

SYSTÈME NERVEUX EN GÉNÉRAL

L'organisme est constitué par une infinité d'organites, de cellules différenciées, qui doivent être en relation, en connexions intimes les uns avec les autres. Or, cette relation est établie par le système nerveux qui est essentiellement un appareil d'harmonisation et de régulation.

C'est grâce à ce système que toutes les fonctions retentissent l'une sur l'autre, que tous les éléments d'un même corps vivant sont intimement unis, et qu'*une cellule retentit sur toutes les autres et toutes les autres retentissent sur elle* (Ch. Richet).

La complexité de cet appareil est forcément en rapport avec la complexité même et la différenciation que présentent les individus. Au bas de l'échelle, chez les êtres à cellules non différenciées, il ne saurait y avoir de système nerveux, mais aussitôt que l'évolution des cellules pour des fonctions différentes se manifeste, on voit apparaître cet appareil. Dans l'hydre d'eau douce, par exemple, constituée par deux feuillet cellulaires accolés, on distingue des cellules ectodermiques, disséminées dans le feuillet superficiel et qui paraissent jouer à la fois le rôle de cellules sensitives et de cellules contractiles.

Ces cellules, dites neuro-musculaires (Kleinenberg), sont le premier indice de différenciation. Les deux grands appareils de la vie de relation : système nerveux et système muscu-

laire, sont encore confondus; mais si l'on s'élève plus haut, chez les autres coelentérés même, la distinction est désormais établie. Les cellules nerveuses disséminées d'abord dans l'ectoderme tendent à se grouper, à se relier entre elles par des fibres commissurales.

Du groupement de ces cellules résultent des amas ganglionnaires qui, peu à peu, abandonnant la région ectodermique d'où elles dérivent, iront former de véritables centres nerveux. Chez les astéries, les échinodermes, on trouve autour de l'orifice buccal un anneau nerveux avec des renflements ganglionnaires. Chez les mollusques, ces renflements ganglionnaires tendent à se rapprocher pour constituer chez quelques-uns de ces êtres, chez les céphalopodes en particulier, des masses nerveuses, qui, par leur volume, leur complexité, peuvent être comparées aux centres nerveux des animaux supérieurs. Nous ne pouvons ici suivre l'évolution du système nerveux dans la série des êtres, il nous faut renvoyer aux traités d'anatomie comparée. Ce qu'il importe de retenir, c'est la formation d'un axe central, de plus en plus central et perfectionné que l'animal est plus élevé, et la prépondérance de plus en plus marquée de la partie supérieure de son axe, jusqu'au terme ultime *actuellement* : l'appareil cérébro-spinal de l'homme.

Structure du système nerveux. — Le système nerveux se compose essentiellement de deux appareils élémentaires : la cellule nerveuse et la fibre nerveuse.

Dans les centres nerveux, les amas de cellules nerveuses en connexion avec les fibres constituent la substance grise, alors que l'agglomération des fibres nerveuses forment dans ces centres la substance blanche. Ces éléments sont maintenus et fixés dans un substratum constitué par un tissu connectif spécial : la névroglie.

Cellules nerveuses. — La cellule nerveuse est constituée par une masse protoplasmique chargée de pigment contenant

un noyau avec nucléoles¹. La forme est des plus variables, elle émet un ou plusieurs prolongements qui permet de les distinguer en cellules unipolaire, bipolaire, multipolaires. La cellule apolaire n'existe pas, on ne conçoit pas d'ailleurs une cellule nerveuse isolée totalement. Ces prolongements se ramifient et se résolvent en un réseau fibrillaire, (réseau nerveux de Gerlach), à l'exception de l'un, qui reste simple, et va se continuer avec une fibre nerveuse. C'est le prolongement cylindraxe ou prolongement de Deiters. Mais, d'après Golgi, le prolongement de Deiters ne donnerait pas toujours lieu à la formation d'une fibre nerveuse, dans certains cas, il se ramifie et se disperse en fines branches comme les autres prolongements. On a supposé que ces derniers avaient pour objet de réunir les cellules nerveuses entre elles ; les recherches histologiques ne permettent pas d'être affirmatif.

Les cellules nerveuses ont des dimensions assez variables. Petites généralement, elles atteignent, dans certaines régions des cornes antérieures près d'un dixième de millimètre et on peut les distinguer alors sans le secours du microscope. La dimension des cellules nerveuses dépendrait a-t-on dit, de la longueur du filet nerveux qui est en continuité avec son cylindraxe. Les cellules des cornes antérieures de la moelle qui sont volumineuses, celles qui correspondraient aux nerfs des extrémités des membres.

Myélocytes. — A côté des cellules nerveuses, on trouve d'autres éléments cellulaires, plus petits, désignés par Robin sous le nom de myélocytes, constitués presque en totalité par un noyau que recouvre une mince couche de protoplasma. Ces éléments ont été considérés comme des cellules nerveuses embryonnaires.

¹ Nous renvoyons ici aux traités d'histologie pour l'étude de la constitution du protoplasma et du noyau des cellules nerveuses. Les recherches récentes ont démontré dans ces deux éléments l'existence d'un réticulum fibrillaire dont la constitution est loin d'être élucidée. (Flemming, Ranvier, Schultze.)

Fibres nerveuses. — Les fibres ou tubes nerveux se composent dans le tronc nerveux de trois parties : une membrane d'enveloppe, renfermant une substance grasse, la myéline, enfin un cordon axial, le cylindraxe. La partie essentielle, caractéristique de la fibre nerveuse, c'est le cylindraxe. Il constitue à lui seul la fibre dans la substance grise ; dans la substance blanche, on le voit entouré de myéline, mais sans membrane ; enfin, près de sa terminaison dans le muscle, c'est la myéline qui seule disparaît. On rencontre dans le système sympathique, un grand nombre de fibres pâles que l'on avait confondu autrefois avec les fibres connectives et qui ne sont autres que des fibres nerveuses sans myéline (fibres pâles ou de Remak).

Pour Golgi, la formation du cylindraxe aurait lieu par un processus différent, suivant que ce cylindraxe doit transmettre des incitations motrices ou des impressions sensibles. Dans le premier cas, le cylindraxe est la continuation directe du prolongement de Deiters ; dans le second, il se forme par une réunion nouvelle des ramifications provenant de ces prolongements de Deiters, qui semblent se résoudre en réseau.

La membrane de Schwann, présente une série d'étranglements qui vont jusqu'au cylindraxe, séparant la fibre nerveuse en une série de segments interannulaires qui correspondent chacun à une cellule, ayant son noyau accolé à la gaine de Schwann et baigné dans une mince couche de protoplasma. Ce dernier forme autour du cylindraxe une gaine spéciale (la gaine de Mauthner). La myéline n'est qu'une partie accessoire. Quant au cylindraxe c'est le prolongement de la cellule nerveuse qui pénètre dans la cellule sans se confondre avec elle et traverse successivement chacune d'elle, par un bourgeonnement successif continu (Ranvier). Cette théorie est confirmée par une expérience de van Lair qui, remplaçant un segment de nerf par un fragment d'os décalcifié, a vu la régénération nerveuse se reproduire, le

cylindraxe ayant passé par les canaux du tissu osseux, pour gagner l'autre extrémité nerveuse.

Les fibres nerveuses réunies en tronc constituent les nerfs, mais pour assurer plus de résistance et de ténacité à ces conducteurs, elles sont entourées de tissu conjonctif. Ce sont les gaines lamelleuses de Ranvier, le périnèvre de Robin, qui protègent et soutiennent les faisceaux secondaires, le tronc nerveux lui-même étant entouré du névrilème qui reçoit des filets nerveux (*nervi-nervorum*) et des vaisseaux sanguins (*vasa-nervorum*) (Sappey).

Terminations nerveuses. — A la périphérie, les nerfs se modifient pour aboutir aux organes auxquels ils sont destinés. On a décrit pour les terminaisons nerveuses motrices différents appareils, tantôt comme chez les mammifères ce sont des plaques terminales, tantôt comme chez les grenouilles, des ramifications en buisson. Les terminaisons sensitives sont encore plus différenciées, c'est l'organe de Corti pour l'audition, les cônes et les bâtonnets pour la vision, les corpuscules de Paccini, de Krause pour le tact, etc. Nous aurons à exposer en détail ces terminaisons en traitant des organes des sens.

La plupart de ces terminaisons nerveuses, sinon toutes, aboutissent à des cellules nerveuses périphériques et les nerfs ne sont en réalité que des conducteurs mettant en relation les cellules nerveuses centrales avec les cellules nerveuses périphériques.

Distinction des nerfs sensitifs et moteurs. — Si l'on excite un nerf dans sa continuité, le nerf sciatique d'une grenouille par exemple, on observe simultanément des phénomènes moteurs dans le membre innervé et une réaction générale de l'animal avec des signes évidents de sensibilité.

Un tronc nerveux transmet donc à la fois les excitations de la périphérie vers les centres nerveux et les impulsions motrices qui vont de ces centres à la périphérie. Il y a,

en un mot, conduction centripète ou sensitive, et conduction centrifuge (motrices, sécrétoires, etc.). L'étude histologique ne permet pas de déterminer s'il existe des fibres différentes pour ces deux conceptions, mais les expériences physiologiques permettent d'établir cette dissociation et de montrer qu'il existe des fibres centripètes ou sensitives et des fibres centrifuges, réunies dans un même tronc nerveux, mais qui à l'origine de ce tronc peuvent être distinguées.

La gloire de cette démonstration revient à Ch. Bell et à Magendie.

Les nerfs rachidiens prennent naissance dans la moelle par deux racines, issues de la substance grise et qui à leur sortie de la moelle, mais non immédiatement, se réunissent pour former un tronc commun. La racine postérieure ou dorsale présente sur son trajet un renflement ganglionnaire constitué par un îlot de substance grise que l'on doit considérer comme en relation intime avec la substance grise médullaire.

Or Charles Bell, le premier, a montré que l'excitation des racines antérieures des nerfs rachidiens déterminait des mouvements dans la région innervée par ces nerfs, alors que l'excitation des racines postérieures n'amenait pas ces mouvements, tel est le fait important signalé par Ch. Bell en 1811. Mais c'est en 1822 seulement que Magendie établit nettement la distinction fonctionnelle des deux racines et qu'il pose ce principe désigné à tort ainsi que l'a démontré Vulpian, sous le nom de loi de Ch. Bell et que doit porter celui de loi de Magendie : *Que les racines antérieures conduisent les incitations motrices, les racines postérieures les impressions sensitives.*

Sensibilité récurrente. — Toutefois l'expérience primitive de Magendie ne pouvait permettre de conclure que les racines antérieures étaient uniquement motrices. On constatait en effet, dans certaines expériences, par l'excitation des racines antérieures une certaine sensibilité.

Longet vit que, dans ces conditions, il suffisait de couper la racine postérieure pour voir la sensibilité disparaître dans la racine antérieure, et Magendie désigna ce phénomène sous le nom de sensibilité récurrente. Mais c'est Claude Bernard qui établit nettement le mécanisme de la sensibilité récurrente. Il montra tout d'abord que si la sensibilité manquait souvent quand on excitait la racine antérieure (Magendie n'avait pu reproduire de nouveau cette manifestation), c'est qu'il était nécessaire de s'entourer de précautions importantes et d'attendre que l'animal fût remis du traumatisme opératoire. Puis, partant de ces faits, 1^o que la section de la racine postérieure abolit la sensibilité; 2^o qu'il en est de même si l'on fait porter la section du tronc nerveux immédiatement après la jonction des deux racines, il montra que de la racine postérieure partent des fibres sensitives qui, après un certain trajet dans le tronc nerveux, remontent ce tronc et passent par la racine antérieure pour regagner la moelle. L'excitation d'une racine antérieure ou de son bout périphérique correspond donc (au point de vue sensitif) à l'excitation du bord central de la racine postérieure centripète.

La sensibilité récurrente paraît être une disposition assez générale du système nerveux, on la trouve en effet dans la plupart des nerfs qui présentent des anastomoses, tels pour les nerfs crâniens, le facial, le spinal, l'hypoglosse, dont l'excitation du bout périphérique est suivie de manifestation de la sensibilité.

Chez le chien, il suffit de laisser intact un des quatre nerfs collatéraux de la patte pour voir persister la sensibilité à la douleur sur tous les doigts (Arloing et Tripier).

Chez l'homme, la section du nerf médian n'amène pas l'insensibilité de la région innervée par ce nerf et le bout périphérique du nerf reste sensible. Ce qui ne peut guère s'expliquer que par des filets récurrents provenant des anastomoses avec les autres nerfs sensitifs (A. Richet).

Citons pour mémoire l'hypothèse admise par Béclard pour expliquer les phénomènes observés sans faire intervenir la sensibilité récurrente. L'excitation motrice déterminant la contraction musculaire deviendrait dans le muscle même le point de départ d'une sensation douloureuse. Mais ce spasme n'existe généralement pas.

Dégénérescence wallérienne. — Si l'on sectionne un nerf, on constate que très rapidement il se présente une altération de structure considérable, caractérisée par une segmentation de la myéline et du cylindraxe, qu'il subit ce que l'on appelle la dégénérescence.

Si l'on fait porter la section sur les racines rachidiennes à la sortie même de la moelle, on constate des effets différents. Suivant que la section porte sur l'une ou l'autre des racines. Si l'on sectionne la racine antérieure, le bout central de cette racine reste intact alors que le bout périphérique dégénère. C'est l'inverse que l'on observe avec la racine postérieure, quand l'instrument tranchant a porté à la sortie immédiate de la moelle. Mais si la section, au lieu d'être faite près de la moelle, porte sur la racine postérieure, plus extérieurement en laissant le ganglion dans le bout central, cette partie continue à se nourrir alors que tout le nerf dégénère. Ainsi le centre qui préside à la nutrition du nerf, le centre trophique se trouve donc dans la moelle pour la racine motrice, dans le ganglion pour la racine sensitive.

La dégénérescence nerveuse a été dans les mains d'Augustus Waller un précieux instrument d'investigation. On peut par elle suivre le trajet des fibres anastomotiques dans un tronc nerveux, et se rendre compte ainsi de conduction sensitive dans un nerf que l'anatomie montrait comme essentiellement moteur et inversement.

Cette méthode n'est pas seulement applicable aux troncs nerveux, elle permet encore de reconnaître les trajets des différentes fibres ou cordons nerveux dans le centre cérébro-

spinal, nous verrons plus loin le parti que l'on a pu en tirer dans l'étude des différentes voies nerveuses.

De la vibration nerveuse. — La vibration nerveuse est inconnue dans son essence, elle est déterminée par l'excitation du nerf, mais il faut se contenter d'étudier les lois qui la régissent.

Il existe trois lois fondamentales :

- I. Loi de l'intégrité de l'organe;
- II. Loi de la conductibilité isolée;
- III. Loi de la conductibilité dans les deux sens.

Loi de l'intégrité de l'organe — Un nerf ne peut exercer des fonctions que si ces éléments anatomiques sont intacts. Tout ce qui modifie la constitution du nerf, la chaleur, le froid, les caustiques, les dégénérescences pathologiques, la ligature, s'oppose à la conduction du nerf. Le simple fait qu'une ligature suffit à arrêter la vibration nerveuse dans le nerf, montre qu'on ne saurait identifier cette dernière avec l'électricité, comme la comparaison a été soutenue jadis.

Si au lieu d'une ligature on exerce sur le nerf une certaine compression, on peut amener un simple arrêt dans la conductibilité nerveuse et quand la compression n'a pas été assez forte pour désorganiser les tissus, on voit revenir, en la faisant cesser, la conductibilité dans le nerf. Hunter utilisant cette donnée avait conseillé, alors que les anesthésiques chimiques étaient encore inconnus, de comprimer le nerf sciatique dans l'amputation de la cuisse.

Loi de la conduction isolée (J. Muller). — Chaque filament nerveux conduit l'excitation isolément, sans qu'il y ait confusion ou anastomose avec les autres filaments nerveux.

La vibration nerveuse ne se transmet donc pas pendant tout le trajet, aux fibres environnantes, il y a isolement parfait.

Loi de la conduction dans les deux sens. — La conduction nerveuse se fait indifféremment dans les deux sens.

Si les deux premières lois sont faciles à vérifier et admises sans conteste, il est loin d'en être ainsi de la troisième. La vibration nerveuse se propage-t-elle indifféremment dans les deux sens? Une excitation motrice est-elle toujours et forcément centrifuge, une excitation sensitive toujours centripète.

Plusieurs expériences tendent à faire admettre que les excitations peuvent suivre un trajet inverse.

Expérience de Kuhne. — Le muscle couturier de la grenouille peut être divisé en deux bandelettes qui reçoivent chacune un filet moteur émané d'un même tronc nerveux. Si après avoir séparé le tronc nerveux des centres cérébro-spinaux on excite mécaniquement une des fibres motrices, on constate la contraction des deux bandelettes, il y a donc eu conduction centrifuge dans la branche excitée.

Expérience de P. Bert. — On greffe l'extrémité de la queue d'un rat dans le tissu cellulaire dorsal et quand la greffe est prise, on sectionne la queue à la base, le pincement du tronçon de queue ainsi greffé détermine des réactions douloureuses, les filets sensitifs ont donc conduit les sensations en suivant une voie opposée à celles suivies dans les conditions normales.

Les physiologistes ont cherché à savoir ce que l'on obtenait en soudant un nerf sensitif à un nerf moteur. Malheureusement les nerfs purement sensitifs ou purement moteurs n'existent pour ainsi dire pas, et l'expérience que l'on croyait pouvoir tenter en soudant le lingual, nerf sensitif, avec l'hypoglosse, nerf moteur, n'a pu être concluante, par ce fait que le nerf lingual renferme des filets moteurs venant de la corde du tympan et l'hypoglosse reçoit de nombreuses anastomoses sensitives. Vulpian qui avait réalisé l'expérience et constaté après la soudure des mouvements dans la langue par l'excitation du lingual et des manifestations de la sensibilité par l'excita-

tion de l'hypoglosse, a montré lui-même qu'on ne saurait pour les raisons citées, interpréter cette expérience en faveur de la conduction de la sensibilité dans les nerfs moteurs et inversement.

Progression de la vibration nerveuse. — Dans son trajet dans le nerf, soit centrifuge, soit centripète, la vibration nerveuse varie constamment d'intensité.

Pfluger admet que cette intensité va en croissant comme une avalanche (phénomène de l'avalanche). Cette opinion discutée par Rosenthal et Vulpian est aujourd'hui généralement acceptée. Les procédés d'inscriptions graphiques montrent nettement que la secousse musculaire provoquée par l'excitation d'un nerf moteur est d'autant plus haute que le nerf est excité plus loin du muscle (Hallstein).

Il faut distinguer dans un nerf l'irritabilité et la conductibilité, qui sont deux fonctions indépendantes. Un nerf qui n'est plus excitable en une partie donnée de son parcours, soit par suite d'une excitation prolongée, d'une modification légère dans sa texture, d'une intoxication locale en quelque sorte peut néanmoins transmettre les excitations qui viennent d'un autre point excité.

S'il est difficile de déterminer si les nerfs sensitifs et les nerfs conducteurs sont susceptibles d'une conductibilité indifférente, la question est plus obscure encore quand il s'agit de la conduction des diverses sensations. Existe-t-il des fibres susceptibles de transmettre uniquement des sensations de chaleur, de douleur, de pression. Il est à supposer que la différenciation ne se produit pas dans les nerfs eux-mêmes mais dans les cellules nerveuses centrales et peut-être aussi dans les cellules du système périphérique (voir *Tact*).

Vitesse de la vibration nerveuse. — La vibration nerveuse se propage le long des nerfs avec une vitesse que l'on a pu apprécier.

En excitant un nerf assez long sur deux points placés à

des distances différentes de son insertion dans le muscle, on peut en notant la différence entre les deux temps perdus de la contraction musculaire, calculer le temps nécessaire à la vibration pour parcourir le tronçon compris entre les deux points excités. Méthode d'Helmholtz.

Helmholtz a trouvé 30 mètres par seconde ou plus exactement 27^m,25.

M. Chauveau a trouvé pour les grands mammifères une vitesse beaucoup plus grande, 65 mètres pour les nerfs de la vie de relation; pour les nerfs, au contraire, qui se rendent aux muscles lisses, tels que le pneumogastrique, la vitesse tomberait à 8 mètres.

Mais il est loin d'être établi que la vibration nerveuse procède avec une vitesse égale, les recherches de Munk, de Chauveau, conduisent à penser au contraire que cette vitesse n'est pas uniforme, qu'elle est essentiellement variable, peut-être même présentant un mouvement retardé. Cette vitesse enfin varie suivant une série de facteurs: l'intensité des excitants, la température, l'état physiologique du nerf, etc.

Vitesse du courant nerveux sensitif. — La vitesse du courant nerveux sensitif a fait l'objet de nombreux travaux imités de ceux de Schelske. Or, il a été prouvé péremptoirement (Ch. Richet, A. M. Bloch) que la méthode de Schelske est erronée. Cette méthode consiste à mesurer le temps qui sépare une excitation cutanée d'un mouvement volontaire; toujours le même, signalant la sensation. En portant l'excitation sur des régions différentes du corps, Schelske et ses imitateurs raisonnaient ainsi: rien n'a changé dans les diverses épreuves, sauf les longueurs des nerfs centripètes, donc, les différences observées mesurent le temps du transport nerveux centripète. Cette conclusion est fautive, les temps des réactions cérébrales varient suivant les régions excitées.

M. Bloch a employé une méthode tout autre, basée sur la persistance des sensations tactiles. Il a donné 432 mètres