

marche, la jambe qui oscille n'est pas nécessairement soutenue par la contraction des muscles et qu'elle peut se comporter en ce moment à la manière d'un pendule. On conçoit quel soulagement il en doit résulter pour l'action musculaire, force essentiellement intermittente<sup>1</sup>.

La pression atmosphérique n'exerce évidemment un pareil effet sur l'articulation coxo-fémorale que parce que la cavité cotyloïde est, sinon vide d'air, au moins parce que l'excès de pression extérieure est suffisant pour maintenir appliquées les surfaces articulaires et pour que le poids du membre se trouve en entier soutenu.

Le même phénomène a-t-il lieu dans toutes les articulations mobiles? Il est vraisemblable que les surfaces articulaires sont, dans bon nombre d'articulations, appliquées les unes contre les autres, non pas par leurs

polies, humectées de liquide et appliquées hermétiquement au moyen du glissement de l'une sur l'autre, ne peuvent plus être séparés, suivant une traction perpendiculaire aux surfaces, que par un effort énergique.

<sup>1</sup> M. Giraud-Teulon, dans son ouvrage sur la mécanique animale, prétend que les expériences de MM. Weber, ayant été faites sur le cadavre, n'ont aucune valeur en ce qui concerne la physiologie de l'homme vivant, et il traite d'aberrations et d'élucubrations inconcevables les déductions qu'ont tirées de leurs recherches nos célèbres confrères de Munich. M. Giraud-Teulon affirme que dans la cavité cotyloïde il ne peut y avoir, sur le vivant, qu'une infériorité de pression équivalente à quelques millimètres, ou tout au plus à 1 ou 2 centimètres de mercure, infériorité de pression incapable de maintenir la tête du fémur appliquée contre la cavité cotyloïde. Aux expériences des frères Weber qu'oppose M. Giraud-Teulon? Des arguments.

« ... Qu'il en soit ainsi sur le cadavre, dit-il, c'est à merveille... On a alors en présence deux surfaces lisses et gluantes, à une température où la tension des vapeurs est extrêmement faible. Il n'y a rien de surprenant à ce qu'elles se comportent comme nous voyons que le font deux plaques de marbre poli huilées, dont on a appliqué hermétiquement les surfaces, etc... »

Mais il est aisé de répéter les expériences de MM. Weber dans un laboratoire dont l'atmosphère aura été élevée à la température de +37°; or, on constate qu'elles donnent sensiblement les mêmes résultats qu'à la température ordinaire, c'est-à-dire que l'adhérence de la surface du condyle du fémur contre la surface de la cavité cotyloïde de l'os innomé suffit encore pour soutenir le poids du membre garni de toutes ses parties molles. Il est évident que, dans ces conditions, la tension de vapeur de la couche extrêmement mince de synovie interposée entre les surfaces articulaires est exactement la même que sur le vivant.

« Si, dit M. Giraud-Teulon, la tête du fémur était maintenue en rapport avec l'os iliaque par la pression de l'atmosphère et non par la tonicité musculaire, comment s'expliquerait-on que peut marcher un homme affecté de luxation spontanée de la cuisse sur l'os des îles? » — Mais qui ne sait qu'un homme ainsi désorganisé se sert de son membre avec difficulté et qu'il ne peut supporter un exercice soutenu qu'à la condition de se reposer souvent?

Si, comme le dit M. Giraud-Teulon, la tête du fémur était maintenue dans la cavité cotyloïde seulement par la tonicité musculaire, la paralysie des muscles de la cuisse, ou la section des nerfs qui les animent devrait être suivie de la sortie de la tête du fémur hors de sa cavité; ce qui n'est pas.

MM. Weber, et les physiologistes qui ont reconnu l'exactitude des expériences annoncées par eux, n'ont jamais perdu de vue, dans les divers temps de la locomotion, les propriétés passives et actives des muscles (élasticité, tonicité, contractilité). Seulement ils ont fait remarquer que, dans un certain moment de la marche ordinaire (quand celle-ci n'est ni accélérée ni retardée par la volonté), l'adhérence physique du fémur contre la cavité cotyloïde était un soulagement puissant pour l'action musculaire, au moment où le membre oscillant quitte le sol pour se porter en avant.

ligaments, qui sont parfois assez lâches, mais par la tonicité musculaire et aussi par la pression atmosphérique extérieure. Lorsqu'on fait craquer l'articulation des doigts avec les métacarpes, il faut exercer une traction perpendiculaire, ou saisir le doigt avec l'autre main, et agir par un mouvement de levier qui augmente la puissance. Le craquement indique la séparation des surfaces articulaires, et il faut, pour arriver à ce résultat, déployer une certaine force. Dans les jointures des membres, il arrive aussi que les surfaces articulaires se séparent les unes des autres (jusqu'aux limites compatibles avec la laxité ou avec la faible extensibilité des ligaments), et annoncent leur séparation par un bruit de craquement. Ici, la pression atmosphérique vaincue représente une colonne d'air d'une plus grande section; aussi ce résultat ne se produit que dans les efforts violents.

L'adhérence déterminée par la pression atmosphérique entre les surfaces articulaires est un adjuvant puissant des organes actifs de la locomotion, c'est-à-dire des muscles. Le jeu des muscles n'a pas à déplacer et à replacer sans cesse les surfaces articulaires dans les rapports de contact nécessaires aux divers mouvements. On conçoit, d'après cela, que les abaissements un peu considérables de la pression atmosphérique retentissent sur les mouvements de la locomotion et sont accompagnés d'un sentiment de gêne ou de fatigue tout particulier. Ceci demande quelques mots d'explication.

## § 234.

**Influence des variations de pression atmosphérique sur les mouvements de locomotion.** — Le milieu atmosphérique qui entoure le corps n'agit pas seulement sur l'organisation en vertu de ses propriétés chimiques. L'air est un corps pesant composé de couches superposées de densité successivement décroissante à mesure qu'on s'élève. Tous les corps plongés dans l'atmosphère supportent le poids d'une colonne d'air qui a pour hauteur la hauteur de l'atmosphère et pour base la surface même du corps. L'homme supporte donc un poids considérable; mais ce poids, agissant sur tous les points de la surface du corps, ne le presse pas plus de haut en bas que de bas en haut, pas plus de gauche à droite que de droite à gauche; et si l'homme reste attaché au sol, ce n'est point en vertu de cette pression, mais parce que la pesanteur l'y retient.

Le poids de la colonne atmosphérique varie naturellement avec l'altitude; ce poids diminue même assez promptement, à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère, à cause de la densité rapidement décroissante de l'air. A une hauteur de 6,000 mètres, hauteur à laquelle les aéronautes sont quelquefois parvenus, la pression atmosphérique est réduite de moitié. Dans diverses contrées du globe habité, l'homme et les animaux se trouvent, par rapport à la pression atmosphérique, dans des conditions assez différentes de celles où nous nous trouvons en France. La ville de Quito, par exemple, est située à 3,000 mètres d'élévation; la petite ville

de Potosi, dans les Cordillères, est élevée de 4,000 mètres au-dessus du niveau de la mer; le village de Déba, dans les montagnes du Thibet, se trouve à une hauteur de 5,000 mètres. Or, dans ces diverses localités, les fonctions de nutrition, de respiration, de circulation des habitants de la montagne s'accomplissent comme chez les habitants de la plaine, et ils ne sont pas moins bien portants. Les plateaux qui entourent ces villes nourrissent des troupeaux qui ne paraissent point souffrir non plus. L'abaissement de la densité de l'air, en ces divers points, correspond cependant à une diminution considérable dans le poids qui presse de toutes parts sur le corps. En effet, la colonne d'air qui est équivalente à 0<sup>m</sup>,76 de mercure, et qui a pour base la surface du corps, pesant environ 20,000 kilogrammes<sup>1</sup>, cette colonne d'air ne pèse plus que 10,000 kilogrammes à 4,000 ou 5,000 mètres d'élévation; car, à cette élévation, la pression barométrique a diminué de près de moitié.

L'homme et les animaux peuvent donc supporter des variations de pression très-étendues, sans que les fonctions de la vie en souffrent. Il est vrai que, la densité de l'air étant diminuée, l'air introduit dans le poumon contient, à chaque inspiration, moins d'oxygène sous le même volume que dans la plaine; mais les mouvements de la respiration s'harmonisent avec ces conditions nouvelles. D'ailleurs, la pression s'exerce encore dans tous les sens, l'air pénètre dans toutes les cavités ouvertes (voies digestives, voies respiratoires), les gaz du sang se mettent en équilibre de tension avec l'air atmosphérique, et les conditions normales de l'échange gazeux ne se trouvent pas changées dans les poumons.

Les variations de pression du milieu atmosphérique dans les ascensions sur les montagnes, ou dans les ascensions aérostatiques, ne sont généralement pas de nature, non plus, à produire d'accidents fâcheux du côté des fonctions de nutrition. Toutefois, la rapidité des ascensions aérostatiques place souvent l'homme brusquement dans l'air raréfié; or, il faut un certain temps pour que l'équilibre entre les gaz intérieurs et les gaz extérieurs s'établisse. Lorsque l'ascension a été très-considérable, il se manifeste quelquefois une certaine difficulté de respirer, des étouffements (par dilatation des gaz intestinaux qui pressent sur les poumons, en refoulant en haut le diaphragme), et des hémorrhagies locales sur les membranes muqueuses (probablement par distension brusque des gaz contenus dans les vaisseaux et par rupture des capillaires). Ces accidents, passagers, d'ailleurs, ne se présentent pas chez les habitants de la montagne, parce que la tension intérieure des gaz est dans une harmonie ou dans un équilibre constant avec le milieu habituel, et que durant le temps qu'il emploie à se transporter de la plaine sur la montagne ou à descendre de la montagne dans la plaine, cet équilibre a le temps de s'établir.

Lorsque, au lieu d'être assis et sans mouvement dans le fond de la

<sup>1</sup> Une colonne d'air dont la base est de 1 centimètre carré pèse un peu plus de 1 kilogramme, et l'on peut estimer la surface développée du corps à peu près à 15,000 centimètres carrés.

nacelle d'un aérostat, l'homme s'élève dans l'air, en gravissant à pied de très-hautes montagnes, il éprouve, à mesure que la raréfaction de l'air augmente, un sentiment tout particulier. Il lui semble que ses membres sont plus lourds; les membres inférieurs, en particulier, deviennent bientôt le siège d'une fatigue qui invite au repos. A peine s'est-il arrêté un instant, que cette fatigue disparaît pour reparaître au bout de peu de temps; et ainsi de suite. Voici, en effet, ce qui arrive: la pression atmosphérique n'est plus suffisante, à elle seule, pour maintenir appliquée la tête du fémur contre la cavité cotyloïde, et faire ainsi équilibre au poids du membre inférieur, l'action musculaire intervient pour maintenir le membre dans ses rapports articulaires. Cette action musculaire inusitée est promptement suivie du besoin de repos des muscles.

L'augmentation de densité de l'air produit des effets inverses. Tous ceux qui se sont soumis à l'influence de l'air comprimé ont été frappés par le sentiment particulier de bien-être qu'on éprouve alors. Les membres semblent légers, et les mouvements, plus faciles, paraissent exiger moins de force. Dans ces conditions, non-seulement la pression atmosphérique tient les surfaces articulaires appliquées les unes contre les autres, comme la pression atmosphérique normale; mais, en outre, les membres et le corps lui-même, plongés dans un milieu dont la densité est augmentée, et perdant en poids le poids du volume d'air qu'ils déplacent<sup>1</sup>, sont, par conséquent, relativement plus légers. Les organes que les puissances musculaires ont à mouvoir étant plus légers, offrent une résistance moindre aux déplacements et exigent une énergie moins grande des puissances contractiles.

Cette influence se fait sentir, même pour des différences de pression peu considérables de la colonne barométrique. Dans les abaissements du baromètre, les muscles ayant à mouvoir des organes plus pesants, on dit alors que le temps est lourd, quoique en réalité la pression exercée sur la surface du corps par la colonne atmosphérique soit moindre. De même, lorsque le baromètre monte, les mouvements s'exécutent avec une plus grande facilité<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Tout corps plongé dans un liquide ou dans un gaz perd en poids le poids du volume du liquide ou du gaz qu'il déplace (principe d'Archimède).

<sup>2</sup> M. Vivenot a récemment fait un grand nombre de recherches à l'aide de l'appareil à air comprimé de M. Tabarié. Parmi les phénomènes constatés nous noterons les suivants: Le pouls s'abaisse, au début de l'expérience, d'environ 10 pulsations par minute; s'il battait 75, il ne bat plus que 65. Cette diminution persiste d'une demi-heure à une heure après l'expérience. Les mouvements respiratoires diminuent également et dans la même proportion, c'est-à-dire qu'ils diminuent de 1/7. Là où il y en avait 15, il n'y en a plus que 12. Cette influence se prolonge après l'expérience. La sécrétion urinaire a paru augmentée, l'évaporation cutanée et pulmonaire diminuée.

M. Bucquoy a fait des recherches dans la chambre à air comprimé qui a servi à établir la fondation des piles du pont de Kehl. Ses résultats sont un peu différents des précédents; mais ici le problème se compliquait d'un nouvel élément. La chambre était close et l'acide carbonique s'y accumulait.

## § 235.

**Du rôle des tissus élastiques.** — Parmi les organes passifs de la locomotion, les tissus élastiques annexés au squelette jouent un rôle des plus importants. Pour peu qu'on examine de profil un homme dans la station verticale, il est évident que le poids des organes placés dans la poitrine et dans l'abdomen l'emporte sur celui des organes placés derrière cette colonne. D'un côté en effet, sont tous les viscères, de l'autre seulement quelques couches musculaires. On peut remarquer, en outre, que le poids des viscères agit (pour entraîner la colonne vertébrale en avant ou pour la fléchir) sur un bras de levier plus considérable que les masses musculaires placées dans les gouttières vertébrales. Celles-ci devraient donc se contracter avec énergie pour lutter contre la *pesanteur*, qui tend sans cesse à entraîner le corps en avant. Les *ligaments jaunes* (ligaments essentiellement élastiques), qui unissent entre elles, en arrière, les lames des vertèbres, concourent donc puissamment au maintien de la station verticale.

L'action musculaire, quelque intense qu'on la suppose, est une force essentiellement intermittente. Tout muscle ne se contracte qu'à la condition de se relâcher. Une contraction ne dure pas quelques minutes d'une manière permanente, sans amener bientôt un épuisement et une impuissance absolus. Une force *intermittente*, comme l'est la contraction musculaire, ne peut pas faire équilibre à une force *constante*, comme l'est la *pesanteur*, mais un ressort élastique (ligaments jaunes) remplit parfaitement cet office, tout en permettant les mouvements les plus variés.

C'est pour la même raison que dans les quadrupèdes, qui n'ont pas, comme l'homme, à lutter contre la *pesanteur* dans la station bipède, le tissu élastique est concentré à la région cervicale de la colonne vertébrale, sous la forme d'un ligament puissant (ligament cervical), proportionné au poids de la tête qu'il soutient. Le cheval qui tient sa tête haute et presque dans la verticale (et non suivant la ligne horizontale, comme le bœuf, le chien et la plupart des autres quadrupèdes), a, indépendamment du ligament cervical postérieur, une série de ligaments jaunes à la colonne cervicale. Les rongeurs, qui affectent une certaine position assise, et qui rongent penchés en avant, ont des ligaments jaunes à la région lombaire. Les oiseaux, qui ont une partie du corps horizontale et l'autre verticale, ont des ligaments jaunes à cette dernière partie; témoin les échassiers, qui ont une série de ligaments jaunes à la région cervicale.

Le tissu élastique n'est pas seulement annexé aux portions osseuses du squelette, on le trouve aussi dans d'autres parties, où il joue également le rôle de ressort. C'est ainsi que dans les poumons et dans les artères, il transforme une impulsion intermittente en un mouvement continu de va-et-vient (Voy. §§ 23 et 94).

## ARTICLE II.

## ORGANES ACTIFS DE LA LOCOMOTION.

## § 236.

**Des muscles envisagés comme puissance active des mouvements.** — Les muscles représentent la force motrice qui, dans la machine humaine, met en mouvement les leviers osseux. Les muscles agissent, pour produire le mouvement, de manières très-diverses. Les fibres qui composent le muscle constituent une multitude de forces partielles, dont le point d'application correspond à l'insertion du tendon qui les termine. Les tendons présentent, en général, un volume beaucoup moins considérable que le muscle lui-même. Tantôt ce tendon est placé dans l'épaisseur de la masse charnue, et reçoit successivement, sur les divers points de sa surface, l'implantation des fibres qui composent le muscle; tantôt le tendon représente une sorte de cône membraneux, qui s'étend sur le corps charnu du muscle, et reçoit l'implantation des fibres sur les divers points de sa surface intérieure. Ces deux dispositions sont généralement inverses aux deux extrémités d'un même muscle. Il en résulte que la longueur des diverses fibres qui entrent dans la composition d'un muscle est la même, puisque d'un côté les fibres charnues superficielles vont *plus loin*, tandis que du côté opposé, elles s'insèrent *plus tôt* sur le tendon. L'égalité de longueur entre les diverses fibres qui entrent dans la constitution d'un muscle montre que la valeur du raccourcissement est sensiblement la même pour chacune d'elles. Cette disposition, toutefois, n'est rigoureusement vraie que pour les muscles dont les fibres charnues ont une direction sensiblement parallèle à celle du tendon, c'est-à-dire parallèle à la direction de la résultante. Dans beaucoup de muscles, la direction des fibres étant loin d'être la même que celle du tendon sur lequel elles s'insèrent, et l'obliquité suivant laquelle elles rencontrent ce tendon n'étant pas la même pour toutes les fibres, l'égalité de longueur des fibres n'existe plus, et la contraction de chacune d'elles n'a plus la même valeur.

L'insertion des fibres charnues sur les leviers osseux, par l'intermédiaire des tendons, est, au point de vue mécanique, un artifice très-ingénieux, en vertu duquel un grand nombre de forces se trouvent fixées à des surfaces relativement très-peu étendues. De cette manière, les diverses forces qui agissent sur les leviers osseux peuvent être concentrées presqu'entièrement autour des articulations, sans pourtant en augmenter sensiblement le volume. Le groupement des insertions tendineuses autour des articulations, c'est-à-dire aux extrémités mêmes des leviers qu'elles doivent mouvoir, est une des conditions principales du mouvement. Les muscles, avec des insertions rapprochées du centre des mouvements, et pour une diminution peu considérable de leur longueur, peuvent, en effet, déterminer, en se contractant, des mouvements *prompts et étendus*.

Les tendons, qui reçoivent l'effort définitif des fibres musculaires, ont une force de résistance considérable et sont à peu près inextensibles.

Les fibres charnues s'insèrent quelquefois aux os par des plans fibreux ou aponévroses d'insertion, qui ne sont, à proprement parler, que des tendons membraneux. Les muscles, terminés par des aponévroses d'insertion, entrent ordinairement dans la constitution des parois mobiles des cavités du tronc (abdomen, par exemple), et ont parfois, à tous les moments de la contraction, leurs insertions attachées à des points fixes; dans ce cas particulier, ils ne font éprouver aux parties où on les rencontre que des mouvements analogues aux mouvements du diaphragme. Ils agissent principalement en effaçant leur convexité et en se rapprochant de la forme plane.

D'autres aponévroses ne font pas partie intégrante des muscles, et jouent cependant, au moment de la contraction musculaire, un rôle des plus importants. Telles sont les aponévroses d'enveloppe des membres et les aponévroses *engainantes* qui, fixées aux os, forment des *loges* aux muscles, dont l'action est simultanée. Ces gaines aponévrotiques servent de coulisses de glissement au corps du muscle lui-même, quand il se contracte, et maintiennent la direction de la force pendant la contraction, direction que le mouvement du levier qui est mû tend à faire varier. Les coulisses de glissement des tendons remplissent le même office, et comme toute la force du muscle est concentrée sur la corde tendineuse qui le termine, ces coulisses offrent généralement une résistance considérable (ligaments annulaires du carpe, du tarse, etc.).

La direction définitive suivant laquelle agit un muscle n'est pas toujours celle suivant laquelle le corps charnu agit sur le tendon qui lui fait suite. Ce tendon se dévie souvent de sa direction primitive sur des gouttières osseuses, dans lesquelles il est maintenu par des ligaments, qui transforment ces gouttières en canal. L'action *efficace* du muscle se trouve alors transportée dans la direction de la portion réfléchie du tendon. Le long péronier latéral, qui glisse derrière la malléole externe et s'engage dans la gouttière du cuboïde, pour se porter au bord interne du pied, offre un exemple de ce genre. Le changement de direction est ici très-frappant, mais il se rencontre dans d'autres parties, en beaucoup de points à l'état rudimentaire; ou bien il se manifeste à certains *moments* du mouvement.

#### § 237.

**De l'intensité d'action des muscles.** — La détermination de la force avec laquelle les muscles se contractent n'est pas rigoureusement du ressort de la mécanique; elle ne peut être appréciée que d'une manière approximative, attendu qu'elle dépend de conditions multiples qui ne se prêtent pas au calcul. La force déployée dépend, en effet, et du mode et de la grandeur de l'excitant, et aussi de l'état du système nerveux, lequel conduit au muscle l'incitation motrice. Elle dépend encore du mode d'insertion des fibres charnues sur les tendons; et comme, en réalité, il est

à peu près impossible de fixer rigoureusement la direction des fibres, et, par conséquent, la part de chacune d'elles, il en résulte encore que l'analyse mécanique de la puissance comparée des muscles est un problème très-complicé.

En admettant que chaque faisceau primitif des muscles est doué de la même puissance chez un même individu, pourrait-on évaluer approximativement la force comparative des muscles, en établissant un rapport entre le nombre de leurs faisceaux primitifs? A supposer que ce dénombrement fût possible, cela ne suffirait pas encore. Nous avons dit précédemment que les muscles perdent en moyenne un tiers ou un quart de leur longueur, au moment de leur raccourcissement maximum. Mais il n'en résulte pas que toute fibre musculaire qui se contracte se raccourcisse de la même quantité. Le raccourcissement est plus grand *d'une manière absolue* dans un muscle à longues fibres que dans un muscle court<sup>1</sup>.

Le nombre des fibres d'un muscle et la *quantité* du raccourcissement au moment de la contraction représentent les deux éléments dont il faut tenir compte pour déterminer d'une manière comparative la force dont ils sont doués, ou, en d'autres termes, la *quantité de mouvements* qu'ils peuvent imprimer aux leviers sur lesquels ils s'insèrent. Or, la quantité du raccourcissement étant proportionnelle à la longueur (Voy. § 221), il s'ensuit qu'on peut substituer le facteur *longueur* du muscle au facteur *raccourcissement*. De même, le diamètre, ou la *section* d'un muscle, croissant avec le nombre de ses fibres, la section comparée des muscles exprime le rapport proportionnel du nombre de leurs fibres. Il résulte de là que la *section* des muscles, multipliée par leur *longueur*, peut conduire au même résultat. Mais la section d'un muscle multipliée par sa longueur donne le volume du muscle. Le volume comparé des muscles ou leur *poids*, puisqu'ils sont composés d'une même substance, donnent donc sur leur force comparée des notions assez précises. On peut donc dire d'une manière générale que la force d'un muscle est d'autant plus grande que le poids de ce muscle, dégagé autant que possible de tout ce qui n'est pas la fibre charnue, est plus considérable.

Nous ne parlons ici que de la force *comparée* des muscles. Quant à l'appréciation rigoureuse de la force *absolue* de la fibre musculaire, elle est entourée de difficultés à peu près insurmontables. Indépendamment des obstacles signalés plus haut, il faut ajouter, en effet, que sur l'animal vivant, dont toutes les parties sont en place, un muscle qui se contracte pour surmonter une résistance quelconque et pour mouvoir les leviers sur lesquels il se fixe, doit vaincre en même temps la tonicité musculaire de tous les éléments charnus qui lui sont plus ou moins directement opposés, résistance additionnelle difficile à préciser. De plus, dans les divers mouvements du corps, ou dans les efforts appliqués au déplacement ou au soulèvement des poids, les muscles agissent suivant des

<sup>1</sup> Un muscle de 20 centimètres, qui perd 5 centimètres en se contractant, diminue plus, *d'une manière absolue*, que le muscle de 10 centimètres qui perd seulement 2 centimètres 1/2.

insertions plus ou moins défavorables sur les leviers osseux, et une assez grande partie de la force déployée se trouve ainsi consommée (Voy. § 238). Il est certain, toutefois, que la force déployée par la contraction musculaire est une force énergique. Dans les efforts violents, la contraction musculaire est assez puissante pour déterminer la rupture des os, témoin la rupture transversale de la rotule, qui arrive par la seule action musculaire, lorsque le corps, fortement penché en arrière, est brusquement ramené dans la verticale par la contraction du muscle droit antérieur de la cuisse. Ces effets donnent de la puissance maximum des muscles une idée plus saisissante que n'en peuvent fournir les notions tirées de la grandeur des résistances que l'homme peut vaincre.

L'évaluation absolue de la puissance musculaire (ramenée à une unité commune, à celle, par exemple, d'un cylindre de 1 centimètre carré de section) n'est possible qu'avec des muscles ou des fragments de muscles séparés de l'animal vivant, et placés dans des conditions convenables. Mais il ne faut pas oublier que, dans les expériences de ce genre, le muscle est sollicité à se contracter sous l'influence de l'irritation mécanique ou galvanique, tandis qu'il est plus que probable que l'excitant naturel (système nerveux) agit sur l'animal vivant avec plus d'énergie. Ce qui ne permet pas non plus d'appliquer absolument à l'animal vivant les résultats obtenus de cette manière, c'est que, ainsi que nous l'allons voir, le raccourcissement *maximum* d'un muscle *isolé* est, la plupart du temps, beaucoup plus considérable que lorsque le muscle est en place. Les muscles, dans leur situation normale, ne diminuent guère que d'un tiers ou d'un quart de leur longueur totale (§ 221). Ils n'obéissent jamais à toute leur rétractilité, même lorsque les mouvements d'extension ou de flexion sont portés au maximum. L'étendue du mouvement est limitée alors, soit par la configuration des surfaces articulaires, soit par la rencontre des parties.

Quoi qu'il en soit, les résultats obtenus par ce procédé d'expérimentation ne manquent pas d'intérêt. Lorsqu'on excite, à l'aide d'une décharge un peu violente (appareil d'induction), un muscle séparé du corps de l'animal vivant (par exemple, la langue d'une grenouille ou un muscle de sa cuisse), après l'avoir suspendu et chargé d'un très-faible poids, on constate qu'il peut se raccourcir de la moitié ou des trois quarts de sa longueur. On constate encore, et ce résultat peut sans doute être appliqué à l'animal vivant, on constate que la grandeur du raccourcissement dépend de la charge ou du poids qu'on suspend à l'extrémité du muscle en expérience. L'appareil employé par M. Weber et M. Valentin dans ces recherches est représenté dans la figure 104. Le muscle en expérience (hyoglosse de la grenouille), figuré en A, est chargé de poids variés B. Les fils métalliques N et P introduisent le courant dans le

<sup>1</sup> Il faut, pour rompre le tendon d'Achille, suspendre à son extrémité un poids de 500 à 800 kilogrammes.

muscle. On établit ou on rompt à volonté le circuit, en plongeant ou en retirant du verre *m* rempli de mercure le fil P en communication avec l'un des pôles de l'appareil excitateur. Le fil CC', qui passe dans une boutonnière pratiquée au muscle, s'élève ou s'abaisse suivant le raccourcissement du muscle, et permet de noter la valeur du raccourcissement en rapportant les excursions du fil à l'échelle graduée R, fixée sur la tige montante de l'appareil.

A l'aide de cet appareil ingénieux, on note que, si le muscle est chargé d'un poids de 2 grammes, il se raccourcit de 23 millimètres, quand on le fait contracter. Si on le charge de 10 grammes,

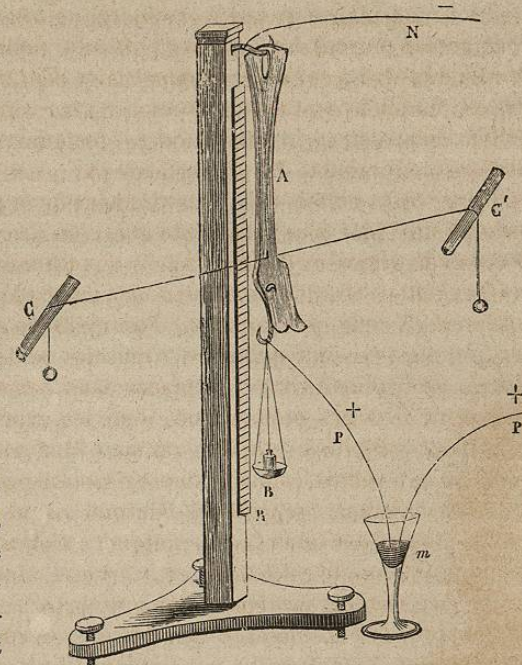


Fig. 104.

il ne se raccourcit que de 18 millimètres. Pour des poids plus grands, le raccourcissement devient de moins en moins marqué. Avec un poids de 25 grammes, il n'est plus que de 1 millimètre. Enfin, quand le muscle est *surchargé* de poids considérables, le raccourcissement devient nul, et il disparaît pour toujours. Il faut remarquer que, dans ces diverses expériences, les charges ajoutées ont, en outre, augmenté chaque fois la longueur absolue du muscle, et que, par conséquent, il faut dégager les expériences des phénomènes d'élasticité, ce qui rend l'analyse des faits observés assez complexe <sup>1</sup>.

Les expériences précédentes mettent encore en lumière un fait important. Soit, par exemple, une fibre musculaire de longueur *ab* (fig. 105) dans son état naturel. On ajoute un certain poids à cette fibre; cette fibre est élastique, elle s'allonge de manière à devenir *ac*. Si, au moment où l'on excite la contraction par le passage du courant, elle reprend sa

<sup>1</sup> D'autant plus complexe, que la loi d'élongation des tissus organiques (des muscles en particulier) n'est pas très-bien connue. D'après des recherches récentes M. Mansvelt estime que le coefficient d'élasticité du muscle biceps (de l'homme) est de 0,008 à 0,009 par kilogramme : en nombre ronds 1 centième de sa longueur par kilogramme.