système nerveux central, n'est pas compatible avec des différences électriques sensibles entre les diverses parties d'un muscle normal au repos. »

Quant au *courant d'action*, le seul que M. Hermann admette, c'est-à-dire celui qui se développe dans le muscle au moment où il se contracte, il l'explique par les modifications concomitantes de l'acte contractile qui se succèdent dans toute l'étendue de la fibre musculaire.

En somme, dit M. Hermann, « la substance contractile est douée de cette remarquable propriété qu'elle répond par une réaction électro-motrice à toute influence aussi bien *destructive* qu'*excitatrice*, et de telle sorte, que la partie modifiée se constitue à l'état négatif vis-à-vis de la partie qui ne l'est pas ». Telle est également la conclusion générale des expériences de M. Berstein, faites à l'aide d'un très ingénieux instrument que l'auteur désigne sous le nom de *rhéotome différentiel* : « chaque point excité d'un muscle, dit M. Bernstein se comporte négativement par rapport au point voisin qui est en repos. » La durée de cette *négativité* est de 4 millièmes de seconde et sa vitesse de transmission, égale à celle de la contraction, n'a pas de période latente, tandis que la contraction (comme on le sait) a une période latente de 1 centième de seconde. La *négativité* précède donc, en chaque point, la contraction et elle cesse avant que le raccourcissement ne commence. On peut dire par conséquent qu'une *onde de négativité* précède l'onde de contraction. M. Hermann montre encore, à l'aide de la double expérience de M. Aeby (Voy. page 41), que tous les phénomènes d'électricité dynamique qu'on peut constater dans les muscles doivent être rattachés aux métamorphoses nutritives qui accompagnent le transport de l'onde musculaire, attendu que par l'*excitation totale* (excitation appliquée simultanément aux deux bouts du muscle) la constatation du courant musculaire d'action est aussi impossible que celle de l'onde musculaire elle-même. La figure 146 représente l'appareil dont il s'est servi, et dont la légende donne une suffisante explication [1].

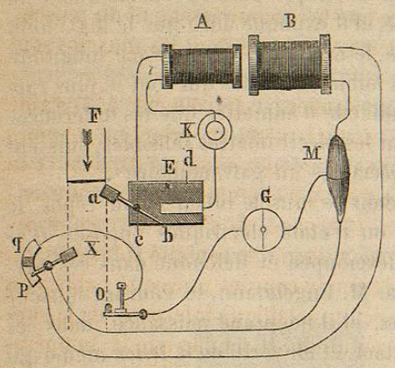

Fig. 146.
RHÉOTOME DE M. HERMANN.

A, Bobine du courant *inducteur*.
B, Bobine du courant *induit*.
G, Galvanomètre.
K, Pile.
M, muscle.
F, masse de laiton pouvant glisser de haut en bas entre deux guides métalliques de 1m,50 de hauteur, représentée sur la fig. par deux lignes ponctuées.
Pendant sa chute, cette masse rencontre la tête du levier X et appliquant le bras opposé de ce levier sur la pièce de laiton *q*, *ferme* le circuit galvanométrique. Presqu'aussitôt, la masse *F* tombe sur le contact du levier O et *rouvre* le circuit galvanométrique. L'intervalle compris entre ces deux actes (*fermeture*, *rupture*) est mesuré par la durée du déplacement du levier X entre *p* et *q*.
Avant la fermeture du circuit galvanométrique le corps tombant saisit le levier *a c b* fixé sur la pièce E et le pousse au contact de la languette de platine *d* (qui se détache en blanc) et par-delà cette languette, *fermant* ainsi le courant inducteur de la Bobine *A* et le *rompant* aussitôt (si on ne veut qu'une décharge de rupture, on place par avance *b* sur *d*).
La figure montre que le courant induit de la Bobine B qui actionne le muscle est ouvert entre le moment de l'excitation du muscle et le moment de la fermeture du circuit galvanométrique c'est-à-dire pendant le trajet du levier *X* entre *p* et *q*.

[1] Une expérience, déjà ancienne, de MM. Legros et Onimus, montre également que le courant musculaire d'action (qu'on appelait alors l'oscillation négative de M. du Bois-Reymond) est déterminé par la série ondulatoire des actions chimiques dont le muscle est le siège. On plonge dans

En somme, le courant musculaire du muscle au repos, et aussi les divers courants qu'on peut mettre en évidence par un artifice expérimental dans divers tissus animaux et végétaux, sont des courants provoqués. Lorsque les parties sont dans leur état d'intégrité et dans leurs rapports normaux, les états électriques moléculaires qu'engendrent les métamorphoses de la nutrition se neutralisent sur place. On ne peut donc pas dire, qu'il y a de l'électricité à l'état *dynamique* (c'est-à-dire à l'état de courant), dans les muscles au repos. De véritables courants, d'ailleurs très faibles, ne prennent naissance que dans les muscles *en action* et, ne sont, au même titre que le raccourcissement du muscle, que l'une des manifestations des phénomènes chimiques dont les muscles sont le siège.

Aux diverses preuves que nous avons données relativement à l'origine chimique du courant musculaire, en voici une dernière. On prend un membre dépouillé de grenouille et on le place pendant quelques minutes dans de l'eau à 37° centigrades. Puis on détache un muscle et on y cherche le courant musculaire suivant la méthode ancienne (Voy. fig. 137, page 58), c'est-à-dire en pratiquant une surface de section. Or, si on procède avec une rapidité suffisante, on constate, ainsi que l'a montré M. Pickford, que le courant provoqué habituel a changé de direction, il se dirige, dans le circuit métallique interposé, de la surface de section du muscle vers la surface naturelle. Il semble que la température ait eu pour effet (comme dans la plupart des réactions chimiques) de développer les métamorphoses chimiques à la surface du muscle plus directement affecté par la chaleur que la profondeur, de telle sorte que les actions chimiques qui s'accomplissent en ce point l'emportent temporairement sur celles qui se passent à la surface de section. Du reste, et au bout de peu de temps, les métamorphoses qui s'accomplissent à la surface de section reprennent leur prépondérance et le courant musculaire qu'on obtient dans ces conditions reprend sa direction ordinaire.

De la chaleur musculaire. — Les développements dans lesquels nous sommes entré précédemment (Voy. CHALEUR ANIMALE, § 165 et § 165 *bis*, PREMIÈRE PARTIE) nous permetteront d'être brefs. Rappelons, d'abord, que les muscles représentent, par leur masse, une partie importante du poids du corps; que les métamorphoses chimiques qui s'accomplissent en eux à l'état de repos et surtout dans l'état de contraction engendrent de grandes quantités de chaleur ; qu'enfin, dans son ensemble, le système musculaire peut être considéré comme le principal producteur de la chaleur dans le corps de l'animal vivant.

Quelques physiologistes ont signalé, au moment où débute la contraction musculaire, un léger abaissement de température. Les recherches très précises et très délicates de M. Heidenhain ont montré qu'il y avait là une illusion qui devait être mise sur le compte de la méthode d'observation [1].

deux muscles identiques d'un même sujet et aux mêmes points, deux aiguilles identiques, et on les relie par le circuit galvanométrique ; on attend que l'aiguille de l'instrument soit au zéro, et on fait contracter énergiquement l'un des muscles, l'autre restant au repos. Le muscle contracté devient *électro-négatif* par rapport à l'autre.

[1] Rien n'est plus difficile à manier que les aiguilles thermo-électriques employées à la mesure des températures, surtout lorsque les différences portent sur des fractions de degrés centigrades. Le *déplacement* des aiguilles au moment où la contraction débute, déplacement presque impossible à éviter, explique cette méprise. C'est par cette raison que, dans nos expériences sur la chaleur animale, toutes les fois que nous avons dû recourir aux aiguilles thermo-électriques, nous avons fait construire des aiguilles à *soudures terminales* et à *hameçons* (V. § 165 *bis*).

Dans nos recherches sur la température des muscles dans ses rapports avec le travail utile produit par la contraction musculaire, nous avons établi que pour l'élévation d'un poids constant (c'est-à-dire pour une tension constante du muscle, pendant toute la durée de la contraction) la somme travail et température est proportionnelle à la durée et à l'intensité de la contraction.

Les résultats obtenus par M. Heidenhain et que quelques personnes, étrangères aux questions de la thermo-mécanique, ont cru devoir opposer à ceux que j'avais obtenus moi-même, ont un très haut intérêt, mais ne touchent en rien au problème que nous nous étions proposé de résoudre. M. Heidenhain sollicite la contraction des muscles isolés de grenouille, chargés de *poids variés*. Il obtient la hauteur d'ascension du poids à l'aide d'un tracé graphique, et la température, à l'aide d'un appareil thermo-électrique. Il trouve que la chaleur croît jusqu'à une certaine limite de charge avec le travail, que la chaleur commence à décroître avec une charge qui est à peu près celle qui correspond au travail maximum du muscle; et qu'enfin ces deux *maxima* (maximum température, et maximum travail) sont d'autant moins élevés que le muscle se fatigue davantage. En d'autres termes, et plus simplement, pour ne considérer que la production de chaleur, M. Heidenhain montre par ses expériences que la quantité de chaleur qui devient libre dans un muscle, qui se contracte en travaillant, dépend de la tension du muscle, c'est-à-dire de la charge qu'il meut. Or dans nos expériences de comparaison (expériences statiques, expériences dynamiques), *cette tension étant constante*, nos résultats sont absolument comparables eu égard aux quantités de chaleur dégagées.

Réalisant une pensée qui nous avait souvent préoccupé à l'époque de nos recherches sur la chaleur musculaire, M. A. Fick a construit un appareil très ingénieux et qui permet d'appliquer aux muscles séparés du corps des animaux la méthode que nous avions mise en usage chez l'homme (Voy. § 165 *bis*, PREMIÈRE PARTIE). Cet appareil que M. Fick nomme *collecteur de travail* (Arbeitssammler) a pour effet, un muscle ayant par sa contraction élevé un certain poids à une certaine hauteur, de fixer le poids au point où il est parvenu, tandis que le muscle se relâche; de sorte que, quand le muscle se contractera de nouveau sous l'influence d'une nouvelle excitation, il reprendra le poids pour le porter plus haut; et ainsi de suite (Voy. fig. 147). Il en résulte qu'en additionnant toutes les élevations du poids (lesquelles s'additionnent d'elles-mêmes sur la roue graduée), on obtient ainsi en grammètre le travail accompli, en même temps que la chaleur produite est *recueillie* à l'aide de l'appareil thermo-électrique de M. Heidenhain. En desserrant les pièces qui pressent sur le disque, on peut, d'une autre part, mesurer la chaleur développée dans le muscle alors qu'il soutient à la descente le poids que dans les expériences précédentes il ne faisait qu'élever durant son état actif. Avec cet appareil on pouvait ainsi comparer le travail *utile* avec le travail *nul*, pour une même somme d'énergie.

Dans ces expériences, comme dans les nôtres, toutes les fois qu'il n'y avait aucun travail utile de produit, la chaleur était plus grande que dans le cas contraire. Quand le muscle travaillait, il pouvait utiliser entre 35 à 55 pour 100 de l'énergie dépensée. Ces variations dépendaient de l'*état* du muscle. Il faut remarquer en effet, et cette observation s'applique à toutes les expériences de cette nature, qu'un muscle *extrait du corps* d'un animal n'est pas absolument

comparable au muscle de l'animal vivant qui jouit de tous ses rapports de nutrition.

M. Nawalichin a signalé un fait qui peut ne pas être sans application en ce qui concerne l'utilisation raisonné du travail humain, à savoir que plusieurs contractions de force moyenne et qui exécutent un travail, développent ensemble une somme de chaleur moindre qu'une seule contraction énergique qui exécute le même travail. Ce qui tend à prouver (ainsi que les expériences de M. Heidenhain l'avaient déjà montré) que le travail *intérieur* qui s'accomplit dans le

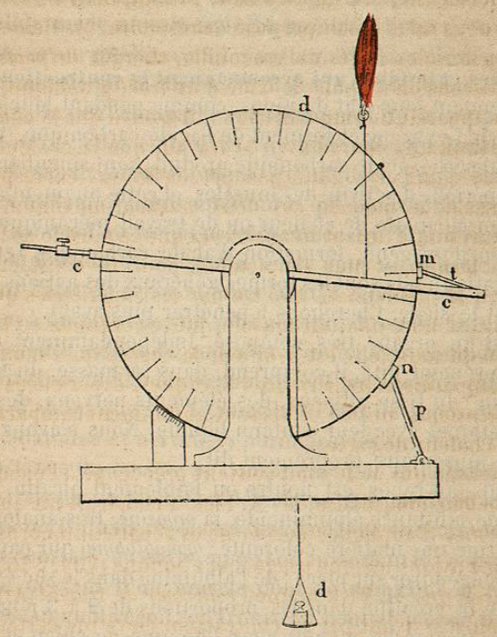

Fig. 147.
Le collecteur de *Travail* (Arbeitsammler) de M. Fick.

d, disque de laiton mobile autour d'un axe central.
cc, châssis sur lequel se fixe le muscle, et que celui-ci entraîne dans ses contractions.
t, tige faisant partie du châssis et pressant contre le disque *d* à l'aide de la petite pièce *m*.
m, petite pièce de bois.
p, levier pressant également à l'aide de la petite pièce de bois *n*, contre le disque. La direction de ce levier est telle que le disque qui tourne quand le châssis *c* monte, ne peut plus redescendre, quand le châssis reprend sa place.
n, petite pièce de bois.
b, plateau de balance pouvant recevoir un poids. Le fil de suspension s'enroule autour d'une bobine qui fait corps avec l'axe du disque tournant.

muscle lui-même et qui apparaît comme chaleur, est plus grand dans le dernier cas que dans le premier, et que c'est autant de perdu pour le travail *extérieur*, c'est-à-dire pour le travail *utile*. D'où il résulte qu'il vaut mieux, pour surmonter une grande résistance ou pour exécuter une somme de travail donnée, beaucoup de petits efforts successifs qu'un petit nombre de grands [1].

Au moment où la rigidité cadavérique s'empare des muscles, il y a (on pouvait le prévoir) une petite quantité de chaleur mise en liberté. MM. Dybkowski et

[1] Les dispositions relatives des agents actifs (muscles) et des agents passifs (os) de la locomotion, ainsi que nous le verrons plus loin, sont en parfait accord avec cette donnée générale.

Fick ont pu constater sur la grenouille des différences de 0°,07 et sur le lapin de 0°,2.

Le pouvoir conducteur des muscles pour la chaleur est, suivant M. Adamkiewicz, 1542 fois moindre que celui du cuivre, 2 fois moindre que celui de l'eau.

Mesurée à l'aide de la méthode des mélanges, la chaleur spécifique des muscles a été trouvée égale à 0,76 (Adamkiewicz) ; mesurée par la voie calorimétrique, elle a donné 0,82. (Rosenthal.)

§ 227 *bis*.

Métamorphoses chimiques qui accompagnent la contraction musculaire. — Les muscles, pendant leur état de repos, comme pendant leur état de contraction, absorbent de l'oxygène et forment de l'acide carbonique. Mais ces proportions (oxygène absorbé, acide carbonique produit) sont singulièrement augmentées pendant la période d'activité des muscles, et cette augmentation correspond à une production adéquate de chaleur ou de travail mécanique [1].

Consommation d'oxygène, formation d'acide carbonique (et aussi d'autres produits d'oxydation), tels sont les termes généraux des actions chimiques dont les muscles sont le siège. Cherchons à pénétrer plus avant.

Le muscle est un organe très composé. Indépendamment de la substance musculaire proprement dite, il comprend, dans sa masse, du tissu conjonctif, du tissu élastique, du tissu adipeux, des éléments nerveux, des vaisseaux sanguins et lymphatiques avec leur contenu liquide. Nous n'avons à nous occuper ici que du tissu musculaire proprement dit.

Le muscle frais, au repos, est neutre ou faiblement alcalin. Principalement constitué par une substance albuminoïde, la *myosine*, très analogue à la fibrine ; le muscle renferme une matière colorante (*hémoglobine*) qui paraît ne pas venir du sang, mais s'engendrer sur place ; de l'albumine dans le suc extrait du muscle par pression ; de la créatine dans les proportions de 2 à 3 pour 1000 (ces proportions sont à peu près les mêmes chez l'homme, le chien et le lapin) ; de la créatinine en plus faibles proportions (mais il convient de remarquer que cette substance, très fugitive, disparaît rapidement et qu'elle est généralement dosée trop bas dans les analyses) ; de la xanthine et de l'hypoxanthine, qu'on trouve aussi dans d'autres tissus, et qu'on peut considérer comme les antécédents de l'acide urique [2] ; de la taurine (?) [3] ; on y trouve encore de l'urée. La présence de cette dernière substance dans les muscles a été longtemps contestée ; elle ne peut plus l'être depuis les analyses récentes de M. Picard. Il y a dans les muscles d'un chien à jeun environ 2gr,4 d'urée pour 1000 et dans les muscles d'un chien bien nourri environ 2gr,6. M. Picard a trouvé dans les muscles du lapin jusqu'à 3 p. 1000 d'urée. Dans les muscles d'un supplicié (homme), M. Picard en a trouvé des proportions analogues, c'est-à-dire 2gr,6 p. 1000. On trouve aussi dans les muscles des substances non azotées ou hydrocarbonées

[1] Voyez pour les développements, § 165 *bis*, 1re partie, pages 534, 541 et suivantes.

[2] L'acide urique n'a pas été trouvé dans les muscles de l'homme, mais on l'a trouvé dans les muscles des animaux qui rendent comme produits excrémentitiels de grandes quantités d'urates alcalins.

[3] On a trouvé de la taurine *quelquefois*, mais non toujours, dans les muscles de quelques animaux.

telles que du glycogène (de 6 à 9 pour 1000) et de l'inosite, substance non fermentescible qui s'engendre et disparaît dans le muscle.

On trouve encore dans le muscle beaucoup d'eau, de sels (surtout des phosphates de potasse, de chaux et de magnésie en liaison intime avec les éléments organiques), des gaz (savoir des traces d'azote, très peu d'oxygène, beaucoup d'acide carbonique, c'est-à-dire jusqu'à 30 p. 100 du volume du muscle).

Quand l'analyse porte sur le muscle *rigide* (Voy. § 230), on trouve que le muscle présente une réaction *acide*. Le glycogène a disparu, mais il contient des composés nouveaux : du sucre et de l'acide lactique. La myosine, qui était à l'état demi-solide sur le muscle frais, se montre à l'état de coagulation.

La question de savoir quelles sont les métamorphoses chimiques qui s'accomplissent dans le muscle au moment où il se contracte, peut être abordée de la manière suivante. On peut comparer sous le rapport de la composition chimique deux muscles soumis à des états d'activité différents, en ayant soin de les soumettre tous les deux, au même moment, à l'influence d'une température élevée, afin d'arrêter les métamorphoses ultérieures qui pourraient se produire en eux On peut, ainsi que nous l'avons fait précédemmentoy (V. p. 540, PREMIÈRE PARTIE), comparer la composition du sang qui entre dans un muscle et celle du sang qui en sort, dans l'état de repos et dans l'état d'activité. On peut enfin, envisageant la question à un point de vue plus général, doser les ingesta et les excreta pendant des périodes égales de repos et d'activité et comparer entre eux les résultats. Ces diverses méthodes se complètent les unes les autres.

Il est certain d'abord que sur le muscle à l'état de repos et jouissant de ses connexions circulatoires et nerveuses normales, les substances non azotées que contient la substance du muscle se consomment et se détruisent. Lorsque des muscles sont paralysés ou lorsqu'on détermine une paralysie artificielle à l'aide de la section des nerfs qu'ils reçoivent, le glycogène s'accumule dans leur tissu. M. Chandelon a constaté, en outre, que si on maintient les connexions normales avec le système nerveux d'un muscle dont on supprime la circulation par la ligature du vaisseau qu'il reçoit, on trouve au bout de peu de temps une grande diminution du glycogène, ce qui s'explique par la destruction normale et continue du glycogène, lequel n'est plus renouvelé par la circulation [1].

L'expérience a appris peu de chose sur les métamorphoses que subissent les substances azotées qui entrent dans la composition des muscles, pendant la période du repos des muscles. Quant à l'influence du mouvement sur les métamorphoses qui s'accomplissent dans les muscles, on peut la constater soit dans l'ensemble des phénomènes respiratoires, soit dans le tissu musculaire lui-même. En ce qui touche les échanges gazeux de la respiration, on sait depuis longtemps que la quantité d'oxygène consommée et que la quantité d'acide carbonique produit sont liés de la manière la plus étroite avec le repos ou le mouvement. Sur l'animal curarisé (chez lequel le système musculaire est frappé d'une inertie complète), qu'on maintient vivant à l'aide d'une respiration artificielle, on voit rapidement la proportion d'acide carbonique exhalé tomber au tiers, et parfois à la moitié.

Des nombreuses expériences qui ont été tentées sur les muscles isolés, on peut conclure qu'en comparant deux muscles dont l'un est au repos et dont l'autre

[1] Le glycogène des muscles tire son origine d'une transformation de la glycose du sang (Voyez § 187 *bis*, 1re partie).

se contracte, il y a des différences moins prononcées en ce qui touche à la proportion d'oxygène consommé, qu'en ce qui concerne la proportion d'acide carbonique engendré. La différence est toujours plus prononcée en ce qui touche l'acide carbonique produit ; ce qui prouve que l'acide carbonique produit par l'action musculaire provient non pas directement de l'oxygène absorbé, mais des combinaisons intermédiaires qui existent dans les muscles. Ce qui est surtout changé dans ces deux conditions, c'est bien moins la respiration des muscles que leurs métamorphoses nutritives. Ajoutons que, lorsqu'au lieu d'agir à l'aide de fragments de muscles isolés, on examine, comme l'a fait Cl. Bernard, la composition du sang qui sort d'un muscle en repos et d'un muscle qui travaille, on se trouve dans des conditions qui ne sont plus les mêmes ; la consommation de l'oxygène apporté dans le sang qui circule dans l'intimité du muscle et qui en pénètre la masse, est toujours beaucoup plus élevée dans un muscle qui travaille.

Lorsqu'on examine, au point de vue de la quantité d'acide carbonique qu'ils contiennent dans leurs tissus, deux muscles dont l'un est frais et reposé, et dont l'autre a été fatigué par de nombreuses excitations, on trouve que ces proportions sont peu différentes ; ce qui prouve encore que la contraction ne met pas seulement en liberté l'acide carbonique préexistant dans le tissu du muscle, mais qu'il se forme de l'acide carbonique pendant la contraction.

Le problème chimique relatif aux métamorphoses des matières albuminoïdes des muscles pendant la contraction, n'a pas encore été suffisamment examiné dans le muscle lui-même. Quant à la question de savoir quelles elles sont exactement (xanthine, hypoxanthine, créatine ?), ce qu'on sait (Voy. § 165 *bis*, PREMIÈRE PARTIE), c'est que les matières extractives du muscle sont augmentées.

Quant aux proportions des produits excrémentitiels qui s'échappent par diverses voies de sécrétion pendant la période d'activité musculaire comparée à la période de repos, la question n'est pas non plus suffisamment résolue, et le doute existe encore sur la plus importante de ces substances, l'*urée*. Longtemps on a cru, d'après les analyses de MM. Simon et Lehmann, d'après celles de M. Lecanu, de M. Pavy, etc., que l'excrétion de l'urée était augmentée pendant la période d'activité musculaire, mais cette croyance a été fortement ébranlée par des analyses nouvelles. Il faut bien le dire, toutes ces expériences, les nouvelles aussi bien que les anciennes, péchaient par la base, parce qu'elles ne comprenaient pas en même temps le dosage rigoureux de tous les ingesta. Or, on sait que de toutes les conditions capables de faire varier les proportions de l'urée excrétée en un temps donné, l'alimentation tient le premier rang (si bien qu'il est facile de faire varier cette proportion du simple au double, ainsi que nous l'avons fait souvent sur les chiens).

M. Voit, en tenant compte de cette difficulté, n'aurait trouvé que des différences insensibles dans la proportion de l'urée et des autres excreta azotés contenus dans l'urine de vingt-quatre heures d'un homme à *la diète* pendant dix jours consécutifs (pendant l'un de ces dix jours, le sujet de l'expérience avait gardé un repos absolu ; pendant le second, il avait exécuté un travail forcé). Il faut dire néanmoins que la question est loin d'être jugée. D'abord l'urée et les autres extractifs azotés de l'urine ne sont pas les seuls produits d'excrétion qui contiennent de l'azote. Les éléments excrémentitiels de la ville en contiennent également (taurocholate et glycocholate) : on peut même, chimiquement parlant, les considérer comme des produits d'oxydation des matières albuminoïdes moins avancées que l'urée, c'est-à-dire comme des produits d'oxydation incomplète ; et l'on sait que la proportion de ces produits mélangés et éliminés avec les fœces est très variable. D'une autre part, il y a par le poumon et la peau des quantités variables d'azote éliminé à l'état gazeux. Tant que tous les éléments du problème n'auront pas été rigoureusement examinés, sa solution restera indécise ; d'autant mieux que la découverte de l'urée dans les muscles complique la solution du problème d'un facteur nouveau, dont il faudra tenir compte.

On est plus avancé en ce qui touche aux métamorphoses des éléments non azotés du muscle au moment de la contraction. On sait que le glycogène diminue en beaucoup plus grande proportion dans le muscle qui travaille que dans le muscle au repos. D'autre part, ce qui tend encore à démontrer que les expériences de M. Voit sur la non-consommation des éléments azotés du muscle pendant la période d'activité musculaire, ne sont pas démonstratives, c'est qu'il est parfaitement établi que le développement de la force croît avec la proportion des éléments azotés de l'alimentation. Une dernière et grave objection aux conclusions de M. Voit, c'est que tout animal qui a jeûné un temps suffisant, ne possède plus de glycogène dans ses muscles (Voy. § 187), et pourtant il est encore capable de développer de la force.

Le développement de l'acide lactique dans les muscles est caractéristique de la contraction musculaire ; d'où l'on tire cette conclusion légitime que l'acide lactique procède du glycogène musculaire, mais il n'en est pas moins vraisemblable que les sources de la force musculaire sont à la fois dans les substances azotées et non azotées qui le composent. Le glycogène emmagasiné dans le tissu musculaire, d'une oxydation facile et rapide, répond sans doute aux explosions rapides et brusques de la force, et les substances albuminoïdes à son developpement soutenu.

§ 227 *ter*.

Fatigue musculaire. — Si le repos des muscles est une cause d'atrophie et si l'exercice favorise au contraire leur développement normal, il n'est pas moins certain que l'action musculaire ne peut s'exercer régulièrement qu'à la condition de ne pas dépasser certaines limites au-delà desquelles cette action ne peut plus s'accomplir dans toute sa plénitude. Cet état particulier, désigné sous le nom de *fatigue musculaire*, est essentiellement caractérisé par une sorte d'incapacité temporaire. Un poids un peu lourd, par exemple, que le bras tendu soutenait assez facilement, ne peut plus l'être malgré les plus grands efforts de volonté. Si l'on cherche à lutter contre la fatigue, on éprouve bientôt dans les muscles un sentiment de faiblesse et de malaise qui peut devenir une véritable douleur. Il en est de même après l'exercice répété de la contraction musculaire de la marche ou de la course longtemps soutenue. La fatigue musculaire disparaît avec le repos, et d'autant plus rapidement, que l'homme a cédé plus promptement au sentiment de la lassitude.

La fatigue musculaire dépend de ce qu'un muscle qui travaille consomme en quelque sorte sa propre substance. Elle est la conséquence des métamorphoses qui s'accomplissent dans le muscle en activité et se trouve liée, par conséquent, aux actions de nutrition, c'est-à-dire aux actions chimiques qui accompagnent