ci-jointe) ou plus simplement dans la bouche d'un aide. La température de la bouche est sensiblement constante surtout pendant une expérience de peu de durée. D'ailleurs, on a soin de placer dans le bain (ou dans la bouche de l'aide) un thermomètre sensible qui donne directement, au moment de l'expérience, la température de cette soudure. On peut désigner cette seconde aiguille sous le nom d'*aiguille de comparaison*.

Cela fait, on réunit l'extrémité acier de l'aiguille d'épreuve avec l'extrémité acier de l'aiguille de comparaison à l'aide du fil d'acier dont nous avons parlé, puis on met en communication les extrémités cuivre des aiguilles avec chacun des bouts du fil du galnanomètre. Le circuit se trouvant ainsi établi, on attend que le galvanomètre, qui décrit généralement de petites oscillations sous l'influence de la chaleur communiquée par les doigts pendant ces diverses manipulations, soit revenu au zéro. On procède alors à l'expérience, qui consiste à faire contracter le muscle, soit sous l'influence d'un excitant, soit sous l'influence de la volonté, si l'homme est le sujet de l'expérience. C'est en procédant de cette manière que MM. Becquerel et Breschet ont constaté que la température du biceps brachial, qui au repos était de 36°,50, pouvait, après la flexion répétée du bras, s'élever de 0°,5, et même de 1°, après des efforts énergiques.

M. Helmholtz a expérimenté sur les grenouilles, c'est-à-dire sur des animaux à sang froid, à muscles de petit volume, et chez lesquels les élévations de température dues à la contraction musculaire sont, d'une manière absolue, moins élevées que dans l'homme et le chien ; dès lors il a dû chercher à donner plus de sensibilité à l'appareil thermo-électrique dont il a fait usage.

Le galvanomètre employé par lui, au lieu d'être formé d'un seul fil, est composé de deux fils de cuivre d'un millimètre de diamètre et dont chacun fait cinquante tours. Ces deux fils sont accouplés ensemble à leurs extrémités, de manière qu'ils représentent en somme un fil de même longueur et de section double.

Le circuit thermo-électrique diffère notablement de celui qu'ont employé dans leurs recherches MM. Becquerel et Breschet. Au lieu d'introduire une seule soudure d'épreuve au sein du muscle en expérience, M. Helmholtz en introduit trois, de manière à multiplier l'intensité du courant thermo-électrique.

Au lieu d'aiguilles thermo-électriques fer et cuivre, M. Helmholtz donne la préférence aux aiguilles cuivre et maillechort, parce que ce couple a un pouvoir thermo-électrique deux fois et demie plus grand que le couple fer et cuivre.

M. Helmholtz emploie trois aiguilles ayant chacune 1 décimètre de longueur et 2 millimètres de diamètre. Ces aiguilles sont formées d'une pièce médiane de fer aux extrémités de laquelle sont soudées deux pièces de maillechort, de telle sorte que chaque aiguille est formée de trois pièces de même longueur, et qu'elles comprennent chacune *deux soudures*.

Lorsqu'on veut procéder à l'expérience, on détache complètement une cuisse de grenouille du corps de l'animal ; l'autre cuisse est également sectionnée, mais on la laisse en communication avec la moelle épinière par ses nerfs.

Les trois aiguilles sont enfoncées dans la cuisse encore adhérente à l'animal par ses nerfs, de telle sorte que les soudures du même côté de ces trois aiguilles soient plongées dans la masse musculaire. Les mêmes aiguilles sont ensuite enfoncées dans l'autre cuisse, complètement séparée de l'animal, de manière que les trois autres soudures symétriques plongent dans la masse musculaire. Les soudures qui plongent dans la cuisse encore animée par ses nerfs sont ce que nous pouvons appeler les *soudures d'épreuve ;* les autres, séjournant dans une masse musculaire inerte, sont les *soudures de comparaison* [1].

Les extrémités des aiguilles sont alors reliées entre elles à l'aide de communications métalliques, de manière à représenter une pile thermo-électrique ; puis on interpose le tout dans le circuit du galvanomètre. Ajoutons que le tout (moins le galvanomètre) est introduit dans une petite caisse recouverte d'une glace, de manière que l'expérience s'accomplisse dans un milieu *saturé* de vapeur d'eau. Cette précaution, recommandée et mise en usage par M. Dutrochet dans ses recherches sur la température des animaux inférieurs, est nécessaire pour supprimer le refroidissement dû à l'évaporation, refroidissement dont la valeur pourrait n'être pas la même pour toutes les soudures, si l'expérience se faisait à l'air libre.

Les choses étant ainsi disposées, on attend que l'aiguille du galvanomètre soit arrêtée au zéro du cadran indicateur. Alors on fait passer le courant d'un appareil d'induction le long du rachis de l'animal. Cette excitation, portant sur la moelle, a pour effet de tétaniser les muscles de la cuisse, encore reliée à l'animal par ses nerfs. Cette excitation étant prolongée pendant une durée de deux ou trois minutes, on obtient finalement une déviation maximum de l'aiguille du galvanomètre, qui, traduite en degrés centigrades, accuse dans la cuisse contractée une élévation de température qui peut atteindre 0°,14 ou même 0°, 18.

Les recherches faites sur l'homme et sur le chien (Becquerel et Breschet), celles faites sur la grenouille (Helmholtz), ont donc mis en évidence l'élévation de température du muscle pendant la contraction. J'ajoute qu'à l'aide d'appareils et d'aiguilles thermo-électriques spéciaux (dont nous parlerons plus loin), nous avons également, et à maintes reprises, constaté le même fait sur des animaux divers et sur l'homme.

Tandis que la température du muscle qui se contracte s'élève, la proportion d'oxygène qu'il consomme et la quantité d'acide carbonique qu'il produit s'élèvent également.

Alexandre de Humboldt, d'illustre mémoire, avait constaté, il y a déjà longtemps, que la contractilité musculaire persistait plus longtemps dans l'air que dans l'hydrogène, l'azote ou l'acide carbonique ; plus longtemps dans l'oxygène que dans l'air : ce qu'observèrent, plus tard aussi, M. Tiedemann et M. Valentin. Quelques expériences entreprises sur le cœur de trois suppliciés avaient conduit Nysten aux mêmes résultats.

M. Georges Liebig a exécuté, plus récemment, un grand nombre d'expériences qui ont de l'analogie avec les précédentes. Son travail renferme plusieurs tableaux dans lesquels il examine l'influence des divers gaz sur le pouvoir contractile des muscles. Dans ces tableaux, toujours l'oxygène tient la tête, puis vient l'air atmosphérique.

Les premiers dosages de l'oxygène consommé et de l'acide carbonique produit dans un muscle qui se contracte ont été faits par M. Matteucci. Après

[1] Ce procédé, qui a l'avantage de placer toutes les soudures dans le milieu même dont on veut apprécier les variations de température, a été mis en usage autrefois par M. Dutrochet dans ses délicates recherches sur la température des insectes. Pour apprécier la température propre du corps de l'animal, il traversait, à l'aide d'une de ses aiguilles (fer et cuivre), le corps de l'animal vivant, et, à l'aide de l'aiguille de comparaison, le corps d'un animal *mort* de la même espèce,

avoir, comme ses devanciers, constaté que les muscles frais de la grenouille absorbent de l'oxygène et exhalent de l'acide carbonique[1], il a cherché dans quelle mesure la contraction musculaire intervenait pour modifier les proportions de l'échange.

Les trains postérieurs de cinq grenouilles, pesant ensemble 34gr,3, sont placés dans un flacon de 85cc,185 de capacité, renfermant de l'air. Au bout d'une heure (les muscles ayant été laissés au *repos*), on trouve qu'il y a eu 1cc,075 d'oxygène absorbé, et 0cc,907 d'acide carbonique exhalé. Les trains postérieurs de cinq grenouilles, pesant ensemble 34gr,2, sont placés dans un flacon de 82cc,828 de capacité, renfermant de l'air, puis on sollicite la *contraction* musculaire dans ces muscles. Au bout de *vingt minutes* seulement, on trouve dans le milieu gazeux 2cc,723 d'oxygène absorbé, et 2cc,508 d'acide carbonique exhalé.

C'est ici le lieu de rappeler (avant d'aller plus loin) que, dans ses expériences sur les muscles au *repos*, M. Georges Liebig avait, dans quelques-unes d'entre elles, enlevé tout le sang que contenaient les vaisseaux du muscle, en faisant traverser l'appareil circulatoire par un courant d'eau distillée. Or, des muscles, ainsi dépouillés de tout leur sang, ont réagi sur l'air absolument comme les autres. M. Georges Liebig avait déjà, à cette époque, tiré de ses recherches cette conclusion que, sur le vivant, la formation d'acide carbonique n'a pas lieu dans les vaisseaux du muscle, mais dans le tissu du muscle lui-même, et que l'oyygène apporté par le sang s'échange au travers des parois des vaisseaux capillaires avec l'acide carbonique produit dans le muscle. Cette manière de voir, qui a été contestée depuis par MM. Voit, Fick, Wisclicenus, Frankland, Heaton, etc., a été récemment confirmée par de nouvelles recherches de M. Hermann. Le travail chimique corrélatif à la contraction s'accomplit dans la substance du muscle lui-même. L'oxygène apporté par la circulation traverse les parois des vaisseaux capillaires, et entre en combinaison *immédiate* avec la substance musculaire; *immédiate*, car les muscles frais, placés dans le vide, ne fournissent jamais d'oxygène, mais seulement de l'acide carbonique et de l'azote.

M. Cl. Bernard a abordé ce sujet avec sa supériorité habituelle. Au lieu d'agir sur des muscles ou sur des membres séparés de l'animal, il a pris pour sujet de ses recherches l'animal vivant. Ayant constaté que le sang veineux qui vient d'un muscle est d'autant plus foncé que le muscle s'est contracté avec plus d'énergie; ayant constaté, d'autre part, que la température du sang veineux qui sort d'un muscle est plus élevée quand le muscle se contracte que quand il est au repos; il a recherché, dans le sang qui traverse le muscle, les résultats chimiques du travail musculaire. Il met à découvert les vaisseaux qui vont se distribuer dans le muscle droit antérieur de la cuisse[2] et il recueille une certaine quantité de sang dans l'*artère*, et une même quantité dans la *veine*, soit pendant la période de repos, soit pendant la période d'activité du muscle (activité mise en jeu par les courants interrompus d'une bobine d'induction). Or, tandis que le sang qui arrivait au muscle par l'artère contenait, par exemple, 9cc,31 d'oxygène, le sang

[1] M. Matteucci a aussi trouvé que le muscle exhale une faible proportion d'azote. Pour lui, la respiration des muscles est tout à fait analogue à la respiration pulmonaire. M. Hermann a également trouvé que des muscles frais, *placés dans le vide*, exhalent de l'acide carbonique et de l'*azote*.

[2] On choisit ce muscle parce que l'artère principale qu'il reçoit et la veine principale qu'il donne sont nettement isolées des autres vaisseaux de la cuisse.

veineux qui en sortait contenait encore 8cc,21 d'oxygène quand il était au repos; pendant la période de contraction, le sang veineux n'en contenait plus que 3cc,31.

Un muscle à l'état de contraction consomme donc, sur l'animal vivant, une proportion d'oxygène très supérieure à celle qu'il absorbe à l'état de repos. L'analyse démontre toutefois que, même à l'état de repos, sa consommation d'oxygène a une certaine valeur. Mais il ne faut pas oublier que l'état de *repos* d'un muscle n'est pas le repos absolu. Tout muscle en relation à l'aide de ses nerfs avec le système nerveux central est dans un état permanent de tension qu'on nomme *tonicité* (voyez § 227), et qui disparaît instantanément par la section de ses nerfs. Un muscle à l'état de repos n'est donc pas un muscle à l'état d'inertie absolue comme l'est, par exemple, un muscle séparé de ses communications avec le système nerveux; en d'autres termes, un muscle à l'état de repos n'est pas un muscle *paralysé*. En analysant le sang qui sort d'un muscle paralysé (par la section de ses nerfs), M. Bernard a constaté que ce sang veineux contient une proportion d'oxygène qui diffère peu de celle que contient le sang artériel qu'il reçoit. La coloration du sang veineux qui sort d'un muscle *paralysé* est d'ailleurs peu différente de la coloration du sang artériel [1].

La respiration musculaire (c'est-à-dire l'absorption d'oxygène et l'exhalation d'acide carbonique) n'est pas la seule manifestation nutritive du tissu musculaire, capable d'engendrer de la chaleur. Les muscles qui se contractent sont encore le théâtre d'autres transformations chimiques appréciables. Tout muscle au repos est alcalin comme la plupart des tissus de l'économie. Lorsqu'un muscle s'est contracté pendant quelque temps (l'expérience est facile à reproduire, il suffit d'exciter un muscle jusqu'à la fatigue), il devient neutre, puis acide (cet acide est l'acide sarco-lactique). De plus, la créatinine (principe alcalin) qu'il contient passe à l'état de créatine (principe neutre). Ces transformations diverses sont de l'ordre des oxydations. On en peut dire autant des suivantes. Si on fait digérer dans l'alcool des fragments de muscles qui ont été soumis à des contractions énergiques et répétées, on trouve que la proportion des matières solubles (dans l'alcool) que contiennent ces muscles l'emporte sur la proportion que donne un égal poids de muscles pris sur le même animal au repos. M. Helmholtz prend, par exemple, deux membres postérieurs d'une même grenouille dont il a enlevé la peau. Il sollicite la contraction de l'un des membres par 400 ou 500 décharges d'un appareil d'induction, et il laisse l'autre au repos pendant le même temps. Puis, les muscles de chaque membre sont détachés, pesés et soumis à l'alcool. Les matières extractives solubles dans ce liquide s'y trouvent dans les proportions suivantes :

[1] Dans un muscle paralysé la *respiration musculaire* est donc fort ralentie. Dans les expériences citées plus haut de MM. G. Liebig, P. Bert, Matteucci, il est vrai que les fragments de muscles (analogues à des muscles paralysés) placés dans l'air atmosphérique ont absorbé de l'oxygène et exhalé de l'acide carbonique en proportions relativement assez élevées; il ne faut pas oublier que ces expériences ont duré *une heure*, tandis que l'expérience dont il est ici question ne dure que le temps qu'il faut au sang qui circule pour entrer dans le muscle et pour en sortir.

EXTRAIT ALCOOLIQUE POUR 100 GRAMMES DE MUSCLES

GRENOUILLES	MUSCLES AU REPOS	MUSCLES SOUMIS A LA CONTRACTION	RAPPORT
1re.....	0gr,606	0gr,752	:: 1 : 1,24
2e.....	0 ,427	0 ,569	:: 1 : 1,33
3e.....	0 ,481	0 ,664	:: 1 : 1,38
4e.....	0 ,493	0 ,652	:: 1 : 1,32
5e.....	0 ,433	0 ,575	:: 1 : 1,33

La constitution chimique du muscle est donc modifiée durant la contraction, et cette modification entraîne, outre l'augmentation de l'exhalation gazeuse de l'acide carbonique, une augmentation dans le chiffre des matières extractives.

Lorsqu'on cherche à répéter les expériences de M. Helmholtz sur les muscles des animaux à sang chaud, on éprouve quelques difficultés à cause de la plus grande rapidité dans la disparition de l'*excitabilité* des muscles séparés du corps de l'animal. Mais ce qu'on perd par la rapide disparition de l'excitabilité, c'est-à-dire par le peu de durée possible de l'expérience, on le regagne, en partie, par l'intensité de l'action musculaire, si bien que le résultat, quoique moins marqué, est encore significatif. Deux portions (égales en poids) des muscles pectoraux du pigeon ont donné :

EXTRAIT ALCOOLIQUE POUR 100 GRAMMES DE MUSCLES

PIGEONS	MUSCLES AU REPOS	MUSCLES SOUMIS A DES CONTRACTIONS RÉPÉTÉES
Extrait aqueux.....	0gr,64	0gr,73
Extrait alcoolique.....	0 ,58	0 ,68

Dans des recherches plus récentes, M. Ranke est arrivé à des résultats analogues [1].

M. Basler, il est vrai, en opérant, *non sur des muscles séparés du corps*, mais sur des grenouilles vivantes dont l'une des cuisses avait à mouvoir un poids additionnel, tandis que l'autre était libre, et chez laquelle on excitait des contractions vives, à des intervalles réguliers, et pendant une heure, n'a pas trouvé de différences sensibles dans la proportion des matières extractives (aqueuses et alcooliques) des deux membres. Mais les conditions expérimentales dans lesquelles s'est placé M. Basler sont absolument différentes. Sur les animaux sur lesquels portait l'expérience, la circulation continuait, les échanges entre le sang et les tissus s'exécutaient librement, et les produits solubles du travail musculaire étaient entraînés par le sang au fur et à mesure de leur production.

Revenons à l'homme. A l'époque de ses recherches sur la température animale, Davy avait déjà observé que l'exercice élevait la température générale du corps; qu'après une promenade prolongée, le thermomètre, placé sous la langue ou dans l'urine excrétée, accusait une élévation de plusieurs fractions de degré sur la température de la même personne au repos. M. Mantegazza et plus récemment M. Jürgensen ont varié beaucoup ce genre d'épreuves. M. Jürgensen a constaté qu'un travail très énergique continué aussi longtemps que l'homme le peut supporter, c'est-à-dire pendant une heure et demie, est capable d'élever la température générale du corps (prise dans le rectum) de 1°,2. M. Hankel (1873), à l'aide d'un appareil thermo-électrique (analogue aux bracelets thermo-électriques que nous avons fait construire autrefois), a également constaté que la température prise à la surface de la peau des membres, convenablement entourés de corps mauvais conducteurs de la chaleur, s'élève notablement à la suite de contractions vives par propagation de la chaleur développée au sein des muscles sous-jacents.

[1] D'après M. Ranke, les matières extractives qui se trouvent en plus grande proportion dans un muscle qui a travaillé ne correspondent pas seulement à une petite partie de la substance azotée du muscle devenue soluble tout en restant substance azotée; il pense que la transformation va plus loin et qu'il s'engendre des substances ternaires.

MM. Valentin et Vierordt avaient, d'ailleurs, et depuis longtemps, établi (et le nombre des expériences de ce genre s'est singulièrement multiplié depuis cette époque) qu'à l'élévation de la température causée par l'exercice correspondait, chez l'homme, une élévation dans les proportions de l'acide carbonique exhalé, ce qu'avait aussi (avant eux) constaté M. Lassaigne.

De même que l'exercice augmente la température du corps, de même l'immobilité absolue produit un effet opposé; Legallois l'avait déjà remarqué. Dans les laboratoires de physiologie où on *immobilise* les animaux sur la gouttière d'expérience, c'est un effet qu'on remarque constamment quand cette immobilisation est prolongée. La température d'un lapin (prise dans le rectum) peut s'abaisser, dans ces conditions, de plus de 2 degrés. Chez les chiens, qui réagissent plus vivement que les lapins par des contractions musculaires violentes, la température peut s'élever dans les premiers moments, pour s'abaisser ensuite quand l'expérience est poussée assez loin. Lorsqu'on place les animaux sous l'influence du curare qui a pour effet de suspendre l'action du système locomoteur par la sidération de l'élément nerveux incitateur du mouvement, la température générale de l'animal s'abaisse assez rapidement de 2 à 3 degrés.

Il est donc surabondamment démontré que la contraction musculaire est accompagnée de chaleur et d'un surcroît d'oxydation au sein de l'organe contractile. Mais il est, dans la contraction des muscles, un élément capital dont les expérimentateurs ne s'étaient pas jusqu'ici préoccupés et que nous avons, le premier, cherché à résoudre par la voie expérimentale.

La contraction musculaire, qu'elle soit volontaire ou qu'elle soit provoquée, peut se manifester de deux manières très différentes.

1° Tantôt les leviers osseux sur lesquels les muscles s'insèrent sont, pendant la contraction du muscle, maintenus immobiles dans des positions variées, et la contraction qui s'opère dans le muscle n'est point accompagnée de mouvements; en d'autres termes, la force ou la puissance développée dans le muscle qui se contracte est maintenue en équilibre, pendant toute la durée de la contraction, par une résistance qui n'est pas surmontée. Cette résistance non surmontée, ou, pour mieux dire, *équilibrée*, est tantôt le simple poids des parties, comme par exemple dans beaucoup d'attitudes fixes des membres ou du tronc; tantôt cette résistance équilibrée consiste dans des poids additionnels ou simplement dans la contraction synergique de muscles opposés, ce qui fait que

l'action musculaire s'exerce parfois avec une grande puissance, tout en n'entraînant pas de mouvement dans les parties.

Nous désignons cette forme de contraction musculaire, non suivie d'effets mécaniques extérieurs, sous le nom de *contraction musculaire statique*.

2° Tantôt, au contraire, les leviers osseux sur lesquels s'insèrent les muscles qui se contractent obéissent à la puissance qui tend à les mouvoir, et cette force peut non seulement mettre en mouvement les leviers osseux mobiles garnis de leurs parties molles, mais encore soulever des poids additionnels, vaincre ou surmonter des résistances variées.

Nous désignons cette forme de contraction musculaire, accompagnée d'effets mécaniques extérieurs, sous le nom de *contraction musculaire dynamique*.

Exemple : je suppose que l'avant-bras soit à demi fléchi sur le bras, nous pouvons évidemment le maintenir *fixe et immobile* dans cette position ; si l'avant-bras est libre, la contraction musculaire est équilibrée par le poids de l'avant-bras. On peut rendre cette contraction plus énergique, en chargeant de poids l'avant-bras.

D'un autre côté, la contraction des muscles du bras peut être employée à *mouvoir* l'avant-bras, libre ou chargé de poids, etc.

Dans nos expériences nous avons examiné l'action musculaire *statique* et l'action musculaire *dynamique* sous le rapport thermique, c'est-à-dire que nous avons cherché à apprécier, à l'aide d'une méthode expérimentale nouvelle et aussi rigoureusement que possible, les diverses quantités de chaleur développées au sein des muscles dans ces deux états différents.

Nos premières tentatives ont porté sur les grenouilles, animaux de petit volume, faciles à mettre en expérience, et doués d'une activité musculaire énergique, eu égard à leur taille.

Dans ces expériences, nous avons eu recours à un appareil thermo-électrique. Ces expériences, dans lesquelles certaines parties doivent être mises en mouvement, ne nous ont pas permis de recourir aux éléments thermo-électriques de M. Helmholtz, lesquels, reliant ensemble les deux membres postérieurs de l'animal, les rendent solidaires l'un de l'autre.

Nous nous sommes donc servi, dans le principe, d'aiguilles construites sur les données de M. Becquerel, c'est-à-dire d'aiguilles à soudure médiane (fer et cuivre), tout en leur donnant plus d'épaisseur, car les aiguilles trop fines apportent au courant un obstacle qui diminue les déviations galvanométriques, de telle sorte que les différences minimes de température sont alors difficiles à saisir. Nos aiguilles, construites par M. Duboscq, avaient 8 centimètres de longueur et 2 millimètres d'épaisseur ; mais, après un certain nombre de tentatives, nous avons été obligé d'y renoncer, parce que, dans les muscles *en mouvement* dont nous cherchions à apprécier la température, ces aiguilles, qui suivent le mouvement des muscles, se déplacent sans cesse, si bien que la soudure, glissant dans la plaie, se présentait souvent au dehors, et tous les résultats se trouvaient renversés.

Les aiguilles à soudure *termino-latérale*[1], employées par M. Dutrochet, offraient les mêmes inconvénients.

[1] Les aiguilles à soudure termino-latérale sont composées de deux métaux, mais les deux pièces, au lieu d'être soudées par leur partie moyenne, le sont à l'une de leurs extrémités. C'est cette *extrémité-soudure* qui, affilée en pointe, est enfoncée dans les tissus.

Dès lors nous avons fait construire de petits *hameçons* à deux tiges (fer et cuivre) dont la soudure correspond à l'ardillon (Voy. fig. 98). Une fois introduites dans les muscles, nos aiguilles en hameçon ne sont pas sensiblement déplacées dans les divers mouvements de l'animal.

Ces aiguilles ont sur les aiguilles à soudure médiane encore un autre avantage, c'est qu'elles demeurent à poste fixe dans le circuit galvanométrique, et qu'il n'est pas nécessaire de rompre le circuit à chaque expérience (pour introduire les aiguilles dans les parties), et de le rétablir ensuite. Le circuit est toujours fermé ; c'est ce qu'on concevra facilement en jetant les yeux sur la grenouille en expérience représentée dans la figure 98.

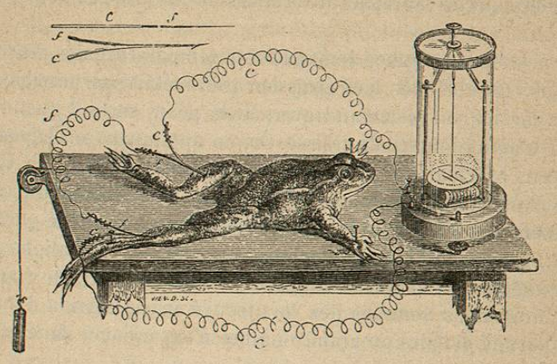

Fig. 98.

Nota. A la partie supérieure de cette figure, on voit : 1° une aiguille thermo-électrique (cuivre et fer) à soudure *médiane* ; 2° une aiguille thermo-électrique (cuivre et fer), en hameçon, à soudure *terminale*.

Je me bornerai à indiquer ici le procédé d'expérience le plus démonstratif ; il consiste à solliciter les deux modes de contraction *simultanément* sur le même animal. La grenouille n'est soumise à aucune mutilation ; elle est fixée solidement par les deux membres antérieurs. L'un des membres postérieurs est maintenu fixé dans l'extension, tandis que l'autre est libre, et peut mouvoir un poids léger. Les hameçons thermo-électriques, faisant partie du circuit galvanométrique, sont introduits dans chaque mollet (Voy. fig. 98).

La contraction musculaire des deux membres postérieurs est sollicitée par le courant d'une pile, de la même manière que précédemment. L'aiguille du galvanomètre accuse ici d'une *manière directe* l'excès de l'une des températures sur l'autre, et cet excès est en faveur du *membre fixé*, c'est-à-dire que la température s'élève plus dans le membre qui se contracte étant fixé que dans celui qui peut *mouvoir* et *soulever* un poids.

Mais, en examinant avec attention les données de ces expériences, il est facile de se rendre compte de l'impossibilité d'apprécier ainsi la véritable valeur des quantités de chaleur produites dans les deux états de contraction des muscles. Il se peut, en effet, que, sur les grenouilles mises en expérience, et quoique la source d'excitation fût la même, la contraction du membre fixé fût parfois plus énergique que celle du membre chargé d'un poids, la grenouille proportionnant, en quelque sorte, l'énergie de la contraction musculaire à la résistance à vaincre. En second lieu, et c'est là surtout ce qui ne permet pas