

teur et d'électromètre en même temps : de conducteur, parce qu'ils sont humides ; d'électromètre, parce que la force nerveuse détermine des contractions sous l'influence de l'irritation due au fluide électrique. Ils sont ici électromètre de la même manière que l'est, dans des circonstances analogues, un électromètre non animal, par exemple un multiplicateur magnétique. Mais les électromoteurs peuvent aussi être des parties animales ; le nerf et le muscle organiquement unis ensemble peuvent, en leur qualité de substances hétérogènes, le devenir tout aussi bien que deux parties animales hétérogènes privées de vie ; seulement, comme ils jouissent de la vie, ils sont en même temps électromètre par l'irritation que la force nerveuse éprouve à la suite de l'excitation électromotrice.

Dans les convulsions qui ont lieu sans chaîne, par l'application au nerf de l'un des deux métaux hétérogènes qui se touchent, ou par celle d'un seul métal, il faut considérer le nerf comme simple électromètre indiquant la tension électrique survenue dans les métaux hétérogènes ou même dans le métal homogène (par thermo-électricité).

Après avoir exposé les conditions les plus générales et les plus simples dans lesquelles le galvanisme détermine des contractions musculaires, il reste à parler de la manière dont les parties animales se comportent à la fermeture de la chaîne, à son ouverture, et pendant qu'elle est fermée. Si l'on emploie le métal positif pour l'armature du nerf, et le métal négatif pour celle du muscle, les convulsions ont lieu, la plupart du temps, à l'instant où l'on ferme la chaîne, et il n'y en a pas, ou du moins elles sont beaucoup plus faibles, quand on l'ouvre. La même chose arrive lorsque l'on met le métal positif en rapport avec l'extrémité centrale du nerf, et le métal négatif avec une partie de ce même nerf plus rapprochée des muscles. Cependant il y a différens états de l'excitement dans lesquels ces phénomènes subissent des modifications ; ainsi, quand les parties animales jouissent encore de leur maximum

d'irritabilité, les convulsions accompagnent la fermeture de la chaîne, si le nerf est armé négativement, et son ouverture, si le nerf est armé positivement ; quand l'irritabilité diminue peu à peu, au point de finir par s'éteindre, l'armature négative du nerf ou de son extrémité centrale détermine les convulsions au moment de la séparation, et l'armature positive les fait naître au moment de la fermeture ; l'état intermédiaire est celui dans lequel les convulsions d'ouverture et de fermeture sont semblables, quelle que soit l'armature. Cependant, d'après Pfaff, l'événement dépend beaucoup des expériences qui ont déjà été faites auparavant : si, par exemple, la chaîne demeure quelque temps ouverte pendant que le nerf est armé négativement, le rapport ne se renverse point<sup>(1)</sup>. Marianini et Nobili ont, dans ces derniers temps, fait de nouvelles recherches sur cet objet. L'antagonisme que Ritter avait admis entre les fléchisseurs et les extenseurs, sous le rapport de la réceptivité pour l'irritation galvanique, ne s'est point confirmé.

Les muscles demeurent en repos dans la chaîne fermée, et leur excitabilité seule subit un changement. Pfaff a reconnu que les chaînes fermées exerçaient une action déprimante ou exaltante, suivant le mode de répartition des métaux aux muscles et aux nerfs. Lorsqu'une Grenouille préparée se trouve dans une chaîne où le métal positif (zinc) forme l'armature du nerf, l'irritabilité diminue plus rapidement qu'elle ne le fait dans une autre cuisse de Grenouille située hors de la chaîne, et, suivant Pfaff, un quart d'heure de séjour dans une pareille chaîne suffit pour diminuer l'irritabilité, même la plus énergique, à tel point que les excitans les plus forts ne puissent plus la faire réagir. La chaîne agit tout autrement, à ce qu'il assure, lorsque le métal négatif (cuivre) est appliqué au nerf ; au bout de quelque temps, l'irritabilité se trouve portée

(1) GERLER, *Physikalisches Wörterbuch*, t. IV, P. II, p. 721.

à son maximum d'intensité, de manière qu'à l'ouverture de la chaîne les muscles sont quelquefois frappés d'un violent tétanos.

Ce qui prouve que, dans l'excitement produit par le galvanisme, les muscles ne se comportent pas seulement comme conducteurs d'électricité, c'est que, quand on applique les deux armatures au nerf, de manière à occasioner un courant qui le traverse dans le sens de son épaisseur, ce nerf détermine bien des convulsions, mais qu'un nerf contus ou ligaturé, qu'on arme au dessus du point lésé, n'agit plus à travers ce même point. On voit donc qu'une contusion ou une ligature humide l'empêche d'être conducteur du principe actif. Cependant il n'en est pas moins bon conducteur de l'électricité qu'auparavant; car, si on l'arme au dessus et au dessous de la ligature, le courant électrique passe à travers le point entouré par le lien, et le principe nerveux détermine alors la convulsion dans la portion du nerf comprise entre la ligature et le muscle, parce que cette portion est excitée par le courant électrique, ou se trouve comprise dans la chaîne. Humboldt a observé une circonstance remarquable, c'est que, pour que l'armature d'un muscle et de son nerf préalablement lié excite des convulsions au dessus du point de la ligature, il faut de toute nécessité que le nerf soit encore libre depuis ce point jusqu'à son entrée dans le muscle; car, si on le lie au moment même où il pénètre dans le muscle, puis qu'on arme ce dernier et le nerf au dessus de la ligature, il n'y a point de convulsions; mais celles-ci ont lieu dès qu'on dissèque une certaine étendue du cordon nerveux, et elles cessent également, bien qu'on ait laissé un bout du nerf libre entre la ligature et le muscle, si l'on entoure ce bout de chair musculaire, d'éponge mouillée ou de métal. Il semble donc que, dans ce cas, le nerf doit être isolé entre la ligature et le muscle.

Les convulsions sont d'autant plus fortes, dans toutes les expériences tentées sur des Grenouilles, que le bout du nerf

qui se rend à un muscle a plus de longueur. Cette remarque a été faite par Pfaff. En outre, les effets ont toujours lieu dans la direction des ramifications du nerf; il y a impossibilité, avec la simple chaîne, de déterminer, par le moyen d'un nerf armé seul, des convulsions dans des muscles qui reçoivent à une plus grande hauteur des branches de son tronc, tandis que, dans le cas d'armature d'un tronc nerveux, on voit constamment entrer en convulsion tous les muscles qui reçoivent des filets de lui au dessous du point armé. En armant un tronc, on arme nécessairement toutes les fibres déjà préformées en lui et qui passent dans les branches. Et comme les fibres primitives des branches ne s'anastomosent point ensemble dans le tronc qui les renferme, l'irritation d'une branche ne peut pas non plus réagir sur les filets musculaires situés plus haut. Cependant l'action des nerfs dans la direction de leurs ramifications tient peut-être aussi à ce que les nerfs des muscles ne propagent le principe nerveux ou son mouvement que dans le sens du centre à la circonférence. Du reste, l'intensité de la convulsion d'un muscle dépend toujours du nombre de ses fibres qui sont comprises dans la chaîne; aussi n'a-t-elle jamais moins de force que quand le muscle seul se trouve renfermé dans la chaîne, et ne l'observe-t-on même alors que dans la partie de ce muscle dont les branches nerveuses sont exposées au courant.

D'ailleurs, tout changement dans la statique du fluide électrique paraît devenir une cause d'excitation du principe des nerfs; car, d'après Marianini, on parvient à faire naître des convulsions non seulement en ouvrant et fermant la chaîne, mais encore en dérivant une partie du courant de la cuisse de Grenouille, et suivant Erman, de nouvelles convulsions surviennent, la chaîne étant fermée, lorsqu'on replie le nerf sur lui-même de telle façon qu'il se touche en des points nouveaux de son étendue.

Ritter et autres ont remarqué que, pendant l'extinction de

L'irritabilité dans les parties séparées du tout, cette extinction n'a pas lieu dans tous les points des nerfs simultanément, mais procède peu à peu de l'extrémité cérébrale à l'extrémité périphérique.

Quelques observations faites par moi, en 1831, ont ouvert un nouveau champ aux expériences galvaniques sur les Grenouilles. Ces observations ont appris qu'il y a certains nerfs allant à des muscles par lesquels on ne peut, en les armant, déterminer aucune convulsion dans ces derniers. Telles sont les racines postérieures des nerfs rachidiens, qui se montrent absolument insensibles à une irritation galvanique modérée, tandis que les racines antérieures de ces mêmes nerfs y sont extrêmement sensibles, et que, quand on les arme d'une manière immédiate, elles provoquent les plus violentes convulsions dans les muscles auxquels les nerfs aboutissent. Pour exécuter ces expériences, on ouvre le rachis des Grenouilles dans sa moitié inférieure, on met la moelle épinière à découvert, on soulève doucement, avec une aiguille, l'une des racines postérieures des nerfs destinés aux membres postérieurs, et on la coupe, à l'aide de ciseaux très-fins, immédiatement au niveau de la moelle : on pose alors la racine détachée sur une très-petite plaque de verre, afin de l'isoler, et l'on en arme l'extrémité avec une plaque de zinc et une plaque de cuivre, qu'on joint ensemble de manière à établir un circuit. Jamais il ne survient de convulsions, tandis qu'on en observe en opérant ainsi sur les racines antérieures. On peut même faire agir une petite pile galvanique sur l'extrémité des racines postérieures, sans qu'il survienne de convulsions. On conçoit qu'il ne faut pas que la pile soit trop forte, ainsi qu'elle l'a été dans les expériences de Seubert, sans quoi le fluide électrique saute sur les racines antérieures, comme sur un conducteur humide avec lequel les postérieures seraient unies, et il peut survenir des convulsions. J'ai montré aussi que l'armature simple du nerf

lingual ne détermine point de convulsions, tandis que celle du grand hypoglosse en provoque toujours. Ces dernières expériences ont été faites sur des Mammifères. D'autres ont appris que les nerfs qui n'occasionent pas de convulsions dans les muscles par le fait de leur simple armature, sont des nerfs de sentiment. On conçoit d'ailleurs qu'il peuvent, à titre de parties animales humides, agir comme conducteurs de l'électricité. Ainsi, par exemple, des convulsions surviennent quand on arme d'un côté le nerf lingual et d'un autre côté la langue, ou lorsqu'on applique l'armature sur la racine postérieure d'un nerf rachidien et sur les muscles, cas dans lequel le nerf se comporte comme conducteur, et non comme partie vivante. De ces expériences découle un résultat remarquable, c'est que certains nerfs qui ont des liens organiques avec des nerfs de muscles, n'agissent cependant point sur les muscles par le moyen du principe nerveux, quand ils viennent à subir l'excitation galvanique, ce qu'on peut expliquer de deux manières, ou parce qu'il n'y a que les nerfs moteurs qui possèdent la faculté vivante d'exciter les muscles, ou parce que ces nerfs n'amènent aux muscles que les effets centrifuges du principe nerveux, tandis que ceux du mouvement ne font que conduire des effets centripètes au cerveau et à la moelle épinière.

Quant à l'action du galvanisme sur les organes des sens, il a été reconnu que le fluide électrique produit des sensations différentes en eux, et dans chacun le genre de sensation qui lui appartient en propre.

Personne n'ignore qu'on éprouve une saveur particulière quand on vient à armer la langue. Cette saveur est aigrelette lorsqu'on pose une plaque de zinc sur le bout de l'organe, et une pièce d'argent sur sa partie postérieure; elle est âcre ou alcaline quand on renverse les métaux. Ce phénomène peut même être produit à l'aide d'un seul métal et d'un excitateur humide, comme dans l'expérience suivante de Volta. Qu'on

emplisse un gobelet d'étain d'eau de savon, d'eau de chaux, ou même d'une lessive médiocrement chargée; qu'on prenne ce gobelet d'une seule main, ou avec les deux mains, et qu'on mette le bout de la langue en contact avec le liquide; à l'instant même on éprouve la sensation d'une saveur aigrelette (1). Pfaff fait remarquer qu'il semble résulter de cette expérience que la saveur occasionée par le galvanisme ne dépend pas de l'acide et de l'alcali réunis, l'un au pôle positif, l'autre au pôle négatif, par suite de la décomposition du chlorure de sodium contenu dans la salive. En effet, il serait impossible ici que le contact de la langue avec une liqueur alcaline donnât lieu à une saveur acide. La saveur provoquée par le galvanisme tient, comme toute autre, à la réaction spécifique des nerfs gustatifs, de sorte qu'elle n'est qu'un état subjectif de ces nerfs, hors desquels elle n'a point de cause matérielle.

On a peu remarqué, jusqu'à présent, les odeurs particulières provenant de l'application du galvanisme à l'organe olfactif. Cependant Ritter (2) en a observé, et l'on sait aussi que l'électricité excitée par le frottement porte l'odeur du phosphore.

Dans l'œil, le galvanisme provoque la sensation particulière du nerf optique, celle de la lumière. Il faut, à cet effet, faire passer un léger courant galvanique à travers l'œil, en appliquant les deux métaux sur des parties humides qui avoisinent l'organe. Ritter et Purkinje ont expliqué la manière dont les sensations des couleurs sont produites dans l'œil. Nous n'en sommes plus au temps où l'on considérait ces apparitions de lumière comme le résultat d'un dégagement de matière lumineuse; car, s'il en était ainsi, la lumière dégagée aurait la propriété d'éclairer, et l'on devrait pouvoir, avec son secours, distinguer les objets dans l'obscurité; mais c'est

(1) GEHLER, *loc. cit.*, t. IV, P. II, p. 736.

(2) *Beitrag zur nähern Kenntniss des Galvanismus*, p. 460.

ce qui n'a point lieu. La sensation de lumière n'est ici que la réaction ordinaire du nerf optique, qui, sous l'influence d'une irritation quelconque, mécanique aussi bien qu'électrique, sent la lumière comme un état de lui-même, c'est-à-dire comme un état purement subjectif, comme une qualité inhérente à la sensation. Le plaisir et la douleur sont également des qualités ou des états d'autres nerfs, savoir de ceux du toucher. Quant au nerf optique, il n'est apte qu'à sentir la lumière et les couleurs, et il n'est point susceptible, d'après Magendie, d'avoir la sensation de la douleur. Cette manière d'envisager la nature des apparitions lumineuses provoquées par le galvanisme, théorie qu'établissent sur des bases inébranlables les belles recherches de Purkinje relativement à la vision subjective, et les expériences que j'ai faites moi-même en très-grand nombre, est professée aussi par des physiciens du premier rang. Pfaff, par exemple, s'exprime de la manière suivante à l'égard du phénomène : « Des irritations de la nature la plus diversifiée, notamment certaines irritations mécaniques qui agissent sur » l'œil, produisent, dans le nerf optique, la sensation spécifique par laquelle il réagit, des phénomènes de lumière » sous diverses formes, tels que éclairs, etc. »

Si l'électricité fait naître dans l'œil l'état du nerf optique qui constitue la sensation de lumière, elle produit aussi dans l'oreille celui du nerf auditif qui constitue la sensation du son. Volta, un jour que ses oreilles se trouvaient comprises dans la chaîne d'une pile de quarante paires de plaques, éprouva un ébranlement dans la tête au moment où le circuit fut fermé, et quelques instans après, il entendit un sifflement et un bruit saccadé, semblable à celui que produirait une matière visqueuse en ébullition; le phénomène dura tant que le circuit demeura fermé (1). Ritter entendait, au moment de la fermeture de la chaîne, quand ses oreilles se trouvaient de-

(1) *Philos. Trans.*, 1800, p. 427.

dans ; un son correspondant à *sol*  $\zeta$  ; s'il n'avait qu'une seule oreille dans la chaîne, le pôle positif lui faisait entendre un son plus grave que ce *sol*  $\zeta$ , et le pôle négatif un son plus aigu.

## II. Changement que les irritations impriment à l'irritabilité.

Jusqu'ici nous n'avons examiné que les phénomènes qui surviennent sous l'empire des irritans. Il faut maintenant porter nos regards sur les changemens que subissent les forces elles-mêmes. Toutes les influences irritantes qui, en modifiant la matière des nerfs, déterminent des manifestations de leurs forces, peuvent changer aussi l'irritabilité. Une réaction quelconque entraîne une consommation des forces existantes, puisqu'elle ne saurait avoir lieu sans un changement dans la matière; et plus l'irritation dure long-temps, plus aussi ce changement est considérable. Dans l'état de santé, l'excitement n'est jamais assez fort pour amener un violent changement de matière, qui lèse d'une manière sensible l'aptitude à produire des phénomènes de vie. La reproduction incessante, la réparation des déperditions matérielles par le travail de la nutrition, effacent les changemens journaliers. Mais, quand l'excitement devient plus fort, la reproduction ne suffit bientôt plus pour couvrir les pertes, et l'excitement peut aller jusqu'au point d'épuiser la somme des forces existantes. Ces particularités, dont l'exercice du mouvement musculaire, des facultés génératrices et des fonctions intellectuelles nous fournit chaque jour des exemples, ont lieu aussi dans le cas d'application immédiate des stimulans aux nerfs. Lorsqu'on galvanise un nerf pendant long-temps, les réactions faiblissent de plus en plus; elles finissent par se réduire à rien, et il faut un certain laps de temps pour qu'elles puissent se reproduire, il faut que la force nerveuse se répare par le contact avec le sang. Il en est de même des sensations. Plus on fixe long-temps une

image colorée, plus elle devient sale; un moment arrive même où elle disparaît dans le gris; c'est que la force de réagir va toujours en diminuant dans le point sur lequel frappe la lumière, et que ce point finit par ne plus voir du tout. Dans tous ces cas, l'irritabilité est épuisée par l'excitement, et non par l'action spéciale des excitans. Elle peut aussi, ce que Brown ne croyait pas, mais ce qui a été reconnu surtout par la théorie du contro-stimulus, elle peut être épuisée par des influences, sans excitemment préalable, lorsqu'une puissance étrangère s'établit immédiatement aux dépens des combinaisons organiques, et qu'elle anéantit les nerfs, avec la force nerveuse. C'est ainsi qu'agissent l'électricité dans la foudre, la compression et la contusion des nerfs et de leurs fibres primitives, l'action, sur ces organes, de substances chimiques, qui détruisent leur état organique et les décomposent, comme les acides minéraux, les sel smétalliques, l'acool à l'état de concentration.

Si cette action porte sur tous les nerfs à la fois, comme celle de la foudre ou d'une très-forte batterie électrique, ou si un nerf vient à être tiraillé dans toute sa longueur, l'irritabilité est détruite, ou dans l'organisme entier, ou dans le nerf entier; si elle ne s'exerce que sur un point du nerf, comme celle des caustiques, des corps comprimans ou contondans, il n'y a non plus que ce point qui soit frappé de paralysie; les portions du nerf comprises entre la contusion et le muscle conservent leurs forces motrices.

La chaleur et le froid qui, à un certain degré et pendant un certain laps de temps, sont stimulans, deviennent déprimans dès qu'ils agissent très-long-temps et avec un haut degré d'intensité.

Le froid, qui peut, tout aussi bien que la chaleur, déterminer l'inflammation et la gangrène, engourdit les membres, ou les prive de sentiment et de mouvement. Cet effet peut être ou local ou général. La chaleur locale, insuffisante pour amener l'inflammation et la gangrène, ne paraît pas