

ment usage pour observer les phénomènes électro-physiologiques du galvanomètre et de la grenouille galvanoscopique. Nous avons déjà fait connaître le galvanomètre et en particulier celui de M. Dubois-Reymond<sup>1</sup>; nous avons également indiqué la manière de préparer la grenouille galvanoscopique et de s'en servir<sup>2</sup>; nous continuerons à appeler de ce nom ce galvanomètre physiologique, lors même qu'au lieu d'être formé par une grenouille tout entière, il ne se compose que d'une cuisse de grenouille munie de son nerf comme la représente la figure 264. Nous nous bornerons donc ici à énumérer les précautions à prendre dans l'emploi de ces deux procédés, surtout du premier. En effet lorsqu'il s'agit de la grenouille galvanoscopique, il faut seulement avoir soin de bien dépouiller le nerf et de fermer le circuit avec le seul nerf sans y comprendre aucune portion du muscle de la jambe. On fait toucher le filament nerveux avec les deux points qu'on soupçonne être les pôles de l'élément électro-moteur qu'on veut étudier, et si la portion du filament nerveux comprise entre ces deux points de contact est effectivement parcourue par un courant électrique, on voit à l'instant la jambe se contracter. On peut même avec un très-grand degré de probabilité déterminer la direction de ce courant; on n'a qu'à se servir pour cela d'une jambe de grenouille un peu affaiblie, et alors on voit, si le courant est dirigé dans le nerf du côté de la jambe, celle-ci se contracter quand on ferme le circuit, et rester au contraire immobile au moment où l'on ouvre le circuit. L'inverse a lieu si le courant a une direction contraire. On peut sans inconvénient, si l'on veut éviter le contact direct avec les points de l'élément électro-moteur, interposer entre le nerf et ces points deux petites bandes de papier humectées d'eau.

L'emploi du galvanomètre exige plus de précaution. Il faut d'abord éviter l'action chimique des liquides animaux sur les lames de métal, qui servent à mettre dans le circuit les divers organes dont on veut étudier l'état électrique. Dans ce but on

<sup>1</sup> Tome I, page 329.

<sup>2</sup> Tome II, pages 450 et suivantes, figure 264.

se sert de lames d'un platine très-pur et de même surface, qu'on a nettoyées avec beaucoup de soin; il faut même les laisser plonger dans de l'eau très-longtemps pour que cette simple immersion ne donne pas naissance à un courant, puis, quand on s'est assuré qu'il n'y a pas d'action, on touche en même temps avec les deux lames les parties animales dans lesquelles on cherche le courant électrique, en ayant soin de tenir ces lames par des manches vernis auxquels elles sont fixées. Mais le seul fait de la circulation d'un courant en polarisant les lames, les rend capables de produire sans autre cause, un courant que nous avons appelé secondaire. On ne peut donc opérer deux fois de suite, sans avoir eu soin de bien dé-polariser les lames après la première expérience, ce qu'on fait en les laissant plongées dans un même liquide pendant un certain temps, tout en conservant entre elles une communication métallique. Il est même avantageux pour éviter l'affaiblissement qui résulte pour le courant de cette polarisation dans une même expérience, d'observer la déviation qu'on obtient au premier instant, au lieu d'attendre pour la noter qu'elle soit devenue constante, c'est-à-dire que l'aiguille soit en repos.

Aux précautions que nous venons d'indiquer d'après Matteucci, Dubois-Reymond en a ajouté encore quelques autres d'autant plus indispensables que procédant avec son galvanomètre multiplicateur si sensible que nous avons déjà décrit<sup>1</sup>, il devait éviter toute chance d'erreur que rendait plus grande l'excessive délicatesse de son instrument. Voici comment il s'y prend. Il fait communiquer les extrémités de son galvanomètre avec deux lames de platine fixées chacune dans une pince métallique à l'extrémité d'une tige horizontale de laiton qui elle-même est adaptée à une tige semblable mais verticale, le long de laquelle elle peut glisser, et qui est isolée au moyen d'une petite colonne de verre. Les lames de platine plongent dans un vase et peuvent ainsi avoir à volonté un mouvement dans un sens horizontal ou vertical. L'une des extrémités du fil

<sup>1</sup> Tome I, page 329.

du multiplicateur vient s'adapter à l'autre bout de la tige horizontale. La figure 328 représente cet arrangement dont il y a

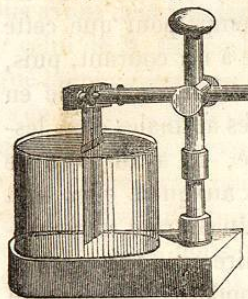


Fig. 328.

deux semblables, un pour chacune des extrémités du galvanomètre. Chaque lame de platine a  $65^{\text{mm}},5$  de hauteur et  $26^{\text{mm}},5$  de largeur. Les vases dans lesquels elles plongent sont remplis d'une solution concentrée de sel de cuisine, et on a soin, tant qu'on n'opère pas, de tenir le circuit constamment

fermé au moyen d'un syphon rempli de la même solution qui unit les liquides des deux vases.

Maintenant quand on veut opérer, il est préférable au lieu d'enlever les lames de platine pour les appliquer aux parties animales qui doivent être éprouvées, d'unir les deux vases au moyen de ces parties après avoir enlevé le syphon, en laissant ainsi les lames en repos dans le liquide où elles sont immergées. Mais l'immersion immédiate des parties animales dans la solution saline n'est point convenable quand il s'agit d'expériences délicates, à cause des perturbations qui peuvent naître de l'action corrosive qu'exerce sur ces parties la solution concentrée. Pour l'éviter, M. Dubois-Reymond emploie des coussinets, soit compresses, formés d'un très-grand nombre de couches d'un papier très-fin, qui humectés de la solution saline, sont appliqués sur le bord des vases de communication (fig. 329). Un

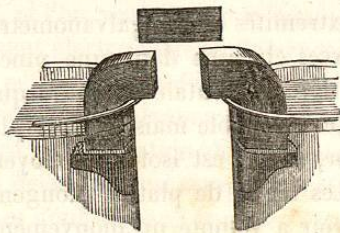


Fig. 329.

troisième bourrelet sert à fermer le circuit en unissant les deux premiers quand on n'opère pas, et pour dépolairiser les lames quand on a opéré. On a ainsi un courant secondaire inverse du courant primaire et dont l'intensité est proportionnelle à celle de ce dernier. Puis ce courant cesse quand les lames sont dépolairisées et on peut recommencer l'expérience. Pour introduire

deux semblables, un pour chacune des extrémités du galvanomètre. Chaque lame de platine a  $65^{\text{mm}},5$  de hauteur et  $26^{\text{mm}},5$  de largeur. Les vases dans lesquels elles plongent sont remplis d'une solution concentrée de sel de cuisine, et on a soin, tant qu'on n'opère pas, de tenir le circuit constamment

fermé au moyen d'un syphon rempli de la même solution qui unit les liquides des deux vases.

dans le circuit la partie animale dont on veut éprouver l'état électrique, on commence par enlever le coussinet additionnel, puis au lieu de placer immédiatement en contact les parties animales avec les coussinets conducteurs humectés de la solution saline, ce qui pourrait déterminer la corrosion dont nous avons parlé, on recouvre la surface de ces bourrelets d'une peau de vessie de cochon sur laquelle on a étendu du blanc d'œuf; la communication électrique n'est point arrêtée et on évite cependant ainsi tout contact immédiat entre les parties animales et la dissolution saline.

M. Matteucci, après beaucoup de recherches sur le courant propre de la grenouille, sur lesquelles nous reviendrons dans l'instant, était parvenu à constater l'existence d'un courant électrique musculaire. C'est en coupant le muscle d'un animal vivant et en introduisant dans la blessure le nerf de la grenouille galvanoscopique de manière que le bout du nerf touchât le fond de la blessure pendant qu'un autre point du même nerf en touchait les bords, qu'il obtenait une contraction prononcée de la grenouille, ce qui prouve l'existence d'un courant électrique dirigé dans le muscle de l'intérieur à la surface. L'expérience réussit quel que soit le muscle et quel que soit l'animal dont le muscle est touché, et même lorsque les muscles sont séparés de l'animal depuis quelque temps. Avec un lapin, M. Matteucci a obtenu une forte contraction du muscle de la jambe en mettant en contact avec la surface de ce muscle le nerf crural dont une portion assez longue avait été mise à nu.

Pour rendre plus sensible l'effet du courant musculaire et en obtenir des signes prononcés au galvanomètre, M. Matteucci a réussi à en augmenter l'intensité en réunissant, comme pour

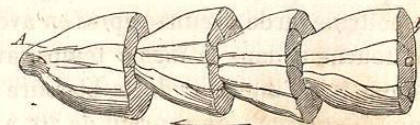


Fig. 330.

en former une espèce de pile, plusieurs muscles séparés. Ainsi ayant préparé un certain nombre de demi-cuisses de gre-

nouilles, il les a disposées les unes à la suite des autres de manière que tout en étant en contact, la face interne de chacune d'elles fût tournée du même côté (fig. 330). Ainsi dans chaque point de contact des deux demi-cuisses voisines, c'est d'une part l'intérieur du muscle, et de l'autre la surface, qui se touchent, de sorte que par suite de cette disposition, l'une des extrémités de la pile est terminée par l'intérieur du muscle, tandis que l'autre est formée par la surface. Les deux extrémités sont en communication avec de l'eau distillée dans laquelle on plonge les lames de platine du galvanomètre après s'être assuré, qu'immérgées dans le même liquide elles ne transmettent aucun courant. Aussitôt on obtient un courant qui varie d'intensité avec le nombre des demi-cuisses de grenouille dont la pile est composée ; il est de 3° ou 4° avec deux, de 6° à 8° avec quatre, de 10° à 12° avec six. Si l'on emploie, pour établir la communication avec les lames du galvanomètre, de l'eau légèrement acide, saline ou alcaline, on obtient un accroissement considérable dans l'intensité du courant, sans que sa direction en soit modifiée ; cette direction est telle que le courant est toujours dirigé dans la pile de la partie interne du muscle à sa surface. On peut constater de la même manière l'existence de ce courant dans toutes les masses musculaires prises sur différents animaux à sang chaud ou froid récemment tués. Ainsi une pile de huit couples formée avec des tranches des muscles pectoraux de pigeon récemment tués, a donné un courant de 14° degrés toujours dirigé dans la pile, de l'intérieur du muscle à la surface. M. Matteucci a beaucoup varié ses expériences et elles l'ont toutes conduit à la même conséquence ; il est même parvenu à constater l'existence de ce courant sur un animal vivant tel qu'un lapin, un mouton, un pigeon, en blessant un muscle de sa poitrine ou de sa cuisse après en avoir découvert la surface et en touchant dans le même temps, avec les deux lames du galvanomètre, l'intérieur de la blessure et la surface du muscle, ce qui déterminait un courant de 20° à 30° et même de 40° allant toujours dans le muscle, de l'intérieur à la surface.

En opposant l'un à l'autre, au moyen d'un galvanomètre différentiel, les courants de deux piles composées du même nom-

bre d'éléments musculaires, M. Matteucci a trouvé que le courant le moins fort est celui qui est produit par les muscles de l'animal le plus élevé dans l'échelle des êtres ; mais cette différence peut tenir moins à une intensité originelle plus faible qu'à un affaiblissement plus rapide du courant dans les animaux plus élevés dans l'échelle.

L'existence d'un courant musculaire étant bien constatée, M. Matteucci a fait du courant propre de la grenouille l'objet d'un examen détaillé. Nous avons déjà exposé plus haut comment Nobili était parvenu à constater, au moyen du galvanomètre, l'existence de ce courant qui est toujours dirigé des pieds à la tête dans le corps de l'animal, et par conséquent du nerf aux jambes dans le galvanomètre. L'intensité de ce courant varie, toutes les autres circonstances restant les mêmes, avec la vitalité propre de l'animal. Si la grenouille est robuste et a été préparée promptement, on voit ses muscles se contracter au même moment où l'on ferme le circuit avec le galvanomètre. M. Matteucci a réussi à augmenter les signes de ce courant en disposant plusieurs grenouilles préparées à la manière de Galvani, à la suite les unes des autres sur un plan isolant, de façon que les nerfs de chaque grenouille soient en contact avec les jambes de la suivante. Les deux extrémités de cette pile plongent dans deux capsules remplies d'eau distillée ou légèrement salée. Le courant est toujours dirigé des pieds à la tête dans chacune des grenouilles. On voit souvent toutes les grenouilles se contracter au moment où l'on ferme le circuit avec le fil du galvanomètre. Au reste, cette contraction qui est due au courant propre de la grenouille, s'effectue quel que soit le conducteur qu'on emploie pour unir les muscles de la jambe avec les nerfs lombaires mis à nu.

Les signes du courant propre de la grenouille se prolongent plus ou moins suivant le degré de vitalité de l'animal. La contraction propre cesse ordinairement après 10 ou 15 minutes ; il est fort rare qu'elle se prolonge jusqu'à 30 ; mais au galvanomètre les signes du courant persistent plus longtemps. Ainsi des piles de huit à dix grenouilles qui donnaient en commençant une déviation de 30° à 40° au galvanomètre, la produi-

saient encore au bout de quinze minutes. Elles donnaient encore une déviation sensible après plusieurs heures, et il fallait souvent qu'il s'écoulât plus d'un jour pour qu'elles n'en donnassent plus.

En disposant les grenouilles de manière à opposer leurs courants et en étudiant l'effet des différentes parties du corps de l'animal, M. Matteucci est arrivé à reconnaître que l'élément électromoteur complet de la grenouille est formé par l'un de ses membres, composé lui-même d'une jambe, d'une cuisse, de son nerf spinal et d'un morceau d'épine. Il a de plus conclu de diverses expériences : 1° que le courant propre de la grenouille persiste dans sa direction et dans son intensité, sans la moelle épinière, sans les nerfs spinaux et cruraux, et quoique l'animal soit privé de tous les filaments nerveux de la masse musculaire de la cuisse; 2° que par conséquent l'élément électromoteur se réduit aux muscles de la jambe et de la cuisse unis organiquement; 3° que quand on laisse à la grenouille préparée à la manière ordinaire, sa moelle épinière, ses nerfs et ses ramifications dans les muscles, ces parties nerveuses agissent dans la production du courant, comme le fait la substance musculaire de la cuisse.

Il résulte de là que la fonction du système nerveux dans la production du courant musculaire, comme dans celle du courant propre de la grenouille, semble se réduire à celle d'un corps simplement conducteur du courant développé dans la partie du muscle de laquelle il est le plus rapproché. M. Matteucci a confirmé cette conclusion par des expériences directes faites sur des cuisses de grenouille auxquelles il avait laissé le nerf lombaire, et en posant chaque filament nerveux sur la surface musculaire de chaque cuisse; il obtenait ainsi avec une pile de huit éléments, un courant musculaire dirigé du muscle au nerf, ou plutôt de l'intérieur du muscle à sa surface à travers le nerf qui agit comme l'intérieur du muscle dans lequel il se ramifie. On réussit tout aussi bien avec des jambes de lapin ou de pigeon, en découvrant dans ces jambes le filament nerveux ou le nerf crural qui est caché dans le muscle, et on forme la pile en faisant toucher dans chaque élément le nerf, au

lieu de l'intérieur du muscle, avec sa surface. Ces piles donnent le même courant musculaire; seulement ce courant est dans tous les cas plus faible quand le filament nerveux fait partie du circuit. Ainsi soit dans le courant propre de la grenouille, soit dans le courant musculaire, la direction du courant est tout à fait indépendante de la présence du nerf qui n'agit que comme mauvais conducteur représentant l'état électrique de la partie du muscle qui en est le plus rapprochée. Une manière très-évidente de confirmer cette conclusion consista à couper par le milieu, en leur enlevant la partie inférieure, des cuisses de grenouilles séparées de leurs jambes, mais ayant conservé leurs nerfs lombaires; puis on forme la pile avec ces éléments en faisant toucher le nerf avec l'intérieur du muscle (fig. 331); cette

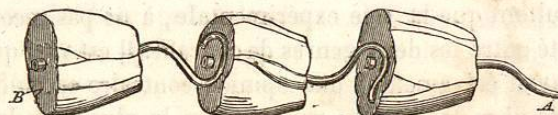


Fig. 331.

pile donne le courant musculaire dirigé toujours de l'intérieur du muscle à la surface, c'est-à-dire dans ce cas, de l'intérieur du muscle au nerf qui communique avec la surface du muscle. Ainsi quoique relativement au nerf, la direction du courant dût être renversée, elle demeure la même parce que les parties du muscle sont disposées de la même façon les unes à l'égard des autres. En disposant la pile différemment de manière que le filament nerveux de chaque grenouille repose, non plus sur la partie intérieure, mais sur la surface même du muscle de

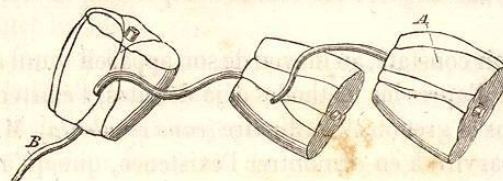


Fig. 332.

chaque cuisse (fig. 332), on n'a plus qu'un courant très-faible qui est dirigé comme si la cuisse entière était dans le circuit,

c'est-à-dire de la partie supérieure de la demi-cuisse ou du nerf lombaire, à la surface du muscle dans l'animal ; ce léger courant est dû à la petite portion du muscle qu'on est obligé de mettre à nu en coupant le bassin.

Quant à l'analogie qui semble exister entre le courant musculaire et le courant propre de la grenouille, M. Matteucci, tout en la pressentant, ne l'avait pas démontrée; il avait en effet cherché en vain à trouver dans d'autres animaux l'existence d'un courant analogue à celui du courant propre de la grenouille, et il n'avait trouvé que le courant musculaire que donne également la grenouille en même temps qu'elle présente son courant propre, qu'on obtient sans altérer le muscle, sans mettre à nu sa partie interne, et qui est dirigé de la surface du muscle à son nerf dans l'animal. Il semblait donc disposé, en ne consultant que la voie expérimentale, à ne pas reconnaître d'identité entre les deux genres de courant. Il est vrai que plus tard il avait été amené à une opinion contraire en étudiant le rôle de la fibre tendineuse qui compose la plus grande partie de la jambe de la grenouille, dans la production du courant propre de cet animal, en même temps que M. Cima arrivait aussi de son côté par le même genre de considérations à ramener le courant propre de la grenouille à un cas particulier du courant musculaire. Mais à cette époque, ainsi que M. Matteucci l'a reconnu lui-même, M. Dubois-Reymond avait déjà prouvé cette identité par la connaissance des lois élémentaires du courant musculaire qu'il avait découvertes, et que nous allons exposer en commençant par les recherches qu'il fit sur ce même courant propre de la grenouille, point de départ depuis Galvani de tous les travaux importants d'électro-physiologie.

Après avoir constaté, au moyen de son appareil muni de toutes ses pièces et d'après les méthodes déjà décrites, l'existence de ce courant dans la grenouille ordinaire (*rana esculenta*), M. Dubois-Reymond parvint à en démontrer l'existence, quoiqu'à un plus faible degré, dans d'autres espèces de grenouilles ainsi que dans des tortues, comme Humboldt l'avait déjà observé dans la *salamandra maculata*, dans la *lacerta agilis*, et même dans

une jambe de pigeon et dans celle d'un lapin. Puis, en étudiant les différentes manières de produire les contractions de la grenouille par son courant propre sans l'intermédiaire d'aucun métal, il trouva que l'une des meilleures est celle employée par Nobili, et qui consiste à placer sur un plan isolant deux grenouilles préparées par la méthode de Galvani, de façon qu'elles forment un circuit dans lequel les nerfs de chacune sont en contact avec les muscles de l'autre.

M. Dubois-Reymond reconnut bientôt dans la production de ce courant le rôle du muscle gastrocnémien de la grenouille, au moyen duquel il parvint à déterminer soit une contraction dans une grenouille préparée, soit une déviation du galvanomètre. Pour obtenir cette déviation, il détacha par ses extrémités tendineuses le muscle gastrocnémien de la grenouille, sans en blesser la chair; puis il le plaça en travers des deux bourrelets de manière que l'extrémité du côté du tendon d'Achille débordât davantage le coussinet que l'autre, et il obtint un courant dirigé dans le muscle de la première extrémité à la seconde, et par conséquent ayant le même sens que dans la grenouille. D'autres muscles soit de la grenouille, soit d'autres animaux à sang chaud et à sang froid, placés de la même manière, donnent naissance à des courants dirigés tantôt dans un sens, tantôt dans un autre. Toutefois ces différences de direction parurent à M. Dubois-Reymond provenir des différences de conditions dans lesquelles elles étaient obtenues plutôt que de différences dans le pouvoir électromoteur des muscles. Il s'efforça donc, après avoir bien établi que le courant propre de la grenouille était dû à des courants musculaires, à mettre en évidence ces courants sous leur forme la plus simple, et à en déterminer les lois.

Pour trouver la loi du courant musculaire, il faut d'abord étudier la façon dont se comporte un seul et même muscle, suivant la manière dont il est placé sur les coussinets qui servent à le mettre dans le circuit du galvanomètre. On prend pour cela un muscle qui, placé entre les deux coussinets de manière à être en contact avec eux par ses extrémités tendineuses tout en étant supporté par une petite lame de verre (fig. 333), ne

donne naissance à aucun courant; le grand muscle adducteur est l'un des plus convenables pour ce genre d'expérience, parce

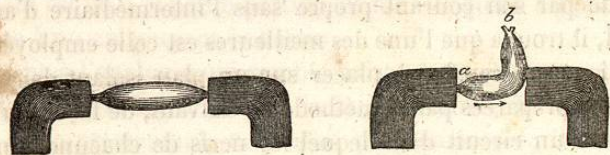


Fig. 333.

Fig. 334.

qu'il est celui dont la forme est la plus symétrique. Si maintenant on dispose le muscle de façon (fig. 334) que l'une de ses extrémités *a* soit en contact avec l'un des coussinets pendant qu'en élevant l'autre extrémité *b*, c'est la chair rouge du muscle qui est en contact avec l'autre coussinet, on obtient un très-fort courant qui va dans le muscle de l'extrémité tendineuse vers le point touché de la chair musculaire. Si, après avoir détruit les polarités secondaires en faisant communiquer entre eux les coussinets par le coussinet auxiliaire (fig. 329), on dispose le muscle semblablement, mais de manière que ce soit l'extrémité *b* qui soit en contact avec le coussinet (fig. 335), on obtient encore un très-fort courant toujours dirigé de l'extrémité tendineuse vers la chair musculaire. Il résulte de cette double expérience que si *a* se trouve être l'extrémité supérieure du muscle dans l'animal, c'est-à-dire la plus rapprochée de la tête, on aurait dans le premier cas (fig. 334) un courant descendant, et dans le second (fig. 335) un courant ascendant;

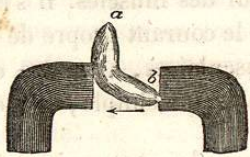


Fig. 335.

preuve que la distinction entre les courants descendant et ascendant ne tient en réalité à aucune différence de la moindre importance, puisqu'on peut obtenir l'une ou l'autre direction suivant la position qu'on donne au même muscle. Remarquons encore que lorsque les points de contact du muscle avec les coussinets appartiennent des deux côtés également à la chair musculaire rouge toute seule, il n'y a pas de courant, ou du moins il n'y en a qu'un très-léger.

Il semblerait résulter au premier abord, des expériences qui

précédent, qu'il existe une hétérogénéité entre le tendon et la fibre musculaire proprement dite; mais nous allons voir que ce n'est point le cas, et que le tendon joue simplement le rôle d'un revêtement conducteur, inactif par lui-même. En effet, si après avoir durci dans de l'eau chaude ou dans de l'alcool étendu un muscle gastrocnémien ou un muscle extenseur de la jambe, on y opère une section longitudinale en le déchirant ou en le coupant dans le sens des fibres, on s'aperçoit que le revêtement tendineux, le tendon d'Achille par exemple, ne s'étend pas au delà des points où les extrémités des fibres musculaires élémentaires viennent s'attacher, ce qui nous montre que le tendon peut être considéré comme le revêtement naturel de la section transversale des muscles, soit comme une surface formée par la réunion des bases des fibres considérées comme des cylindres ou comme des prismes. La chair musculaire rouge peut de son côté être regardée comme la section longitudinale naturelle, soit comme une surface formée par les côtés de ces fibres considérées comme des cylindres ou des prismes. Dès lors pour expliquer les effets observés, il suffit d'admettre que les deux surfaces du muscle, la longitudinale et la transversale, sont hétérogènes, le tendon étant considéré comme un revêtement de la section transversale naturelle, simplement conducteur et indifférent au point de vue électrique.

L'expérience confirme tout à fait cette manière de voir; ainsi la section artificielle qu'on obtient en coupant un muscle transversalement avec une paire de ciseaux très-tranchants, se comporte exactement comme la section naturelle transversale revêtue de la membrane tendineuse. On n'obtient en effet aucun courant ou un courant à peine sensible en plaçant entre les coussinets la partie moyenne d'un muscle terminée par deux sections transversales artificielles, tandis qu'on obtient un effet très-prononcé en mettant en contact avec les coussinets d'un côté une section transversale artificielle, de l'autre la section longitudinale (fig. 336), le courant étant toujours dirigé dans le muscle de la section transversale à la longitudinale. Une section longitudinale arti-

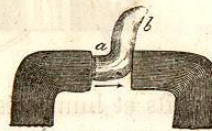


Fig. 336.

ficielle obtenue en coupant le muscle dans la direction des fibres se comporte aussi comme la section naturelle, de sorte qu'on peut résumer la loi du courant musculaire en disant que *chaque point de la section longitudinale naturelle ou artificielle d'un muscle est positif par rapport aux points de la section transversale soit naturelle, soit artificielle.*

En étudiant les rapports électriques des différents points d'une même section les uns par rapport aux autres, on trouve aussi bien quand cette section est artificielle que lorsqu'elle est naturelle, que les points qui sont les plus rapprochés du centre quand il s'agit de la section transversale, et du milieu quand il s'agit de la longitudinale, sont négatifs par rapport à ceux qui en sont les plus distants. C'est ce qu'on prouve pour le dernier cas, en plaçant le muscle (fig. 337) de façon qu'il

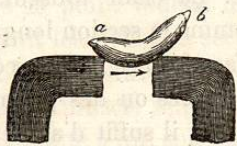


Fig. 337.

repose par sa section longitudinale sur les deux coussinets également, mais en ayant soin que l'une des extrémités du muscle, l'extrémité *a* par exemple, soit plus rapprochée du coussinet que l'extrémité *b*; on a alors un courant faible, mais cependant bien déterminé, cheminant dans le muscle de *a* en *b*. Pour le cas de la section transversale, il faut prendre le muscle d'un lapin (le *triceps*

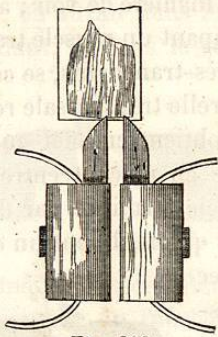


Fig. 338.

*femoris*), celui de la grenouille étant trop petit pour cette expérience. On a soin d'opérer la section du muscle avec un instrument bien tranchant, de manière à avoir une surface bien nette; puis on touche différents points de cette surface avec les extrémités taillées en biseau, bien aiguës de deux coussinets auxiliaires communiquant comme les autres avec les extrémités du galvanomètre, et qui sont construits et humectés de la même manière (fig. 338). Du reste les courants qu'on obtient en mettant en communication deux points non symétriques d'une même section transversale ou

longitudinale, sont beaucoup plus faibles que ceux qui résultent de la communication établie entre les deux sections.

La loi du courant musculaire, telle que nous venons de l'établir, est générale; M. Dubois-Reymond a constaté qu'elle n'est point bornée à quelques espèces d'animaux seulement. Il l'a vérifiée sur le muscle de la jambe amputée d'un homme, sur les muscles du lapin, du cochon de mer, de la souris ordinaire, du pigeon, du moineau, de la tortue, du lézard, de la couleuvre, de diverses espèces de grenouilles, du crapaud, des salamandres terrestres et aquatiques, de l'écrevisse et même du ver de terre; pour ce dernier il suffisait de prendre comme muscles des fragments entiers de son corps.

Il est facile maintenant de voir que la loi élémentaire du courant musculaire telle qu'elle a été établie par M. Dubois-Reymond déjà en 1843, rend parfaitement bien compte des phénomènes et des lois plus complexes découverts par Matteucci<sup>1</sup>, soit antérieurement, soit postérieurement à cette époque, et en particulier du courant propre de la grenouille qui n'est plus qu'un cas particulier très-remarquable du courant qui résulte de la communication établie entre la section longitudinale du muscle gastrocnémien et la section transversale recouverte dans ce cas par la membrane formant le tendon d'Achille, et particulièrement développée dans la jambe de la grenouille. En effet le muscle gastrocnémien, comme le muscle triceps de la grenouille, offre des sections transversales naturelles là où les faisceaux musculaires vont aboutir aux tendons, les aponévroses musculaires n'étant alors que des revêtements de ces sections transversales naturelles.

M. Dubois-Reymond a comparé au point de vue de l'énergie du courant musculaire, les différents muscles les uns aux autres,

<sup>1</sup> La loi établie par M. Matteucci que le courant marche toujours dans un muscle de l'intérieur de ce muscle à sa surface, n'est en effet que la conséquence de celle plus élémentaire établie plus tard par M. Dubois-Reymond, que le courant marche de la section transversale à la longitudinale dans la fibre musculaire. Il y a même des cas, comme lorsqu'il s'agit des muscles du cœur, où la loi de M. Matteucci et celle de M. Dubois-Reymond se trouvent être identiques, ainsi que nous allons le voir dans l'instant.

et il a trouvé que le courant est d'autant plus intense que le muscle est destiné à exercer une action mécanique plus grande, que cette action soit volontaire ou involontaire. Ainsi les faisceaux du cœur qui ne sont pas soumis à l'empire de la volonté manifestent un courant énergique comme les muscles destinés à la vie de relation qui sont tous faits pour obéir à la volonté, tandis que les faisceaux musculaires des intestins montrent un courant très-faible comme n'ayant à exercer que de faibles actions mécaniques. M. Matteucci avait démontré le premier la puissance électromotrice des muscles du cœur, en opérant avec une pile de cœurs de pigeons coupés transversalement. M. Dubois-Reymond a opéré sur des cœurs isolés de grenouilles, de cochons de mer et de souris domestiques, et il a observé que leur section artificielle est négative par rapport à leur surface extérieure. Des cœurs intacts produisent aussi de forts courants, et l'extrémité du cœur représente alors la section transversale.

L'existence du courant musculaire une fois bien constatée, on peut se demander quelle en est la cause; est-il le résultat indirect de l'action chimique qui accompagne la respiration, est-il une conséquence plus immédiate de l'organisme vivant? Nous reviendrons plus loin sur cette question délicate, quand nous aurons étudié les diverses causes qui peuvent exercer de l'influence sur le courant musculaire. Mais quelle que soit l'origine de ce courant, on peut chercher à savoir le rapport qui existe entre sa puissance et celle des courants produits par les sources ordinaires de l'électricité dynamique. C'est cette question que M. J. Regnaud a tenté de résoudre en comparant la force électromotrice d'un muscle à celle d'un couple thermo-électrique bismuth et cuivre (avec différence de 0° à 100°) pris pour unité. En opérant avec des précautions convenables<sup>1</sup> sur le muscle gastrocnémien de la grenouille, il a trouvé que le

<sup>1</sup> Entre autres précautions, M. J. Regnaud emploie, afin d'éviter les polarités secondaires, pour fermer le circuit, une dissolution concentrée de sulfate de zinc avec des électrodes en zinc, au lieu d'une dissolution de sel ordinaire avec des lames de platine.

maximum de la force électromotrice était compris entre 5 et 4 unités thermo-électriques. Le faisceau des muscles de la cuisse de grenouille qui a servi constamment de couple à M. Matteucci dans sa pile musculaire présente une valeur plus considérable; sa force électromotrice est comprise entre 9 et 10 unités. Ces nombres sont indépendants de la taille de l'animal, mais varient dans le même animal d'un muscle à l'autre. Cette différence se manifeste également dans les animaux à sang chaud. Ainsi en prenant sur un lapin trois muscles différents préparés très-rapidement, M. J. Regnaud a trouvé pour la force électromotrice 7 à 6 unités pour le muscle gastrocnémien, 11 à 10 avec le jambier, et seulement 6 à 5 avec le biceps. Il a confirmé numériquement le fait déjà signalé, qu'il faut plus de temps, pour tomber au même degré d'affaiblissement, à la force électromotrice du muscle de l'animal à sang froid qu'à celle du muscle d'un mammifère.

§ 5. Théorie du courant musculaire; influence sur l'intensité de ce courant de diverses causes et en particulier de la contraction. — Contraction induite, soit secondaire.

A la suite d'un très-grand nombre d'expériences aussi délicates que difficiles, M. Dubois-Reymond a réussi à démontrer que l'élément électromoteur est, dans le muscle, chaque fibre élémentaire; il est parvenu en effet, avec la dextérité qui le distingue, à obtenir, au moyen d'un simple faisceau élémentaire disposé de manière à mettre en communication par les coussinets de l'appareil, la section transversale et la section longitudinale, un courant de 8 à 10°. Ce point établi, quelle disposition faut-il supposer aux parties constitutives, c'est-à-dire aux molécules organiques du faisceau élémentaire pour expliquer les effets observés? Pour en avoir une idée, M. Dubois-Reymond estime qu'on peut se faire une image grossière il est vrai, mais cependant assez ressemblante du faisceau élémentaire, en l'assimilant à un cylindre de cuivre recouvert sur sa surface courbe d'une couche de zinc, ses deux bases restant de cuivre pur. Ce cylindre, plongé dans une solution conductrice, donnera nais-