

y fussent contenues aussi. Au reste, les principes que j'ai développés par rapport à la composition du nerf ganglionnaire chez les animaux vertébrés, placent aujourd'hui sous un tout autre jour la manière dont on doit envisager les nerfs qui se rendent aux viscères. Des fibres organiques peuvent être mêlées à beaucoup de nerfs, et de nerfs très-différens. Je considère comme des nerfs mixtes, contenant vraisemblablement aussi des élémens organiques, le système des nerfs transverses des Insectes, dont Newport a donné une description fort exacte. Le cordon qui leur sert d'origine les réunit en un système particulier, et se prolonge sur la ligne médiane, au dessus des ganglions et du cordon ventral. Ces nerfs sont principalement destinés aux muscles respiratoires et aux trachées. Comme ce système tient aux nerfs de la vie animale, on reste incertain de savoir d'où viennent les nerfs qui vont aux muscles. Si les principes acquis à l'égard des animaux vertébrés peuvent également trouver à s'appliquer ici, il est à présumer que les connexions de ce système avec les nerfs de la vie animale ont pour but d'y mêler des fibres organiques.

Section troisième.

De la mécanique du principe nerveux.

Les mots de mécanique du principe nerveux ont ici le même sens que ceux de mécanique de la lumière en physique, c'est-à-dire que j'entends par là l'ensemble des lois suivant lesquelles la propagation de l'effet a lieu dans les nerfs, ou, en d'autres termes, la théorie des mouvemens du principe nerveux. On ignore encore si, quand les nerfs agissent, une matière impondérable les parcourt avec une incalculable vitesse, alors même qu'après leur section elle vient à y être dégagee par un irritant quelconque; ou si l'action du principe

nerveux ne consiste qu'en une oscillation d'un principe impondérable déjà existant dans les nerfs, et que le cerveau ou une irritation quelconque fait vibrer. Ce problème n'est pas plus susceptible d'une solution définitive ici qu'à l'égard de la lumière, par rapport à laquelle les physiciens ne savent point non plus laquelle des deux théories, celle de l'émanation ou celle de l'émission, est exacte. Mais la solution est aussi peu nécessaire pour l'étude des phénomènes du principe nerveux que pour celle de la réfraction, de la réflexion, etc., de la lumière. Nous aurons d'ailleurs occasion de revenir plus loin sur le problème lui-même.

Lorsque l'on compare entre elles les diverses parties du système nerveux, on voit que les unes jouent le rôle de conducteurs et les autres celui de moteurs du principe nerveux. Les conducteurs sont les nerfs; les moteurs sont les organes centraux. Cependant les nerfs ne se montrent pas simples conducteurs: quand on les a séparés du cerveau, ils sont pendant quelque temps moteurs et conducteurs à la fois, puisque les irritations qu'on y applique les excitent à faire mouvoir les muscles; mais, peu à peu, ils perdent cette double faculté d'être moteurs aussi bien que conducteurs du principe nerveux. Si on se les représente comme conducteurs, la propagation de l'action du principe nerveux peut, comme cette action elle-même, être conçue de deux manières: ou le fluide nerveux impondérable est propagé à travers le conducteur suivant une certaine direction, et sous la forme de courant; ou l'oscillation de ce fluide n'est excitée que dans les fibres nerveuses. La rapidité de l'action nerveuse est la vitesse avec laquelle le fluide impondérable se trouve conduit soit du cerveau à la périphérie, soit des parties périphériques au cerveau, ou celle avec laquelle une oscillation partie soit du cerveau, soit d'un point quelconque du nerf, se propage jusqu'à l'extrémité périphérique de celui-ci, et *vice versa*. Peu importe également, pour l'étude de la rapidité de

l'action nerveuse, la quelle de ces deux hypothèses se rapproche le plus de la vérité.

Aucune des expériences qui ont été faites pour mesurer la rapidité de cette action, ne repose sur une base expérimentale solide. Haller attribuait au fluide nerveux une vitesse de neuf mille pieds par minute; Sauvages la portait à trente-deux mille quatre cents pieds par seconde, et un autre à cinquante-sept mille six cents (1). A l'époque où l'on croyait encore à l'identité de l'agent électrique et de l'agent nerveux, on calculait la vitesse du second d'après celle du premier. Nous n'aurons probablement jamais les moyens d'évaluer la rapidité de l'action nerveuse, parce qu'il nous manque, pour établir des comparaisons, ces distances immenses à l'aide desquelles nous pouvons calculer la vitesse de la lumière qui, sous ce rapport, a de l'analogie avec elle. Tout récemment l'attention s'est fixée sur la différence qui existe entre les observations de très-petites fractions du temps ou de l'espace faites simultanément par plusieurs astronomes, à l'aide des sens de l'ouïe et de la vue, et d'après laquelle quelques personnes ont regardé comme une chose très-probable que la rapidité de l'action nerveuse varie suivant les régions du système nerveux, ou même selon les individus. Les détails de ces remarques ont été communiqués à l'assemblée générale des naturalistes, à Heidelberg, par Treviranus, et par Nicolai, directeur de l'Observatoire de Mannheim. Ils sont trop importants pour que je ne les consigne pas ici en entier.

« Une très-grande partie des observations astronomiques » consiste à observer sur une pendule à secondes le moment » auquel un astre, en vertu de l'apparente rotation journalière de la sphère céleste autour de son axe, passe devant » les fils du micromètre d'un télescope fixé en place. Le » chemin que l'astre parcourt, en une seconde entière, dans

(1) HALLER, *Elem.*, t. IV, p. 372.

» le télescope, est tellement considérable, surtout lorsque ce » dernier grossit beaucoup, que le moment de son passage au » devant des fils du micromètre peut être indiqué, non pas seulement par demi-seconde ou par tiers de seconde, mais même » par dixièmes de seconde, pour peu qu'on ait d'habitude » et que l'état de l'atmosphère soit favorable. Deux sens, la » vue et l'ouïe, agissent simultanément dans ces sortes d'observations. Pendant qu'on suit de l'œil la marche de l'astre » dans le télescope, l'oreille remarque les chocs indiquant » chaque seconde à la pendule voisine. Pour arriver à une » appréciation aussi exacte que celle qui vient d'être indiquée » du passage réel de l'astre devant les fils du micromètre, on » remarque, et la distance qui, à un certain choc de seconde, » le sépare encore des fils lorsqu'il est au moment de les traverser, et celle qu'au choc suivant il laisse entre eux et lui » après les avoir franchis. En comparant l'étendue de ces deux » distances de chaque côté, on peut indiquer avec une grande » précision le vrai moment du passage de l'astre au devant du » fil, ou la fraction de seconde durant laquelle ce passage » s'est opéré. Déjà, depuis quelques années, le célèbre directeur de l'observatoire de Copenhague, Bessel, remarquait qu'il indiquait le moment de l'appulsion d'une étoile » aux fils du télescope d'une manière sensiblement différente » de celle de son co-observateur. Il redoubla donc d'attention » à cet égard, et une série d'observations fut entreprise pour » approfondir la chose. Le résultat fut que Bessel indiquait » toujours d'autres momens que celui qui observait en même » temps que lui, et que la différence était tantôt plus, tantôt » moins considérable, tandis que les résultats de chaque observateur se trouvaient en harmonie parfaite. Moi aussi, » dit Nicolai, j'ai eu deux fois l'occasion de faire des recherches à ce sujet. Au printemps de 1827, j'eus le plaisir de » recevoir la visite du directeur de l'observatoire de Nicolajef, » Knorre. Nous profitâmes de son séjour à Mannheim pour faire

» ensemble des observations. En comparant minutieusement
 » nos résultats, il se trouva que Knorre indiquait les vrais
 » momens de toute une demi-seconde plus tard que moi. J'ai
 » répété naguère cette intéressante expérience avec Clausen,
 » habile astronome et mathématicien du Danemarck; il indi-
 » quait les momens plus tard que moi d'un tiers de seconde.
 » La différence est plus grande encore avec d'autres obser-
 » vateurs. D'ailleurs, elle a été tant de fois constatée, qu'on
 » ne saurait douter du fait (1). »

Nicolai prétend que ce phénomène singulier ne peut être expliqué que par une différence dans la rapidité avec laquelle l'action arrive de l'œil et de l'oreille à la conscience. Si l'on admet, en effet, qu'une personne qui dirige à la fois l'activité de ces deux sens vers un même objet voit plus vite qu'elle n'entend, tandis que, chez une autre personne, la différence est moins grande, ou nulle, ou même prononcée en sens inverse, c'est-à-dire si cette dernière entend plus vite qu'elle ne voit, le phénomène se conçoit d'une manière aussi simple que naturelle. Mais il s'ensuivrait l'importante conclusion que le conflit entre les organes des sens et la conscience n'est point absolument instantané. Ce phénomène permet donc d'espérer qu'un jour nous approcherons davantage de la solution du problème qui concerne la vitesse de l'action nerveuse, à moins toutefois qu'il ne soit possible d'en donner une autre explication, même plus vraisemblable. On sait qu'il est difficile à la conscience de consacrer une égale attention à deux sensations différentes, et que, quand plusieurs sensations ont lieu à la fois, l'attention se porte, ou sur elles alternativement, ou sur une seule. Ainsi, quand on doit écouter et regarder en même temps, il est inévitable qu'on entende d'abord et qu'on ne voie qu'ensuite. Mais l'intervalle entre deux sensations arrivées à la conscience varie suivant les in-

(1) *Isis*, 4330, p. 678.

dividus; car il y a des personnes qui peuvent sentir et remarquer beaucoup de choses à la fois, tandis que d'autres ont besoin pour cela d'un laps de temps notable.

Le temps qu'une sensation met pour parvenir des parties extérieures au cerveau et à la moelle épinière, et la réaction pour se manifester dans les parties extérieures sous forme de convulsions, est également infiniment petit et inappréciable. Lorsqu'on empoisonne des Grenouilles avec de l'opium ou avec de la noix vomique, elles deviennent d'abord sensibles à tel point qu'il suffit de leur toucher la peau aussi légèrement que possible pour donner lieu à une convulsion générale. Ici l'action passe de la peau à la moelle épinière, et revient de celle-ci à tous les muscles. Cependant il m'a été impossible de remarquer le moindre intervalle entre l'attouchement et les convulsions.

CHAPITRE PREMIER.

De la mécanique des nerfs moteurs.

I. Lois de la propagation du principe nerveux dans les nerfs moteurs.

I. La force motrice n'agit dans les nerfs que suivant la direction des fibres primitives qui se rendent aux muscles, ou suivant celle dans laquelle les nerfs se ramifient, et jamais en sens inverse.

C'est un fait généralement connu, que quand on irrite un nerf musculaire, les convulsions ne surviennent dans aucun autre muscle que celui auquel ce nerf se distribue. Lorsqu'on irrite un tronc nerveux, soit par un agent mécanique, chimique ou électrique, soit par l'application immédiate des deux pôles d'une pile galvanique, tous les muscles qui reçoivent de lui des filets, mais ceux-là seulement, éprouvent des convulsions. Aussi, ne parvient-on jamais, par un quelconque de ces moyens, à déterminer des mouvemens convulsifs dans les muscles dépendans de branches nerveuses qui se détachent

du tronc au dessus du point sur lequel s'exerce l'irritation. Jamais les muscles de la cuisse ne se contractent quand on irrite la partie inférieure du nerf sciatique, après qu'il a fourni les branches destinées au premier segment du membre pelvien. C'est donc un fait bien avéré que *la force motrice des nerfs s'exerce uniquement dans la direction des branches que ceux-ci fournissent, et jamais en sens inverse ou rétrograde*. On peut bien faire naître des convulsions dans tous les muscles qui sont placés sur le trajet du courant galvanique, ou dont les nerfs s'y trouvent compris, lorsqu'on met l'un des pôles en communication avec les nerfs des parties inférieures du corps, et l'autre avec les muscles des parties supérieures, qui alors entrent en action; mais, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer, ce mode d'application du galvanisme diffère totalement de l'irritation immédiate des nerfs par les deux pôles. Dans le dernier cas, il n'y a que le nerf et sa force motrice qui soient irrités par un courant galvanique traversant l'épaisseur du cordon nerveux, et le résultat est absolument le même que quand on irrite celui-ci d'une manière mécanique; dans le premier, au contraire, où le courant galvanique établi entre les deux pôles traverse beaucoup d'autres parties, tant nerveuses que musculées, chaque muscle et chaque nerf subit une irritation de la part de ce courant à l'endroit même où il se trouve situé, de sorte qu'on doit voir entrer en convulsion non seulement tous les muscles que le courant traverse, mais encore tous ceux qui, bien que n'étant point atteints par ce dernier, reçoivent des branches nerveuses exposées à son influence. Il n'y a donc ici que répétition du fait expérimental constant qu'un nerf musculaire, immédiatement irrité d'une manière quelconque, n'exerce sa force motrice que sur les muscles soumis à ses branches, et ne réagit jamais sur celles de ses branches qui se détachent de son tronc au dessus du point sur lequel porte l'irritation.

II. *L'irritation mécanique ou galvanique d'une partie d'un*

tronc nerveux ne met point en jeu la force motrice du tronc entier, mais seulement celle de la partie qui reçoit l'irritation.

De ce second fait important, il découle que les convulsions n'ont pas lieu dans tous les muscles auxquels le tronc nerveux envoie des branches, mais seulement dans ceux dont les nerfs se détachent de la portion de ce tronc qui reçoit l'irritation. Afin d'opérer sur de gros troncs nerveux, on exécute ces expériences sur des Lapins. On découvre le nerf sciatique immédiatement à sa sortie du bassin, ce qui procure la facilité d'irriter isolément, avec une aiguille, diverses portions du tronc qui ne se détachent que plus bas sous la forme de branches. On acquiert ainsi la certitude que les seuls muscles qui entrent en convulsion sont ceux auxquels se distribue la portion irritée du tronc nerveux, et qu'il n'en survient pas dans d'autres muscles de la cuisse ou de la jambe. Si l'on veut apercevoir jusqu'aux plus petits mouvemens musculaires, il faut avoir soin d'enlever la peau du membre jusqu'à son extrémité. Lorsque je séparais le nerf sciatique en plusieurs faisceaux avant sa scission en nerf péronier et nerf tibial, et que j'irritais chacun de ces faisceaux isolément, je voyais varier les muscles qui entraient en convulsions, et tantôt les muscles du mollet se contractaient, tantôt les orteils s'étendaient ou se fléchissaient. Je pouvais même distinguer des convulsions dans les portions diverses des muscles du mollet, quand je partageais le nerf péronier en plusieurs faisceaux, et que j'irritais chacun de ceux-ci avec l'aiguille. Le même phénomène a lieu, chez la Grenouille, lorsqu'on fait agir immédiatement l'irritation galvanique sur des faisceaux du nerf sciatique qu'on a eu la précaution d'isoler.

Qu'on dissèque avec soin, sans exercer de tiraillemens, un petit faisceau de fibres du nerf crural entier d'une Grenouille, et qu'on le galvanise par l'emploi des deux pôles et de la chaîne. Quoique, du côté de la cuisse, il ne soit pas séparé des autres fibres nerveuses du tronc, cependant tous les mus-

cles du membre ne se contractent pas, et l'on n'observe qu'une faible convulsion dans un point isolé des muscles du mollet, des tenseurs ou fléchisseurs des orteils, des muscles du pied, qui probablement reçoivent leurs filets nerveux de la prolongation des fibres de ce faisceau dans le tronc.

Si, au contraire, au lieu de se borner à appliquer l'armature au petit faisceau nerveux lui-même, on met l'une des plaques en rapport avec lui et l'autre avec la partie plus épaisse du nerf, le membre entier est pris de convulsions (4). Mais, comme ici le fluide galvanique ne demeure pas isolé sur le petit faisceau, et qu'il agit aussi sur le tronc du nerf, le cas devient absolument le même que si l'on armait immédiatement des deux plaques le tronc nerveux tout entier.

III. *Un nerf rachidien qui entre dans un plexus et qui contribue, avec d'autres nerfs rachidiens, à la formation d'un gros tronc nerveux, communique sa force motrice, non pas au tronc entier, mais seulement aux fibres par lesquelles il se continue depuis le tronc jusque dans les branches.*

Ce théorème est démontré par les expériences de Van Deen, par les miennes et par celles de Kronenberg.

Les nerfs spinaux qui, chez les Grenouilles, concourent à la formation du nerf sciatique, peuvent être irrités chacun à part avant qu'ils se soient réunis. Le nerf inguinal communique avec le second par un court filet anastomotique, qui, la plupart du temps, vient du second nerf et va gagner l'inguinal, mais qui, parfois aussi, provient de l'inguinal et se rend au second nerf. En outre, le second nerf tout entier du membre s'unit avec le troisième tout entier : de cette union résulte le nerf sciatique, qui se distribue tant à la peau de la cuisse, de la jambe et de la patte, qu'aux muscles de ces parties. On irrite les nerfs isolément soit avec une aiguille, soit par le moyen du galvanisme, en faisant agir sur eux les deux

(4) Humboldt, *loc. cit.*, t. 4, p. 212.

pôles, et donnant lieu ainsi à un courant galvanique qui les traverse dans le sens de leur épaisseur, avec le soin, pour isoler des autres celui sur lequel on veut agir, de le placer sur une lame de verre. On reconnaît alors que l'irritation des divers nerfs qui se réunissent pour produire le nerf sciatique, ne donne pas lieu aux mêmes convulsions dans les membres pelviens, et que, suivant qu'on agit sur tel ou tel nerf, celles-ci se manifestent à la cuisse, à la jambe, à la patte. Des trois nerfs dont la réunion donne naissance au plexus des extrémités postérieures, le premier, quand on l'irrite, fait contracter les muscles du côté interne de la cuisse; le second, qui, avec le troisième, forme le nerf sciatique, ceux de la cuisse et de la jambe, mais non ceux de la patte (où Kronenberg a cependant observé de légères contractions); et le troisième ceux de la cuisse, de la jambe et de la patte.

Les expériences de Van Deen ont été faites d'une autre manière. Il coupa, chacun isolément, les nerfs qui entrent dans le plexus, et reconnut que, malgré leur annexion, cette opération paralysait des muscles différens. Après la section du nerf inguinal, la Grenouille exécutait encore tous les mouvemens du membre, si ce n'est qu'elle ne pouvait plus ramener la cuisse vers l'abdomen. Après la section du second nerf, en avant du plexus, tout mouvement cessait dans les muscles de la cuisse et de la jambe; mais les mouvemens de la patte conservaient leur intégrité. Si l'on venait à couper l'anastomose du nerf inguinal avec le second nerf, l'animal ne pouvait plus ramener son membre vers l'abdomen. Le même phénomène fut observé après la section du nerf inguinal au dessous de cette anastomose. Lorsqu'on fendait le nerf sciatique en long, c'est-à-dire dans le sens de ses deux racines, l'effet était le même que quand on avait coupé tout son tronc en travers. Van Deen conclut de là qu'il y a entrecroisement des fibres nerveuses des deux nerfs dans le plexus; car la paralysie survenait tant dans la cuisse que dans la jambe

et la patte. Après la section du troisième nerf, qui forme la seconde racine du nerf sciatique, la patte était paralysée (et la jambe aussi, en grande partie). La section du second nerf, ou de la première racine du nerf sciatique, faisait cesser les mouvemens de flexion et d'extension de la cuisse, tandis que le mouvement persistait à la patte et à la partie inférieure de la jambe.

Les expériences de Kronenberg diffèrent un peu dans les détails, mais conduisent au même résultat. Il en est de même de celles que cet anatomiste a faites sur les nerfs qui constituent le plexus brachial (4). Il a prouvé par une très-bonne expérience qu'aucune communication des fibres entre elles n'a lieu dans le trajet d'un nerf, et que la formation constante d'un plexus sur un point quelconque de l'étendue d'un nerf ne devient jamais cause d'une semblable communication. Il prit une Grenouille, et coupa le nerf d'un côté presque jusqu'au bord; à une certaine distance, il pratiqua une seconde section, mais en sens inverse, et allant également presque jusqu'au bord. L'irritation de l'espace compris au dessus de la première section ne put plus faire entrer en action la portion des muscles et des nerfs située au dessous de la seconde incision. Le but des plexus nerveux semble être, par rapport aux nerfs moteurs, de conduire à chaque nerf des fibres provenant de différens points du cerveau et de la moelle épinière. Ce but est atteint, par exemple, au moyen du plexus brachial, comme le prouve une dissection soignée. Il se peut aussi que les plexus soient destinés à mêler ensemble des fibres sensibles et motrices d'après les besoins des parties.

Les lois expérimentales précédentes établissent que les faisceaux de fibres primitives qui entrent dans un tronc y déploient leurs forces isolément, sans exciter les autres fibres primitives. Mais même certaines parties d'un muscle peuvent

(4) *Plexuum nervorum structura et virtutes*, Berlin, 1836.

se contracter seules, comme il arrive aux diverses portions des fléchisseurs communs et de l'extenseur commun des doigts. Le muscle crural produit des effets différens, selon qu'il contracte sa partie antérieure ou sa partie postérieure; la première entraîne la cuisse en dedans, et la seconde la porte en dehors. Les diverses portions de l'orbiculaire des paupières et de l'orbiculaire des lèvres peuvent agir séparément. Ces phénomènes doivent tenir à des fibres nerveuses différentes.

Les faits journaliers démontrent que, quoique les mêmes nerfs donnent souvent des branches à beaucoup de muscles, l'influence cérébrale peut néanmoins s'isoler sur celles de ces branches qui vont à tels ou tels muscles. Il arrive même fréquemment, par exemple dans les maladies du cerveau, que l'influence de cet organe s'exerce isolément sur les plus petites parties musculaires, qui alors sont prises de tremblement. Mais comme toutes les fibres primitives sont distinctes les unes des autres, l'ensemble de ces faits anatomiques et physiologiques prouve que leurs forces motrices le sont également dans les troncs et les branches. Au temps où l'on regardait encore l'électricité animale comme la cause de la force nerveuse, on était obligé d'admettre que celle-ci agit à distance, idée que Humboldt et Reil ont poussée jusqu'au point de supposer une atmosphère de sensibilité autour des nerfs. Humboldt a découvert le premier que les métaux hétérogènes commencent déjà à déterminer les effets de l'irritation galvanique à une distance de cinq quarts de ligne du muscle ou du nerf. Il a trouvé aussi que la propagation du courant galvanique, en de telles circonstances, dépend d'une évaporation insensible de liquides, qu'elle cesse aussitôt qu'il ne peut plus se faire d'évaporation, que le stimulus agit avec d'autant plus d'intensité qu'on emploie un liquide plus facilement et plus promptement évaporable, et qu'en passant l'haleine sur des plaques métalliques qui ne produisent plus de réaction, on fait reparaitre sur-le-champ l'irritation galvanique.