lui est impossible de négliger l'aspect téléologique des messages sensoriels et des processus centraux de leur déchiffrement.

Il fut démontré que les influx nerveux afférents traduisent l'intensité de l'excitation sensorielle par une variation de leur

fréquence, proportionnelle au logarithme de l'intensité du stimulus, comme dans la loi psychophysique de Fechner. Et que cette "quantité" de la sensation dépend aussi du nombre des fibres afférentes excitées par le stimulus. De même, dans les nerfs moteurs, à l'autre extrémité de la chaîne de processus réactionnels qui vont de la sensation à l'action, ces deux facteurs de la fréquence des influx dans chaque fibre et du nombre de fibres excitées déterminent l'intensité de la contraction musculaire. D'autre part, la validité de la loi, formulée il y a plus d'un siècle par Johannes Muller, d'après laquelle la qualité d'une sensation particulière dépend essentiellement de l'origine périphérique des messages sensoriels et du lieu de leur arrivée dans le cerveau, fut amplement confirmée. Un aspect particulièrement significatif de cette correspondance concerne la sensation auditive. A l'excitation, par un phénomène complexe de résonance, des différents

suite

Le nerf optique : cent millions de "récepteurs" et un million de fibres

segments de l'analyseur de sons de l'oreille interne, correspond, dans l'aire de réception cérébrale, l'activation de bandes tonales parallèles, s'échelonnant d'avant en arrière, d'octave en octave, de sorte que le clavier périphérique se projette sur la surface corticale.

Le même principe de projection point par point de l'organe sensoriel se retrouve dans le cas des surfaces réceptrices cutanée et rétinienne et des aires somesthésique et visuelle de l'écorce cérébrale. La signification de cette correspondance est ici celle d'une analyse spatiale. L'énormité du nombre de récepteurs et de fibres du nerf optique - quelques cent millions de récepteurs et un million de fibres chez

Connaître l'enchaînement et l'organisation des processus cérébraux

De ces trois attitudes, celle du neurophysiologiste est peut-être la plus ingénue, ou la plus présomptueuse. C'est ce qui m'amène à essayer de décrire les difficultés que rencontre la recherche du déterminisme des activités nerveuses à leurs niveaux les plus élevés, et d'expliquer les raisons de ces difficultés. Pour éviter toute équivoque, je dirai tout de suite que cette recherche peut ne pas s'embarrasser des concepts métaphysiques de l'esprit et de la conscience. Lorsqu'il m'arrivera d'employer ces deux termes, ce sera dans une acception pragmatique, presque clinique. Il s'agit en définitive de connaître l'enchaînement et l'organisation des processus

Les modifications fonctionnelles durables des réseaux neuroniques

Je viens d'évoquer la contraction palpébrale que déclenche toute irritation vive de l'œil ou de la rétine. Or un clignement, tout aussi irrépessible, est provoqué par la rapide approche d'un objet visant l'œil. L'aptitude à ce clignement "à la menace" n'est pas innée. Le petit enfant ne la possède pas. Il s'agit vraisemblablement d'un réflexe conditionnel, dont le mécanisme central - qui est cortical - s'est formé progressivement à la suite des associations qui, depuis la naissance et l'installation de la fonction visuelle, ont conféré à l'image rétinienne d'un objet qui s'approche brusquement de l'œil la signification d'un signal de danger. Mais le signal qui provoque un réflexe conditionnel peut être aussi l'annonce d'une satisfaction. La salivation - l'eau à la bouche! - que provoque la vue ou l'odeur d'un met délectable est l'exemple familier d'un réflexe conditionnel alimentaire. Pavlov

l'Homme - s'explique par les nécessités de cette analyse spatiale, dont la perfection dépend de la finesse du "grain" des deux surfaces réceptrices, rétinienne et corticale, associées fonctionnellement. Solution peu économique au jugement d'un ingénieur. Mais les communications sensorielles ne se font pas selon le système téléphonique. La nature en a construit les appareils comme elle a pu, avec des prolongements de cellules étirés à l'extrême et en utilisant les lois générales et immuables de l'irritabilité protoplasmique. Nos informations sur les processus initiaux et terminaux de la série des événements qui vont de l'excitation sensorielle à la

réaction motrice sont donc déjà très satisfaisantes. Mais une connaissance des mécanismes nerveux qui se limiterait à une analyse des messages afférents et des décharges d'influx moteurs qu'ils suscitent ne différerait guère de celle d'une machine à sous dont les rouages resteraient cachés. Devant le mystère de l'organisation fonctionnelle centrale, les attitudes des chercheurs sont curieusement différentes. Au cours d'une réunion récente consacrée aux principes des communications sensorielles, le biophysicien Rushton décrivit ce contraste avec humour. Les ingénieurs du colloque, dit-il à peu près, nous expliquaient quelle sorte de machinerie nous devons avoir dans la tête pour faire quelques unes

des choses que nous faisons. Les neurophysiologistes, eux, regardaient à l'intérieur de la tête. Ils y découvraient une organisation d'une déconcertante complexité, mais rien qui ressemblât à ce que les ingénieurs pensaient devoir s'y trouver. Heureusement les psychologues expliquaient très bien ce que nous sommes capables de faire sans se préoccuper de ce que le cerveau doit être, ni de ce qu'il est en réalité! L'intention de l'auteur de cette boutade n'était pas de se moquer. Il admettait sans doute la légitimité de ces approches différentes et il avait la conviction qu'elles convergeaient un jour en une synthèse valable.

cérébraux qui vont de la réception des influx afférents à la décharge ordonnée des influx efférents. L'observation la plus superficielle révèle immédiatement que les réactions motrices qui sont l'expression finale de la transformation sont parfois strictement prévisibles, stables et invariables dans leur expression. Ce sont les réflexes simples, les tropismes, les instincts innés. D'autre fois, les réponses au stimulus ne peuvent être prévues avec quelque certitude qu'à la condition de connaître le passé de l'individu. Ce sont les réflexes dits conditionnels. On peut faire l'hypothèse qu'il n'existe aucune différence fondamentale, d'ordre

neurophysiologique élémentaire, entre les mécanismes centraux immédiats mis en jeu dans ces deux catégories de réponses. Leur distinction se résoudrait alors en la nécessité, pour l'obtention de celles du second type, d'une préparation du réseau neuronique central par des processus préalables de sensibilisation différentielle. Il arrive que le déterminisme du passage de la sensation à l'action soit d'une grande simplicité apparente. Il s'agit toujours alors de ripostes dont le caractère défensif et l'urgence excluent tout délai. La contraction des paupières de l'œil qu'irrite un corps étranger ou que frappe une lumière

trop vive est un exemple de ce type de réflexes élémentaires. Sa simplicité l'avait fait choisir par Descartes pour son explication mécanistique des phénomènes neuromusculaires. Bien qu'aussi impératif, le retrait d'un membre blessé à son extrémité représente déjà un phénomène beaucoup plus complexe, en raison des corrections d'attitude que nécessite le maintien de l'équilibre géotropique compromis par le mouvement. Ces ajustements posturaux se font, selon le principe des servo-mécanismes, par des réactions et contre-réactions, dont l'agencement, réglé préalablement, a été admirablement analysé par Sherrington, par Magnus et par Granit.

en fit l'étude avec le succès que l'on sait. Il est inutile d'évoquer ici l'infinité variété et l'extraordinaire complexité formelle de ces conditionnements, qui peuvent associer fonctionnellement n'importe quel signal sensoriel à n'importe quel stimulus inconditionnel. De toute évidence, le phénomène implique la création, dans les réseaux neuroniques centraux, - en particulier dans ceux de l'écorce cérébrale chez l'Homme - de liaisons primitivement inexistantes entre l'excitation inconditionnelle qui possède le pouvoir inné de susciter la réponse et l'excitation conditionnelle qui n'a obtenu ce pouvoir qu'à la suite de son association répétée, ou bien d'emblée très significative avec le stimulus inconditionnel. Où et comment se fait cette liaison ? On l'ignore encore malgré la somme considérable de travaux qui se sont efforcés de répondre à ces deux questions. Ce que l'on sait de plus net est que l'état de condition-

nement se révèle électrophysiologiquement chez le mammifère par une sensibilisation des aires corticales - et plus généralement des structures centrales - mises en jeu dans la réponse inconditionnelle. Cette sensibilisation est l'expression d'une modification fonctionnelle durable des réseaux neuroniques centraux. Elle est parfois ineffaçable. Le souvenir d'une frayeur de l'enfance peut influencer toute une vie ! La nature exacte de cette empreinte, comme celle de toutes les traces mnémoniques, est encore mystérieuse. La lenteur de sa dissipation est sans commune mesure avec celle des persistance d'activité centrale qu'il est possible de mettre en évidence dans des expériences n'impliquant pas de préparation conditionnante. La fugacité de ces rémanences, dont la durée s'évalue en centièmes de seconde, réduit leur rôle fonctionnel - qui n'en est pas pour cela moins important - à celui

d'une mémoire dynamique effaçable, comparable à celle d'une machine à calculer. D'autre part les traces qui sont le substratum de la mémoire que l'on peut appeler "statique", selon la suggestion de Konorsky, persistent intactes après les comas les plus profonds, pendant lesquels tout fonctionnement cérébral est suspendu. L'extrême complexité des macromolécules lipoprotéiques qui constituent les membranes des cellules et des terminaisons nerveuses centrales, la facilité des remaniements internes de ces molécules sous l'influence de forces électriques ou chimiques, leur agencement enfin en une microstructure très complexe que révèle l'étude du spectre de diffraction aux rayons X, constituent autant de données dont peut s'alimenter la spéculation théorique s'efforçant d'expliquer la création des empreintes mnémoniques et leur résistance au temps ainsi qu'aux perturba-

suite

● **L'homme : une dizaine de milliards d'aiguillages neuroniques**

tions physiologiques les plus sévères. D'autre part l'énormité du nombre des cellules qui sont les nœuds et les lieux d'aiguillages des réseaux neuroniques centraux - on l'évalue chez l'Homme à une dizaine de milliards - peut rendre compte de la capacité presque sans limites de la mémoire par l'infinité de configurations réactionnelles que ce nombre permet, étant admis qu'une même cellule peut faire partie de plusieurs combinaisons différentes. Enfin l'existence d'un ordre dans le déroulement des évocations mnémoniques, ordre reproduisant celui de l'inscription de leurs éléments constitutants, trouverait son explication dans l'irréciprocité de sens des transmissions interneuroniques. La polarisation des chaînes associatives, dont une manifestation banale est la difficulté

● **Une confédération hiérarchisée**

La même capacité d'abstraction formelle se révèle remarquons-le, pour les manifestations motrices de l'activité nerveuse centrale. Sur le plan le plus élevé, celui de nos gestes volontaires, cette aptitude s'exprime notamment par la possibilité de dessiner, sans apprentissage préalable, un contour géométrique quelconque en utilisant n'importe quel ensemble musculaire. De toute évidence le cerveau n'est pas une confédération non hiérarchisée de territoires autonomes, associés par des connexions

● **Et puis, à un certain niveau de la connaissance, le mystère de la vie...**

Chez le chat qui, dans une opération préalable, a subi la section de cette commissure interhémisphérique en même temps que celle de l'entrecroisement des fibres rétino-corticales, les impressions visuelles de chaque œil ne sont plus transmises qu'à l'hémisphère cérébral homolatéral. De plus cet animal est désormais incapable de transférer d'un hémisphère à l'autre un apprentissage visuel unilatéral (l'autre œil étant couvert pendant le dressage), transfère qu'accomplit facilement son congénère dont le chiasma optique est aussi sectionné, mais dont le corps calleux est intact. Par contre, la perte du lien de solidarité fonctionnelle de ses deux hémisphères cérébraux lui permet d'accomplir la prouesse acrobatique qui est d'apprendre à distinguer, dans un même dressage, deux

de réciter de Z à A les lettres de l'alphabet, reproduirait celle des transmissions synaptiques centrales qui ont été mises en jeu dans la mémorisation initiale.

On ignore encore le rôle que joue la mémoire associative dans ce qui est la propriété fonctionnelle, tout à la fois la plus remarquable et la plus familière, de l'activité nerveuse supérieure : l'abstraction symbolique, c'est-à-dire la capacité que possède l'esprit d'identifier des formes semblables, et plus généralement toutes les configurations perceptuelles isomorphes. Il s'agit ici encore d'une propriété fondamentale du cerveau et qui n'est pas l'apanage de l'homme. Un singe et même un chat peuvent acquérir la notion du triangle et du carré et distinguer ces formes quelles que soient leurs dimensions, leur orienta-

tion dans l'espace et leur distance de la rétine. Ils peuvent apprendre à reconnaître une mélodie simple, quelle que soit la hauteur des notes qui la composent. Et cependant, selon ces dimensions rétinien-nes, cette orientation, ces hauteurs tonales, ce sont des cellules sensorielles et des cellules centrales différentes qui participent à la réception périphérique et aux stades initiaux de la perception centrale. Tout se passe comme si, dans l'abstraction visuelle, ce qui compte est la similitude des rapports spatiaux des images qui se projettent sur l'aire visuelle corticale ; et, dans l'abstraction auditive, qui permet les transpositions tonales, l'isomorphisme des configurations réactionnelles qui doivent se succéder, comme sur une portée musicale, sur les bandes tonales de l'aire audi-

tive. De ces aires réceptrices, l'information serait, selon la doctrine classique, transmise aux aires associatives psycho-sensorielles. Le rôle indispensable de celles-ci, indiqué par la clinique humaine, a été confirmé par des observations expérimentales récentes sur les aires corticales associées aux aires auditives primaires chez le chat. Des signes électriques de l'excitation sensorielle sont décelables dans ces aires d'association, mais ils ne sont pas organisés en une configuration spatio-temporelle déchiffrable. De plus il n'est pas certain, et il est même douteux, que l'intervention des aires psychosensorielles soit toujours l'expression d'une irradiation directe (corticocorticale) de la réaction des aires de réception.

xions réciproques. Pour faire l'étude de ces territoires fonctionnels le physiologiste doit les isoler, sinon anatomiquement, tout au moins par des procédés de stimulation et d'enregistrement. Mais il est inévitablement confronté avec le problème de leur intégration dynamique. Et, faute d'évidences qui s'imposent, il construit quelquefois des théories, sans trop s'illusionner sur leur valeur explicative. L'une de ces théories, proposée par le neuro-chirurgien Penfield, confère à une condensation

neuronique médiane du névraxe cérébral le rôle de l'appareil d'intégration suprême responsable de l'unité mentale, qui en est l'expression la plus élevée.

Les difficultés rencontrées par cette hypothèse, très cartésienne, d'un système centre-encéphalique sont nombreuses. L'une des critiques qu'on peut lui faire est qu'elle accorde la dignité psychophysiologique à une structure centrale dont la fonction connue est celle, plus modeste, encore que très importante, d'un appareil d'éveil entretenant par des influx ascendants la

dynamogenèse cérébrale diffuse que l'on sait être la condition physiologique de la vigilance.

Une autre objection, plus directe, est basée sur le fait démontré que l'unité mentale de l'animal, tout au moins en ce qui concerne ses réactions visuo-psychiques, dépend du fonctionnement du grand faisceau de fibres commissurales - le corps calleux - qui relie entre eux symétriquement les hémisphères cérébraux et a clairement comme rôle de en assurer la synergie fonctionnelle.

formes géométriques avec un œil et l'hémisphère correspondant et deux autres formes avec l'autre œil et l'autre hémisphère. Tout se passe comme si les opérations perceptuelles et les acquisitions mnésiques de chaque moitié du cerveau, qu'exigent ces apprentissages, n'entraient plus en conflit mutuel grâce à la déconnexion des deux hémisphères, fonctionnant désormais chacun pour leur compte. Par cette performance, l'animal à corps calleux sectionné se comporte vraiment, au point de vue de ses intégrations visuelles, comme s'il avait deux cerveaux. Bien que son système centre-encéphalique soit intact, la section commissurale lui a fait perdre quelque chose de ce que l'on peut légitimement appeler son unité mentale.

Il est donc prouvé par ces expériences,

que l'on doit aux zoologistes Sperry et Myers, que la déconnexion des hémisphères cérébraux affecte sérieusement l'intégration dynamique des opérations qui se déroulent dans leurs réseaux neuroniques respectifs. Une donnée aussi nette incite à reconsidérer la conclusion désabusée de Sherrington qui, cherchant le mécanisme physiologique de la fusion binoculaire, avait été conduit à ne voir sa condition immédiate - à défaut de son explication - que dans l'exacte simultanéité des opérations rétino-corticales des deux hémisphères. Tels sont quelques uns des problèmes devant lesquels est confrontée et que s'efforce de résoudre une neurologie qui se veut de plus en plus "causale" pour reprendre l'épithète qu'appliqua jadis Albert Brachet à l'embryologie. Le rapprochement de ces

deux disciplines n'est pas que verbal. Les problèmes d'interaction et d'intégration dynamique qui se posent pour le neuro-physiologiste ne sont pas tellement différents de ceux que doit résoudre l'embryologie causale. Les recherches d'un Paul Weiss illustrent ces correspondances. Et puis, à un certain niveau de la connaissance, l'explication biologique est en face du même mystère, qui est celui de la Vie, créatrice de formes, organisatrice de fonctions, intégratrice de consciences.

F. BREMER

Publié avec l'autorisation de
l'Académie royale de Belgique.

BIBLIOGRAPHIE

Paul CHAUCHARD — Précis de Biologie humaine - Les bases organiques du comportement et de la pensée - Propédeutique biologique des étudiants en psychologie et sciences humaines. Paris Presses Universitaires Françaises 1957.

LAIGNEL - LAVANISTE — Histoire Générale de la médecine, de la pharmacie, de l'art dentaire et de l'art vétérinaire. Paris Michel (1936) (1949) 3 vol. in 4°.

André VESALE — Anatomie. Leyde 1725 2 vol. in 4°.

Pierre RYLANT — Eléments de physiologie psychologique. Liège Desoer.

Frédéric BREMER — Some problems in neurophysiology. The Athlone Press 1953.
Le tonus musculaire. Munich Bergmann 1932.

Brain mechanism and consciousness. Consulting editors Edgar D. Adrian, Frédéric Bremer and C^o, on Oxford Blackwell (C. 1950).

Paul COSSA — Physiopathologie du système nerveux du mécanisme du diagnostic. 3e édition Paris Masson 1950.

Russel BRAIN — Discases of the nervous system. Londres Oxford University Press (1955).

VAN GEHUCHTEN — Les maladies du système nerveux. Masson 1958.

FIELD, MAGOUN, HALL — Neurophysiology. Washington American Physiological Society (1959).

Théodore BUCH, Harry PATTON — Neurophysiology. London Saunders (1961).

John FULTON — Physiology of the nervous system 3e édition. Oxford University Press (1949).

K.A.C. ELLIOTT, PAGE, QUASTEL — Neurochemistry the chemical dynamics of brain and nerve.

Prochain numéro : le sang

En préparation : la psychologie