

Le mouvement d'élévation et d'abaissement des cils (mouvement analogue à celui d'un doigt qui s'abaisse et se relève alternativement) est le mouvement le plus commun. MM. Valentin et Purkinje, qui ont étudié d'une manière toute spéciale ce point curieux d'anatomie microscopique, distinguent encore trois autres sortes de mouvements des cils : 1° un mouvement d'*entonnoir*, ou mouvement infundibuliforme, dans lequel la pointe libre du cil décrit une circonférence, et, par conséquent, le cil tout entier un véritable cône; 2° un mouvement d'*oscillation*, dans lequel le cil décrit un mouvement de va-et-vient, comme un pendule dont le point fixe serait à l'insertion du cil sur le cylindre d'épithélium qui le supporte; 3° un mouvement *ondulatoire* dans lequel le cil décrit, en s'inclinant, des sinuosités analogues à celles que présenterait une banderole abandonnée au vent ou au courant de l'eau.

On remarque souvent que le sens du mouvement suivant lequel s'inclinent les cils change au bout d'un certain temps, pour s'opérer dans un sens opposé, et ainsi de suite plusieurs fois et à des intervalles à peu près réguliers. C'est ce qu'on observe très-facilement sur les branchies des moules.

Ce qu'il y a de plus remarquable dans le mouvement des cils, c'est qu'il est complètement en dehors de l'influence du système nerveux, lequel n'envoie point de filets dans l'épithélium<sup>1</sup>.

Lorsqu'on place des cellules vibratiles extraites des fosses nasales de l'homme dans du cérum, le mouvement peut y persister plus de vingt-quatre heures. Ce mouvement s'éteint plus vite dans l'eau pure, parce que le courant d'osmose qui se fait vers la cellule épithéliale agit sur elle en la déformant. Chez les reptiles, le mouvement spontané des cils dure bien davantage encore. Si l'on a soin de préserver les cellules de l'épithélium vibratile de la tortue contre les effets du dessèchement et d'une température élevée, le mouvement des cils se prolonge pendant plus d'une semaine après la mort de l'animal.

Le rôle physiologique des cils vibratiles, dans les espèces inférieures, paraît surtout en rapport avec la respiration. Leur rôle consiste vraisemblablement à renouveler le liquide à la surface des membranes absorbantes. De cette manière le liquide vicié par les produits de l'expiration de l'animal se trouve éloigné et le liquide voisin se trouve attiré. On retrouve le mouvement vibratile dans l'appareil respiratoire des animaux supérieurs, mais il n'a plus ici qu'un rôle fort obscur. On peut dire cependant que le mouvement des cils, partout où on l'observe, est capable de faire progresser lentement le mucus et les autres substances déposées à la surface des membranes muqueuses. Il n'est pas impossible que le mouvement des cils vibratiles des trompes, dans l'espèce humaine, contribue à diriger l'ovule du côté de l'utérus, et que

<sup>1</sup> Le mouvement vibratile disparaît quand on substitue à l'air de l'hydrogène ou de l'acide carbonique; il disparaît aussi sous l'influence des alcalis. Il reparait quand la pièce est replacée dans l'air, et quand on neutralise l'alcali. (W. KÜHNE.)

les cils qui se meuvent dans les petites bronches facilitent l'expulsion des mucosités pulmonaires. La direction de leur mouvement d'inclinaison permet au moins de le supposer. Mais il faut pour cela que ce mouvement ne fût pas alternatif dans ces divers points, ce qui n'est pas encore nettement établi. Dans les ventricules du cerveau de l'homme, qui sont tapissés non par une membrane muqueuse, mais par une simple couche de cellules d'épithélium à cylindres pourvues de cils vibratiles, on ne sait pas quel rôle les cils sont appelés à jouer.

Le mouvement des filaments mobiles qui existent dans la semence, et auxquels on donne le nom de *spermatozoïdes*, offre avec le mouvement des cils vibratiles une grande analogie (Voy. *Sperme*, § 392). Cette analogie est frappante surtout, quand on examine des cellules d'épithélium vibratile isolées au milieu d'un liquide. L'action des cils sur le liquide détermine, dans la cellule qui supporte les cils, une réaction en sens inverse, et on voit alors la cellule se mouvoir dans le liquide par une sorte de mouvement giratoire ou de translation.

## SECTION II.

## Des phénomènes de la contraction musculaire.

## § 219.

**Des muscles.** — Les muscles de l'homme et de la plupart des animaux vertébrés peuvent être divisés, eu égard à leur structure intime, en deux classes qui correspondent à peu près à celles des muscles volontaires et involontaires. Les éléments des muscles volontaires ou extérieurs sont *striés* transversalement, c'est-à-dire perpendiculairement à leur longueur; les muscles intérieurs ou involontaires sont, à l'exception du cœur, composés de fibres *lisses*.

A. *Composition élémentaire des muscles extérieurs.* — Quel que soit le volume d'un muscle de la vie animale, quel que soit celui des faisceaux (visibles à l'œil) de l'assemblage desquels il résulte, toujours les faisceaux du muscle peuvent être divisés en un certain nombre de parties élémentaires *bien définies*, visibles seulement au microscope, se rencontrant partout à peu près sous les mêmes dimensions, et auxquelles on donne le nom de *faisceaux primitifs*. Ces faisceaux primitifs ont reçu le nom de *faisceaux striés*, parce qu'ils présentent une disposition que n'offre aucun autre tissu de l'économie. Ces faisceaux sont striés, c'est-à-dire marqués en travers, et perpendiculairement à leur longueur, de lignes horizontales très-rapprochées (Voy. fig. 90 — *a* et *b* représentent chacun un faisceau primitif).

On désigne les éléments des muscles de la vie animale sous le nom de *faisceaux primitifs*, et non sous celui de *fibres primitives*, parce que par l'analyse microscopique on arrive à reconnaître que ces faisceaux pri-

mitifs renferment dans une enveloppe commune (ou sarcolemme) des éléments plus fins, auxquels on réserve le nom de *fibrilles primitives* ou *fibrilles musculaires*. Au reste, les faisceaux primitifs sont des parties bien définies, contenues dans une enveloppe spéciale *amorphe* (sarcolemme), et constituent un petit système élémentaire au même titre que le tube nerveux ou la fibre du tissu conjonctif. Les *fibrilles* qui entrent dans la constitution du faisceau primitif se traduisent, au travers de la transparence du sarcolemme ou gaine commune, par des lignes longitudinales, correspondantes à leur accollement. Les fibrilles sont réunies entre elles par une substance amorphe.



Fig. 90.

Les faisceaux primitifs ont un diamètre qui oscille entre  $0^{\text{mm}},01$  et  $0^{\text{mm}},03$ . Ces faisceaux ne sont presque jamais tout à fait rectilignes sur le fragment du muscle qu'on observe : ils sont plus ou moins infléchis. C'est à ces inflexions que la chair musculaire doit de présenter à l'œil nu cet aspect *ridé* ou *ondé* qu'offre la surface d'un muscle lorsqu'on l'examine dans la direction des fibres charnues; cette disposition est surtout remarquable sur le filet de bœuf. Nous examinerons plus loin, avec détails, ces inflexions, qui sont les vestiges persistants du raccourcissement du muscle. Les inflexions dues à la contraction sont, d'ailleurs, beaucoup plus éloignées les unes des autres que les *striés* proprement dites.

Les stries des faisceaux primitifs apparaissent au microscope, sous la forme de petites lignes transversales *foncées*, tranchant sur la transparence des espaces interlinéaires. La *striation* transversale des faisceaux primitifs n'appartient pas à l'enveloppe, mais à ce qui est contenu dans la gaine commune; elle est visible, par suite de la transparence du sarcolemme. Lorsqu'on isole les fibrilles, celles-ci conservent la striation en travers, ce qui prouve bien que ce sont elles qui sont striées. Les fibrilles musculaires ont environ  $0^{\text{mm}},001$  de diamètre; d'où il suit que dans un faisceau primitif de  $0^{\text{mm}},01$  de diamètre, il y a environ une centaine de fibrilles, et environ 900 dans un faisceau de  $0^{\text{mm}},03$  de diamètre.

Lorsqu'on traite le faisceau primitif par l'acide chromique ou par l'alcool, ou même lorsqu'on l'abandonne à un commencement de décomposition spontanée on peut constater que les *fibrilles* musculaires sont elles-mêmes constituées par une succession de petits éléments (*sarcous elements* de Bowman) un peu aplatis dans le sens de la longueur, c'est-à-dire par les faces par lesquelles ils se correspondent, et superposés les uns sur les autres comme de petits disques (Voy. fig. 90). Les points

de jonction de ces éléments se correspondent assez exactement dans l'ensemble des fibrilles renfermées dans la gaine du faisceau primitif : c'est l'ensemble de ces lignes de jonction qui détermine la striation transversale caractéristique de la fibre musculaire.

Lorsque les faisceaux primitifs sont altérés par un commencement de putréfaction, les éléments du faisceau primitif se dissocient parfois, non pas dans le sens longitudinal, mais dans le sens horizontal, suivant la direction des stries transversales. On obtient ainsi des disques qui mesurent toute l'épaisseur du faisceau primitif et qui contiennent l'ensemble des éléments discoïdes des fibrilles correspondant à un même plan horizontal<sup>1</sup>.

La disposition striée des faisceaux primitifs des muscles de la locomotion n'existe pas seulement chez l'homme et les mammifères; on l'observe aussi dans les oiseaux, dans les reptiles, dans les poissons, et aussi dans les muscles de la locomotion d'un grand nombre d'invertébrés. Chez les poissons et chez les invertébrés, les muscles de la vie animale ne sont point colorés en rouge, comme chez l'homme et les animaux supérieurs.

Chez l'homme, les faisceaux primitifs ou striés existent dans tous les muscles soumis à l'empire de la volonté ou muscles de la vie animale; parmi les muscles intérieurs, il en est un cependant qui est constitué par des faisceaux striés : ce muscle est le *cœur*.

B. *Composition élémentaire des muscles intérieurs.* — Les muscles intérieurs, tels que la tunique musculuse de l'intestin, de la vessie, de l'utérus, de la trachée-artère, des bronches, des canaux excréteurs des glandes, etc., présentent une composition élémentaire un peu différente.

Les fibres primitives des muscles intérieurs ne sont pas groupées, comme les précédentes, en *faisceaux primitifs*. En divisant un muscle de la vie *végétative* et en le poursuivant dans ses éléments

<sup>1</sup> M. Brücke a cherché à montrer que les fibrilles des muscles striés sont composées de disques superposés de nature *alternativement différente*. En examinant le tissu musculaire sous le microscope, à l'aide de la lumière polarisée, il constate que l'une des substances jouit de la double réfraction, et l'autre de la réfraction simple, de telle sorte que l'une apparaît colorée en *bleu*, et que l'autre est *purpurine* comme le fond. D'après M. Brücke, les fibres musculaires *lisses* jouiraient, dans toute leur masse, de la double réfraction : dès lors il n'y aurait point pour elles, comme pour les muscles striés, de disques alternants superposés.

Quand on examine au microscope les muscles thoraciques des insectes, on observe que les faisceaux striés se présentent sous deux aspects différents. Les uns apparaissent comme les représente la figure 91 (a); les autres sont un peu différents (fig. 91, b), c'est-à-dire que les premiers sont plus *larges*, ont les *striés plus rapprochés* et plus *nettement marqués*; les autres sont *étroits*, ont les *striés plus éloignées* et moins *nettement marqués*. Il est permis de conclure de ces deux apparences que les premières de ces fibres (a) correspondent à l'état de contraction du muscle (diminution de longueur, augmentation d'épaisseur) et que les autres (b) correspondent à l'état de relâchement.



Fig. 91.

constitutifs, on arrive, par des décompositions successives, jusqu'à la fibre primitive, sans passer par le *faisceau primitif*. En d'autres termes, les fibres primitives des muscles intérieurs ne sont pas réunies en groupes *définis* entourés par une membrane spéciale ; mais ces fibres primitives sont simplement accolées entre elles dans la masse d'un muscle par le tissu conjonctif général.

Ces fibres sont *lisses*, c'est-à-dire qu'elles ne présentent point de striation en travers. Elles offrent parfois une apparence de séparation longitudinale dans leur contenu. Les fibres musculaires lisses sont répandues dans des points très-nombreux de l'économie, entremêlées avec le tissu conjonctif, et donnent aux tissus dans lesquels on les rencontre la puissance contractile. Les muscles intérieurs circonscrivent presque tous des cavités ou des canaux (muscles de l'intestin, de la vessie, etc.). Elles ont besoin, pour exercer leur action contractile sur ces parties, de se fixer, par leurs extrémités, à la membrane fibreuse (ou conjonctive condensée) qui forme la charpente de ces organes. C'est par l'ensemble combiné de leur contraction simultanée que les fibres lisses amènent le rétrécissement des cavités. C'est peut-être à cela, en partie, qu'est dû le mode spécial de contraction de ces parties, laquelle est lente et successive.

Les fibres musculaires lisses sont généralement moins rouges que les fibres striées ; dans quelques organes elles sont tout à fait incolores.

Indépendamment des organes cités plus haut, les fibres musculaires lisses se rencontrent dans beaucoup de parties qui, par leur apparence, n'offrent pas les caractères du tissu cellulaire, et auxquelles on a pendant longtemps refusé la contractilité. Ces fibres s'y trouvent répandues en quantité très-variable et entremêlées avec les éléments d'autres tissus, tels que les tissus conjonctifs et élastiques. Les fibres contractiles de l'iris, les fibres contractiles des vaisseaux (artères, veines et lymphatiques), les fibres contractiles du sac lacrymal, des canaux lacrymaux, des vésicules séminales, de la vésicule biliaire, des canaux excréteurs des glandes, les fibres contractiles du dartos, les fibres contractiles qu'on rencontre dans l'épaisseur du derme (elles y déterminent la chair de poule), appartiennent aux fibres musculaires lisses.

On a cru pendant longtemps que les fibres musculaires lisses étaient constituées chez l'homme et chez les animaux supérieurs, de même que chez les animaux invertébrés, par les éléments désignés sous le nom de *fibres-cellules*. Mais la fibre-cellule n'est chez l'homme et les animaux vertébrés qu'une forme transitoire du développement des muscles, et là où cette forme persiste, ce qui n'a lieu que dans des points limités, on peut dire que les éléments musculaires restent à l'état embryonnaire. On ne rencontre de fibres-cellules, chez l'homme, que dans les parois des petites artères, dans les muscles annexés aux follicules pileux et dans les éléments contractiles des villosités intestinales.

La fibre musculaire lisse est caractérisée par une succession régulière d'étranglements et de renflements. Lorsqu'on pratique des coupes sur les muscles lisses perpendiculairement à la direction des fibres, on obtient donc des diamètres très-différents, suivant que la section correspond aux renflements ou aux étranglements. Chez l'homme, le diamètre des portions renflées, mesure environ  $0^{\text{mm}},02$  ; le diamètre des portions étranglées a environ  $0^{\text{mm}},005$ .

Les limites qui séparent les fibres musculaires lisses des fibres musculaires striées ne sont pas nettement tranchées. A l'entrée des voies digestives, les faisceaux striés se prolongent jusque dans l'œsophage et ne font place que peu à peu aux fibres lisses. De même, à la partie inférieure du rectum, la tunique musculuse de l'intestin présente des fibres striées dans ses portions les plus déclives.

La distinction des muscles en muscles striés et en muscles lisses est fondée, surtout dans les vertébrés. Si l'on trouve des muscles striés chez beaucoup d'invertébrés, on peut dire cependant que les muscles lisses y sont beaucoup plus répandus. La couleur des muscles est d'ailleurs un caractère tout à fait accessoire : les poissons, qui ont des muscles blancs, ont cependant des muscles striés et il en est de même de la plupart des insectes ; presque tous les invertébrés ont des muscles peu ou point colorés.

Les animaux inférieurs, dans lesquels les divers tissus ne sont point nettement distincts les uns des autres, sont souvent constitués (les protozoaires, les rotatoires, etc.) par une masse contractile dans son ensemble. Les mouvements qui se passent ici dans la masse entière du corps, comme aussi dans les œufs des planaires qui s'allongent et s'étranglent en tous sens, ne sont point comparables à ceux qui s'accomplissent dans les animaux supérieurs, car il n'y a point chez les protozoaires de système nerveux distinct, tenant sous sa dépendance des tissus *divers*. Ces mouvements élémentaires sont bien plutôt de l'ordre des mouvements vibratiles (Voy. § 218).

## § 220.

**De la contractilité musculaire.** — La fibre musculaire est *contractile*, c'est-à-dire que, dans certaines conditions déterminées, elle rapproche ses deux extrémités et diminue ainsi de longueur. La contractilité d'un muscle a besoin, pour entrer en jeu, d'un *excitant*.

Tantôt l'excitant du mouvement est la volonté, comme, par exemple, dans la plupart des mouvements de la locomotion ; tantôt le stimulus agit localement sur le muscle, ou tout au moins sur des points sensibles et voisins du muscle, comme lorsque l'aliment excite de proche en proche par sa présence la contraction successive de la tunique musculaire de l'intestin. Dans ces divers cas, le système nerveux est l'intermédiaire obligé de la contraction. Les nerfs sont, en effet, les conducteurs de la volonté, et, sans eux, celle-ci est frappée d'impuissance ; de

même, le stimulus aliment n'agit, ainsi que nous le verrons, que par une *action réflexe* (Voy. *Innervation*, § 344) en vertu de laquelle la sensation obscure déterminée sur la muqueuse intestinale chemine par les nerfs vers le système nerveux central et est renvoyée, sous forme d'incitation motrice, vers le muscle sous-jacent par d'autres nerfs. Lorsque les conducteurs nerveux sont interrompus, la paralysie musculaire survient.

La volonté est l'excitant par excellence de la contraction musculaire dans les actes de la vie animale, et c'est elle qui entraîne les contractions les plus étendues et les plus soutenues; mais elle n'est pas le seul. On peut mettre en jeu la contractilité musculaire, en excitant, à l'aide des irritants *mécaniques*, *chimiques* ou *galvaniques*, les nerfs qui vont se rendre dans les muscles. Enfin, on peut encore mettre en jeu la contractilité musculaire à l'aide des mêmes excitants portés sur la fibre musculaire elle-même. La contraction qu'on obtient ainsi dans le muscle vivant est moins marquée et moins étendue, quoique évidente.

Le galvanisme constitue l'excitant expérimental le plus énergique, le plus délicat, et en même temps le plus facile à manier pour l'étude de la contractilité musculaire. On peut graduer cet excitant à volonté, en augmentant ou en diminuant l'intensité du courant de la pile. On peut le réduire presque à zéro, en employant une pile de petite dimension, ou en diminuant les actions chimiques de l'appareil; on peut augmenter considérablement l'intensité du courant en se servant d'*appareils d'induction*. Ces appareils ont la propriété de déterminer dans les muscles des contractions violentes, mais on peut aussi en graduer à volonté la puissance<sup>1</sup>.

Non-seulement les muscles se contractent sur l'animal vivant, lorsque l'excitant est appliqué sur les nerfs qui s'y rendent ou sur la fibre musculaire elle-même, mais les mêmes phénomènes se reproduisent pendant un certain temps sur l'animal pendant les quelques heures qui suivent la mort. Les mêmes phénomènes se reproduisent par conséquent aussi sur les muscles séparés du corps de l'animal vivant, sur les muscles d'un membre amputé, par exemple. Pour étudier les phénomènes de la contraction musculaire, on peut se servir et on se sert le plus souvent d'une patte de grenouille excisée sur l'animal vivant<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> On désigne sous le nom de *courants d'induction* les courants qui se développent dans des *circuits conducteurs fermés*, lorsque ces circuits *commencent* ou *cessent* de recevoir l'influence d'un courant. Les courants d'induction sont, par leur nature, des courants *presque instantanés*; mais on peut les rendre continus en multipliant considérablement, par des artifices mécaniques, le nombre des ruptures du courant inducteur. Les courants qui se développent dans le circuit fermé sont successivement de sens différent; mais on peut donner au *courant induit* une direction déterminée et constante, à l'aide d'un commutateur. Le courant inducteur peut être, soit un courant galvanique, soit un aimant; car le courant dynamique de la pile et l'électricité statique de l'aimant ont, à l'intensité près, les mêmes propriétés quand ils *commencent* ou *cessent* d'agir sur les circuits fermés. Les appareils d'induction sont très-variés. (Voy., pour plus de détails, notre article sur les appareils d'induction, dans la *Gazette hebdomadaire de médecine et de chirurgie*, 27 décembre 1855, n° 52.)

<sup>2</sup> Chez les animaux à *sang froid*, la contractilité persiste beaucoup plus longtemps, après la mort, que chez les animaux à *sang chaud*. Il en est pour les muscles des animaux à sang

On peut donc, sur une patte de grenouille (Voy. fig. 92), déterminer des contractions dans les muscles, en excitant mécaniquement soit le nerf *a*, soit la cuisse *c*.

Si l'on emploie le courant d'une pile ou celui d'un appareil d'induction, les deux pôles peuvent être appliqués de trois manières différentes sur la patte. On peut appliquer ces deux pôles seulement sur les muscles, c'est-à-dire en *c* et en *c'*; on peut les appliquer seulement sur le nerf, c'est-à-dire en *a* et en *b*; on peut enfin les appliquer à la fois sur le nerf et sur les muscles, en *a* et en *c*, par exemple. Dans ces trois positions, les muscles se contracteront; mais la contraction sera le plus énergique possible lorsque les deux pôles seront appliqués sur le nerf lui-même. Nous verrons, dans un instant, comment on peut interpréter ces résultats.

## § 221.

**Raccourcissement et gonflement des muscles pendant la contraction.** — Lorsqu'on met en jeu la contractilité musculaire, le raccourcissement du muscle est le phénomène le plus saillant. Les deux extrémités se rapprochent l'une de l'autre. Lorsque l'une d'elles est fixée, l'extrémité mobile se rapproche de la précédente, entraînant avec elle les parties auxquelles elle adhère<sup>1</sup>.

Le degré du raccourcissement musculaire pendant la contraction n'est pas le même lorsqu'on l'étudie sur des muscles qui font corps avec l'animal, ou sur des muscles séparés du corps; il est proportionné, en effet, au poids à mouvoir et à la disposition des leviers sur lesquels s'insèrent les muscles, ainsi que nous le verrons. De plus, la direction des fibres d'un muscle n'étant pas toujours parallèle à celle du tendon sur lequel les fibres viennent se fixer, le raccourcissement du muscle *pris en masse* n'est pas toujours égal à celui de chacune des fibres qui le composent.

Il n'est question en ce moment que du raccourcissement des muscles envisagés dans l'ensemble de leurs éléments et dans leurs connexions naturelles.

froid comme pour la vie elle-même; laquelle persiste beaucoup plus longtemps lorsqu'on plonge ces animaux dans des gaz irrespirables ou lorsqu'on leur fait subir des mutilations.

<sup>1</sup> Un muscle peut aussi se contracter sans se raccourcir, c'est-à-dire sans rapprocher ses deux extrémités. Exemple: l'avant-bras étant étendu sur le bras, vous pouvez contracter le biceps brachial et le brachial antérieur, sans que l'avant-bras soit fléchi, si en même temps les muscles extenseurs (triceps brachial) se contractent pour s'opposer au mouvement. On voit souvent ce mode de contraction survenir dans les maladies des centres nerveux, alors que les extenseurs et les fléchisseurs entrent *simultanément* en contraction, sous l'influence de l'irritation nerveuse. C'est ce qu'on décrit en pathologie sous le nom de contraction *tétanique*; c'est ce que nous avons décrit sous le nom de *contraction statique*. (Voyez chap. *Chaleur animale*.)

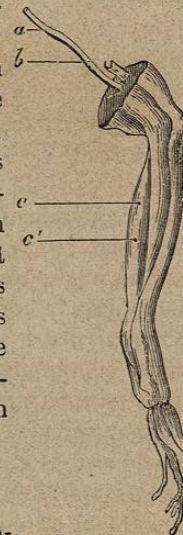


Fig. 92.