

et dans la moelle allongée¹. Les sections multiples de la moelle, laissant à chacune des parties correspondantes aux segments nerveux la possibilité de se contracter sous l'influence des excitants directs, le prouvent manifestement.

Il n'est donc pas nécessaire que les fibres nerveuses, qui des organes se rendent à la moelle remontent vers l'encéphale, pour que l'incitation motrice soit réfléchie vers les organes. La moelle agit, par elle-même, comme centre nerveux, en transformant des impressions en mouvements. Seulement, lorsque l'encéphale a été retranché (et avec l'encéphale la *sensibilité* et la *volonté*), ces phénomènes s'accomplissent automatiquement, sans conscience.

Nous avons dit que l'excitation d'un membre postérieur, sur un animal *décapité*, peut faire contracter non-seulement ce membre, mais encore le membre postérieur voisin et même le membre ou les membres antérieurs. Cette généralisation de l'incitation motrice est en rapport avec les communications que les fibres nerveuses entretiennent entre elles par l'intermédiaire des cellules nerveuses de la moelle. On conçoit qu'à l'aide de ces communications multiples, les impressions qui des organes vont à la moelle, se réfléchissent ensuite, sous forme de mouvement, vers les organes, les unes par le même nerf, d'autres par le nerf opposé, d'autres par des paires voisines, d'autres, enfin, par des paires plus ou moins éloignées.

La moelle épinière ne doit donc pas être envisagée seulement comme un conducteur d'impressions et d'incitations volontaires, dirigeant les premières vers l'encéphale et recevant les autres de l'encéphale pour les envoyer par les nerfs vers les organes. Elle reçoit, sans que l'encéphale intervienne, et par conséquent sans les percevoir, les impressions du dehors, et elle renvoie des incitations motrices involontaires.

Pour que l'action réflexe puisse s'exercer dans la moelle, ainsi que dans la moelle allongée (protubérance et bulbe), il est nécessaire que les racines des nerfs soient en connexion avec la substance grise de la moelle épinière, ou avec les amas de substance grise de la moelle allongée. La substance grise (qui n'est, en somme, que l'assemblage des cellules nerveuses) est le centre ou la condition *sine qua non* de l'action nerveuse; la faculté de réaction lui appartient: c'est dans son sein que les conducteurs centripètes se transforment en conducteurs centrifuges. Au reste, la nécessité de cette connexion entre les tubes nerveux et la substance grise n'est pas propre aux conducteurs nerveux de l'action réflexe; elle est générale dans le système nerveux, et les conducteurs de la sensibilité perçue et des incitations motrices volontaires y sont soumis dans les points spéciaux du système nerveux auxquels ils correspondent. La substance blanche des centres nerveux est constituée, en effet, ainsi

¹ Quand la moelle allongée est détruite sur le segment céphalique de l'animal, tout mouvement réflexe est anéanti dans cette partie. Les hémisphères cérébraux n'en sont donc point le siège.

que les nerfs, par l'accolement des tubes nerveux primitifs, et la seule substance qui appartienne en propre aux *centres*, c'est la substance grise, ou l'ensemble des cellules nerveuses. Partout les tubes nerveux (soit à l'état de cordons nerveux, soit à l'état de masses nerveuses) établissent une communication entre les organes moteurs et sensibles et les masses nerveuses *grises*. Aussi a-t-on considéré avec raison la substance grise comme le centre fondamental de l'action nerveuse, comme le foyer même de l'innervation. La moelle, la moelle allongée, le cerveau et tous ses renflements, possèdent, dans leur épaisseur ou à leur surface, des amas de substance grise plus ou moins étendus, auxquels viennent aboutir et d'où partent les conducteurs nerveux des impressions et du mouvement.

Le centre où aboutissent les fibres nerveuses qui apportent l'impression, et d'où rayonnent les fibres qui déterminent le mouvement, est donc partout la substance grise. D'après cela, le siège de l'action réflexe est dans la substance grise de la moelle et de la moelle allongée, et dans toute l'étendue de cette substance.

Ces diverses propositions sont aujourd'hui d'une évidence palpable. S'il était besoin de les appuyer sur l'expérience, il suffirait de rappeler cette expérience de M. Chauveau qui consiste à pratiquer sur la moelle, entre la région dorsale et la région lombaire, une incision circulaire comprenant toute la substance blanche, et laissant intacte, seulement la substance grise centrale. Or lorsqu'on excite convenablement un membre *postérieur* on observe des contractions réflexes dans les membres *antérieurs*.

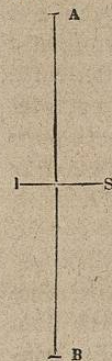
§ 347

Des phénomènes intimes de l'action nerveuse. — Lorsqu'on examine la substance cérébrale, la substance de la moelle épinière, ou le tissu des nerfs au moment où un animal éprouve et manifeste une vive douleur, ou au moment où il exécute des mouvements, l'œil ne peut absolument saisir aucun changement ni dans les centres nerveux, ni dans les nerfs. Le transport des impressions du dehors au dedans, et le transport des incitations motrices du dedans au dehors, démontré par l'expérience, n'est accompagné d'aucun phénomène particulier visible à l'œil.

Diverses hypothèses ont été invoquées successivement pour expliquer le transport des impressions et de l'incitation motrice dans les nerfs. On a parlé de changements moléculaires qui accompagneraient tous les phénomènes de sensibilité ou de mouvements. On a comparé les nerfs à des cordes tendues dont les extrémités, placées à la périphérie, transmettraient les impressions par des sortes de vibrations centripètes, tandis que d'autres nerfs, ou les mêmes, par des vibrations en sens opposé, transmettraient le mouvement aux muscles. On a supposé que les nerfs étaient parcourus par des courants de liquides, et on les a assimilés à des espèces de vaisseaux particuliers. On a fait circuler aussi, dans l'inté-

rieur des nerfs, une sorte de fluide impondérable qui, sous le nom d'*esprits animaux*, a joué un grand rôle dans les ouvrages physiologiques ou philosophiques du dix-septième et du dix-huitième siècle. Toutes ces suppositions n'ont pas besoin aujourd'hui d'être réfutées. Nous ferons remarquer seulement que, si l'anatomie de structure a démontré que les tubes nerveux contiennent une substance demi-solide ou *moelle nerveuse*, cela ne confirme en rien la doctrine d'une prétendue circulation de liquide dans les nerfs. Il y a au centre de cette moelle un axe solide qui ne se meut point, et la substance que renferment les nerfs est d'une consistance telle, qu'elle ne peut se prêter à des mouvements analogues à ceux du sang dans ses vaisseaux. D'ailleurs le système nerveux manque d'organe d'impulsion.

Ce qui est certain, c'est que la moelle nerveuse et l'axe qui contiennent les tubes nerveux doivent être dans leur état d'intégrité, pour que les phénomènes de l'action nerveuse puissent se produire; il faut de plus qu'il y ait *continuité* des tubes nerveux. La *contiguïté* ne suffit pas aux phénomènes de transmission, soit du courant centripète, soit du courant centrifuge. Si, en effet, le nerf AB (Voy. fig. 201) est divisé dans sa continuité par une section S, l'excitation portée sur le bout B, qui correspond aux organes, ne se transmet plus en A vers les centres nerveux, sous forme d'impression sensible; et réciproquement, l'excitation qui porte sur le point A ne réveille plus la contraction des organes du côté de B. On a beau maintenir en contact les deux bouts de la section au point S, le nerf a perdu ses fonctions conductrices centripètes et centrifuges. Le nerf perd également ses propriétés conductrices, lorsqu'au lieu de le diviser en travers, on applique simplement sur lui une ligature. La ligature, comme la section, interrompt également,



en effet, la *continuité du contenu* des tubes nerveux. Ces deux expériences suffisent pour démontrer que l'assimilation des nerfs avec les conducteurs métalliques de nos appareils galvaniques n'est pas fondée; car dans une pile le *rapprochement* des deux extrémités du conducteur suffit pour rétablir la continuité du courant.

D'autres expériences démontrent encore, de la manière la plus claire, que si les phénomènes de l'action nerveuse ne manquent pas d'analogie avec les phénomènes électriques, ce n'est pas en comparant les nerfs aux conducteurs métalliques de nos appareils électro-dynamiques qu'on peut arriver à établir un parallèle utile.

Quoique les nerfs soient très-sensibles à l'*excitation* galvanique, ainsi qu'en nous l'avons dit plusieurs fois déjà, et que cette excitation soit la plus propre à réveiller la sensibilité dans les filets sensitifs et l'incitation motrice dans les filets moteurs, cela ne veut pas dire que les nerfs soient de bons conducteurs de l'électricité. Cela tient à d'autres conditions, sur lesquelles nous reviendrons dans un instant.

Les nerfs sont de mauvais conducteurs de l'électricité: l'expérience la plus simple le démontre aisément. Supposons que le courant d'une pile très-faible passe par un fil métallique et qu'un galvanomètre soit compris dans le circuit, l'aiguille du galvanomètre sera déviée d'une certaine quantité, proportionnée à la section du fil et à l'intensité du courant de la pile. Interposons maintenant dans le courant un segment de nerf: immédiatement le courant cesse de passer, et l'aiguille du galvanomètre revient au zéro du cadran indicateur.

Les nerfs ne conduisent pas mieux l'électricité que de l'eau légèrement salée; or, l'eau, ainsi qu'on le sait, conduit des millions de fois moins bien que les métaux, à égalité de section. Les nerfs ne conduisent pas mieux l'électricité que les autres parties animales, et il y a des parties animales qui conduisent beaucoup mieux le courant que les nerfs eux-mêmes: les muscles sont de ce nombre. M. Matteucci estime que les muscles conduisent l'électricité quatre fois mieux que les nerfs¹. Les nerfs conduisent l'électricité, à peu près comme les tendons, et sensiblement de même qu'un fil de coton, ou de toute autre matière, imbibé d'eau salée. Lorsqu'autrefois on voulait assimiler les courants nerveux aux courants des piles, on disait que les nerfs étaient de bons conducteurs; on commençait par affirmer un fait inexact.

Les nerfs, bien que mauvais conducteurs du courant de la pile, n'en présentent pas moins, lorsqu'on les interroge d'une certaine manière, des traces d'électricité. Ils ont cela de commun avec les muscles et avec d'autres organes (Voy. § 225). Ainsi, quand on réunit à l'aide d'un conducteur métallique la *surface naturelle* d'un nerf avec sa *surface de section*, on obtient un faible courant qui chemine dans le conducteur métallique interposé de la surface naturelle du nerf vers la surface de section; c'est aussi la direction du courant des muscles. De même que pour les muscles, le circuit métallique interposé n'est traversé par aucun courant, quand on touche deux points *symétriques* de la surface de section, ou deux points *symétriques* de la surface naturelle; il est traversé, au contraire, par un courant très-faible, quand ces points sont *insymétriques* (Voy. § 225).

Les propriétés électriques des nerfs sont plus difficiles à mettre en évidence que les propriétés électriques des muscles, et les courants qu'on obtient ainsi sont extrêmement faibles, ce qui s'accorde avec ce que nous savons sur les actions chimiques qui président à la nutrition des parties, celles-ci étant beaucoup moins actives, dans les nerfs que dans les muscles. Il s'ensuit que, pour constater dans les nerfs les propriétés dont nous parlons, M. Dubois-Reymond a dû recourir à des instruments d'une sensibilité extrême. Le galvanomètre multiplicateur dont il s'est servi est composé d'un fil de cuivre de 0^{mm},4 de section, faisant de 10,000 à 15,000 tours. De plus, pour que les indications four-

¹ D'après M. Eckhard, les muscles conduisent une fois et demie mieux que les nerfs.

nies par ce multiplicateur, *extrêmement sensible*, ne fussent pas trompeuses, il fallait que l'aiguille du multiplicateur ne *bougeât* pas, quand les deux extrémités du fil étaient plongées dans un liquide *indifférent*; en d'autres termes, il fallait faire usage d'*électrodes*¹ impolarisables. Pour remplir cette condition, M. Dubois-Reymond fait communiquer les deux extrémités du fil du galvanomètre avec deux lames de platine (Voy. fig. 202, *p, p'*) maintenues à *poste fixe*, par deux supports isolants,

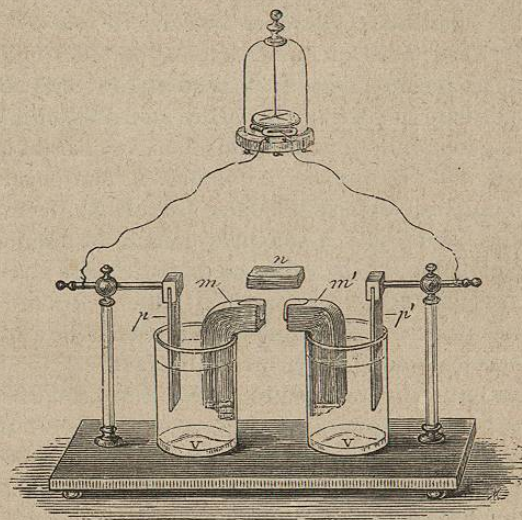


Fig. 202.

dans deux verres V, V' remplis d'une dissolution concentrée de chlorure de sodium². Dans les deux verres V' et V plongent deux petites masses de papier à filtre (Voy. fig. 202, *m, m'*, et fig. 203) complètement imbibées de la même dissolution de chlorure de sodium. Avant de pro-

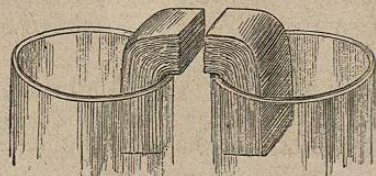


Fig. 203.

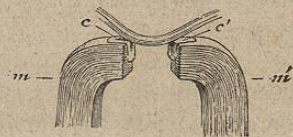


Fig. 204.

céder à l'expérience, on met en rapport les deux petits paquets *m, m'*, en appliquant sur eux un autre paquet *n* (également formé de papier imbibé); c'est-à-dire qu'on ferme ainsi le circuit humide de la figure 202. Si l'aiguille du galvanomètre ne *bouge pas*, c'est qu'il n'y a pas trace

¹ On désigne sous le nom d'*électrodes* les pôles métalliques par où débouvent, pour ainsi dire, les courants.

² Les lames de platine *p, p'* sont enduites de vernis dans les portions qui ne sont pas immergées, et aussi au point qui correspond au contact de l'air avec le niveau du liquide.

de courant dans l'appareil, et tout est convenablement disposé pour l'expérience. On enlève le paquet *n*, et c'est à son lieu et place qu'on dispose le nerf ou toute autre partie animale sur laquelle on veut expérimenter. De cette manière, on évite les contacts métalliques. Comme la solution saline qui infiltre les masses de papier *m, m'* pourrait agir par imbibition sur le nerf ou sur les parties animales d'épreuve, et les altérer, on place sur chaque paquet *m, m'* un fragment de vessie (Voy. fig. 204, *c, c'*) préalablement imbibé d'une dissolution d'albumine ou de sérum du sang (analogue, par conséquent, au liquide normal qui infiltre les tissus animaux).

Lorsqu'on ferme le circuit galvanométrique à l'aide d'un nerf disposé comme le représente la figure 204, c'est-à-dire lorsque les deux pôles humides *m, m'* du galvanomètre touchent deux points pris sur la *surface naturelle* du nerf, l'aiguille du galvanomètre reste immobile et n'accuse point le passage d'un courant. Lorsque, au contraire, le circuit galvanométrique est fermé à l'aide du nerf disposé comme le représente la figure 205, c'est-à-dire lorsque l'un des pôles (*m*) touche la *surface de section* du nerf, et l'autre pôle (*m'*) la *surface naturelle* du nerf compris dans le circuit, l'aiguille du galvanomètre accuse le passage d'un courant dont la direction est celle que nous avons indiquée.

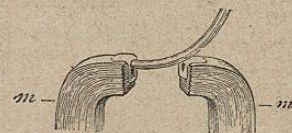


Fig. 205.

Lorsqu'on ne cherche pas à déterminer la *direction* et l'*intensité* du courant dont il est question, et qu'on veut simplement le constater, on peut se servir aussi d'une *patte galvanoscopique*. C'est tout simplement

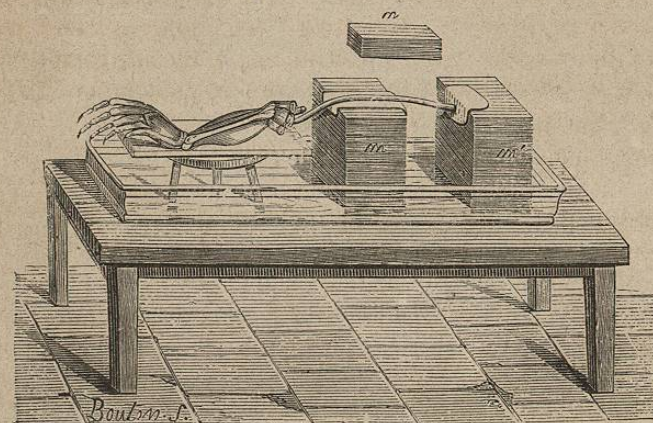


Fig. 206.

une patte de grenouille séparée de l'animal et à laquelle on conserve adhérent le nerf sciatique sur la plus grande longueur possible (Voy. fig. 206). Cette patte est isolée sur un plateau de verre; on applique

l'extrémité du nerf (*surface de section*) sur la masse de papier imbibé *m'*, tandis qu'une portion de la *surface naturelle* du nerf repose sur une autre masse *m*. Les deux masses de papier reposant dans une auge commune remplie d'une dissolution de chlorure de sodium, le circuit humide se trouve fermé par le nerf, et le courant qui se développe se traduit dans la patte de grenouille par une contraction.

Nous avons dit que les nerfs sont d'assez mauvais conducteurs du courant voltaïque (ils ne sont pas meilleurs conducteurs que les autres tissus); d'autre part, les *courants provoqués* dont nous venons de parler ne peuvent être obtenus, de même que les courants musculaires, que par un artifice expérimental, et il est probable que dans les *nerfs normaux*, pas plus que dans les muscles, ces courants ne sont jamais à l'état de liberté¹ (Voy. § 225).

Mais les nerfs jouissent d'une propriété qu'ils possèdent seuls et qui tient à une sorte de polarisation de leurs éléments. (*Electro-tonus, force électro-tonique* de M. Dubois-Reymond.)

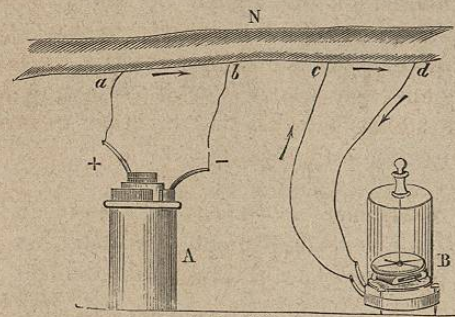


Fig. 207.

Soit *N* un fil de coton humide (Voy. fig. 207), avec lequel le galvanomètre *B* se trouve en rapport par ses deux extrémités *c* et *d*. Faites passer un courant dans le fil *N*, en appliquant les deux pôles d'une pile en *a* et *b*; il est évident que le galvanomètre ne bougera pas. Le courant de la pile passera tout entier dans le segment du fil humide interposé entre les pôles de la pile, de *a* en *b*. Maintenant, supposons que *N*, au lieu d'être un fil humide, représente un nerf vivant, et que l'expérience soit disposée exactement de la même manière. Au moment où le courant de la pile *A* passera par le nerf *N*, le galvanomètre *B* accusera en même temps le passage d'un courant, dont la direction est figurée par les flèches (Voy. fig. 207); c'est-à-dire que non-seulement le segment du nerf compris entre les deux points d'application des pôles de la pile est traversé par un courant, mais encore le nerf *tout entier* est traversé en ce moment par un courant de même sens.

On peut tirer de cette expérience la conclusion que les molécules du nerf sont, pendant le repos du système nerveux, dans un *état statique d'équilibre*, et qu'elles passent à l'*état électro-dynamique*, au moment où le courant passe. De plus, on peut en inférer encore que ce changement a lieu en même temps dans toute l'étendue du nerf; car non-seulement on constate qu'un courant apparaît dans le nerf, quand on place

¹ Les nombreuses expériences tentées sur ce sujet, depuis quelques années, par MM. Matteucci, Ranke, Grünhagen, Fick, Baxter, Rutherford, Lamansky, etc., viennent à l'appui de cette manière de voir que nous exprimions, dans ce livre, il y a quatorze ans déjà.

le galvanomètre d'essai *au-dessous* de la partie du nerf comprise dans le courant de la pile, mais il se montre également quand on place le galvanomètre *au-dessus* de la partie du nerf soumise à l'action du courant.

L'état moléculaire du nerf à l'*état statique* a été représenté par M. Dubois-Reymond par une succession de molécules péripolaires (Voy. fig. 208 A). L'état *dynamique* correspondrait à un changement dans l'état électrique des molécules nerveuses, en vertu duquel celles-ci se disposeraient comme les molécules liquides d'une pile, en se correspondant par des pôles de nom contraire (Voy. fig. 208 B).

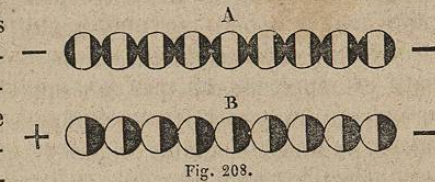


Fig. 208.

De ces diverses expériences M. Dubois-Reymond conclut que, dans les phénomènes de l'action nerveuse, il suffit qu'un changement moléculaire se développe sur un point même très-circonscrit d'un circuit nerveux, pour entraîner dans toute l'étendue du nerf un changement moléculaire, d'où résulte le développement d'un courant nerveux.

On conçoit aisément comment la *force électro-tonique* a servi à M. Dubois-Reymond pour expliquer les phénomènes de la contraction musculaire *induite* (Voy. p. 674). Soit en effet (Voy. fig. 209) une patte de gre-

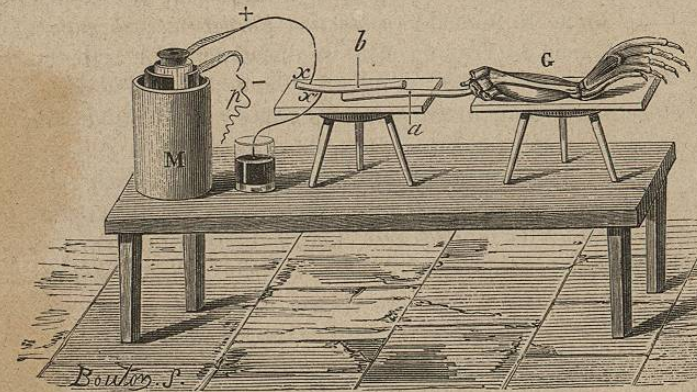


Fig. 209.

nouille *G* placée sur un support de verre, et dont le nerf sciatique *a* est appliqué contre le nerf sciatique *b* d'une autre patte de grenouille. Lorsqu'on plonge le pôle *p* de la pile *M* dans le verre rempli de mercure qui est à côté de lui, c'est-à-dire, en d'autres termes, quand on fait passer un courant voltaïque dans le nerf *b* par les points *x* et *x'*, toute l'étendue du nerf *b* est parcourue en ce moment par un courant (d'après l'expérience représentée fig. 207). Mais l'état modifié du nerf *b* réagit (quand la pile n'est pas trop faible) sur la force électro-tonique du nerf *a*, dont