

SCIENCES^{et}

N° 60 - FÉVRIER 1952 - REVUE MENSUELLE

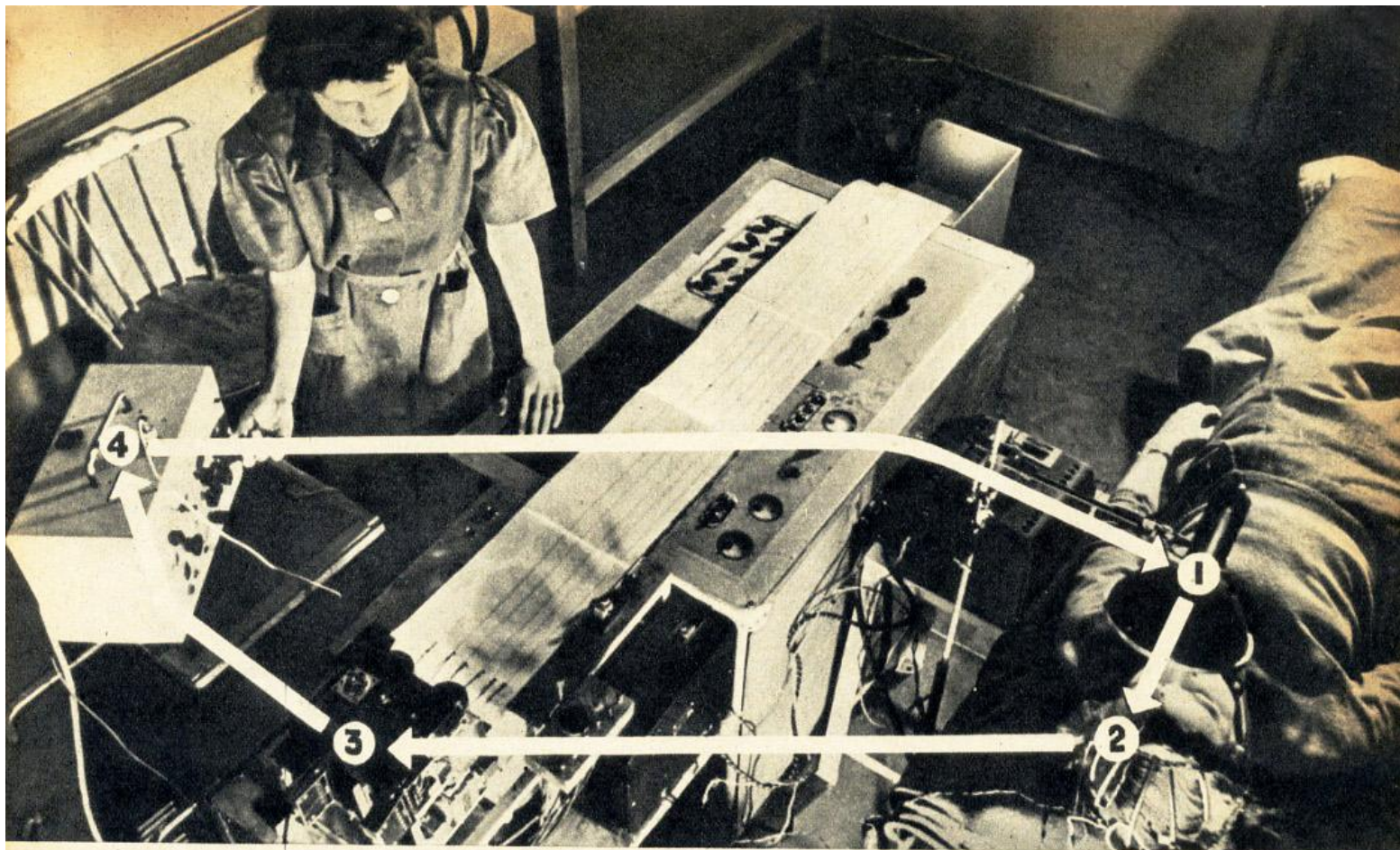
PRIX : FRANCE : 100 FR. - BELGIQUE : 20 FR. BEL.

Avenir

DE L'ELECTRO- ENCEPHALOGRAPHE A L'ELECTRO-CHOC

*(Voir page 53, l'Electricité
dans l'organisme).*





Les impulsions électriques du cerveau (appelés également ondes cérébrales) sont amplifiées et enregistrées par un appareil électronique: l'électroencéphalographie. — Sur ce cliché, on remarque en (1) une lampe servant à éclairer vivement le sujet pour noter les réactions de ses ondes cérébrales ou sensations lumineuses; en (2), le casque servant à recueillir les impulsions électriques du cerveau; en (3), l'appareil d'amplification et d'enregistrement avec, en avant, la bande de papier sur laquelle s'effectue cet enregistrement; en (4), l'appareil de commande et de contrôle d'intensité de l'enregistrement.

L'ÉLECTRICITÉ dans l'organisme

Il y a quelques années, un film remarquable ouvrait soudain les yeux du grand public sur l'origine et sur le traitement des psychoses. C'était *La Fosse aux Serpents* qui montrait les ressources infinies du talent d'une Olivia de Havilland et qui révélait aussi, au cours d'une scène angoissante, la thérapeutique par électro-choc.

Pour le commun des mortels, cette application de l'électricité à la cure d'un trouble mental confine à la magie. Elle reste d'ailleurs entourée d'un certain mystère pour l'homme de science lui-même, mais les faits sont là, probants, irrécusables : l'application d'électro-chocs amène sinon la guérison, au moins la rémission ou l'amélioration dans toute une série de troubles d'origine mentale ou affective.

Chose étrange, assurément, que cette vulnérabilité du « moi », de cette suprême manifestation de l'Être qu'est l'intelligence, à un phénomène physique brutal qui, loin de léser ou de détruire, tend à restaurer au contraire dans leur infinie

subtilité des mécanismes encore obscurs. Où commencent et où finissent les relations entre l'électricité et la matière vivante ? Ou bien sont-elles si étroites qu'on ne peut les dissocier ?

**

La matière dans sa constitution la plus intime se résout en une architecture électrique. Chaque atome n'est-il pas, en effet, entouré d'un carrousel d'électrons, tandis qu'également les forces qui retiennent entre eux ces atomes pour former des molécules sont, pour la plupart, de nature essentiellement électriques. Cependant toute cette activité électrique, quelles que soient sa puissance et son intensité, ne se traduit pas à l'extérieur, sur le plan microscopique, dans le domaine du monde inanimé.

Par contre, dès que l'organisation de la matière s'édifie au point de constituer une cellule vivante, on voit apparaître, avec les processus dynamiques qui la différencient de l'inerte, des phénomènes élec-

triques. Relions un galvanomètre au centre et à la périphérie d'une cellule, celui-ci décèlera une différence de potentiel, variant de 0,03 à 0,06 volts. Cette règle est générale : qu'elles soient végétales ou animales, autotrophes ou hétérotrophes, quelles que soient leurs dimensions et leurs formes, toutes les cellules présentent en surface une polarisation positive.

Cette polarisation est étroitement associée avec les mécanismes physico-chimiques de la cellule et avec son équilibre colloïdal. Ces phénomènes ne peuvent pas se concevoir sans elle. L'électricité n'est donc pas dans la cellule un élément étranger, supplémentaire, gratuit en quelque sorte, c'est une condition essentielle à la stabilité de sa structure.

Depuis les formes les plus primitives de la vie, telles que les bactéries, les algues, les microbes, le phénomène électrique est donc lié à la vie. Nous allons voir maintenant comment, sur cette toile de fond, la nature a su broder, comment elle a créé, en prenant comme point de départ une

simple différence de potentiel intra-cellulaire, toute l'extraordinaire organisation nerveuse qui a permis aux êtres vivants de se libérer totalement des contraintes extérieures, et finalement d'être le support de la pensée consciente.

L'APPARITION DU SYSTÈME NERVEUX

Si nous avons insisté sur les premières manifestations d'une activité électrique chez les êtres les plus inférieurs, c'est que c'est d'une compréhension exacte de ce phénomène que dépend ensuite une conception correcte du fonctionnement du système nerveux chez les animaux et chez l'homme.

Il ne faut pas confondre l'activité électrique des cellules, c'est-à-dire la polarisation de celles-ci avec le courant ou plutôt l'onde de dépolarisation (influx nerveux) qui va cheminer suivant des voies de plus en plus définies et spécialisées au fur et à mesure que nous monterons dans l'échelle animale.

Toutes les cellules de tous les organismes, qu'elles fassent partie de l'estomac d'un lapin, de la glande à venin d'une vipère ou de la nageoire d'un poisson, présentent une activité électrique. Le volt-mètre indique une différence de potentiel entre le centre et la périphérie, cette différence de potentiel étant due à une concentration des électrons qui, aspirés en quelque sorte par le centre de la cellule, s'y rassemblent en créant à la surface externe une carence d'électrons responsable de sa charge positive.

Il ne s'agit pas encore là pour le moment d'influx nerveux mais d'un simple équilibre physico-chimique strictement indispensable à la vie des cellules.

Ce phénomène de base de la physico-chimie biologique étant posé, nous allons voir comment la nature a su l'utiliser pour en faire un des moyens les plus extraordinaires de télé-commande à l'intérieur des organismes vivants.

En effet, les premiers des êtres vivants formés de plusieurs cellules n'étaient que des amas cellulaires à peine organisés; pour en arriver aux formes supérieures de la vie, il était nécessaire que soit réalisé un moyen de coordination puissant entre toutes les parties et toutes les fonctions des êtres vivants.

La vie a imaginé d'utiliser à cette fin une propriété première des cellules qui, à l'origine, n'avait en rien été forgée dans ce but : la différence de potentiel qu'elles établissent et maintiennent constamment entre leur centre et leur périphérie. Si l'on réfléchit bien à ce fait, il est véritablement extraordinaire! Au point de départ, la structure colloïdale de la cellule impose à celle-ci de concentrer des ions en un équilibre électrique dissymétrique, ce phénomène local individuel des cellules réalisé pour la survie d'êtres constitués à l'origine d'une seule cellule va être amplifié, déformé, détourné de son but premier pour remplir une fonction nouvelle totalement différente de son rôle premier.

La vie ayant jeté son dévolu sur l'électricité pour coordonner entre elles les diverses parties des êtres vivants, le sens de l'évolution est désormais donné et la fonction électrique va prendre dans le monde animal une importance sans cesse croissante qui aboutira, à son sommet, au cerveau humain.

Mais n'anticipons pas, et revenons aux premiers êtres vivants pour voir apparaître dans la masse cellulaire de ceux-ci les pre-

mières zones, les premières fibres auxquelles l'évolution va confier le soin de conduire les impulsions électriques encore balbutiantes.

Représentons-nous donc ce que sont ces premiers êtres vivants pluricellulaires : ils sont en fait constitués d'un assemblage de cellules pratiquement identiques entre elles qui vivent chacune de façon presque autonome. Ces êtres primitifs dont les descendants peuplent toujours les rivages marins n'ont encore aucun organe vraiment différencié : chaque cellule puise dans l'eau ambiante les éléments nutritifs qui lui sont nécessaires et y rejette elle-même les déchets de son métabolisme, elle respire enfin pour son propre compte.

Chez ces êtres vivants primitifs, toute irritation (provoquée par exemple au moyen d'un attouchement) se transmet de façon diffuse par une dépolarisation électrique qui se propage dans la masse d'une cellule à l'autre, de façon confuse et d'ailleurs très limitée.

Dès que l'on monte un peu dans l'échelle animale, on voit apparaître une différenciation de fonction entre les cellules, qui se partagent les diverses tâches nécessaires au fonctionnement de l'organisme entier. Cette différenciation a lieu presque simultanément pour les fonctions digestives et respiratoires d'une part, et les fonctions électriques d'autre part.

Dès que se différencie, au sein de la masse des êtres pluricellulaires les plus primitifs, des cellules plus spécialement chargées des fonctions digestives par exemple, nous allons en voir chargées de conduire sur le plan électrique les ondes de dépolarisation.

Touchons un prolongement tactile d'une actinie, cette excitation se produira par une dépolarisation locale des cellules et la perturbation électrique se propagera de proche en proche, en empruntant des voies déjà bien différenciées qui sont comme l'ébauche de notre système nerveux.

A partir du moment où se sont différenciées les premières fibres destinées à conduire les impulsions électriques, l'évolution du système nerveux va marcher à pas de géant, tout au moins dans le monde animal. Des sortes de nœuds, point de rencontre entre les fibres les plus importantes, vont s'organiser en relais électriques, les connexions s'organisent, les interrupteurs (synapse) se mettent au point et, dès les poissons du début de l'ère primaire, nous constatons déjà une excellente coordination entre les différentes parties et les différentes fonctions de l'organisme.

Cet électroencéphalogramme comporte 3 bandes distinctes. — La bande inférieure traduit l'activité électrique totale du cerveau, celle qui est enregistrée par des électrodes placées sur les tempes. — La bande du milieu est uniquement relative à l'activité des centres visuels (situés à l'arrière du cerveau); cette activité est enregistrée par des électrodes disposées en des points qui doivent être très rigoureusement déterminés. — La bande supérieure montre l'activité de la partie centrale du cerveau. Cet électroencéphalogramme a été pris par un reporter-photographe au moment où

Nous ne suivrons pas dans son détail l'évolution du système nerveux à travers toute l'évolution du monde animal lorsque celui-ci conquiert les continents avec les amphibiens, s'affranchit définitivement du milieu liquide avec les reptiles et enfin acquiert une température stable avec les premiers mammifères. Il nous suffira d'indiquer que l'organisation nerveuse s'enrichit constamment en complexité et en qualité. Les liaisons nerveuses deviennent de plus en plus nombreuses, de plus en plus rapides, de plus en plus coordonnées par des centres régulateurs. Le système nerveux de la vie active (mouvement volontaire et réflexe) et celui de la vie végétative (organisation des fonctions glandulaires, circulatoires, digestives, respiratoires, etc.) tiennent maintenant complètement sous leur domination la totalité de l'organisme.

Le rôle des centres nerveux coordonnateurs n'a plus qu'à subir une dernière hypertrophie pour qu'apparaisse possible, avec le développement complet de l'encéphale, la naissance de l'intelligence et de la pensée.

Que de chemin parcouru depuis les premières ondes de dépolarisation parcourant de façon plus ou moins diffuse la masse indifférente des premiers êtres pluricellulaires!

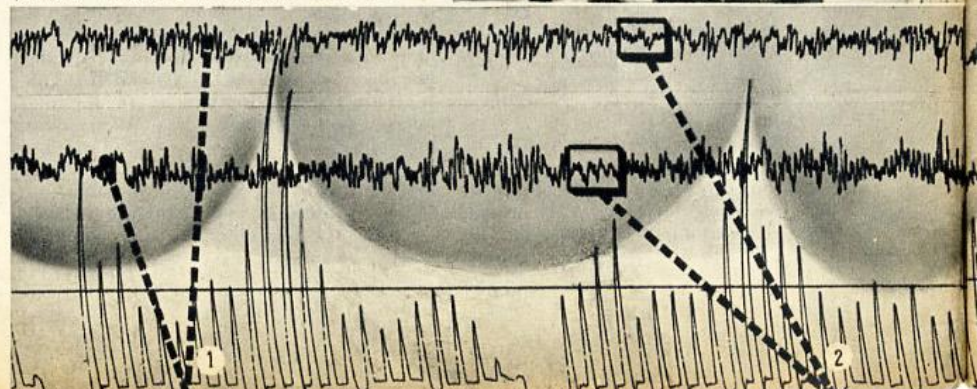
Fonctionnement électrique du circuit nerveux : L'INFLUX NERVEUX

Jusqu'à présent, en traitant des impulsions que transportent les nerfs, nous avons parlé des « messages électriques » sans préciser leur nature.

Certains auront pensé qu'il s'agit tout simplement de courants électriques analogues à ceux qu'ils utilisent pour alimenter leurs ampoules électriques ou le moteur de leur aspirateur. Une telle conception de « l'influx nerveux » n'est pas conforme à la réalité.

Pour faire saisir la nature de l'influx nerveux et sa différence avec le courant électrique, il nous faut prendre une comparaison.

Supposons qu'entre deux points, A et B, éloignés de plusieurs kilomètres, il y ait une conduite remplie d'eau : si, à un instant donné, nous mettons le point A en relation avec un réservoir élevé, la pression se transmet instantanément sur toute la



longueur du tuyau et l'eau commence aussitôt à débiter en B. De la même façon, lorsqu'on met en charge une ligne électrique, la « tension » ou « voltage » se propage instantanément le long du fil, tout comme la pression de l'eau s'est établie instantanément d'un bout à l'autre de la conduite. Les fils métalliques contenant un grand nombre d'électrons libres, ceux-ci commencent à se déplacer sous l'effet de la tension, comme l'eau se déplace dans la conduite sous l'effet de la pression : il y a aussitôt apparition d'un courant électrique sur toute la longueur du fil.

Rien de tout cela dans l'influx nerveux : aucun établissement de tension, aucun écoulement continu d'électrons. Si l'on veut poursuivre la comparaison entre l'eau et le courant électrique, il faut assimiler l'influx nerveux aux vagues de la mer ou aux rides qui se créent dans l'eau lorsqu'on y jette un caillou.

Dans les deux cas, il n'y a pas de déplacement de substance, mais simplement transmission d'une perturbation. En effet, l'eau ne se déplace pas horizontalement au passage de la vague ou de la ride, elle ne fait que se soulever; lorsqu'on voit une vague venir du large vers la plage, ce n'est pas une masse d'eau qui s'approche mais une perturbation, une sorte d'ondulation analogue à celle que l'on peut produire en agitant un tissu ou une corde.

C'est exactement ce qui se passe dans le cas de l'influx nerveux. Toutes les cellules, le long du nerf, ont à leur surface une carence d'électrons se traduisant par une charge électrique positive : si une excitation de l'extrémité du nerf vient décharger les premières cellules, cette dépolarisation se transmet de proche en proche. La perturbation électrique se propage dans le milieu électrisé comme une ride dans l'eau.

Il est même possible de pousser beaucoup plus loin la comparaison. Lorsque vous jetez une pierre dans l'eau, il ne se crée pas une seule ride, mais toute une série de rides qui formeront autant d'anneaux concentriques s'éloignant à l'infini. Si vous observez de près le phénomène, vous constaterez que la distance qui sépare deux rides l'une de l'autre est toujours la même et ce, quelle que soit l'importance du choc créé par la pierre. Seule, la nature du milieu, c'est-à-dire la nature du liquide,

importe. Cette distance ne sera pas la même dans l'eau, l'alcool et l'essence. De même, lorsque l'extrémité d'un nerf est excitée, il ne se produit pas une seule perturbation électrique se propageant le long de celui-ci, mais toute une série, tout un train de perturbations qui se suivent les unes les autres comme les rides sur l'eau. La distance qui sépare les perturbations les unes des autres ne dépend pas de l'intensité de l'excitation, mais seulement de son milieu, c'est-à-dire ici du nerf. Sur un même nerf, le temps et la distance qui séparent une onde électrique de l'autre seront toujours les mêmes, tandis qu'ils varieraient d'un nerf à l'autre, comme auparavant, ils variaient d'un liquide à l'autre.

Les physiologistes ont créé pour l'étude de la propagation de l'influx nerveux dans les nerfs toute une terminologie sur laquelle nous n'insisterons pas. Signalons simplement que le plus important des facteurs qu'ils envisagent a été dénommé « chronaxie » et que ce facteur est directement proportionnel au temps qui, dans un train d'ondes se propageant sur un nerf, sépare deux perturbations l'une de l'autre. Cette chronaxie varie d'un nerf à l'autre, mais il est assez curieux de constater qu'il n'y a qu'une faible différence de chronaxie entre les feuilles vertes, les muscles d'escargots et les muscles lisses des mammifères et de l'homme (muscles responsables des mouvements involontaires lents comme les contractions intestinales). Par contre, les nerfs commandant chez l'homme et les mammifères les muscles striés, c'est-à-dire ceux des mouvements volontaires, ont une chronaxie très différente qui correspond à une propagation beaucoup plus rapide de l'influx nerveux.

De toute façon, la vitesse de propagation de l'influx nerveux, autrement dit des perturbations électriques le long d'un nerf, n'a rien de comparable avec celle du courant électrique. Elle varie de 30 mètres par seconde chez les animaux inférieurs à environ 100 mètres par seconde dans certains muscles de l'homme et des mammifères supérieurs. Chaque fibre nerveuse impose sa vitesse propre qui est d'ailleurs modifiée par la température. Elle peut passer du simple au double pour une variation de 10 degrés.

LA NATURE A INVENTÉ AVANT L'HOMME, LE MICRO ET LA CELLULE PHOTO-ÉLECTRIQUE

Ainsi les nerfs transmettent des impulsions électriques. Ils ne transmettent même que ce type d'impulsions et ce sont des celui-ci s'apprêtait à prendre un cliché de la personne que l'on aperçoit de dos sur l'extrême gauche des deux illustrations ci-contre.

En (1), le photographe s'est efforcé de ne penser à rien, puis en (2) il a saisi son appareil et il pense profondément au cliché qu'il doit prendre. Les ondes sont interrompues en partie pour faire place à des ondes plus petites et moins serrées; en (3), la photo est prise, on voit immédiatement les modifications profondes que le geste à provoquer dans les ondes cérébrales.

messages électriques qui parcourent notre cerveau. Nous sommes pourtant capables d'entendre des sons, d'apprécier des odeurs, d'observer des images lumineuses. Aucun de ces phénomènes n'a une nature électrique. La nature a donc dû résoudre le problème de cette transformation.

On ne réfléchit pas assez souvent à ce problème : que l'excitation d'un tissu soit mécanique, calorique, chimique ou lumineuse, elle est toujours convertie en phénomène électrique pour cheminer le long des nerfs. Le son, la lumière, une brûlure, une odeur, un goût, sont tous transformés par les organes des sens en un train d'impulsions dépolarisantes et acheminées sous cette forme vers le centre nerveux qui, à partir de ces informations électriques sait reconstituer la nature de ce phénomène.

L'homme a inventé le téléphone où sa voix est transformée en vibrations électriques, afin d'être transportée puis reconstituée. Depuis des millénaires, l'oreille et le cerveau réalisent cette opération sous une forme électrique différente il est vrai.

À côté de l'oreille, l'œil, la papille de la langue, la peau et les narines se comportent également comme autant de détecteurs électroniques dont nous vous laissons le soin de déterminer les équivalents techniques. Partout, la sensation est transformée en une série de trains d'impulsions électriques dont le cerveau saura reconstituer la signification.

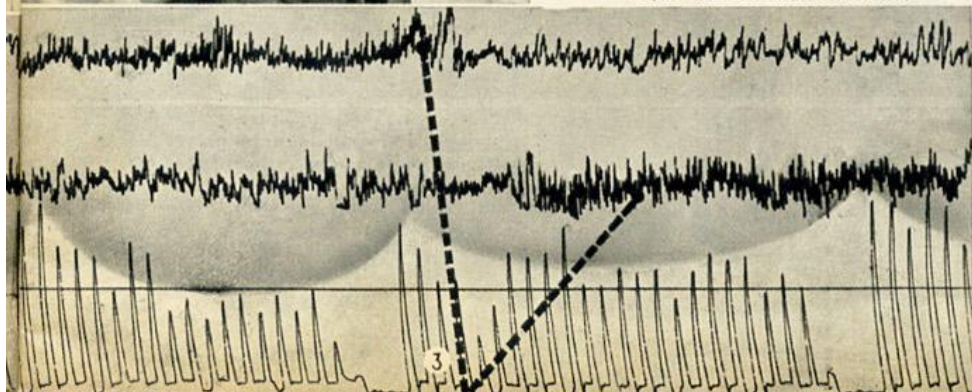
Il est d'ailleurs remarquable de constater que ce sont des appareils d'enregistrement de détection électrique : le voltmètre à lampe et l'oscillographe cathodique, qui ont permis de réaliser les plus grands progrès dans le domaine des perceptions. La mesure de la dépolarisation consécutive à une irritation a été le moyen d'investigation le plus sûr des physiologistes. Le voltmètre à lampes et l'oscillographe cathodique ont enseigné davantage en quelques années que des siècles d'observations patientes. Grâce à ces deux appareils, on sait à présent comment « voient » les Grenouilles, les Serpents ou les Alligators. On connaît la sensibilité aux fréquences lumineuses des Carpes ou des Chats, on sait que le mécanisme optique du Pigeon est supérieur à celui de l'homme, que la Tortue, virtuellement sourde, a une réponse nerveuse pour des fréquences acoustiques de 80 à 130 cycles/sec. (Adrian).

COMMENT NOS MUSCLES SONT-ILS TÉLÉCOMMANDÉS ?

Les centres nerveux, qui sont appelés à recevoir et à émettre des signaux électriques, sont constitués par des amas de neurones extrêmement nombreux : on en compte quelques milliards pour le cerveau humain. Ils sont dotés de propriétés spéciales dont la plus surprenante est la possibilité de sélectionner automatiquement les circuits, de les ouvrir, de les fermer ou de les interconnecter à une vitesse prodigieuse. Leur fonctionnement peut se comparer à celui d'une centrale téléphonique, mais l'image est grossière car les cellules nerveuses témoignent d'une sûreté et d'une délicatesse auprès desquelles l'inertie pourtant extrêmement réduite des relais électromagnétiques fait piètre figure.

Chacun des centres a une mission particulière. Ils sont groupés en deux systèmes : le premier, le système nerveux central, est récepteur des sensations et générateur d'influx volontaire. Le second, le système nerveux autonome, est chargé de la régulation des fonctions organiques.

Par leur intermédiaire, l'onde de dépolarisation devient un procédé de télécom-



mande. Les influx lancés par les centres peuvent mobiliser un nombre plus ou moins grand de fibres musculaires et un nombre variable de muscles. L'excitation électrique est exactement proportionnée à la vigueur du mouvement désiré. Dans le cas où une intervention urgente est requise, la réaction est involontaire et immédiate : le circuit parcouru par la dépolariation, afin d'être le plus court possible, ne passe pas par le cerveau, ce qui permet une mise en œuvre du muscle beaucoup plus rapide. C'est le réflexe. Un exemple va mettre ce phénomène en évidence. Supposons que nous portions notre main sur un tuyau assez chaud : l'impression est désagréable, nous décidons de lâcher ce tuyau, c'est un mouvement volontaire qui a été contrôlé et commandé par le cerveau. Si, par contre, le tuyau avait été littéralement brûlant, à peine l'aurions-nous saisi qu'une fraction de seconde plus tard il était lâché sans décision volontaire. Devant l'urgence du cas, le système nerveux « décide » qu'il est préférable de ne pas faire passer l'ordre par la censure du cerveau qui l'aurait retardé.

Cette extraordinaire souplesse du système nerveux, cette utilisation rationnelle de tous les circuits et de toutes les connexions à quelque chose de stupéfiant lorsqu'on examine sur un plan strictement physique, en essayant de le comparer à nos réalisations industrielles, même les plus perfectionnées, sur le plan de l'électronique.

Cette souplesse de fonctionnement, cette admirable inter-connexion généralisée n'est pas moins évidente lorsqu'on envisage la physiologie de l'effort musculaire. Dès qu'un muscle travaille de façon un peu intense, il devient le siège de modifications électriques. On relève des courants d'action à partir des endroits excités. La partie qui travaille devient électro-négative par rapport à la partie au repos. Le muscle au travail se comporte en générateur d'influx pour appeler du renfort auprès des centres neuro-végé-

tatifs et ceux-ci, ponctuellement, répondent à sa demande. Une série de messages quasi-simultanés alerte les poumons pour un plus grand apport d'oxygène, le foie pour une sécrétion plus abondante de sucre et le cœur pour activer la circulation sanguine qui amènera ces matériaux à pied d'œuvre. L'élévation de température est combattue par la dilatation des vaisseaux capillaires affleurant la peau et par la sudation. Les déchets sont éliminés par une combustion cellulaire intensifiée. Et les messages se multiplient, se croisent, se poursuivent à une furieuse cadence...

Quand l'usine électro-chimique humaine marche à plein rendement, elle fournit un travail utile maximum de 250.000 kilogrammètres par jour, et sa puissance moyenne est de l'ordre de $1/10^{\text{e}}$ de CV, soit 73,6 watts.

Ouvrons ici une parenthèse : la capacité électro-magnétique des êtres vivants peut prendre une forme extrême au point de devenir une arme. Les Gymnotes et les Torpilles ont la faculté d'emmagasiner, comme un condensateur, une quantité notable d'énergie potentielle. Lorsqu'elles se sentent menacées, elles l'insurgent sous forme de décharge à l'adversaire et lui administrent, pour le moins, une sévère commotion. Leurs potentiels cellulaires s'additionnent comme ceux d'éléments de piles : cette arme secrète les rend redoutables aux populations aquatiques.

LES ONDES DU CERVEAU

On a beaucoup parlé des ondes du cerveau, en abusant d'un terme que les physiologistes avaient donné par commodité aux « fluctuations périodiques » de son potentiel de surface. Commençons donc par préciser que si l'organisme s'est révélé à nous comme une merveilleuse organisation électrique, rien ne permet jusqu'à présent de comparer le cerveau à une station émettrice de T.S.F. Divers auteurs, dont Laekhowsky, Marselli,

Lazareff, etc., ont bien cherché à avancer la notion d'une radiation d'onde du cerveau, ils n'ont pu encore préciser ni sa fréquence, ni son amplitude, ni même sa nature, son origine ou son interprétation.

Qu'entendaient donc les physiologistes par « ondes cérébrales » ?

Lorsqu'on place le long du cerveau deux électrodes pour mesurer la différence de potentiel entre deux points, on constate que cette différence n'est pas constante, qu'elle est sujette à des fluctuations, à de véritables vibrations. On a cherché à analyser ces vibrations, puis à les étudier pour en découvrir la signification.

Examinons, tout d'abord, le cerveau en repos complet, c'est-à-dire en l'absence de toute excitation sensorielle, de toute émotion et de tout effort mental. La tension électrique entre deux points du cerveau est, alors, l'objet de pulsations lentes au rythme d'environ 10 par seconde. Ces pulsations ont reçu le nom d'ondes α , elles semblent groupées par fuseaux de plus grande amplitude, d'une durée de trois secondes environ.

L'attention cérébrale, l'observation sensorielle, un choc émotif, se traduisent par des impulsions ou vibrations nettement différentes, qui se superposent aux premières. Leur rythme peut atteindre jusqu'à 48 vibrations par seconde.

Enfin des ondes différentes, δ les ondes, naissent pendant le sommeil. Elles ont un rythme très lent de trois à quatre par seconde.

D'après Chauchard, il existe une correspondance relative entre les diverses formes d'activité mentale et la forme des ondes. Celles-ci, par ailleurs, possèdent un tracé personnel pour chaque individu et lui est constante. La fréquence augmente de la naissance, où l'amplitude est presque nulle, jusqu'à l'âge adulte. Elle regresse à partir de 65 ans.

On se trouve donc amené à cette conclusion troublante que toute la psychologie individuelle, tout le psychisme et les démarches les plus nobles de l'esprit ont été confiés à des cellules différenciées en vue d'une parfaite conduction électrique et qu'en fait, les plus grandes découvertes du génie humain ou les plus belles manifestations de son sens esthétique reposent, en dernière analyse, sur le fonctionnement parfait d'un circuit infiniment ramifié.

DES TROUBLES SE TRAHISSENT PAR VOIE ÉLECTRIQUE

Quand un tissu cellulaire quelconque subit un trouble, on en trouve le reflet dans son comportement électrique. L'épilepsie et la démence se traduisent par des perturbations très marquées des ondes cérébrales. L'électro-encéphalogramme peut annoncer les crises et signaler la présence d'une tumeur dans le cortex, car la compression que cette tumeur inflige à la région environnante déclenche des ondes caractéristiques, disposées en étoile.

De même, la plupart des lésions cardiaques se manifestent de la façon la plus nette par les déformations typiques des enregistrements de l'électrocardiogramme. Dans le tétanos, l'excitabilité électrique prend une allure dramatique. Une minime stimulation extérieure se propage de façon anarchique dans toutes les directions. Elle atteint tous les centres moteurs et contracte les muscles au maximum. C'est un véritable court-circuit général, une catastrophe neuromusculaire !

Au fur et à mesure que nos connaissances en physico-chimie biologique se précisent, l'étude des relations électriques prend de

Largement expérimentée aux U. S. A. la « Machine à détecter le mensonge » n'a pas cependant été adoptée définitivement dans le cadre judiciaire, autant pour des raisons d'insécurité que des raisons morales. Son fonctionnement est basé sur la variation de la résistance électrique du corps humain au moment des émotions. Le cliché ci-contre montre un jeune délinquant sur le point d'être examiné ; en haut, à droite, on remarque un simple ampèremètre dont l'aiguille décode les variations de résistance du corps.



plus en plus d'importance. Après l'électro-encéphalographie et l'électrocardiographie, nous allons voir apparaître prochainement toute une floraison d'appareils destinés à permettre aux spécialistes de suivre et d'étudier le fonctionnement électrique d'autres organismes et d'obtenir de ce fait, de nouveaux moyens de diagnostic.

LA CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE DU CORPS HUMAIN

On connaît l'expérience brutale (la plupart d'entre nous l'on déjà subie à leur corps défendant) qui consiste à toucher les deux fils du réseau de distribution électrique. Le choc souverainement désagréable qui en résulte a, du moins, le mérite de mettre en évidence que le corps dans sa totalité est bon conducteur.

Cette conductibilité n'est d'ailleurs pas constante. Cela se comprend aisément puisqu'elle est sous l'influence directe de l'état de notre organisme : qu'une vaso-dilatation augmente brusquement, la masse de sang contenue dans les tissus et leur conductibilité électrique est aussitôt influencée.

C'est d'ailleurs sur ce principe qu'a été imaginée la célèbre « machine à détecter le mensonge ». Les physiologistes ont remarqué, en effet, qu'au moment où un individu émet un mensonge l'émotion même faible qui accompagne cet acte se traduit sur le plan physiologique par une variation sensible de la conductibilité électrique de son corps. La valeur du témoignage d'une telle instrumentation est d'ailleurs relative car il suffit que l'individu, très cynique, mente sans effort ou, au contraire, que l'innocent se trouble et s'émeuve sans raison pour que l'enseignement de la machine se révèle totalement faux.

Il reste cependant un fait troublant que l'aiguille de l'enregistreur traduit avec une révoltante fidélité les nuances subtiles et secrètes de notre activité psychologique.

Mais revenons au problème concret de la conductibilité électrique du corps humain. Si la foudre peut, au gré de sa fantaisie, anéantir, commotionner ou même respecter totalement une personne, la chaise électrique démontre de façon absolue (2) qu'une dose trop forte d'électricité est funeste et que la conductibilité électrique a des limites précises. Ces limites dépendant toutefois de la fréquence et de la durée du courant.

Une décharge instantanée de plusieurs milliers de volts octroyée par une bobine de Ruhmkoff est douloureuse mais non véritablement dangereuse ; tandis que les 220 volts du « secteur » peuvent être fatals dans certains cas.

Le cas de courant haute fréquence est très curieux : les impulsions électriques de ces courants ont une fréquence beaucoup plus élevée que celle qui caractérise les impulsions électriques transmises par nos nerfs ; elles ne provoquent donc pas les contractions musculaires qui entraînent généralement la mort par asphyxie chez ceux qui sont accidentés par le courant industriel. En effet, par une malheureuse coïncidence, le « 50 périodes » du secteur a une cadence d'impulsions extrêmement voisine de la cadence d'impulsions des nerfs commandant les mouvements respiratoires.

Les courants de haute fréquence, à condition d'envisager des voltages et des intensités raisonnables, sont parfaitement tolérés par l'organisme. Ils provoquent simplement une impression interne de chaleur très agréable. Ils sont d'ailleurs utilisés dans certains traitements médicaux (diathermie)



Le diagnostic électronique des troubles cardiaques est aujourd'hui répandu de façon universelle. Le muscle cardiaque en travaillant émet des impulsions électriques, qui sont amplifiées par un dispositif électronique et enregistrées sur film. Cet enregistrement d'une grande précision est un reflet fidèle de l'activité cardiaque il constitue pour le spécialiste un élément très précieux de diagnostic.

GUÉRISONS ÉLECTRONIQUES

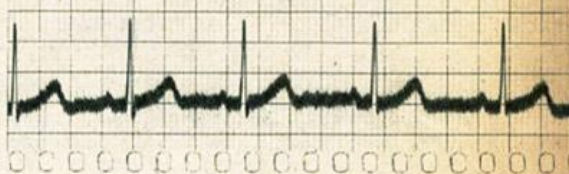
L'abondance des phénomènes électriques dans le corps vivant et sa réceptivité à toutes les formes d'énergie électronique devaient immanquablement conduire à une thérapeutique fondée sur des procédés physico-chimiques. Depuis un quart de siècle, les moyens se sont accrus avec une rapidité stupéfiante.

Le rôle prédominant des nerfs dans la douleur étant établi, on a cherché à paralyser les influx par lesquels l'irritation excessive est transmise aux centres cérébraux. Des anesthésiques capables d'empêcher la propagation du message électrique ou d'annihiler ses effets ont été découverts. Ce sont les anesthésiques locaux qui illustrent le mieux cette action anti-électrique : la cocaïne, la novocaïne et d'autres produits du même type bloquent la propagation de l'influx et l'empêchent d'atteindre les centres supérieurs. Dans un autre ordre d'idée, indiquons que l'alcool, injecté par voie intra-veineuse, égalise les chronaxies cérébrales, ce qui explique notamment les titubations et le manque de coordination musculaire des ivrognes.

La conductibilité de l'organisme permet aussi de véhiculer par électrolyse des médicaments dont l'accès aux nerfs ou aux parties malades est considérablement accéléré. Des électrodes en forme de compresses humides sont appliquées de manière que le courant traverse les tissus irrités.

Le réchauffement interne est obtenu comme nous l'indiquons plus haut par des courants de haute fréquence dits de diathermie. Dans certaines conditions, ils peuvent provoquer une fièvre artificielle, avec toutes les conséquences bienfaisantes ou dangereuses que cela comporte.

Au delà de ces thérapeutiques qui n'intéressent que les maladies organiques, voici qu'on s'attaque aux mécanismes psychiques. Les premières expériences furent épouvantables. Des patients atteints de



troubles mentaux furent soumis à des électro-chocs. Par les tempes, on faisait circuler un courant dans la boîte crânienne. Le sujet semblait instantanément dans l'inconscience mais devenait la proie de contractions tétaniques d'une brutalité telle qu'il risquait de se casser net un membre.

On a appris depuis à doser les potentiels et à minimiser les effets secondaires. Au réveil, le patient ne se souvient de rien, pas même du choc initial, et ne ressent qu'une légère lassitude. Des résultats remarquables ont été obtenus dans le traitement de la psychose maniaque dépressive, de la mélancolie, de la cyclothymie et de la confusion mentale (ou délire infectieux).

D'autres travaux qui restent encore actuellement sur le plan expérimental ont pour objectif la rénovation du caractère. Il n'est pas interdit d'en espérer des conséquences sensationnelles pour l'avenir de la condition humaine. Lavoisier fut amené par la chimie à l'étude des combustions internes. Maintenant, le comportement des cerveaux électroniques intrigue les neurologues. Certaines de leurs facultés (la mémorisation notamment) pourraient apporter des éclaircissements sur les aptitudes les plus étranges du cerveau vivant.

En résumé, il ressort des connaissances actuelles que dès ses formes les plus primitives, la matière vivante se comporte en conducteur, en centrale chimique et en récepteur photo-électrique. Les êtres les plus évolués ajoutent à ces activités d'autres qui évoquent celles de détecteurs multiples de centrales téléphoniques, des systèmes les plus divers de télécommande. Cet appareillage les désigne comme la plus extraordinaire synthèse qu'un ingénieur puisse concevoir : les rêves les plus fabuleux restent bien en deçà d'une réalisation aussi souple, aussi compacte, aussi élégante.

Associée à toutes nos fonctions vitales dès que nous sortons du néant jusqu'au moment où nous y retournons, l'électricité apparaît comme la version réelle du feu de Prométhée.

Charles GÉRARD.