

*Bibliothèque numérique*

**medic@**

**Marey, Etienne-Jules. - Histoire naturelle des corps organisés. [Cours du Collège de France]. XII. De l'élasticité musculaire**

*In : Revue des cours scientifiques de la France et de l'étranger, 1867, IV, p. 809-815*



**(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)**  
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/hist/med/medica/cote?marey081>

de Paris en rédigea un autre, dans lequel il ne fut pas assez tenu compte des besoins de l'astronomie, mais beaucoup trop des conditions de symétrie et de viabilité.

Dans ce projet de l'Administration municipale, tracé aussi sur le plan que je présente, on voit qu'on se propose d'élargir, en prenant sur les terrains actuels de l'Observatoire, la rue Saint-Jacques, qui est déjà trop près de nous. Au sud ouest, non-seulement on n'éloigne pas de 20 mètres la rue transversale, comme nous l'avons demandé, mais on la fait passer sur nos terrains actuels, afin d'en faire la symétrie de la rue Saint-Jacques, condition fort intéressante, assure-t-on, mais détestable à notre point de vue, puisque les grands instruments à élever seraient alors placés dans un angle, entre deux lignes de feux.

Il est très-vrai que d'après le même projet, on veut bien nous accorder un vaste terrain au nord, une partie de l'avenue de l'Observatoire; mais nous avons exposé que l'astronomie ne saurait rien faire de ces terrains.

Il serait inutile d'entretenir l'Académie des nombreuses négociations intervenues depuis 1860 jusqu'à ce jour pour obtenir une modification dans le plan formulé par l'Administration municipale de Paris, et de nos instances réitérées chaque année : en 1861, en 1862, en 1863, en 1864, en 1865, en 1866 et en 1867. Puissent-elles n'avoir pas paru importunes !

Le plan de l'Administration municipale, maintenu par elle, est en pleine voie d'exécution. Nous croyons que toute discussion à ce sujet serait désormais inutile.

Nous n'aimons pas les plaintes stériles, et nous n'entendons pas en faire une ici. Nous nous sommes occupé des moyens de tirer parti de la situation nouvelle, de manière que l'astronomie n'ait pas à en souffrir, ce qui est le seul point à considérer. Nous croyons y être parvenu, et nous espérons que l'Académie l'estimera ainsi quand il nous aura été possible de lui lire très-prochainement la seconde partie de cette communication (1).

LE VERRIER,

Directeur de l'Observatoire de Paris.

M. Le Verrier a adressé à *l'Étendard* la lettre suivante :

Paris, le 14 novembre 1867.

Mon cher collègue,

Notre ami M. Bérigny s'occupe, dans le journal, de la communication que j'ai faite lundi à l'Académie des sciences sur la situation nouvelle imposée à l'Observatoire impérial par les travaux de la Ville de Paris.

J'ai dit qu'il y avait lieu de modifier le plan de nos travaux, et que je croyais avoir trouvé une combinaison qui sauvegarderait les intérêts de l'astronomie dans notre pays. M. Bérigny souhaite, ainsi que quelques autres personnes, que je fasse connaître ces projets. Je demande la permission d'attendre.

Je voudrais laisser à ceux qui, dans le monde scientifique, s'intéressent à l'astronomie, le temps d'émettre leur opinion sans qu'ils aient à travailler sur un thème tout fait. Déjà M. Bérigny estime qu'il faudrait transférer l'Observatoire sur les hauteurs du Trocadéro. Je le remercie d'avoir bien voulu donner son opinion. Lorsque chaque homme compétent aura émis la sienne, j'examinerai avec le plus grand soin les pièces de cette sorte d'enquête, et nous arriverons ainsi avec sécurité à une conclusion conforme aux intérêts de la science.

Veuillez agréer, etc.

LE VERRIER.

(1) Voyez plus loin au *Bulletin scientifique*, page 815.

## COLLÈGE DE FRANCE.

### HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS.

COURS DE M. MAREY (1).

## XII

### De l'élasticité musculaire.

Les muscles sont des organes élastiques, c'est-à-dire que si on les soumet à une traction longitudinale, ils cèdent ou se laissent allonger; puis reviennent à leur dimension primitive, quand la force qui les étendait a cessé d'agir. Cette propriété du muscle modifie beaucoup les effets de sa contraction, elle peut absorber pour ainsi dire entièrement la force motrice développée par l'activité musculaire. Supposons que les deux insertions osseuses d'un muscle soient immobilisées; nous voyons que le muscle se tend lui-même, en se contractant, et qu'il acquiert une autre consistance. Ainsi, lorsque je fixe mon avant-bras et que je contracte fortement le biceps, ce muscle se tend et durcit sans produire aucun mouvement extérieur. Mais si je cesse de fixer mon avant-bras, l'élasticité de mon biceps restitue la force qu'elle avait absorbée pour se tendre, et le mouvement se produit subitement.

En présence de ce fait bien connu, certains auteurs ont considéré l'élasticité musculaire comme la cause prochaine du mouvement chez les animaux. La contraction du muscle n'aurait pour effet que de donner à cet organe une élasticité nouvelle en vertu de laquelle le mouvement serait imprimé aux leviers osseux et aux masses que nous mettons en mouvement. Schwann, le premier, formula cette opinion sur le rôle de l'élasticité musculaire; les expériences de Weber, Volkmann, Donders et Mansveldt, ont éclairé d'une vive lumière la fonction des muscles considérés comme organes élastiques.

Comme toute étude approfondie ne consiste en définitive qu'en mensurations exactes, je dois retracer ici les méthodes et les appareils que ces auteurs ont employés pour déterminer l'élasticité du muscle et ses variations sous différentes influences.

Avant tout, il est indispensable de bien définir l'élasticité et de dégager le sujet de certaine confusion de langage que l'habitude a introduite.

On dit habituellement qu'un corps est très-élastique lorsqu'il se laisse facilement distendre par une traction, ou déformer par une pression, et qu'il reprend ensuite sa forme primitive. Le caoutchouc, par exemple, serait un corps très-élastique. Les physiiciens se sont au contraire bien moins préoccupés de l'allongement que de la force avec laquelle un corps revient sur lui-même quand il a été déformé; de sorte qu'une grande élasticité exprimerait pour eux une grande force développée par le corps lorsqu'il reprend sa forme, ce qui suppose qu'une grande force a dû être employée pour la lui faire perdre préalablement. A ce point de vue, par consé-

(1) Voyez les numéros des 23 mars, 6 et 13 avril, 4 et 11 mai, 3 et 17 août, 21 septembre, 12 et 26 octobre et 9 novembre 1867, p. 275, 296, 318, 353, 374, 568, 601, 679, 726, 763 et 794. — Voyez aussi dans notre tome III (1866), p. 206, une autre leçon de M. Marey sur l'Origine du mouvement fonctionnel.

quent, le caoutchouc serait très-peu élastique, autrement dit il aurait une élasticité très-faible.

C'est dans ce sens que la plupart des auteurs, les Allemands surtout, ont employé le mot *élasticité*; j'ai pensé qu'il était indispensable de vous en prévenir pour vous faciliter la lecture de leurs mémoires. Pour éviter toute confusion, je me servirai du mot *extensibilité* pour exprimer la propriété que le muscle possède de se laisser étendre; l'extensibilité sera d'autant plus grande, que l'allongement du muscle par une certaine traction sera plus considérable.

Pour les autres caractères de l'élasticité, la confusion n'est plus possible; aussi dirons-nous avec tout le monde qu'un corps possède une *élasticité parfaite* lorsque après avoir été étendu, il revient exactement à sa forme primitive.

On appelle *limite d'élasticité* le degré de distension qu'un corps ne saurait dépasser sans perdre définitivement sa forme; au delà de cette limite, le corps n'est plus qu'imparfaitement élastique et ne revient plus complètement lorsque la force qui le déformait a cessé d'agir.

On nomme *force élastique* d'un muscle l'effort développé par ce muscle lorsqu'il a été allongé. Cet effort qui peut produire un travail, c'est-à-dire soulever un poids à une certaine hauteur, sera d'autant plus grand, que l'extensibilité sera plus faible. La force élastique n'est, en somme, que la restitution de la force empruntée par le corps pour s'allonger; si un muscle est parfaitement élastique, la réaction sera égale à l'action, et la force élastique équivaudra à la force empruntée pour l'allongement du muscle.

Enfin, il reste à considérer un dernier caractère, c'est ce que les Allemands appellent le *module d'élasticité* (1). Ce module exprime les divers degrés d'allongement des corps soumis à des charges de plus en plus grandes, autrement dit, le rapport de cet allongement avec la charge qui le produit. A ce sujet, les tissus organiques présentent un caractère important qui a été signalé par Wertheim. C'est que le module de l'élasticité de ces tissus change sans cesse, et que plus ils ont été préalablement allongés, moins ils peuvent subir d'allongement par l'addition d'un nouveau poids. Ce caractère les distingue de la plupart des corps inorganiques dont l'allongement est proportionnel à la charge qu'ils supportent, tant que la limite d'élasticité de ces corps n'a pas été dépassée.

E. Weber, le premier, comprit toute l'importance qu'il y avait à déterminer par des expériences précises l'élasticité des muscles, tant pendant le repos de ces organes que pendant leur action. Les expériences de ce savant furent faites pour la plupart sur le muscle hyo-glosse de la grenouille, attendu que ce muscle présente une assez grande longueur, et qu'il est formé de fibres parallèles, ce qui fait que son allongement présente une régularité plus grande, la direction des forces antagonistes restant toujours la même.

Un muscle de grenouille suspendu par l'une de ses extrémités, et portant à son bout inférieur un plateau chargé de

poids variables; derrière le muscle, une échelle divisée sur laquelle se lisaient les différents allongements produits par des charges variées: telle était la disposition fort simple qui a servi aux expériences de Weber.

En comparant entre eux le muscle vivant et le muscle mort, Weber a vu que le muscle à l'état de rigidité cadavérique résistait davantage à l'allongement, mais qu'il revenait moins complètement à ses dimensions primitives après que le poids qui l'allongeait eut été enlevé. La mort diminue donc l'extensibilité et rend l'élasticité moins parfaite.

D'après le même auteur, l'action prolongée du muscle modifie peu son élasticité, toutefois elle le rend un peu plus extensible.

Enfin, Weber, comparant le muscle relâché au muscle contracté, constata que ce dernier s'allonge beaucoup plus si on le charge d'un même poids. Ce fait, en apparence invraisemblable, a d'abord été combattu par Volkmann, qui se rangea plus tard à l'opinion de Weber, et admit que l'extensibilité d'un muscle augmente au moment de sa contraction.

Le fait est parfaitement démontrable. Prenons un muscle de grenouille, et après avoir noté sa longueur, chargeons-le d'un poids de 20 grammes, par exemple; nous voyons qu'il s'allonge de 2 millimètres.

Provoquons au moyen de courants interrompus la tétanisation de ce muscle, et voyons quel allongement lui fera subir maintenant l'addition du poids de 20 grammes. Nous trouvons qu'il s'allonge de 6 ou 7 millimètres.

L'interprétation de ce fait mérite d'attirer votre attention. Weber en tira une conclusion que les autres physiologistes semblent unanimement rejeter: c'est que dans certains cas, le muscle excité à se contracter cédera plus facilement à la charge qu'il porte que lorsqu'il était au repos; dès lors il pourra s'allonger pendant son état actif et se raccourcir au moment où il rentrera dans l'inactivité.

Je n'insiste pas sur la réfutation de ce paradoxe; vous verrez tout à l'heure combien il est facile de donner une autre explication des faits signalés par Weber, et de montrer que la *longueur absolue* que prend un muscle sous une certaine charge est toujours plus grande pendant le repos que pendant l'activité.

Donders et van Mansveldt ont étudié sur l'homme vivant les modifications que l'élasticité musculaire éprouve pendant des contractions plus ou moins énergiques. Voici la méthode employée dans ces remarquables recherches. Ces auteurs ont constamment expérimenté sur les muscles fléchisseurs de l'avant-bras sur le bras, c'est-à-dire sur le biceps et le brachial antérieur.

Le coude étant solidement appuyé sur une sorte de support matelassé, l'humérus était placé dans la direction verticale, et l'avant-bras, plié à angle droit, était par conséquent horizontalement dirigé. Un quart de cercle divisé en degrés, et dont le coude occupait le centre, permettait d'apprécier exactement les différentes flexions que prendrait ultérieurement l'avant-bras. Enfin, autour du poignet, était fixé un bracelet de cuir auquel, par l'intermédiaire d'un fil, pendait un poids de plusieurs kilogrammes.

Supposons que nous tenions l'avant-bras horizontalement demi-fléchi, nous bornant à faire équilibre au poids suspendu à notre poignet. La contraction musculaire nécessaire pour supporter le poids aura donné aux muscles une nouvelle élasticité en vertu de laquelle l'avant-bras se fléchirait subite-

(1) En physique, la notion du coefficient d'élasticité du corps équivaut à celle du module. J'ai préféré cette dernière expression, parce que les physiciens ne s'accordent pas encore suffisamment sur la manière d'estimer le coefficient d'élasticité du corps. En effet, certains auteurs prennent pour coefficient le *poids* qui serait capable de doubler la longueur d'une barre de la substance expérimentée, barre dont le diamètre aurait 1 millimètre carré de section. D'autres définissent ce coefficient: l'*allongement* d'une tige de longueur égale à l'unité sous une charge égale à son poids.

ments si le poids venait à disparaître. Pour s'assurer de ce fait, il suffit de couper ou de brûler le fil ; le poids tombe, et l'avant-bras s'élève tout à coup, se fléchissant d'un certain nombre de degrés qu'on estime au moyen du cadran. Dans ces expériences, plus le poids auquel la contraction fait équilibre est considérable, plus la flexion de l'avant-bras est grande quand le poids se détache.

Or, on peut considérer cette nouvelle position de l'avant-bras comme produite par la longueur naturelle acquise par le muscle qui s'est contracté avec une certaine énergie. Dès lors la position horizontale n'était obtenue que par un allongement que le poids faisait éprouver au muscle contracté.

L'écart entre l'horizontalité du bras et sa flexion au moment de la soustraction du poids exprime donc l'allongement que ce poids avait fait subir au muscle.

L'expérience a montré à Donders et à van Mansveldt que cet écart croît avec le poids dont on charge l'avant-bras. Voici du reste les principales conclusions qui ressortent de ces expériences :

« 1° L'allongement du muscle est dans certaines limites proportionnel au poids.

« 2° Le coefficient (module) d'élasticité est à peu près le même aux différents degrés de la contraction.

« 3° La fatigue du muscle diminue le coefficient de son élasticité (c'est-à-dire augmente son extensibilité.) »

A l'appui de ces diverses propositions, les auteurs ont publié des tableaux numériques indiquant, comme l'avait fait Weber dans ses expériences, le poids employé et la longueur du muscle chargé et non chargé. Il est très-difficile de saisir à l'inspection de ces tableaux la manière dont varie l'élasticité musculaire ; aussi je crois pouvoir dire que l'élasticité des muscles est leur propriété la plus difficile à bien connaître et à faire comprendre. Mais avec le secours de la méthode graphique, on peut introduire une clarté très-grande dans ces difficiles questions.

Wertheim avait déjà dit que si l'on compare l'élasticité des corps inorganiques à celle des tissus organisés, on voit que l'expression géométrique de la première serait une ligne droite plus ou moins obliquement inclinée sur l'abscisse, tandis que celle des tissus organisés, si l'on excepte les os, serait une courbe très-voisine de l'hyperbole.

Essayons de rendre plus claire cette définition en construisant les graphiques de l'allongement que subissent ces différents corps sous l'influence des poids graduellement croissants. Cette construction se fait d'après des mesures obtenues dans des expériences successives ; elle est analogue en cela à celle du tableau qui exprime la solubilité des sels aux différentes températures. Pour le graphique de l'allongement des corps sous différentes charges, la longueur sera comptée sur la ligne des ordonnées, et la charge sur l'abscisse.

Soit  $ox$  (fig. 365) l'abscisse sur laquelle nous prenons des longueurs  $a, b, c$ , etc., correspondantes au poids de 1 gramme, 2 grammes, 3 grammes, etc. ; l'ordonnée (1) sur laquelle les longueurs  $a', b', c'$ , etc., mesurent l'allongement que prend le corps sous les charges  $a, b, c$ , etc. La ligne qui exprime le

graphique de l'élasticité du corps en expérience passera par les intersections des lignes horizontales et verticales menées par toutes les divisions de l'ordonnée et de l'abscisse ; ce sera donc l'oblique qui descend de gauche à droite dans la figure 365. Cette ligne est une droite, ce qui tient à ce que

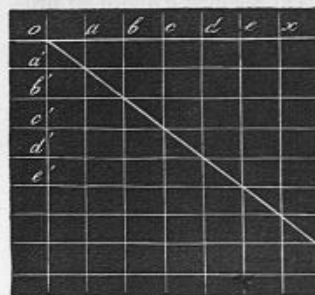


FIG. 365. — Graphique de l'élasticité des corps inorganiques.

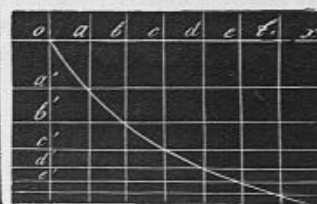


FIG. 366. — Graphique de l'élasticité des tissus organisés.

l'allongement du corps sous des charges graduellement croissantes se fait lui-même d'une manière constante, ainsi que le prouve l'égalité des intervalles  $ao', a'b', b'c'$ , etc.

Ce graphique correspond à l'élasticité d'un corps inorganique, d'un fil de métal, par exemple, soumis à des charges régulièrement croissantes.

Construisons de la même façon le graphique de l'élasticité d'un muscle. Dans la figure 366, l'abscisse  $ox$  sera divisée proportionnellement aux charges employées, mais l'ordonnée ne sera plus, comme tout à l'heure, divisée par des droites équidistantes, car on aura un allongement du muscle très-grand pour les premiers poids qui lui seront appliqués, puis de moins en moins grand pour les accroissements successifs de la charge. Le graphique de l'élasticité du muscle, passant par les intersections des divisions prolongées de l'ordonnée et de l'abscisse, deviendra la courbe représentée ci-dessus, et dans laquelle on peut retrouver sensiblement les propriétés de l'hyperbole.

Ces deux graphiques expriment clairement et au premier coup d'œil le fait capital qu'il s'agissait de faire ressortir de l'expérimentation, à savoir : que les corps inorganiques s'allongent proportionnellement à la charge, tandis que les corps organisés s'allongent de moins en moins à mesure qu'ils ont déjà subi une plus grande elongation.

J'ai cherché à introduire plus directement encore la méthode graphique dans l'étude de l'élasticité musculaire, et cela, en employant des appareils enregistreurs pour obtenir l'expression réelle de l'allongement des muscles sous l'influence de charges graduées. C'est en répétant les expériences de Weber et de Wertheim que j'ai pu me convaincre de la difficulté d'arriver, par des mensurations successives, à déterminer le module de l'élasticité musculaire.

En effet, un muscle, vivant ou mort, soumis à la traction d'un poids, ne prend pas immédiatement une longueur qu'il conserve tant que le poids restera invariable, mais il s'allonge peu à peu tant que cette charge lui est appliquée. Il faut donc faire entrer en ligne de compte, dans ces estimations, la durée d'application des poids, de sorte que, pour éviter cette cause d'erreur, on devrait charger le muscle de poids égaux, à des intervalles parfaitement égaux. Est-il besoin de vous dire combien il serait difficile, dans une expérience analogue à une série de pesées très-déliées, de consacrer

(1) J'ai compté les allongements sur l'ordonnée prolongée au-dessous de l'abscisse, et par conséquent négative, parce que dans les graphiques déjà représentés, dans les courbes musculaires, par exemple, le raccourcissement du muscle est le phénomène positif, celui qui se compte au-dessus de l'abscisse.

toujours le même temps à la mesure des allongements et à l'addition de nouveaux poids ; ajoutez qu'il faut encore éviter les saccades et les tractions brusques sur les muscles, ce qui amènerait des perturbations dans la progression de son allongement.

Pour parer à cet inconvénient, j'ai recouru d'abord au procédé suivant :

Un muscle étant suspendu par l'une de ses extrémités, je fixe l'autre à un levier semblable à ceux que vous avez vus déjà tant de fois, et je suspends sous ce levier un petit vase dans lequel s'écoulera du mercure par un jet bien uniforme. Sur le prolongement du levier, je place un contre-poids qui fasse équilibre à ce levier, et au petit vase qu'il supporte ; puis, les choses étant ainsi disposées, j'approche la plume qui termine le levier de la surface enfumée d'un cylindre vertical tournant avec rapidité. La plume trace d'abord une ligne horizontale ; mais au moment où le mercure se met à couler dans le petit vase, et constitue une charge graduellement croissante qui agit sur le muscle, vous voyez le levier s'abaisser en indiquant à chaque instant la quantité dont le muscle s'allonge. De la rotation du cylindre et de l'abaissement du levier il résulte une hélice qui se forme de haut en bas.

A mesure que le muscle s'allonge, on voit que le pas de l'hélice se resserre de plus en plus, ce qui exprime une diminution graduelle de l'allongement, malgré l'augmentation de la charge.

Si l'on déploie le papier qui recouvrait le cylindre, on obtient une série de lignes horizontales (fig. 367) dont chacune

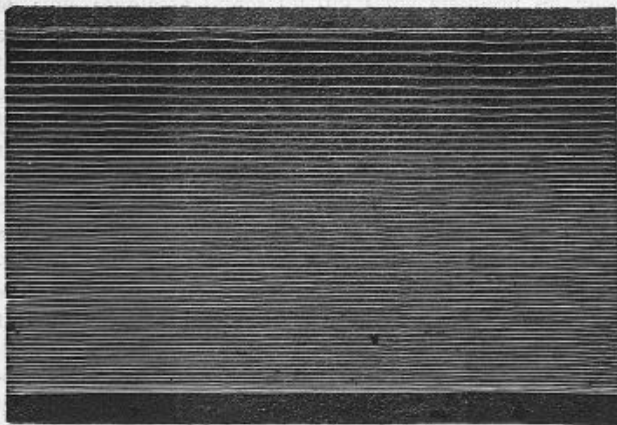


FIG. 367. — Graphique des allongements successifs d'un muscle sous une charge graduellement croissante.

est une fraction d'un tour de l'hélice ; ces lignes sont de plus en plus rapprochées les unes des autres à mesure que le muscle est plus allongé. Comme la rotation du cylindre est uniforme, et l'écoulement du mercure qui produit la charge croissante uniforme lui-même, chacune des lignes successives correspond à un moment où le muscle subit une charge augmentée d'une même quantité par rapport à celle qu'il portait au moment où se traçait la ligne précédente. Ces lignes sont donc obtenues dans des conditions qui les assimilent aux divisions  $a'$ ,  $b'$ ,  $c'$  de l'ordonnée, dans la figure 089. Et si l'on traçait perpendiculairement à l'abscisse une série de lignes équidistantes, correspondant à la série des charges successives, la courbe qui passerait par l'intersection de ces deux ordres de

lignes aurait beaucoup d'analogie avec celle qui est représentée figure 368, p. 813.

La grande rapidité de la rotation du cylindre dont je viens de me servir m'a seul empêché d'obtenir directement la courbe de l'élasticité du muscle. En effet, si ce cylindre, au lieu d'exécuter du commencement à la fin de l'expérience un nombre de tours considérable, n'eût fait qu'une petite portion de tour dans le même temps, le levier eût tracé lui-même cette courbe cherchée, sauf la déformation que ce graphique eût subie à cause de l'arc de cercle décrit par le levier.

En présence de cette cause de complication du graphique, j'ai recouru, pour obtenir de bonnes courbes de l'élasticité musculaire, à un appareil enregistreur qui se prête également à différents autres usages, par exemple au graphique des changements de poids. Cet appareil enregistre les mouvements qu'on lui transmet en les amplifiant autant qu'on le désire, et ne produit aucune déformation de ces mouvements.

Un cylindre horizontal (fig. 368), d'une circonférence de 42 centimètres, fait un tour en une demi-heure environ. Parallèlement à l'axe de ce cylindre, sont tendus deux fils d'acier très-fins qui servent de rails à un petit chariot roulant sur trois poulies en guise de roues. Ce chariot porte une pointe écrivante qui frotte sur le cylindre, avec une extrême légèreté, et trace une ligne droite parallèle à l'axe, si, pendant l'immobilité du cylindre, on fait courir le chariot sur les fils. Au-dessous du chariot se trouve une petite plaque mince verticalement placée et percée d'une ouverture triangulaire, dont un des angles est tourné en bas. Dans cette ouverture s'engage l'extrémité cylindrique et bien polie du levier qui sera chargé d'amplifier les mouvements que l'on veut enregistrer.

Dans l'appareil destiné à déterminer la courbe de l'élasticité des corps, ce levier porte à sa base une pièce métallique formant un quart de cercle dont le centre de courbure serait précisément le centre de mouvement du levier lui-même. Cette pièce est une portion de poulie dont la gorge, occupant la convexité, logerait deux fils destinés à produire des tractions de sens contraire. L'un de ces fils, fixé à l'extrémité droite de cette gorge, la traverse en se dirigeant à gauche ; l'autre fil part de l'extrémité gauche de la poulie et traverse la gorge, à côté du fil précédent, pour se porter à droite.

L'un de ces fils s'attache au tendon du muscle gastrocnémien d'une grenouille, l'autre se réfléchit sur une poulie placée dans un plan vertical, et porte le poids graduellement croissant, qui devra allonger le muscle.

Il résulte de cette disposition que la traction exercée par le poids sur le muscle en expérience se communique au levier dans des conditions mécaniques toujours semblables. La direction des deux fils étant toujours tangente à la poulie, le bras de levier de cette force motrice sera toujours la même.

Les choses étant ainsi disposées, supposons que le cylindre tourne sans que le muscle soit chargé d'aucun poids (1) ; le chariot, immobile sur ses rails, tracera par sa pointe une circonférence parfaite autour du cylindre : ce sera, sur le papier déployé, l'abscisse de notre courbe. Je fais arriver, par un écoulement régulier, le mercure dans le flacon ; aussitôt le

(1) Dans l'appareil, le poids du léger vase qui recevra le mercure est équilibré par un contre-poids suspendu de l'autre côté de la poulie.

chriot entre en marche, entraîné par la déviation du levier qui le pousse, et la pointe trace sur le cylindre une courbe qui exprime toutes les phases de l'allongement du muscle.

est revenu à son état de repos. Il s'est donc produit un allongement définitif du muscle; nous avons dépassé la limite en deçà de laquelle son élasticité serait parfaite.

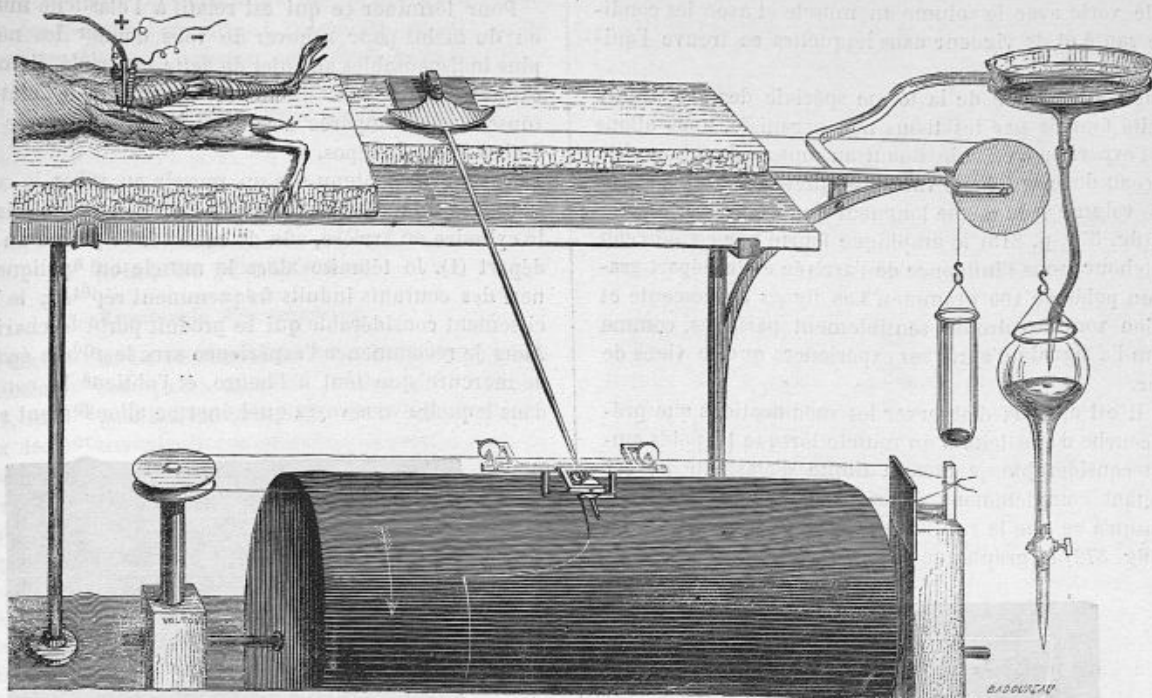


FIG. 368. — Appareil enregistreur de l'élasticité du corps.

Dans la figure 369, on voit, au-dessous de l'abscisse  $ox$ , une des courbes ainsi obtenues.

Voulant savoir si la force élastique du muscle produisait exactement la courbe inverse, dans le cas où le poids tenseur diminuerait régulièrement dans le même espace de temps, j'ai disposé les choses de telle sorte que le mercure s'écoulât régulièrement du flacon lorsque la courbe descendante était terminée. J'ai pu ainsi obtenir la figure 370, dans laquelle une ascension de la courbe accompagne le départ graduel du poids, et présente, en sens inverse, la même forme que la courbe d'allongement.

Le poids maximum employé dans cette expérience avait été de 90 grammes, la durée totale d'application avait été de deux minutes.

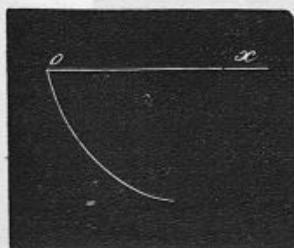


FIG. 369. — Courbe de l'élasticité d'un muscle obtenue avec l'appareil enregistreur.

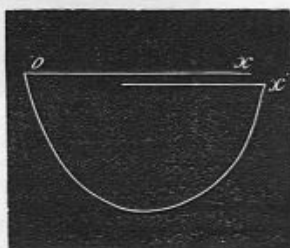


FIG. 370. — Courbes d'élasticité d'un muscle avec addition et soustraction graduelles de la charge.

On voit, dans la figure 370, que le muscle débarrassé du poids n'est cependant pas tout à fait revenu à sa longueur normale, comme l'indique la ligne  $a'$  que le chariot trace, si l'on imprime un mouvement au cylindre lorsque le muscle

Il m'a toujours semblé que cette limite était très-facilement dépassée, car un poids de 1200 grammes ayant pu, sans rupture, être supporté pendant deux minutes par un gastrocnémien d'une forte grenouille, l'autre muscle du même ani-

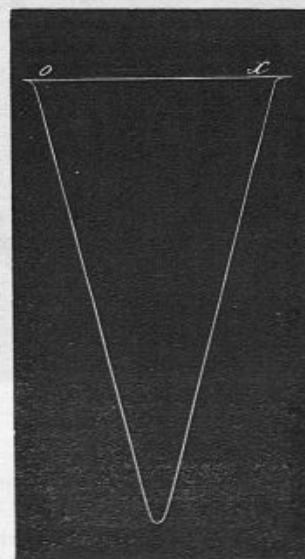


FIG. 371. — Graphique de l'élasticité du caoutchouc obtenu avec l'appareil enregistreur.

mal, soumis pendant le même temps à un poids d'environ 100 grammes, ne revint pas exactement à sa longueur primitive.

On ne saurait fixer d'une manière absolue la charge que

peut supporter un muscle de grenouille en conservant la faculté de revenir exactement à sa longueur normale. Cette charge me paraît être, en général, inférieure à 50 grammes, mais elle varie avec le volume du muscle et avec les conditions de santé et de vigueur dans lesquelles se trouve l'animal.

Si vous voulez juger de la forme spéciale des graphiques d'élasticité fournis par les tissus non organisés, nous allons répéter l'expérience en substituant au muscle de grenouille un morceau de caoutchouc vulcanisé, présentant à peu près le même volume et la même longueur que le muscle.

Voici (fig. 371, p. 813) le graphique fourni par ce morceau de caoutchouc, sous l'influence de l'arrivée et du départ graduels d'un poids de 100 grammes. Les lignes de descente et d'ascension sont des droites sensiblement parfaites, comme Wertheim l'a signalé d'après ses expériences que je viens de vous citer.

Enfin, il est curieux d'observer les modifications que présente la courbe d'élasticité d'un muscle lorsque le poids employé est considérable, et que, la limite d'élasticité de cet organe étant complètement dépassée, on poursuit l'expérience jusqu'à ce que la rupture se produise.

Voici (fig. 372) le graphique obtenu sur le gastrocnémien

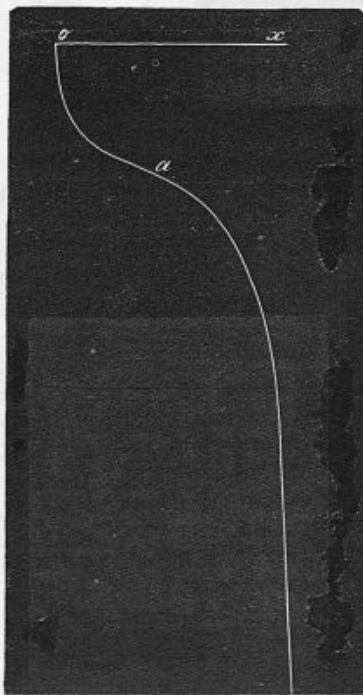


FIG. 372. — Graphique de l'allongement et de la rupture d'un muscle sous une charge indéfiniment croissante.

d'une petite grenouille. La rupture s'est produite sous une charge d'environ 750 grammes.

On voit au point *a* une inflexion de la courbe, qui, de concave à droite qu'elle était précédemment, devient graduellement convexe; plus tard, arrive un allongement de plus en plus rapide du muscle, qui finit par se rompre, après avoir imprimé au chariot une marche si vive, qu'elle se traduit par une ligne presque verticale.

Cette légère inflexion qui se remarque en *a* se reproduit bien avant que le muscle ait perdu toute force élastique, mais

elle permet à coup sûr de prévoir que ce muscle a dépassé sa limite d'élasticité et qu'il ne reviendra plus à sa longueur normale.

Pour terminer ce qui est relatif à l'élasticité musculaire, ou du moins pour achever de vous donner les notions les plus indispensables au sujet de cette propriété, il me reste à examiner avec vous quelle est la courbe de l'élasticité du muscle actif comparée à celle qu'il nous a fournie lorsqu'il était à l'état de repos.

Après avoir obtenu sur un muscle au repos la courbe *ox* (fig. 373), dont l'origine est sur l'abscisse *ox*, je fais tourner le cylindre en arrière, afin de ramener la plume au point de départ (1). Je tétanise alors le muscle en appliquant à son nerf des courants induits fréquemment répétés; le raccourcissement considérable qui se produit porte le chariot en *o'*. Alors je recommence l'expérience avec le même écoulement de mercure que tout à l'heure, et j'obtiens la courbe *o'a'*, dans laquelle vous voyez quel énorme allongement s'est pro-

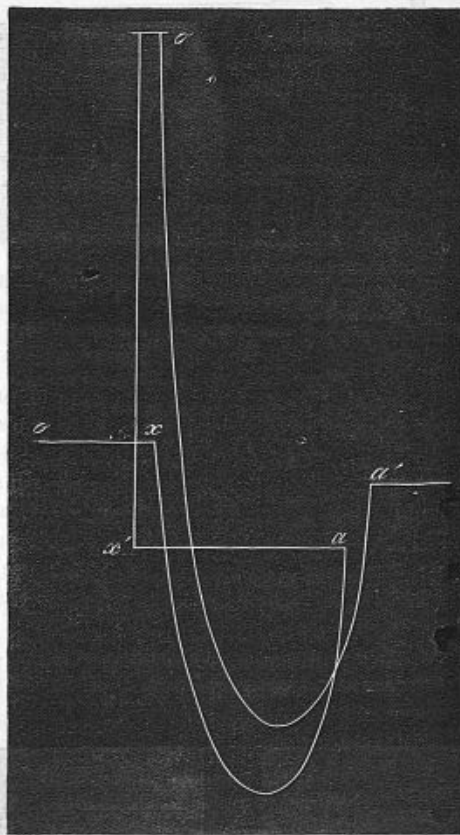


FIG. 373. — Graphique comparatif de l'allongement produit par une même charge sur un muscle au repos et sur un muscle tétanisé.

duit dans le muscle tétanisé, sous l'influence du même poids qui tout à l'heure l'allongeait d'une quantité bien moindre; mais vous remarquerez aussi que cet allongement est en grande partie formé aux dépens du raccourcissement tétanique, de telle sorte que la partie la plus basse de la nouvelle courbe est encore très-sensiblement au-dessus de la courbe obtenue sur le muscle au repos.

(1) Comme la limite d'élasticité a été dépassée, la nouvelle abscisse *ax'* représente la longueur actuelle du muscle au repos et sans charge.

Je crois cette figure très-propre à fournir la véritable explication des faits signalés par Weber, et à montrer comment et dans quelles limites il faut admettre que le muscle contracté puisse être plus extensible que le muscle au repos.

Toutes ces questions relatives à l'élasticité auront besoin d'être reprises plus tard, lorsque nous étudierons la nature de la contraction musculaire; c'est alors seulement que nous aurons les éléments nécessaires pour pousser plus loin ces études.

MAREY.

## BULLETIN SCIENTIFIQUE.

### Académie des sciences.

Lundi dernier, M. Le Verrier a lu à l'Académie des sciences une communication qu'on trouvera ci-dessus *in extenso*, page 807, sur la position topographique de l'Observatoire de Paris, et les inconvénients considérables résultant pour lui des travaux de viabilité que la Ville de Paris commence à exécuter dans son entourage. — A la suite de cette communication, M. Dumas, président du conseil municipal de Paris, se lève pour faire observer que « le président du conseil municipal » n'a jamais eu connaissance des difficultés dont vient de parler M. Le Verrier. — M. Le Verrier réplique que M. Dumas ne parle sans doute point *personnellement*, puisqu'il l'a entretenu plusieurs fois *personnellement* de ces difficultés, et qu'il a d'ailleurs en main une foule de pièces constatant ses nombreuses démarches auprès de l'édilité parisienne. — M. Dumas se borne à déclarer qu'il tient à ce que son observation soit consignée au procès-verbal de la séance. — Une demi-minute après, M. Le Verrier s'avance vers M. Dumas et lui dit, — en lui remettant un volumineux dossier de pièces officielles, que celui-ci ne se décide à prendre qu'après quelque hésitation, — qu'il ne peut correspondre officiellement avec « le président du conseil municipal ».

— M. Sappey envoie des Recherches fort curieuses sur les nerfs du névrlème, ou *nervi nervorum* :

Le névrlème, dit M. Sappey, reçoit des filets nerveux qui sont aux nerfs ce que les *vasa vasorum* sont aux vaisseaux, d'où le nom de *nervi nervorum* sous lequel je propose de les désigner. Leur existence dans la gaine fibreuse des nerfs n'avait pas encore été signalée; elle est constante cependant, et peut être facilement démontrée.

La disposition qu'affectent les *nervi nervorum* dans le névrlème diffère peu, du reste, de celle que présentent les ramifications nerveuses dans les autres dépendances du système fibreux. Comme celles-ci, ils suivent en général les artères; comme elles aussi, ils échangent dans leur trajet de nombreuses divisions par lesquelles ils s'anastomosent, en sorte que sur certains points on observe de petits plexus à mailles irrégulières et inégales.

Ce n'est pas seulement sur la gaine commune ou principale qu'on les rencontre, mais aussi sur celles qui entourent les faisceaux principaux et les faisceaux tertiaires. J'ai pu les poursuivre jusque sur la gaine des faisceaux secondaires. Mais à mesure que le calibre des gaines diminue, ils deviennent beaucoup plus déliés et plus rares. On ne les voit jamais s'étendre jusqu'à l'enveloppe des faisceaux primitifs, enveloppe bien bien différente des précédentes, qui a été étudiée du reste et très-bien décrite par M. le professeur Ch. Robin sous le nom de *périnèvre* (*Comptes rendus*, 1854).

L'absence des *nervi nervorum* sur la gaine des faisceaux primitifs nous explique pourquoi ils sont défectueux sur toutes les divisions nerveuses dont le diamètre n'atteint pas un demi-millimètre. Les tubes qui les composent sont remarquables par leur extrême ténuité. Chacun d'eux, cependant, se compose d'une enveloppe, d'une couche médullaire et d'un *cylindre axis*.

*Nervi nervorum du nerf optique*. — On sait que ce nerf possède

deux enveloppes fibreuses : 1° une enveloppe externe, très-épaisse, qui s'étend du trou optique au globe de l'œil, et qui constitue pour ce dernier organe une sorte de ligament; 2° une enveloppe interne ou profonde, très-mince, de laquelle partent des cloisons qui, en se divisant, se subdivisant et s'unissant les unes aux autres, forment des canaux longitudinaux, tous à peu près du même diamètre.

Cette seconde enveloppe, qui se comporte à l'égard du nerf optique comme le névrlème à l'égard des autres nerfs, ne reçoit aucun ramuscule nerveux. L'enveloppe externe en reçoit, au contraire, un grand nombre qui tirent leur origine des nerfs ciliaires.

Ces *nervi nervorum* de la gaine externe cheminent d'abord dans ses couches superficielles. Par leurs divisions et leurs anastomoses, ils forment dans cette première partie de leur trajet un plexus à mailles inégales et irrégulières, mais souvent très-serrées, qui s'entremêlent à celles des vaisseaux sanguins. En s'avancant dans les couches profondes de cette gaine, ils continuent de se ramifier, mais deviennent bientôt si grêles, qu'ils ne sont plus représentés que par des groupes de deux, trois ou quatre tubes.

En résumé, la gaine externe des nerfs optiques, si riche en *nervi nervorum*, est remarquable aussi par l'abondance des fibres élastiques qui entrent dans sa composition. C'est bien à tort, par conséquent, qu'elle a été considérée par les anciens comme un trait d'union entre la dure-mère et la sclérotique, c'est-à-dire comme prolongeant l'une et comme prolongée par l'autre. Elle en diffère très-notablement : 1° par ses fibres élastiques, qui font défaut dans toutes deux; 2° par ses *nervi nervorum*, qui sont d'une extrême rareté dans la dure-mère crânienne, et dont on n'observe aucun vestige dans la sclérotique. L'analyse anatomique, loin de confirmer l'analogie qu'avaient cru entrevoir un grand nombre d'anatomistes, atteste donc qu'elle se distingue, au contraire, des deux membranes avec lesquelles elle se continue par des caractères qui lui sont propres.

— M. Peligot lit des Recherches sur la répartition de la potasse et de la soude dans les végétaux.

— M. Becquerel père présente un troisième Mémoire sur les actions électro-capillaires dans les corps organisés et inorganiques.

— M. Serres dépose sur le bureau un sixième Mémoire sur l'ostéographie du *Mesotherium* et ses affinités zoologiques. Les cinq premiers parlaient de la tête; celui-ci arrive au membre antérieur : on voit que c'est loin d'être le dernier que M. Serres déposera sur cette description ostéographique. A quoi sert-il donc que l'article 1<sup>er</sup> du règlement de l'Académie limite à huit pages in-4° l'étendue des « extraits des mémoires lus par les membres de l'Académie ? » Il suffit, pour l'esquiver, de couper ses mémoires en fractions assez nombreuses. On arrive ainsi à détourner les *Comptes rendus* de leur véritable destination, qui est de contenir des notes sommaires, en même temps qu'on restreint la place, souvent déjà trop étroite, laissée aux travaux des savants qui n'appartiennent pas encore à l'Institut. Pour les travaux étendus dont l'importance réelle est en rapport avec le nombre de leurs pages, l'Académie n'a-t-elle point des recueils de mémoires ? Dans tous les cas, une autre disposition du règlement, moins facile à esquiver sans la violer, décide qu'un membre de l'Académie ne pourra donner aux *Comptes rendus* plus de cinquante pages par année. Les six premiers Mémoires de M. Serres sur l'ostéographie du *Mesotherium* sont déjà très-près de cette limite, et, selon toute vraisemblance, le septième la dépassera. Il est vrai qu'il peut être remis au 1<sup>er</sup> janvier 1868.

## BULLETIN DES COURS.

### Faculté de médecine de Paris.

M. Jarjavay, professeur d'anatomie normale, et M. Richet, professeur de pathologie chirurgicale, viennent d'être nom-