

Non, nisi parendo, vincitur

(On ne commande [à la nature] qu'en lui obeissant)

FRANÇOIS BACON*

CHEZ tous les **vertébrés** le système nerveux central (SNC) présente un plan d'organisation commun : le névraxe et les hémisphères cérébraux ou télencéphale. Le névraxe comprend, à partir de son extrémité caudale :

- la moelle épinière ;
- le bulbe rachidien, le pont et le cervelet ;
- le tectum optique (dédoublé chez les mammifères en tubercules quadrijumeaux antérieur et postérieur) ;
- l'épithalamus, le thalamus dorsal, le thalamus ventral et l'hypothalamus.

Tout le névraxe (moelle, bulbe, pont, cervelet, mésencéphale) est plus spécialement concerné par le maintien et le contrôle de l'homéostasie de l'organisme, de sa stabilité dans l'espace et de l'organisation d'activités motrices réflexes plus ou moins complexes.

En ce qui concerne le télencéphale, le grand trait évolutif chez les mammifères, consiste dans le développement extraordinaire du cortex général (dénommé dès lors *néocortex*). Celui-ci possède une structure laminaire à six couches où les somas neuronaux dominent dans les unes, les axones dans les autres, et apparaît comme un trait indiscutable de perfectionnement.

Chez les **invertébrés**, les systèmes nerveux diffèrent grandement d'un groupe à l'autre. Chez les insectes et les crustacés (qui appartiennent au grand groupe des Arthropodes) le système nerveux occupe une position ventrale.

Les centres sont formés de ganglions nerveux répartis le long d'une chaîne ganglionnaire ventrale et assemblés à l'avant du corps en masses nerveuses situées de part et d'autre du tube digestif (en particulier masse sous-oesophagienne et "cerveau").

Ces centres sont reliés par des nerfs aux autres organes.

Le SNC un *système de réaction* : il intervient dans tout ce qui touche les activités de régulation pour préserver le statu quo biologique de l'individu vis-à-vis de toutes les agressions dues aux variations du milieu extérieur.

C'est aussi un *système d'action* : il tend à modifier le statu quo en faisant apparaître des comportements qui s'accomplissent pour satisfaire un besoin interne (sexuel ou alimentaire par exemple).

*in *Novum Organum, Aph. CXXIX (1620)*. Chancelier d'Angleterre sous Jacques I^{er} et philosophe, né à Londres (1561–1626). *Novum Organum* propose une classification des sciences.

C'est enfin un *système d'acquisition* : il permet d'autres activités que celles qui semblent innées.

1.1 Le cerveau

1.1.1 Historique

D'après les égyptiens du temps de Toutankhamon (XIV^e s. av. J.-C.) le rôle du cerveau était d'extraire les mucosités du corps et de les faire passer par le nez. Jusqu'au XVIII^e siècle on pensait que l'organe de commande et de contrôle ainsi que le siège de la pensée se trouvaient dans le cœur ou encore le foie. On avait ses humeurs. De façon étonnante, ce n'est qu'à cette époque que le cerveau est reconnu comme étant ce qu'il est. La Mettrie-Cabannis affirma que "le cerveau secrète la pensée comme le foie la bile". Pourtant, dès le II^e siècle de notre ère, un médecin grec, Galien, émigré à Rome, avait déjà reconnu le rôle du cerveau grâce à des expériences sur des animaux. Son savoir semble s'être égaré le long des siècles qui suivirent.

1.1.2 Méthodes d'étude

La neuropsychologie s'intéresse aux relations qui peuvent exister entre des faits d'anatomie, comme des lésions par exemple, et des faits de comportement, comme des troubles du langage, de la vue. Broca a ainsi établi des cartes du cerveau qui montrent que telle zone corticale est dévolue à telle fonction comportementale. Il a particulièrement étudié l'anatomo-pathologie du langage.

Il existe aussi des méthodes analytiques, surtout pour le système visuel, mais elles sont violemment contestées par les tenants d'une approche globaliste (surtout dans ce cas).

Enfin, on trouve des méthodes basées sur la physico-chimie des fonctions cérébrales. On va ainsi vers l'aspect moléculaire des fonctions comportementales. Peut-être qu'effectivement certains comportements sont réductibles à des phénomènes chimiques, le coup de foudre par exemple, mais il m'est difficile de penser que l'approche puisse être généralisée.

1.1.3 Structure

L'encéphale humain a un volume moyen de $1\,300\text{ cm}^3$ et un poids égal à 2 % de celui du corps. Il consomme environ 20 % de la consommation totale du corps en oxygène et dissipe seulement 10 W (60 % du métabolisme basal chez l'enfant de moins de quatre ans, pour 10 % du poids du corps). Il est constitué par la superposition de trois cerveaux qui retracent l'évolution des vertébrés, des reptiles aux mammifères : le *cerveau profond* ou reptilien, qui joue le rôle de l'intendance et assure d'une manière inconsciente le bon fonctionnement de l'organisme et la coordination des mouvements, le *système limbique*, siège des pulsions et émotions primaires, et le *cortex*, siège de la pensée consciente et de la mémoire.

Le cortex, ou matière grise, a une épaisseur de quelques mm pour une surface de 0.25 m^2 . Sa surface est richement ornée de sillons et de lobes (*sulci* et *gyri*). Lors de l'évolution le cerveau s'est développé vers l'avant et ne « pouvant » aller plus loin, la surface s'est plissée.

1.1.4 Fonction

Les trois cerveaux sont reliés par toute sortes de liaisons nerveuses qui permettent au cortex de contrôler aussi bien les pulsions primaires (d'après le *Cogito* de Descartes, mais on pourrait en

Sauf chez les oiseaux où chaque année, au printemps, des structures neuronales apparaissent, elles sont dédiées à l'apprentissage du chant et disparaissent à l'automne ou l'hiver.

Les neurones sont fortement interconnectés : chacun fait environ 10 000 connexions avec d'autres neurones. Vous trouverez ce qu'en pense Nono sur la figure 1.2.

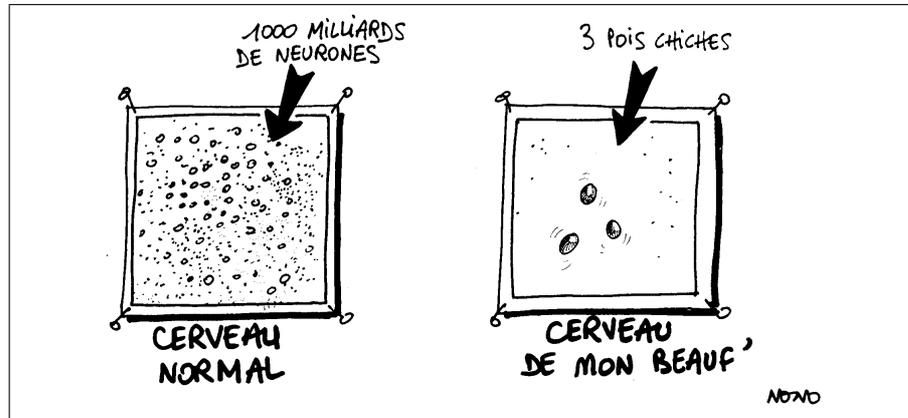


FIG. 1.2 – Le neurone vu par Nono

1.2.1 Historique

Pendant très longtemps on a pensé que les neurones ne possédaient pas de membrane continue et que donc il y avait continuité entre tous leurs milieux intérieurs, que les cytoplasmes se mélangeaient. Pourtant Ramon y Cajal avait proposé, dès 1911, que les neurones étaient des cellules comme les autres, fermées. Et il fallut attendre 1955 l'apparition du microscope électronique pour que cette hypothèse soit confirmée.

Un schéma général est indiqué sur la figure 1.3 alors que ce que l'on voit au microscope est représenté sur la figure 1.4 (Toutes les photos et tous les dessins qui se trouvent dans ce chapitre sont tirés de [EU] ; la lecture de l'Encyclopédie Universalis, en particulier des sections : Nerveux (Système), Synapses, Mémoire, Vision, est enrichissante).

La membrane qui entoure le neurone est formée d'une palissade lipidique et de deux couches de protéines qui peuvent changer de conformation et laisser passer des ions d'une certaine nature dans un sens ou dans un autre. Elle fait 7.5 nm d'épaisseur seulement.

1.2.2 Méthodes d'étude

Pour étudier les phénomènes qui se produisent au niveau cellulaire, les physiologistes ont été amenés à mettre au point des instruments de très petite taille. Ainsi, pour la mise en évidence des phénomènes électriques, ils utilisent des microélectrodes. Celles-ci permettent d'explorer le potentiel de la membrane de la fibre nerveuse. Elles sont constituées d'une pipette de verre étirée, de 0.05 μm d'ouverture à la pointe et remplie d'une solution conductrice (NaCl ou KCl par exemple). On utilise conjointement un micromanipulateur permettant d'effectuer des déplacements très limités, de l'ordre du μm ou moins, autorisant ainsi l'implantation de la microélectrode à l'intérieur de la fibre nerveuse.

densité de cellules et (ii) une perte massive de synapses, jusqu'à 50%. La baisse de densité a été interprétée comme une perte de cellules.

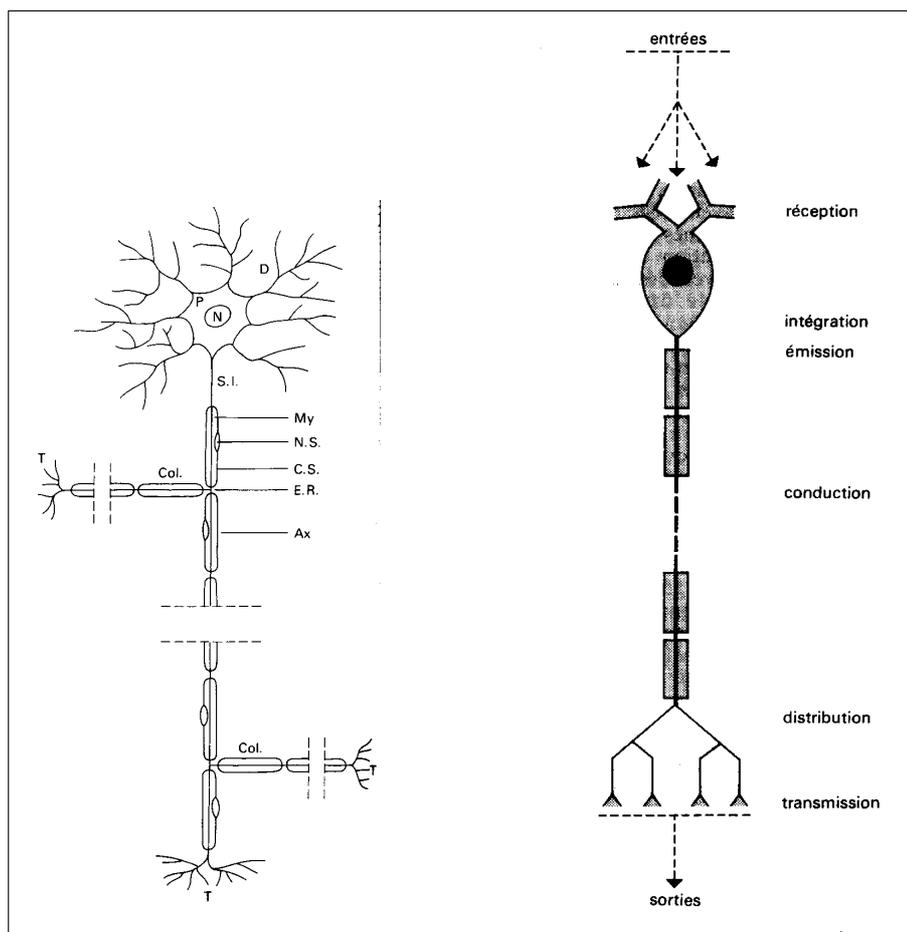


FIG. 1.3 – Schéma général d'un neurone (motoneurone) : P : péricaryon ; N : noyau ; D : dendrites ; Ax : axone, avec sa gaine de myéline divisée en segments ; Coll : collatérale ; S.I. : segment initial de l'axone ; E.R. : étranglement de Ranvier ; T : arborisation terminale ; My : gaine de myéline ; N.S. : noyau schwannien ; C.S. : cellule de Schwann. À droite : fonctions correspondantes des différentes parties du neurone.

1.2.3 Fonction

Le neurone reçoit des signaux, les intègre, engendre l'influx nerveux et le conduit vers d'autres neurones, puis il le transmet.

1.2.4 Structure

On distingue :

- *Le corps cellulaire*, ou encore *soma* ou encore *péricaryon* (en grec *karyon* signifie *noyau*), a une forme très variable : il peut être sphérique, ovale, triangulaire (cf. figure 1.5). Sa dimension est aussi très variable : par exemple les cellules en grain du cervelet font $5\ \mu\text{m}$, plus petit qu'un globule rouge. En revanche les neurones de l'aplysie, un mollusque gastéropode marin, sont de l'ordre du mm ; on comprend pourquoi il est si prisé des biologistes³ !

³Le système nerveux de l'aplysie présente le double avantage d'avoir des cellules nerveuses géantes et d'être simple car il ne comporte que vingt mille neurones regroupés en seulement neuf ganglions nerveux

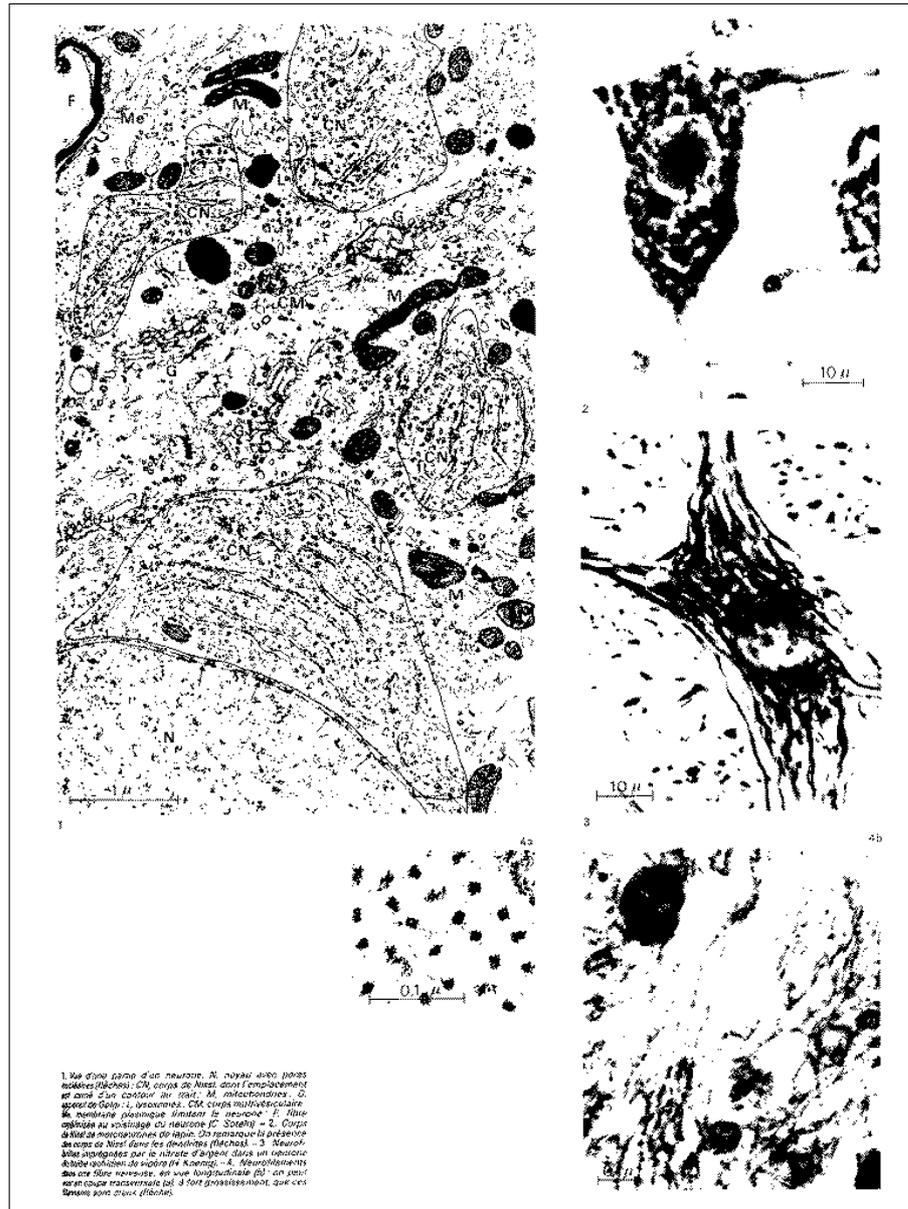


FIG. 1.4 – 1 : vue d'une partie de neurone. N : noyau avec pores nucléaires (flèches) ; CN : corps de Nissl ; M : mitochondries ; G : appareil de Golgi ; L : lysosomes ; CM : corps multivésiculaire ; Me : membrane plasmique limitant le neurone ; F : fibre myélinisée au voisinage du neurone. 2 : corps de Nissl de motoneurone de lapin. 3 : neurofibrille imprégnée par le nitrate d'argent. 4 : Neurofilaments dans une fibre nerveuse ; vue transversale a ; vue longitudinale b.

Le soma contient un noyau, généralement gros, des corps de Nissl, sortes de grumeaux, des mitochondries, qui sont les centrales qui alimentent la cellule en énergie⁴, ainsi que des organites intracellulaires spécifiques comme des microtubules de diamètre 25 nm au calibre régulier et

⁴Les mitochondries sont des organites semi-autonomes dont la raison d'être est de respirer et de produire, pour les cellules hôtes, de l'ATP (adénosine triphosphate) porteuse d'énergie. Elles contiennent leur propre stocks d'ADN, d'ARNt, de ribosomes, etc. Le code génétique des mitochondries est très semblable au code génétique normal : il n'en diffère que qu'en ce qui concerne quelques codons.

des neurofilaments de 9 à 10 nm de diamètre. Les neurofibrilles pourraient être des artefacts dus à la coalescence de ces derniers sous l'action du colorant.

En première approximation, il intègre les signaux qui arrivent par ses dendrites. Si le résultat global est suffisamment important, le neurone est excité et il émet un signal.

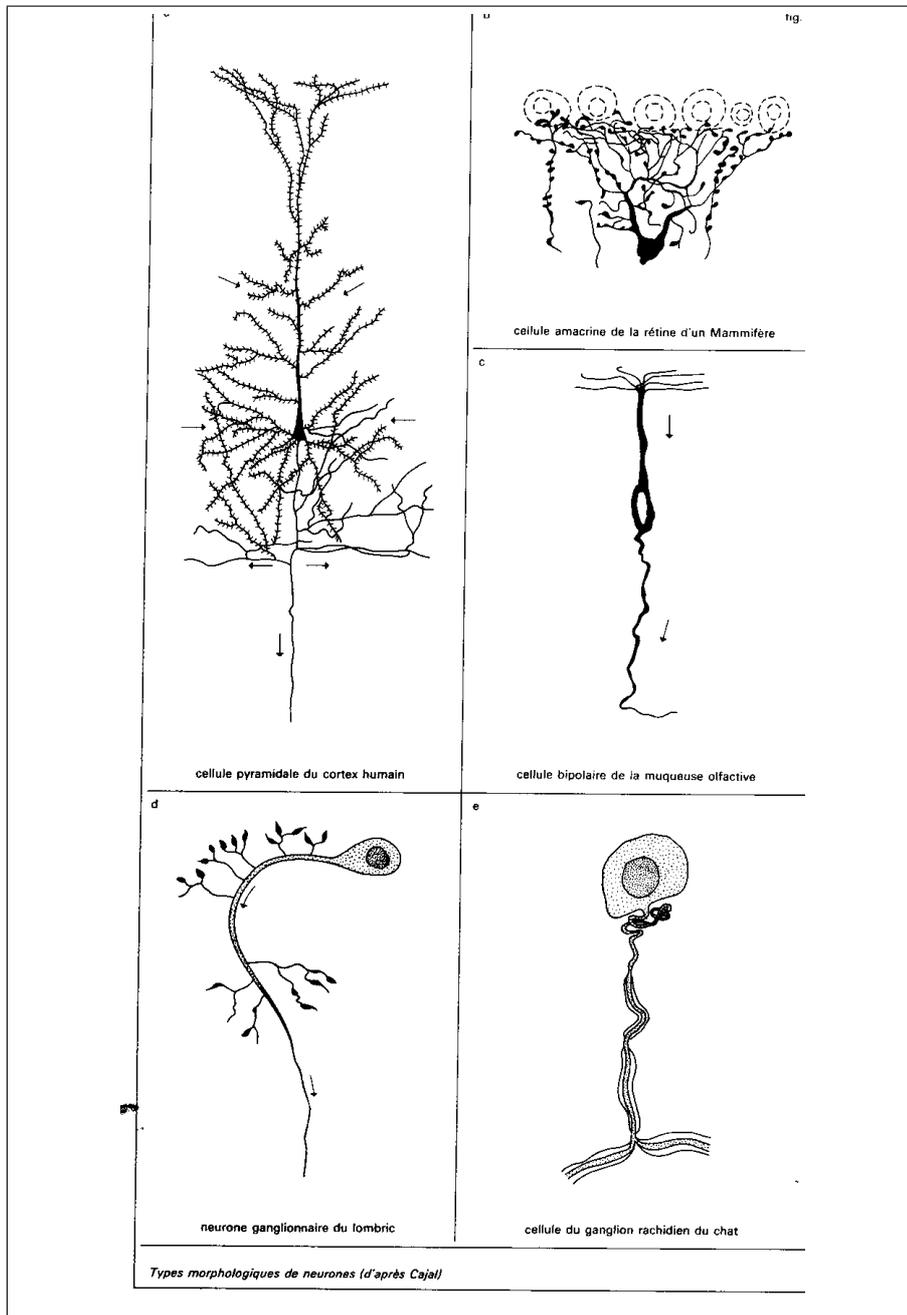


FIG. 1.5 – Quelques types morphologiques de neurones d'après Cajal.

- les neurites :
 - Les *dendrites* (substantif féminin) forment une sorte de chevelure de $1/10 \mu\text{m}$ de diamètre. Leur extension varie de 1 à $10 \mu\text{m}$. Elles reçoivent l'influx nerveux provenant d'autres neurones.

- L'axone, unique prolongement du corps cellulaire, commence au niveau du corps cellulaire par le *segment initial*. Il transporte l'influx sur des distances généralement de l'ordre du mm mais qui peuvent aller jusqu'à 1 m pour le nerf sciatique ! (mais quelquefois il est difficile à distinguer des dendrites). Il se termine par une arborisation qui fait des connexions, dénommées *synapses* (substantif féminin) sur d'autres neurones, corps cellulaires ou dendrites. Il est entouré d'une gaine de myéline qui le nourrit mais qui sert aussi à la propagation de l'influx. En effet, on voit au microscope électronique (figure 1.6) une gaine de doublage imperméable aux électrons au voisinage des étranglements de Ranvier.

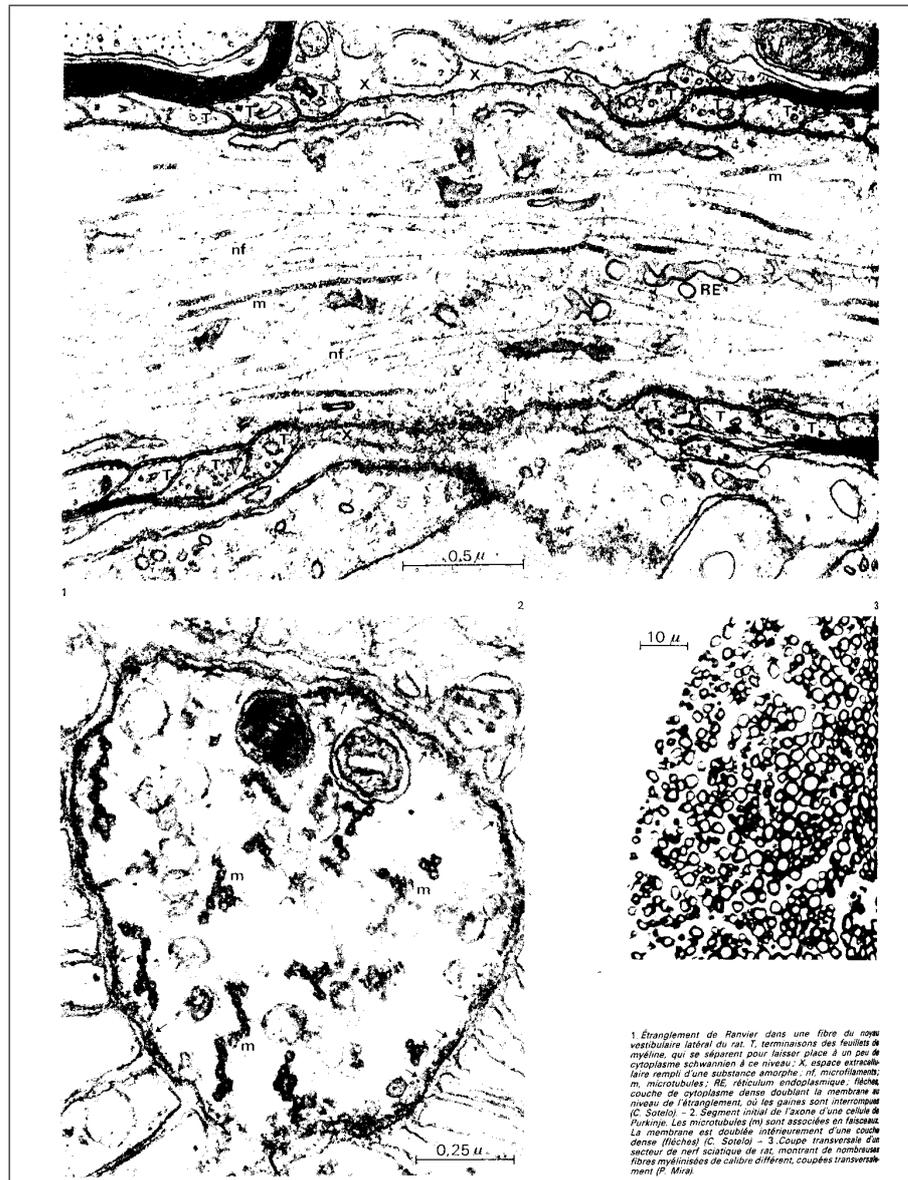


FIG. 1.6 – 1 : étranglement de Ranvier. X : espace extra cellulaire rempli d'une substance amorphe; nf : microfilament; m : microtubule. 2 : segment initial de l'axone. 3 : coupe transversale d'un nerf sciatique.

Ce matériau doit jouer un rôle important car la conduction en dépend. On trouve aussi ce matériau dans le segment initial or on sait que c'est là que se fait la genèse de l'influx.

1.2.5 L'influx nerveux

Ce terme est impropre car il ne s'agit pas d'un fluide qui s'écoule. On peut utiliser trois vocables : potentiel d'action, impulsion nerveuse ou encore "spike".

Le potentiel à l'intérieur d'un axone est d'environ -70 mV au repos. Lors du spike ce potentiel membranaire remonte à $+40$ mV environ. Puis il décroît rapidement. Il s'ensuit une période de latence, dite réfractaire, pendant laquelle aucun potentiel d'action ne peut être émis.

La répartition ionique est très inégale à l'intérieur et à l'extérieur de la membrane. Les ions Na^+ et Cl^- sont très peu abondants dans le milieu intracellulaire, K^+ en revanche, y est vingt fois plus concentré que dans le milieu extracellulaire. Le potentiel de membrane est lié à ces différences importantes de concentration des particules chargées. La concentration de K^+ en particulier est fondamentale.

K^+ a tendance à diffuser vers l'extérieur et Na^+ vers l'intérieur. Des canaux et des pompes à ions prennent en charge le passage de ces ions.

Le "canal de fuite" de K^+ , ouvert en permanence permet une diffusion passive des K^+ et des Na^+ dans le sens décroissant de leur gradient de concentration. Ce canal permet à plus de K^+ de fuir vers l'extérieur que de Na^+ de rentrer. Ce qui rend l'intérieur de la fibre plus électro-négatif que l'extérieur.

La "pompe à $\text{Na}^+ \text{K}^+$ " assure le maintien de la dissymétrie ionique : elle expulse plus de sodium dans le milieu extracellulaire qu'elle ne fait entrer de potassium dans la fibre.

Le potentiel d'action est le fait de deux autres "protéines-canaux" qui sont des canaux spécifiques à Na^+ ou à K^+ . Contrairement au "canal de fuite" du K^+ , ces canaux responsables du potentiel d'action sont fermés au repos. Leur ouverture et leur fermeture dépendent de la polarisation membranaire : on dit qu'ils sont "voltage-dépendants".

L'ouverture de ces canaux est très rapide, moins d'une milliseconde et c'est un système à tout ou rien, un canal ne pouvant pas être moyennement ouvert. L'ouverture décalée dans le temps des canaux Na^+ et K^+ , ainsi que leur fermeture, elle aussi décalée, permet de comprendre la genèse d'un potentiel d'action.

Le potentiel d'action, qui est la réponse de la fibre nerveuse à la stimulation, a toujours la même amplitude quelle que soit l'intensité de la stimulation, à condition que celle-ci ait dépassé une valeur seuil, appelée *intensité liminaire* (en latin *limen* = seuil). Le potentiel d'action obéit donc à la loi du "tout ou rien".

Un signal généré par un neurone est donc un train d'impulsions, une sorte de modulation de fréquence (figure 1.7). Plus les impulsions sont rapprochées, plus le signal est intense. Plus tard, nous dirons que la valeur de la sortie d'un neurone est une grandeur analogique qui code cette fréquence de décharge. Il n'est cependant pas exclu que la nature réelle du signal soit importante dans le processus de traitement de l'information ; en effet les phénomènes de phase, de coïncidence, ne peuvent apparaître qu'avec des trains binaires, pas avec des signaux continus.

Le mécanisme de création de l'influx nerveux a été suggéré très tôt par L. Hermann en 1899 et admis après les célèbres travaux de A. L. Hodgkin en 1937. Il est schématisé sur la figure 1.8.

Soit un potentiel d'action déjà en train de se déplacer. Des pompes à ions font entrer des ions sodium qui polarisent positivement l'intérieur de la membrane pendant que d'autres pompes font sortir des ions potassium pour rétablir la neutralité électrique en aval. Les champs électriques ainsi créés actionnent des molécules spéciales situées dans la membrane, fermant des canaux et ouvrant d'autres (il y a cinq types de canaux sur le corps cellulaire). Le potentiel se propage de proche en proche ; il s'agit donc d'une onde de dépolarisation.

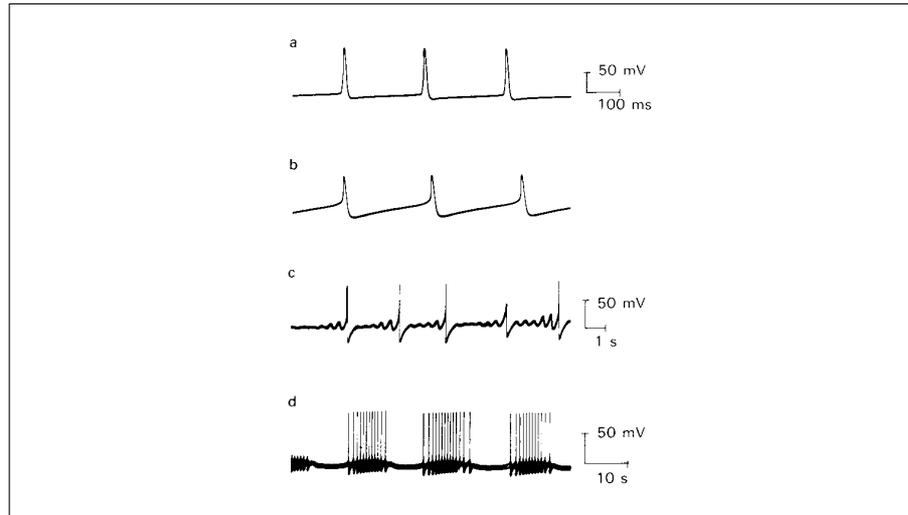


FIG. 1.7 – Impulsions nerveuses mesurées sur un neurone de l’aplysie. *a* et *b* même neurone, mais en *b* on observe une oscillation de relaxation. *c* : apparition d’une onde sinusoïdale. *d* : “bouffées” d’impulsions. Notez les échelles de temps

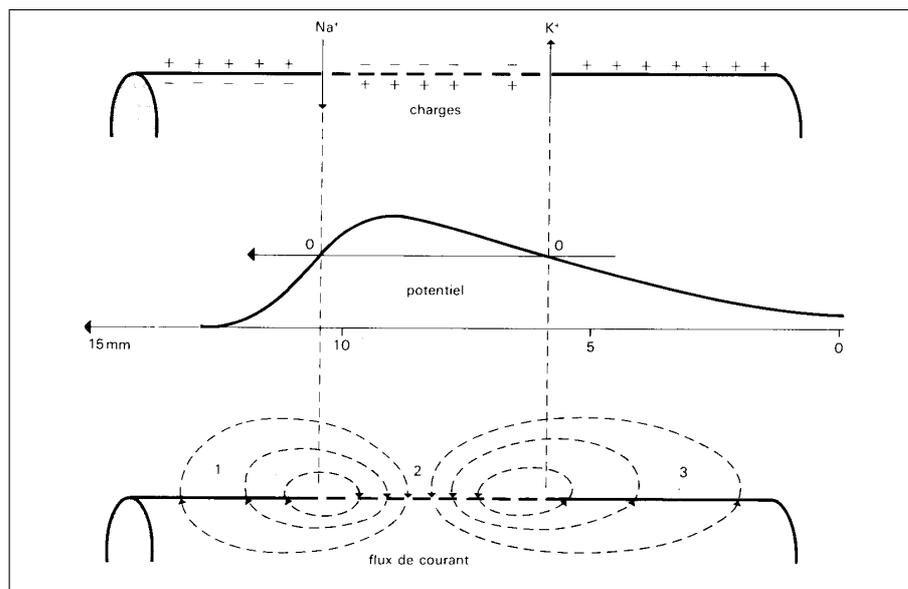


FIG. 1.8 – Mécanisme de génération et de propagation du potentiel d’action.

Dans les fibres myélinisées, la myéline étant très isolante et les canaux Na^+ voltage-dépendants n’étant présents qu’au niveau des nœuds de Ranvier, le potentiel d’action saute d’un nœud à l’autre : on parle de *conduction saltatoire*.

Ces neuromédiateurs, contenus dans des vésicules, sont libérés par exocytose dans la fente synaptique lors de l'arrivée du potentiel d'action. Ces molécules diffusent vers des récepteurs spécifiques où ils participent à l'élaboration du potentiel d'action dans le neurone postsynaptique. La transmission est lente, le franchissement des 20 nm de la fente synaptique nécessite 0.5 ms. Après l'impulsion, l'espace synaptique est nettoyé par destruction des neuromédiateurs par une enzyme, ou par re-capture des médiateurs.

Dans les **synapses à transmission électrique** directe, beaucoup plus rares que les synapses chimiques, les membranes sont étroitement accolées, des protéines permettent alors le passage direct des ions d'une cellule à l'autre. Cette structure autorise la propagation immédiate du potentiel d'action entre les deux cellules.

1.3.3 Les neurorégulateurs

Ils sont très nombreux. Quelques uns sont cités dans le tableau 1.1.

Il en existe trois grandes classes :

- les **excitateurs** : comme la noradrénaline ou l'acétylcholine. On trouve cette dernière molécule à la jonction neuro-musculaire. L'arrivée d'un spike provoque la contraction du muscle. Le neurotransmetteur libéré ouvre des canaux Na^+ et dépolairise la membrane postsynaptique. La maladie d'Alzheimer est une maladie cérébrale de l'adulte âgé (trouble de la mémoire, régression intellectuelle progressive puis démence profonde). La cause exacte est discutée, mais on note une concentration en acétylcholine anormalement basse dans le cortex et dans les structures (comme l'hippocampe) impliquées dans les mécanismes de la mémoire. Certains poisons, comme le curare, ont une conformation spatiale proche de celle de l'acétylcholine, ils bloquent donc les récepteurs postsynaptiques. D'autres, comme certains insecticides, empêchent la dégradation de l'acétylcholine dans la fente synaptique. Dans tous les cas, une altération dans la conduction du message nerveux peut provoquer l'arrêt de certaines fonctions vitales comme les contractions cardiaques ou les mouvements respiratoires.
- **inhibiteurs** : comme le GABA qui bloque les impulsions. Le neurotransmetteur déclenche par exemple l'ouverture de canaux Cl^- ; la pénétration de cet anion provoquant une hyperpolarisation de la membrane. Une personne n'ayant pas assez de GABA présente des mouvements musculaires incessants ; c'est la chorée de Huntington ou "danse de Saint Guy" (troubles moteurs et détérioration progressive de facultés intellectuelles qui se manifestent après 35 ans).
- **neuromodulateurs** : ont une action à distance, ils diffusent loin de l'endroit où ils ont été émis. La maladie de Parkinson, assez fréquente à partir de 50 ans, se caractérise par des troubles moteurs typiques : mouvements lents, tremblements au repos. Le cerveau des malades présente, surtout au niveau des corps striés, une déficience flagrante en dopamine.

Il est difficile de les classer car si certaines molécules agissent comme neuromédiateurs entre un neurone présynaptique et un neurone postsynaptique, comme l'acétylcholine, le GABA, ..., la dopamine, la sérotonine, la noradrénaline, ..., d'autre part semblent plutôt agir en modifiant l'état de polarisation des membranes et ainsi tantôt augmenter, tantôt réduire la capacité d'un neuromédiateur à transmettre l'influx dans une synapse : ce sont donc des neuromodulateurs.

1.3.4 La névroglie

90 % de la masse du cerveau est en fait constituée de cellules non nerveuses : les cellules névrogliales qui sont toujours associées aux éléments nerveux. Elles constituent la *névroglie*. On distingue la macroglie qui a la même origine que les neurones et la microglie qui forme un groupe

à part. Ces cellules ont gardé la capacité de se diviser, au moins dans des circonstances exceptionnelles (après des lésions par exemple). Les fonctions de la névroglie sont obscures, on parle de rôle de soutien ou de rôle trophique (elle pourvoie aux besoins métaboliques des neurones).

Leurs formes sont très diverses (figure 1.10).

Les cellules de Schwann en sont un exemple remarquable (figure 1.11). Elles s'enroulent autour de l'axone (jusqu'à 100 tours) et forme ainsi une gaine de myéline qui joue un rôle important dans la propagation de l'influx. Elles ne se trouvent que chez les vertébrés.

La vitesse de conduction V dans une fibre non myélinisée dépend de son diamètre D : $V \propto \sqrt{D}$, alors que pour une fibre myélinisée (chez un vertébré à sang froid, la grenouille par exemple), la

dopamine noradrénaline adrénaline tyramine octopamine phényléthylamine phényléthanolamine diméthoxyphényléthylamine (DMPEA) tétrahydro-isoquinolines
sérotonine mélatonine tryptamine diméthyltryptamine (DMT) 5-méthoxytryptamine 5-méthoxydiméthyltryptamine 5-hydroxydiméthyltryptamine (bufotétine) tryptolines
acétylcholine histamine acide γ -aminobutyrique (GABA) acide γ -hydroxybutyrique (G-OH) glycine tarine proline purine aspartate glutamate adénosine
prostaglandine corticostéroïdes œstrogène testostérone thyroxine
enképhalines β -endorphine substance P somatostatine angiotensine LHRH (Luteinizing hormone releasing hormone) VIP (Vasoactive intestinal polypeptide) ACTH (hormone corticotrope) TRH (thyroid releasing hormone) facteur delta

TAB. 1.1 – Les neurorégulateurs possibles du système nerveux central

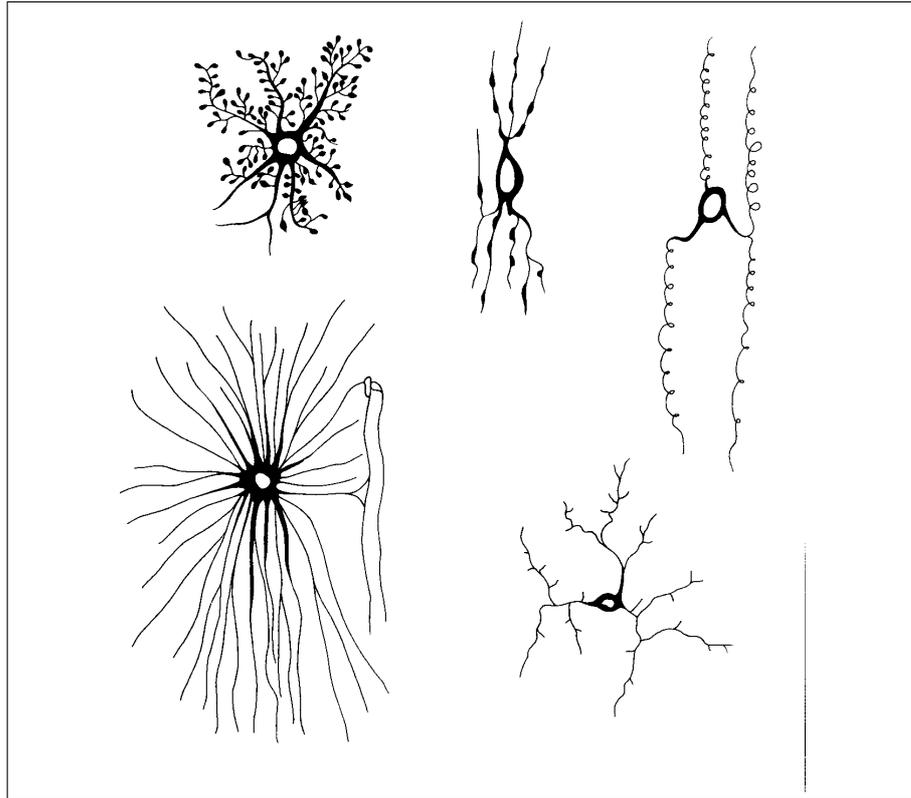


FIG. 1.10 – Diverses cellules de la névroglie

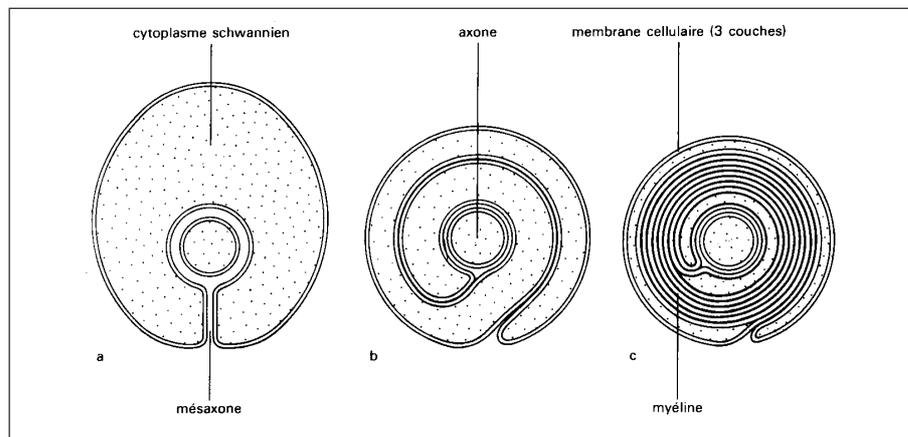


FIG. 1.11 – Stades successifs de la formation d'une gaine de myéline.

vitesse de conduction est $\propto 2.5 \times D$. Une vitesse de 25 m/s est ainsi obtenue avec des axones de 500 μm chez les céphalopodes, alors qu'il suffit de 10 μm chez la grenouille. La limite au-dessus de laquelle une fibre est pourvue de myéline est située autour de 1 à 1.5 μm . Les connexions à courtes distances sont donc amyéliniques, ce qui optimise la place qu'elles occupent dans le cerveau. La nature est décidément bien faite !

1.4 Génèse

La maturation du système nerveux humain commence à l'état fœtal et se poursuit durant une quinzaine d'années. Du 4^e au 5^e mois de la vie fœtale, les cellules se divisent au rythme de 200 000 mitoses par minute ! Les neurones migrent vers leurs positions définitives dans le cerveau, dans la moelle épinière ou dans les muscles. Les six couches de neurones du cortex se forment l'une après l'autre en commençant par les plus profondes.

L'enfant naît avec plus de neurones qu'il n'en possèdera à l'âge adulte puisque les neurones qui ne seront pas utilisés lors des processus d'apprentissage disparaîtront. En effet, si à la naissance l'architecture globale est bien en place, le réseau de neurones n'est pas pour autant opérationnel, les connexions entre neurones n'étant pas réalisées. Ce n'est que grâce à l'interaction de l'enfant avec son environnement, par l'intermédiaire de ses organes des sens et de ses organes moteurs, que les synapses « utiles » s'établiront, les autres se résorberont. Le cerveau ne s'use que si l'on ne s'en sert pas !

Ces connexions doivent parfois se faire à des moments bien précis de l'évolution ; par exemple un œil de chaton suturé à la naissance et pendant 3 ou 4 semaines deviendra définitivement aveugle alors que si l'expérience est effectuée chez le chat adulte le dommage est réversible. Cette découverte valut à Hubel et Wiesel un prix Nobel.

1.5 Perception et Mémoire

Les neurones du cortex sont reliés aux organes des sens par le thalamus et aux muscles par les neurones de la moelle épinière.

La mémoire n'est pas localisée et adressable comme celle d'un ordinateur, elle est répartie, distribuée, sur un ensemble de neurones dans la force de connexion des synapses.

À faire ...

1.6 L'esprit

Ce mot recouvre deux concepts très différents qui sont bien rendu en langue anglaise par les mots *mind* et *spirit*. Le premier n'est qu'un mot commode qui recouvre simplement les activités de pensée.

Si on définit la pensée comme le traitement des images mentales, ...

Deux critères :

Un état mental à la propriété essentielle d'être conscient, c'est-à-dire d'être ressenti par son porteur.

Un organisme a un esprit s'il a la capacité de contrôler son comportement par des représentations. Alors aptitude à organiser ses contenus de perception en objets et en événements, où se construisent les prémices non verbales des contenus mentaux

À faire ...

1.7 la conscience

C'est une notion ambivalente, pour beaucoup de personnes elle désigne le censeur qui est en nous et qui juge nos actions (la voie de la conscience). Pour que cette connotation morale puisse se manifester, il faut que nous ayons une certaine connaissance de nous-mêmes, que nous nous observions penser et agir dans le monde qui nous entoure. Il ne suffit donc pas pour être conscient de pouvoir décrire ses pensées et ses actes, il faut aussi les relier à son environnement. Les ordinateurs ont encore beaucoup de chemin à parcourir avant qu'ils puissent démontrer qu'il sont pourvu de cet attribut ! Le niveau de conscience est relié au niveau d'abstraction et aux capacités de mémoire à long terme et de prévision. En ce sens, tous les animaux dotés d'un système nerveux central sont conscients à des degrés divers.

À faire ...

Bibliographie

[Col90] Daniel Collobert. Les neurones au secours de l'ordinateur. *Atouts Bretagne*, 3 :4–8, 1990.

[EU] EU. Encyclopédie universalis.