

nerait l'électricité est un phénomène que toute irritation vive détermine également dans les nerfs, et qui a lieu, par exemple, lorsqu'on éprouve une frayeur inopinée, ou quand on se comprime le nerf cubital. Le choc que donne l'électricité n'est pas non plus un coup électrique, mais une sensation développée par l'électricité, et qui peut tout aussi bien être provoquée par une impression mécanique. Kastner nous apprend qu'il lui arrivait souvent, en écrivant, de ressentir de petites secousses dans les doigts. Il y a quelques années, me trouvant atteint d'une surexcitation de l'irritabilité nerveuse, j'éprouvais très-fréquemment ces symptômes, dès que je fatiguais trop ou ma main ou mes doigts.

En résumant tout ce qui a été dit jusqu'ici, on arrive aux résultats suivans :

1° Il n'y a point de courans électriques dans les nerfs pendant les actions vitales.

2° La force électrique est totalement différente de l'électricité.

3° Admettre un courant électrique dans les nerfs, c'est donc se servir d'une expression purement métaphorique, comme lorsqu'on compare l'action de la force nerveuse avec la lumière ou avec le magnétisme.

Nous n'en savons pas plus sur la nature du principe nerveux que sur celle de la lumière et de l'électricité; mais nous connaissons les effets de ce principe presque aussi bien que les propriétés de la lumière et des autres agens impondérables. Quelque différentes que ces forces soient les unes des autres, la question ne s'en présente pas moins ici de savoir si leurs effets dépendent du déplacement d'une matière impondérable, ou seulement d'une impulsion mécanique, c'est-à-dire des ondulations d'un fluide, comme on l'admet pour la lumière, dans l'une des deux théories qui servent à en expliquer les phénomènes. Quelle que soit la plus exacte de ces hypothèses, en ce qui concerne le principe nerveux, peu nous

importe pour l'étude de la mécanique du système nerveux; elles n'ont pas plus d'influence à cet égard que par rapport aux lois de la mécanique de la lumière.

Section seconde.

Des nerfs sensitifs, moteurs et organiques.

CHAPITRE PREMIER.

Des racines sensibles et motrices des nerfs rachidiens (1).

Le fait que les mêmes nerfs président, dans le tronc, au sentiment et au mouvement à la fois, et que l'une de ces fonctions se trouve quelquefois anéantie par paralysie dans un nerf, pendant que l'autre persiste, est un des problèmes les plus importans de la physiologie. Charles Bell eut l'ingénieuse pensée que les racines postérieures des nerfs spinaux, celles qui sont pourvues d'un ganglion, président au sentiment seul, que les racines antérieures sont destinées au mouvement, et que les filets primitifs de ces racines, après s'être réunis en un cordon nerveux, se mêlent ensemble pour subvenir aux besoins de la peau et des muscles. Il développa cette idée dans un petit ouvrage qui n'était point destiné à sortir du cercle de ses amis (2). Onze ans plus tard, Magendie présenta la même théorie. Le mérite lui appartient de l'avoir introduite dans la physiologie expérimentale, pour ce qui concerne les nerfs rachidiens. Il prétendit, d'après ses expériences, que la section des racines postérieures fait cesser le sentiment

(1) Voyez MUELLER, dans FRORIEP'S *Notizen*, n° 646-647. *Annales des sciences naturelles*. 1834.

(2) *An idea of a new anatomy of the brain*. Londres, 1811.

seul dans les parties correspondantes, et que celle des racines antérieures n'y abolit que le mouvement. Les résultats qu'il avait obtenus n'étaient qu'approximatifs. Suivant lui, les cordons postérieurs de la moelle épinière et les racines postérieures des nerfs rachidiens président spécialement au sentiment, et les antérieures spécialement aussi au mouvement, bien que ces derniers ne soient pas non plus tout-à-fait dénués de la faculté sensitive. Ainsi, il trouva que l'application du galvanisme aux racines postérieures des nerfs rachidiens, après qu'elles avaient été détachées de la moelle épinière, excitait encore des convulsions, mais très-faibles, dans les muscles, tandis qu'en s'exerçant sur les racines antérieures, cette irritation en déterminait de violentes (1). Ces expériences, exécutées sur des animaux appartenant aux classes supérieures, sont les plus cruelles qu'on puisse imaginer. L'énorme plaie qu'on est obligé de faire pour ouvrir le rachis dans une étendue qui permette de couper les racines de tous les nerfs allant aux extrémités postérieures, suffit déjà pour mettre promptement la vie en danger; elle entraîne une perte de sang considérable, et l'animal périt infailliblement avant qu'on ait eu le temps d'arriver à des résultats convainquans. Aussi, quelque surprise qu'eût occasionnée le théorème de Bell, appuyé des expériences de Magendie, on ne songea point à constater l'exactitude de ces dernières. Béclard seul trancha la question, mais d'une manière superficielle et peu propre à satisfaire, en disant : « Les expériences de Ch. Bell, celles

(1) Comparez *Journal de physiologie*, Paris, 1822, t. II, p. 276. — Desmoulins et Magendie, *Anatomie et Physiologie des systèmes nerveux*, Paris, 1825, t. II, p. 777. — Comparez. MAGENDIE, *Leçons sur les fonctions et les maladies du système nerveux*. Paris, 1839; — Discussion dans l'Académie royale de médecine sur la distinction des nerfs moteurs et sensitifs. (*Bulletin de l'Académie royale de médecine*, Paris, 1839, t. III, p. 443, 691 et suiv. — Salandière, *Traité du système nerveux dans l'état actuel de la science*, Paris, 1840, in-8, fig.

» de Magendie et les miennes propres ont clairement démontré que la racine postérieure des nerfs spinaux est sensorielle et la racine antérieure motrice (1). » Les expériences de Foderà furent accompagnées de symptômes tellement contradictoires, qu'on ne conçoit pas comment il put les donner comme venant à l'appui de celles de Magendie. Bellingeri en fit d'autres, qui le conduisirent à des résultats tout différens, et desquelles il conclut que la substance grise intérieure de la moelle épinière préside au sentiment, la substance blanche et fibreuse au mouvement, que les cordons antérieurs de cette moelle et les racines antérieures sont destinés au mouvement des fléchisseurs, enfin, que les cordons postérieurs et les racines postérieures le sont au mouvement des extenseurs. Ces expériences ont été répétées avec soin par Schœpfs (2), sur un grand nombre d'animaux; mais les résultats sont demeurés équivoques et douteux. J'eus aussi occasion de les reprendre en 1824, pendant mon séjour à Berlin, et je n'arrivai non plus à rien de concluant. Tout récemment, m'étant livré à des recherches sur le système nerveux, j'éprouvai le désir d'arriver enfin à connaître la vérité, et j'entrepris, sur des Lapins, une série d'expériences d'après un tout autre plan. Car la marche qu'on avait suivie jusqu'alors ne pouvait conduire qu'à des déceptions, et ce qui le prouve, c'est que beaucoup d'animaux, les Lapins surtout, effrayés par les préliminaires de l'expérience, dès avant qu'on leur ait fait éprouver aucune lésion considérable, ne donnent plus aucun signe de douleur, même lorsqu'on leur irrite violemment la peau, par des contusions ou des taillades. Dans de telles conditions, comment pouvoir, pendant le peu de temps que l'animal survit à l'ouverture du rachis, arriver à la certitude qu'il conserve encore le sentiment ou qu'il l'a perdu?

Je savais que le moindre tiraillement exercé avec une ai-

(1) *Elémens d'anatomie générale*, Paris, 1823, p. 668.

(2) MECKEL, *Archiv*, 1827.

guille sur un nerf musculaire tendu, déterminait des convulsions dans les muscles correspondans. Or, si les racines postérieures des nerfs spinaux n'étaient que sensibles et non motrices, l'aiguille, en les tirillant, devrait ne point provoquer de contractions, tandis qu'en agissant de même sur les racines antérieures, elle devrait en déterminer de véritables. Afin de pouvoir juger des moindres convulsions, je mis à découvert les muscles des extrémités postérieures. L'expérience, répétée plusieurs fois, ne permit pas de déduire consciencieusement aucun résultat, parce que les ébranlemens qu'on ne pouvait éviter en ouvrant le rachis, suffisaient pour exciter dans les muscles de petits tremblemens qui répandaient de l'incertitude sur tout le reste de l'expérience. Après tant d'efforts inutiles pour arriver au résultat absolu dont parle Magendie, je commençai à douter, je désespérai d'obtenir des conclusions certaines et décisives. Desmoulins et Magendie eux-mêmes s'étaient contentés de dire qu'il y a abolition de *presque* tout sentiment dans un cas, et de *presque* tout mouvement dans l'autre. Or, je voulais un résultat absolu, et non un demi-résultat; ce *presque* ne pouvait donc me satisfaire. Je me dis en moi-même : le théorème de Bell est fort ingénieux, mais manque de preuve, Magendie n'a pas donné cette preuve, et peut-être ne pourra-t-on jamais l'obtenir chez les animaux des classes supérieures. Telle était aussi l'opinion manifestée par E. H. Weber (1). Pour qu'une expérience physiologique soit bonne, il faut qu'à l'instar d'une expérience physique quelconque, elle fournisse, en tout lieu, en tout temps et sous les mêmes conditions, des phénomènes pareils, sûrs et non équivoques. Ce n'était point le caractère de celles qu'on avait tentées jusqu'alors pour démontrer le théorème de Bell; car la lésion était trop grave, l'épuisement de l'animal trop considérable, et la probabilité de l'erreur l'emportait sur

(1) Dans son édition de l'Anatomie de Hildebrandt, t. I, p. 283.

celle du résultat, vice dont sont entachées tant d'expériences physiologiques.

Fallait-il donc renoncer à des expériences, pour ou contre ce théorème, qui présentassent le même degré de certitude que celles dont nous sommes redevables à Haller, à Fontana, à Galvani, à Humboldt?

J'eus enfin l'heureuse idée de recourir aux Grenouilles, qui ont une vie très-tenace, qui survivent long-temps à l'ouverture du rachis, dont les nerfs restent plus long-temps sensibles que ceux d'aucun autre animal, et chez lesquelles les volumineuses racines des nerfs destinés aux membres postérieurs parcourent une grande étendue dans le canal avant de se réunir. Les expériences sur ces animaux furent couronnées du plus brillant succès. Elles sont si faciles, si sûres, et si décisives, qu'elles permettent à chacun de se convaincre en peu d'instans d'une des plus importantes vérités de la physiologie. Les phénomènes ont une telle constance, et sont si évidens, que, sous le rapport de la simplicité et de la certitude du résultat, ces expériences peuvent prendre place à côté des meilleures dont la physique est en possession.

Je me sers, pour ouvrir le rachis, d'une pince qui coupe bien par le côté et à la pointe. L'opération n'exige que quelques minutes, et n'expose point à léser la moelle épinière. Les Grenouilles qui l'ont subie conservent leur vivacité, et sautillent comme auparavant. Aussitôt après avoir ouvert le rachis et fendu les membranes, on aperçoit les grosses racines postérieures des nerfs destinés aux pattes de derrière. On les soulève avec précaution, au moyen d'une aiguille à cataracte, en évitant de prendre aucune des racines antérieures, et on les coupe dans l'endroit même de leur insertion à la moelle épinière. Puis on en saisit le bout avec des pinces, et on irrite les racines elles-mêmes avec la pointe de l'aiguille. *Jamais cette irritation mécanique ne provoque même le moindre indice de convulsion dans les pattes de derrière.* On peut

répéter l'expérience, avec le même résultat, sur les racines postérieures des nerfs destinés aux pattes de devant, qui sont également très-volumineuses.

Qu'on soulève ensuite, avec l'aiguille, les racines antérieures, non moins grosses, des nerfs qui se rendent aux pattes de derrière, on s'aperçoit de suite qu'il suffit du moindre attouchement pour donner lieu sur-le-champ aux contractions les plus vives dans le membre entier. Si on les coupe au niveau de la moelle, qu'on les saisisse avec des pinces, et qu'on les irrite avec la pointe de l'aiguille, le même effet a lieu.

En répétant ces expériences sur un grand nombre de Grenouilles, on acquiert la conviction qu'il est absolument impossible, chez ces animaux, de provoquer des convulsions par les racines postérieures des nerfs spinaux, tandis que la plus légère irritation exercée sur les racines antérieures en détermine sur-le-champ de très-violentes.

Tant que les deux ordres de racines tiennent encore à la moelle épinière, on peut faire naître des convulsions dans les membres de derrière en soulevant les racines postérieures, attendu que, par-là, on exerce des tiraillemens sur la moelle elle-même. Mais ces convulsions ne sont pas le fait des racines postérieures; elles dépendent de la moelle épinière, dont l'irritation se transmet aux muscles par les racines antérieures, ou motrices. Aussi, quand on a préalablement coupé les racines antérieures, peut-on irriter la moelle, ou les racines postérieures encore unies avec elle, sans qu'il se manifeste le moindre vestige de mouvemens convulsifs.

Les expériences avec le galvanisme excité par deux simples plaques, l'une de zinc, l'autre de cuivre, ne sont pas moins décisives.

L'irritation galvanique portée sur les racines antérieures coupées donne lieu sur-le-champ aux convulsions les plus violentes, tandis que, quand elle agit sur les racines postérieures, elle n'en provoque jamais. Ce résultat est fort remarquable,

et je ne m'y attendais nullement; car j'avais pensé que, quoique les racines postérieures fussent exclusivement sensibles, elles étaient cependant aptes à conduire le fluide galvanique jusqu'aux muscles. En effet, il est inévitable, quand on emploie une très-forte pile, que le fluide soit conduit par les racines postérieures tout aussi bien qu'il le serait par une autre substance quelconque, comme il arriva dans les expériences de Magendie. Mais il n'en demeure pas moins certain que l'irritation galvanique d'une simple paire de plaques, mise en rapport avec les racines postérieures, n'agit point sur les muscles, au lieu que, quand elle porte sur les racines antérieures, elle détermine sur-le-champ des convulsions; de même qu'on a beau tirer et pincer les racines postérieures, jamais il ne survient de mouvemens convulsifs, tandis qu'on en observe aussitôt qu'on exerce le moindre tiraillement sur les racines antérieures. En expérimentant le galvanisme, il faut prendre garde que les plaques métalliques ne touchent d'autres parties que les racines postérieures.

La manière dont Bell et Magendie ont cherché à démontrer le théorème du premier de ces deux physiologistes, peut aussi être appliquée aux Grenouilles, et conduit alors à un résultat certain. Que l'on coupe, sur une même Grenouille, du côté gauche les trois racines postérieures, et du côté droit les trois racines antérieures des nerfs destinés aux pattes de derrière, on trouve que le sentiment est aboli dans la patte gauche, et le mouvement dans la patte droite. Si l'on coupe le bout de la patte droite, qui conserve le sentiment et a perdu le mouvement, l'animal témoigne une vive douleur, dans toutes les parties de son corps, par les mouvemens qu'il exécute, mais il lui est impossible de remuer la patte droite, bien que la douleur s'y fasse sentir également; si l'on coupe le bout de la patte gauche, qui est mobile encore, mais insensible, l'animal ne ressent rien. Cette expérience est, sans contredit, la plus frappante de toutes, et elle donne un ré-

sultat complet, décisif, absolu, non un demi-résultat; car on est certain, chez les Grenouilles, de couper toutes les racines des nerfs de la patte de derrière, ces racines étant en petit nombre, mais fort grosses.

Telles sont les expériences qui ne laissent plus aucun doute sur la vérité du théorème de Bell.

Je ferai remarquer encore que, quand on coupe les racines postérieures pour les détacher de la moelle épinière, on aperçoit fréquemment des marques bien prononcées de douleur dans la partie antérieure du tronc.

Dans les expériences dont il a été question jusqu'à présent, l'irritation galvanique n'est portée que sur les racines, préalablement coupées au niveau même de la moelle épinière, et sur le bout desquelles on fait agir les deux pôles, de manière qu'on excite un courant galvanique à travers l'épaisseur de ces racines. Or on sait que les nerfs du tronc, qui résultent de la réunion des deux ordres de racines, provoquent des convulsions tant lorsqu'on les galvanise eux-mêmes, que quand on fait agir l'un des pôles sur les nerfs et l'autre sur les muscles; dans le premier cas, le courant galvanique ne fait que traverser l'épaisseur du nerf, et dans le second, il en suit le trajet, jusqu'au muscle.

Je voulais savoir alors, et chacun se fera cette question, si les racines postérieures, incapables d'exciter des convulsions quand on les irrite immédiatement, le sont en même temps de conduire le fluide galvanique aux muscles lorsqu'on les met en communication avec l'un des pôles, l'autre pôle étant joint à ces derniers. De là résulta une série d'expériences intéressantes, qui ont donné des résultats non moins constans que les précédentes, et que j'ai fort souvent répétées depuis. Toutes ces expériences ont été faites sur des Grenouilles. Les racines ont toujours été soulevées doucement avec une aiguille, comme je viens de le dire, puis coupées au niveau même de la moelle épinière, de sorte qu'elle ne fussent

plus en communication qu'avec leurs nerfs; constamment aussi une lame de verre a été glissée au dessous d'elles, pour les isoler, et la Grenouille entière a été posée sur une plaque de même substance. Les résultats suivans se sont reproduits constamment.

1° Quand les racines postérieures des nerfs spinaux sont seules en rapport avec les deux pôles d'une simple paire de plaques, il ne survient jamais la moindre trace de convulsions.

2° Lorsqu'au contraire les racines postérieures sont armées d'un des pôles, et un muscle du membre pelvien de l'autre pôle, que par conséquent il y a un courant galvanique établi depuis les racines jusqu'aux muscles, on aperçoit des convulsions, mais les seuls muscles qui en présentent sont ceux qui se trouvent renfermés dans le cercle d'action du galvanisme.

3° Les racines antérieures, soit que les deux pôles s'y appliquent, soit qu'un des deux agisse sur les muscles, font entrer tous les muscles du membre en convulsions, non pas seulement dans le cercle d'action du galvanisme, mais encore jusqu'aux orteils.

4° La même chose arrive quand on met les racines postérieures en rapport avec un pôle, et les antérieures avec l'autre.

Ces expériences démontrent :

1° Que les racines postérieures des nerfs spinaux n'ont pas de pouvoir isolant, et qu'à l'instar de toute autre partie animale, à l'état humide, elles conduisent passivement le courant galvanique d'un pôle à l'autre.

2° Qu'elles n'ont pas non plus de pouvoir moteur, et qu'elles ne peuvent, par elles-mêmes, faire entrer aucun muscle en action.

3° Que non seulement les racines antérieures conduisent le courant galvanique comme le font toutes les parties animales, mais qu'encore, sans le concours d'aucun courant galvanique

qui les traverse pour aller aux muscles, et à la suite de toute irritation immédiate par des stimulans mécaniques ou galvaniques, elles exercent une puissance *motrice*, non galvanique, dans la direction des ramifications nerveuses.

Je vais montrer actuellement qu'un nerf peut perdre le pouvoir moteur qui lui est propre, quoiqu'il conserve encore la faculté de conduire le courant galvanique aux muscles. Que l'on écrase un muscle de nerf avec des pinces, les irritations, tant mécaniques que galvaniques, qu'on exerce ensuite au dessus du point contus n'agissent plus; mais elles agissent quand on les applique au dessous du point, entre lui et le muscle. Cependant un nerf contus est apte à conduire le courant galvanique aux muscles, et il survient des convulsions lorsqu'un pôle agit sur l'extrémité de ce nerf ainsi maltraité, et l'autre pôle sur le muscle. Le point contus est donc conducteur.

Enfin, comme la moindre irritation mécanique avec une aiguille ou un corps non métallique, tel qu'un cure-dent, produit sur les nerfs des muscles et les racines antérieures des nerfs spinaux, les mêmes effets que l'irritation galvanique immédiate se dirigeant en courant transversal à travers l'épaisseur du nerf, c'est-à-dire des convulsions dans le membre entier, il suit de là :

1° Que l'irritation galvanique immédiate des deux pôles sur les racines antérieures n'a point une manière d'agir différente de celle des irritations mécaniques, que ce n'est point alors le galvanisme, comme tel, qui constitue la cause prochaine de la contraction musculaire, et qu'il ne fait, à l'instar des irritations purement mécaniques, que solliciter les forces *motrices* ou *toniques* des nerfs toniques à se manifester.

2° Que la force galvanique diffère de la force *motrice* ou *tonique* des nerfs, et qu'elle ne se comporte, à l'égard de cette dernière, que comme une énergique stimulation.

3° Qu'il y a des nerfs qui ne possèdent pas de forces *motrices* ou *toniques*, qui ne peuvent jamais, par eux-mêmes,

exciter de convulsions, soit qu'on les irrite mécaniquement, soit qu'on les irrite galvaniquement, et qui ne font que conduire passivement le courant galvanique.

4° Qu'il y a, au contraire, des nerfs *moteurs* ou *toniques*, qui, à la suite de toute irritation immédiate quelconque, manifestent leur puissance tonique par la contraction des muscles, mais que cette force agit toujours dans la direction des branches, et jamais en sens inverse; car il ne s'agit point ici du cas où des courans galvaniques passent à d'autres branches par l'intermédiaire de parties humides.

5° Enfin, que les racines antérieures des nerfs spinaux sont *toniques*, et que les postérieures ne le sont point.

Pour donner plus d'intérêt encore aux nouvelles expériences dont je viens de faire ressortir les résultats, je résolus de substituer une pile galvanique à la simple paire de plaques. J'en pris une de trente-quatre couples, et dont les plaques avaient un peu plus de quatre pouces carrés. Ces expériences furent faites aussi sur plusieurs Grenouilles. Voici quels en furent les résultats constans.

1° Les racines postérieures des nerfs spinaux destinés aux pattes de derrière furent coupées au niveau de la moelle épinière, et leurs bouts, posés sur une petite lame de verre, furent mis en relation avec les deux pôles de la pile. *Jamais il ne se manifesta même la moindre trace de convulsion.* Il importe également ici de ne comprendre aucune fibre des racines antérieures.

2° Les racines antérieures, traitées de la même manière, excitèrent les plus violentes convulsions dans tout le membre.

3° Lorsqu'on mettait en communication la racine postérieure avec un pôle et les muscles de la cuisse avec l'autre pôle, toute la patte était prise de convulsions, mais surtout en dedans du cercle d'action du galvanisme.

4° Les racines antérieures étant armées avec un pôle, et