muscle chargé d'un poids de 10 grammes, ayant alors une longueur de $40^{mm},4$, s'est raccourci de $18^{mm},5$; le même muscle chargé de 20 grammes et ayant une longueur de $44^{mm},5$, s'est raccourci de $1^{mm},6$; enfin, le même muscle chargé de 30 grammes et ayant une longueur de $47^{mm},5$ (les limites de l'élasticité étaient depuis longtemps dépassées) ne s'est raccourci sous l'influence de la contraction que de $0^{mm},6$. Dans le premier cas, la quantité de travail est représentée par 52 *grammillimètres*. Dans le second cas par 185; dans le troisième par 32; dans le quatrième par 30. Il résulte de là, pour le dire en passant, que l'effet maximum de la contraction des muscles, mesuré par la *quantité du travail*[1], ne correspond ni au poids le plus faible, ni au poids le plus fort, mais dans l'espèce au poids moyen de 10 grammes, lequel est placé sur la limite d'élasticité de l'hyoglosse de la grenouille. Ce principe est fertile en applications au travail des moteurs animés (Voy. § 237)[2].

MM. Volkmann, Fick et Heidenhain ont cherché à dégager la part de l'*élasticité* de la part de la *contractilité* dans ces résultats complexes. C'est sur un cylindre enregistreur (d'un emploi général aujourd'hui pour la constatation et la mesure des phénomènes de raccourcissement) que l'allongement et le raccourcissement du muscle se trouvent reproduits à l'aide d'un style fixé au tendon du muscle. Dans ces expériences l'hyoglosse d'une grenouille fixé à l'une de ses extrémités est chargé à son bout libre d'un poids de 10 grammes. Mais, tantôt ce poids de 10 grammes fixé au muscle est *soutenu par un appui* pendant le repos du muscle, à une hauteur équivalente à la *longueur naturelle* du muscle; tantôt, au contraire, ce poids *pèse sur le muscle* pendant le moment du repos, c'est-à-dire qu'il détermine d'une manière permanente un certain allongement élastique. Or, si l'on exerce une excitation d'égale mesure sur un muscle placé dans ces deux conditions différentes, on constate que la valeur du raccourcissement est plus considérable sur le muscle distendu par le poids que sur le muscle qui le soulève sans avoir été préalablement allongé. Une certaine extension du muscle favorise donc le travail actif de la contraction : l'élasticité de retour et le raccourcissement contractile agissent ensemble.

Mais ce sont surtout les expériences de MM. Donders et Van Mansvelt qui ont permis de déterminer le pouvoir élastique des muscles, et ces expériences sont d'autant plus démonstratives qu'elles ont été faites sur l'homme vivant. Les expérimentateurs se sont proposé de distinguer la force élastique du biceps brachial et du brachial antérieur (muscles fléchisseurs de l'avant-bras sur le bras) de leur action contractile, et de démontrer que ce sont deux forces distinctes et indépendantes. L'expérimentateur s'assied, le bras verticalement

[1] La *quantité de travail* s'obtient en multipliant le poids soulevé (ce sont les poids ajoutés au muscle) par le chemin parcouru (le chemin parcouru, c'est le degré de raccourcissement du muscle). Ainsi, $2 \times 25,8 = 52$; $10 \times 18,5 = 185$; $20 \times 1,6 = 32$; $50 \times 0,6 = 30$.

L'unité dynamique, ou *kilogrammètre*, est représentée par l'élévation d'un corps pesant 1 kilogramme à 1 mètre de hauteur, et, par conséquent, le *grammillimètre* est représenté par l'élévation d'un corps pesant 1 gramme à 1 millimètre de hauteur. On peut donc dire que, dans le premier cas, la *force déployée* par le muscle est de 51,6 grammillimètres; dans le second cas, elle est de 185 grammillimètres ; dans le troisième, de 32 grammillimètres ; dans le quatrième, de 30 grammillimètres.

[2] Les expériences de M. Weber peuvent donner une idée approximative, mais non absolument exacte, du travail musculaire des muscles vivants. Il survient en effet dans les muscles séparés de l'animal vivant, et placés en dehors du trajet circulatoire, des phénomènes de *fatigue* musculaire qui ne se produisent ni aussi rapidement ni d'une manière aussi *définitive*, dans les muscles de l'animal vivant.

placé, l'avant-bras en flexion horizontale, le coude sur un appui. Un quart de cercle gradué dont le centre répond à l'articulation du coude permet de mesurer les degrés de flexion de l'avant-bras qui se produiront; le poignet est garni d'un bracelet de cuir et supporte un poids de plusieurs kilogrammes. Les choses étant dans cet état, on brûle le fil qui retenait le poids attaché au poignet; ce poids tombe, et, instantanément, l'avant-bras devenu libre s'élève d'un certain nombre de degrés qu'on mesure sur le cadran. Plus le poids est lourd, plus la flexion subite de l'avant-bras est grande.

Le poids maintenu en équilibre par la contraction musculaire avait donc mis les muscles dans un état de tension élastique tel que l'avant-bras s'est fléchi aussitôt que le poids a disparu. La position nouvelle que prend l'avant-bras quand le poids tombe représente la longueur *réelle* qui appartient aux muscles contractés. La position horizontale de l'avant-bras n'était obtenue que par un allongement que le poids faisait subir aux muscles contractés. L'écart entre l'horizontalité de l'avant-bras et son degré de flexion au moment de la chute du poids exprime l'allongement que le poids avait fait subir aux muscles, et représente la mesure de leur force élastique.

M. Marey, qui, par le moyen de la méthode graphique, a étudié dans tous ses détails le tracé des allongements des muscles sous l'influence de charges graduées, insiste sur les difficultés inhérentes à ce genre d'expérience. « Un muscle vivant ou mort soumis à la traction d'un poids, dit-il, ne prend pas *immédiatement* la longueur qu'il conservera tant que ce poids restera invariable; mais il s'allonge *peu à peu* tant que cette charge lui est appliquée. » Dans les expériences, il faut donc tenir compte de la durée, surtout quand les poids qu'on emploie sont sur la limite de l'élasticité.

M. Marey appelle aussi l'attention sur la forme de la courbe graphique de l'élasticité musculaire (gastrocnémiens de fortes grenouilles) obtenue par addition et soustraction graduelle d'une charge déterminée. Le point le plus abaissé de cette courbe correspond naturellement à l'allongement maximum du muscle; la courbe de descente et la courbe de montée sont semblables, et pour une certaine vitesse du cylindre enregistreur leur ensemble représente sensiblement un demi-cercle (Voy. *fig.* 135). La même expérience faite avec une bandelette de caoutchouc vulcanisé analogue par ses dimensions avec le muscle précédent donne dans les mêmes conditions, c'est-à-dire pour le même poids croissant et décroissant et pour la même vitesse du cylindre enregistreur, un tracé assez différent. Les lignes de descente et d'ascension sont des droites, et la courbe devient un V allongé (Voy. *fig.* 136).

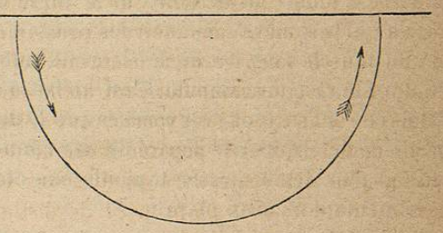

Fig. 135.

Le travail moléculaire qui s'accomplit sous l'influence de l'extension et du retour élastiques paraît donc être d'une nature spéciale qui dépend de la nature du corps élastique.

Le muscle *au repos* avec addition et soustraction graduelle de la charge ayant donné la courbe représentée figure 135, M. Marey recommence l'expérience avec

le même muscle et la même charge appliquée de la même manière, mais en plaçant le muscle, à l'aide d'un courant à interruptions rapides, dans un état de *contraction permanente*. De même que dans les expériences de M. Weber, il se produit alors dans le muscle contracté et sous l'influence du même poids, un allongement plus grand que dans le muscle au repos, mais cet allongement est plus que compensé par le raccourcissement dû à la contraction, car la nouvelle courbe *descend moins bas* que la courbe obtenue sur le muscle au repos[1].

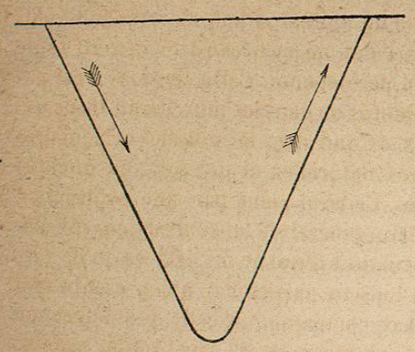

Fig. 136.

En résumé, on voit que deux propriétés essentielles dominent l'action musculaire, la contractilité et l'élasticité; et que la part de chacune d'elles est très difficile à séparer et à saisir. Un muscle au repos est élastique ; pendant la contraction il l'est également, mais de telle façon que la nouvelle disposition moléculaire que prend le muscle qui se contracte augmente en même temps son pouvoir élastique. La force élastique croît avec la contraction elle-même. D'autre part, la *fatigue* qui s'empare du muscle à mesure qu'il travaille diminue rapidement sa capacité contractile, et, par conséquent, aussi sa force élastique (ces deux facteurs étant inséparables), de sorte qu'il devient plus facilement extensible.

L'utilité de l'élasticité musculaire dans tous les actes du mouvement se conçoit aisément. Il en résulte une tension constante du muscle pendant le mouvement et à tous les moments de la durée du mouvement, quels que soient les changements dans la distance des points d'insertion des muscles. Grâce à l'élasticité dont ils sont doués, les muscles, même à l'état de repos, sont dans un état de tension permanente. C'est un fait d'expérience, en effet, que la longueur naturelle d'un muscle est *moindre* que la distance qui sépare les deux points d'insertion. Un muscle séparé de ses connexions naturelles et enlevé du corps de l'animal vivant, mesure toujours une étendue moindre que celle qu'il occupait quand il était en place.

L'élasticité musculaire est l'une des conditions de la bonne utilisation du travail de la contraction. Lorsqu'une force vive agit sur un levier à l'aide d'un intermédiaire non élastique, une partie de la force est perdue en choc (lequel devient chaleur sans résultat mécanique utile). Si au contraire l'intermédiaire est un corps élastique, celui-ci en vertu de son élasticité emmagasine et restitue sous forme de travail mécanique la force qui se serait perdue, ou plutôt transformée sans être mécaniquement utilisée.

[1] Remarquons que dans l'expérience de M. Marey, qui consiste à obtenir la *contraction permanente* du muscle sous la forme d'une sorte de tétanos, le résultat se complique de la *fatigue musculaire* qui a pour conséquence la diminution de la force élastique du muscle et, par conséquent, l'augmentation de son extensibilité. S'il était possible de réaliser l'expérience à l'aide d'une seule secousse musculaire, la différence des courbes serait certainement plus accusée.

§ 226.

Tonicité musculaire. — Les muscles d'un animal vivant, alors même qu'ils sont dans le relâchement ou plutôt dans l'état de *non-contraction*, sont, toute la vie durant, dans une sorte de tension permanente. Cette tension n'est pas aussi apparente dans les muscles des membres ou dans les muscles du tronc qui ont leurs deux extrémités attachées aux os que dans les muscles orbiculaires qui entourent les orifices des ouvertures naturelles et qui sont, en quelque sorte, isolés au milieu des parties molles. Ce n'est point par une contraction *permanente* (l'intermittence est le caractère général de la contraction musculaire) que les muscles *sphincters* ou orbiculaires ferment les orifices qu'ils circonscrivent ; c'est en vertu d'un état de tension particulière que présente seul le tissu musculaire. Cette tension n'est pas comparable à celle que détermine un tissu élastique qui possède l'élasticité en raison de sa constitution propre. Les muscles, il est vrai, sont élastiques comme la plupart des parties molles de l'économie, et même à un assez haut degré (Voy. § 225). Mais l'élasticité est inséparable de la fibre musculaire, tandis que la tonicité, quoique se manifestant dans les muscles, n'est pas une propriété inhérente au muscle; elle est subordonnée à certaines conditions qui ne dépendent pas de la fibre musculaire elle-même ; elle est subordonnée à ses liaisons avec le système nerveux central, et elle disparaît quand cette liaison est rompue. Aussi n'existe-t-elle plus dans les paralysies : de là l'évacuation involontaire des fèces, de l'urine, etc.

La tonicité musculaire, quoique moins manifeste dans les muscles des membres, y existe également ; elle maintient ces muscles dans un état de tension que l'équilibre des puissances musculaires contraires dissimule en partie. Elle devient évidente par le retrait des deux bouts d'un muscle, lorsqu'on le divise en travers sur l'animal vivant. Elle se manifeste encore par la distorsion de la face et celle de la langue dans l'hémiplégie faciale, les muscles du côté sain n'étant plus maintenus en équilibre par la tonicité des muscles du côté opposé. La tonicité dépendant des liaisons du muscle avec le système nerveux central, la distorsion de la face dans l'hémiplégie se manifeste *instantanément* et devient ainsi un signe de l'épanchement encéphalique.

Quelques physiologistes ont, dans ces derniers temps, élevé des doutes sur cette propriété des muscles, et n'ont vu dans l'action permanente des sphincters et dans la rétraction des bouts d'un muscle vivant coupé en travers que des phénomènes d'élasticité [1]. Il est donc nécessaire de rappeler ici quelques expériences, qui confirment de la manière la plus claire l'existence de la tonicité musculaire.

MM. Heidenhain et Colberg prennent un lapin, l'endorment en le narcotisant, lui ouvrent l'abdomen, lient l'un des uretères, et introduisent dans l'autre un tube gradué et suffisamment élevé dans lequel ils versent de l'eau tiède (à 30 ou 40 degrés), jusqu'à ce que la vessie soit pleine. L'eau s'élève ensuite dans le

[1] A coup sûr, l'élasticité, telle qu'ils la conçoivent dans les muscles, n'est pas l'élasticité ordinaire. Singulière élasticité que celle dont on peut à volonté priver un muscle, sans agir sur son tissu, et en coupant au loin le nerf qui s'y rend. Aux propriétés nouvelles les noms nouveaux Voilà pourquoi nous disons non seulement le muscle au repos est élastique, mais il y a encore en lui autre chose ; cette autre chose, nous l'appelons *tonicité*.

tube, et on s'arrête aussitôt que l'on voit quelques gouttes de liquide s'écouler par l'urèthre de l'animal. Ce moment correspond au point d'équilibre entre la résistance du sphincter du col de la vessie et la pression du liquide mesurée par la hauteur de la colonne d'eau. On attend quelque temps jusqu'à ce que la colonne de liquide reste stationnaire, puis on tue l'animal par quelques gouttes d'acide cyanhydrique. Aussitôt que l'animal est mort, il s'écoule par l'urèthre une certaine proportion de liquide. L'eau s'abaisse en même temps dans le tube gradué, d'une certaine quantité, et le point où elle s'arrête correspond à la résistance que lui oppose encore le sphincter de l'animal mort, *en raison de son élasticité seule*. La résistance du sphincter sur un lapin *vivant* était, par exemple, équivalente à une colonne d'eau de 27 centimètres ; elle ne faisait plus équilibre sur l'animal *mort* qu'à une colonne d'eau de 5 centimètres. On peut donc dire que la tonicité du sphincter de ce lapin faisait équilibre à une colonne d'eau de 22 centimètres, et l'élasticité à une colonne de 5 centimètres (total, sur l'animal vivant 27 centimètres). Sur un chien vivant, la résistance du sphincter faisait équilibre à une colonne d'eau de 68 centimètres ; sur l'animal mort, la résistance du même muscle ne faisait plus équilibre qu'à une colonne d'eau de 13 centimètres. On peut donc dire que la tonicité du sphincter de la vessie de ce chien faisait équilibre à une colonne d'eau de 55 centimètres, et l'élasticité à une colonne d'eau de 13 centimètres (total, sur l'animal vivant, 68 centimètres).

L'expérience suivante de M. Brondgeest n'est pas moins concluante. On coupe la moelle à une grenouille au-dessous du bulbe, on met à découvert les nerfs sciatiques sur chaque membre postérieur, et on coupe l'un des deux nerfs, puis on suspend librement la grenouille par la tête. Si on observe alors la situation des deux membres postérieurs (la grenouille est forcément au repos, puisque la moelle est coupée), on constate une différence qui s'est montrée constamment la même dans soixante-deux expériences. La patte dont le nerf est coupé est flasque et pendante, celle dont le nerf est intact est légèrement fléchie dans toutes ses articulations. La première obéit librement à la pesanteur, la seconde y obéit aussi, mais cette tendance est contre-balancée en partie par la tonicité, qui, persistant dans les fléchisseurs et les extenseurs du même côté [1], tend à donner au membre une position demi-fléchie, situation qui représente la position moyenne d'équilibre entre l'action des fléchisseurs et des extenseurs. M. Brondgeest a fait des expériences analogues sur des lapins et sur des oiseaux ; les résultats ont été les mêmes.

La rupture de la liaison des muscles avec les centres nerveux (avec la moelle) est donc suivie de l'abolition de la tonicité. Cette abolition est-elle immédiatement complète, ou, quoique très amoindrie, la tonicité persiste-t-elle encore un certain temps dans le muscle, pour disparaître tout à fait plus tard ? Les faits pathologiques tendent à faire supposer que cette abolition est immédiate.

Quelle est la véritable nature de la tonicité (ou du *tonus* musculaire, comme on l'appelle quelquefois ?). Tout concourt à prouver qu'elle est de l'ordre des phénomènes nerveux désignés sous le nom d'*actions reflexes* (Voy. chap. INNERVATION).

Depuis les recherches de M. Marshall Hall, on s'accorde généralement à considérer le tonus musculaire comme un acte réflexe placé sous l'empire de la

[1] La tonicité des muscles du côté dont le nerf sciatique est intact dépend des liaisons nerveuses muscles avec *la moelle*.

moelle et de la moelle allongée [1]. La tonicité explique la liaison des muscles avec la moelle, non seulement par l'intermédiaire des nerfs moteurs (c'est-à-dire les nerfs conducteurs des incitations motrices), mais encore par l'intermédiaire des nerfs sensitifs (c'est-à-dire des nerfs conducteurs des impressions sensitives). On peut faire disparaître la tonicité musculaire, non seulement par la section des nerfs moteurs, mais aussi par la section des nerfs sensitifs. La tonicité d'un muscle ne disparaît donc pas seulement avec la rupture nerveuse de ses liens moteurs, mais avec celle de ses liens sensitifs.

La position constante qu'un animal décapité prend et conserve pendant quelque temps, dans des conditions identiques (position que les circonstances extérieures peuvent seules modifier, et qui s'évanouit avec les propriétés de la moelle), dépendent de la tonicité. C'est en vertu de la tonicité musculaire, et de la persistance des liens sensitifs et moteurs de l'ensemble de l'appareil locomoteur avec la moelle, qu'une grenouille décapitée se tient *debout* sur ses pattes, dans une situation toujours la même. L'action réflexe, qui domine la tonicité musculaire, ayant, en définitive, son point de départ dans la sensibilité périphérique ou profonde, il est vraisemblable que tous les muscles du squelette n'éprouvent pas à chaque instant des sollicitations égales, et ne se trouvent pas dans le même moment dans un égal état de tension [2].

On comprend que la tonicité musculaire joue dans les divers mouvements des leviers osseux du squelette un rôle des plus importants. C'est à elle surtout que sont dues la *régularité* et la *mesure* dans le mouvement des parties mises en jeu par des muscles. Lorsque les muscles biceps et brachial antérieurs, par exemple, se contractent pour fléchir l'avant-bras sur le bras, le muscle triceps, placé à la partie postérieure du bras, quoique ne se contractant point (ce muscle est extenseur), modère en quelque sorte le mouvement de flexion, le proportionne au but désiré, et lui donne la *précision* nécessaire aux divers actes que le membre supérieur doit accomplir. Il en est de même, réciproquement, quand, au lieu des muscles fléchisseurs, ce sont les extenseurs qui agissent activement ; ils trouvent dans la tonicité des fléchisseurs une résistance graduée et en quelque sorte régulatrice. Lorsque les muscles extenseurs d'un segment de membre sont paralysés, on constate, en effet, que le mouvement de flexion est saccadé, brusque, et qu'il dépasse le plus souvent le but assigné par la volonté. On observe des effets analogues, mais en sens opposé, dans la paralysie des fléchisseurs.

§ 227.

Des phénomènes électriques et thermiques qu'on peut constater dans les muscles. — Lorsqu'on met en rapport, à l'aide d'un circuit métallique, deux points distants d'un tissu vivant (de préférence un point pris à la surface d'un organe, avec un point pris dans sa profondeur) et qu'on interpose dans ce circuit un galvanomètre, celui-ci accuse la plupart du temps le passage d'un courant faible. Les muscles, les nerfs, le poumon, le foie, les glandes, les diverses

[1] Le centre nerveux du tonus musculaire du *sphincter de l'anus* par exemple serait, d'après les expériences de M. Masius (sur le lapin), dans la portion inférieure de la moelle lombaire, et le centre nerveux du tonus musculaire du *sphincter de la vessie* (chez le même animal) se trouverait au-dessus du précédent.

[2] La tonicité musculaire est donc une propriété en quelque sorte d'emprunt, car on ne peut guère la concevoir sans une excitation du dehors ou du dedans.

parties des organes végétaux, peuvent ainsi révéler la présence d'une petite quantité d'électricité ; comme d'ailleurs ils donnent aussi naissance à de la chaleur. Mais les muscles et les nerfs sont les tissus dans lesquels ces phénomènes sont le plus marqués.

Electricité musculaire. — Ce n'est guère que dans les muscles à fibres striées que les recherches sur l'électricité musculaire ont été faites [1]. Cependant des quelques observations qui ont été faites sur les muscles lisses on peut dire que les phénomènes électriques dont ils sont le théâtre sont également plus accusés que ceux des autres parenchymes.

Enlevez à une grenouille l'un des muscles de la cuisse à fibres parallèles (le muscle grêle ou le demi-membraneux), coupez ce muscle perpendiculairement à la direction de ses fibres charnues et réunissez par un conducteur métallique la *surface de section* du muscle avec la *surface longitudinale naturelle*, immédiatement il se développe un courant dans le fil conducteur interposé [2]. Ce courant est mis en évidence par un galvanomètre à fil très fin et très long et, se traduit par une certaine déviation de l'aiguille aimantée. Ce phénomène peut s'observer non-seulement dans un muscle séparé du corps de l'animal (c'est le procédé qui expose le moins à l'erreur), on peut le constater aussi dans un muscle qui fait partie de l'animal et auquel on a pratiqué une surface de section.

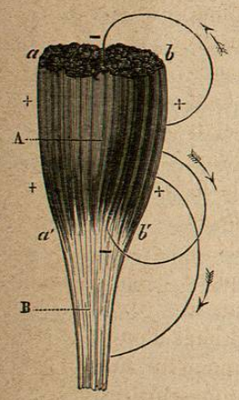

Fig. 137.
A, surface naturelle du muscle ;
a, *b*, surface de section ;
B, tendon du muscle ;
a', *b'*, points où les fibres musculaires se fixent au tendon.

Le courant qui se développe ainsi entre les deux surfaces du muscle se dirige dans le conducteur métallique interposé, de la surface naturelle du muscle vers la surface de section (c'est-à-dire dans la direction de la flèche supérieure de la figure 137). Dans l'épaisseur même du muscle, le courant, continuant sa marche, se dirige donc de la surface de section vers la surface naturelle, ou, ce qui est la même chose, de l'intérieur du muscle à sa surface extérieure [3].

C'est ce courant qu'on a désigné sous le nom de *courant musculaire*. Ajoutons qu'on obtient des résultats identiques en substituant à la surface longitudinale naturelle du muscle, des surfaces longitudinales artificielles par la dissociation des fibres musculaires. La direction du courant obtenu entre la surface longitudinale *artificielle* et la surface de section est la même que précédemment. Ajoutons que le tendon recevant les extrémités de toutes les fibres musculaires d'un muscle, ce tendon, en communication avec les sections terminales de chaque fibre musculaire, peut être considéré comme une *surface de section*. Aussi, en joignant, à l'aide d'un conducteur, la surface naturelle du muscle avec le tendon de ce fragment de muscle (Voy. fig. 137), on obtient un courant dont la direction est la même que précédemment, c'est-à-dire que ce courant se dirige, dans le conducteur interposé, de la surface naturelle du muscle vers le tendon. Ces expériences donnent toujours les mêmes résultats. M. du Bois-Reymond a vérifié le fait sur un grand nombre d'animaux à sang froid et à sang chaud.

[1] Galvani en 1786 reconnut qu'en établissant une communication métallique entre un nerf et un muscle, celui-ci entrait en contraction. En découvrant ainsi l'électricité animale, Galvani faisait d'ailleurs une découverte d'une bien autre portée, celle du galvanisme ou de l'*électricité dynamique*.

C'est entre 1840 et 1843 que MM. Matteucci et du Bois-Reymond ont découvert que le muscle *seul*, placé dans des conditions déterminées, peut donner naissance à un courant.

[2] Pour se mettre en garde contre la polarisation des électrodes métalliques, il faut fermer le circuit à l'aide de lames de zinc amalgamé plongeant dans une dissolution saturée et parfaitement neutre de sulfate de zinc, ainsi que l'a indiqué M. J. Regnauld. M. du Bois-Reymond a emprunté ce perfectionnement à notre collègue. M. Matteucci, qui n'avait pas pris ces précautions, obtenait des courants musculaires dont le sens n'était pas constant.

[3] De même dans une pile voltaïque. Le courant marche, par exemple, du cuivre au zinc, le long du conducteur métallique interposé ; et il continue sa direction, au travers du liquide de la pile elle-même, en se dirigeant du zinc au cuivre.

M. du Bois-Reymond a comparé les divers muscles de l'animal, au point de vue de l'énergie du courant, et il a trouvé que le courant est d'autant plus intense que le muscle en expérience est destiné à exercer une action mécanique plus grande.

La découverte de ces faits curieux a conduit M. Matteucci à la construction de piles dites *piles musculaires*. La surface naturelle d'un muscle étant positive, par rapport à la surface de section, qui est négative, on conçoit qu'en disposant des tronçons musculaires (les tronçons de cuisses de grenouilles sont surtout propres à cette construction) de manière à former une chaîne dont les éléments se correspondent par des surfaces douées d'états électriques opposés, on arrive à former une véritable pile (Voy. fig. 138). Les choses étant disposées ainsi que l'indique la figure, il suffira de faire communiquer la *surface naturelle* du tronçon musculaire qui occupe l'une des extrémités de la chaîne avec la *surface de section* du tronçon musculaire placé à l'autre extrémité, pour obtenir un courant dirigé dans le sens de la flèche. Ce courant a d'ailleurs toutes les propriétés d'une pile voltaïque faible : non-seulement il dévie l'aiguille du galvanomètre, mais il peut servir à exciter les contractions sur d'autres préparations musculaires.

Fig. 138.
a, *b*, surfaces de section des muscles ;
c, surfaces naturelles.

Le courant musculaire mis en évidence, suivant le procédé indiqué, va peu à peu en décroissant d'intensité, et il est considérablement affaibli au moment où la rigidité cadavérique s'établit. Les propriétés électriques du muscle paraissent toutefois survivre quelque temps à la contractilité musculaire. MM. Schiff, Valentin et Arnold ont vu durer le courant musculaire jusqu'à la cessation de la rigidité cadavérique, alors que le tissu musculaire commence à se décomposer, c'est-à-dire au moment où la vie l'a complètement abandonné. On sait, d'ailleurs, qu'un muscle ne cesse pas de vivre en même temps que l'animal, et que les métamorphoses de la nutrition continuent, du moins en partie, dans le muscle séparé de l'animal vivant, jusqu'au moment où commence la putréfaction.

Le courant musculaire, dont nous venons de parler, s'obtient à l'aide du muscle à l'*état de repos*. Mais, si le muscle se contracte sous l'influence d'un excitant quelconque, il éprouve une modification bien remarquable. Au moment de la contraction le courant musculaire cesse ; c'est-à-dire que le circuit galvanométrique mis préalablement en rapport avec la surface naturelle et la surface de section du muscle cesse en ce moment d'être parcouru par un courant, et l'aiguille du galvanomètre revient au zéro.