Les muscles de la locomotion d'un grand nombre d'invertébrés, en effet, sont composés de fibres lisses, et, d'autre part, les cœurs lymphatiques des reptiles sont composés de parois musculaires à faisceaux striés.

Beaucoup d'animaux inférieurs (infusoires, polypes, etc.) sont constitués à leur intérieur par une masse contractile, demi-transparente, sans trace de fibres distinctes ¹. Dans son état de plus grande simplicité, la substance contractile, n'offre donc rien d'analogue ni aux faisceaux striés ni aux fibres lisses du tissu musculaire. Ces deux ordres d'éléments musculaires n'apparaissent que dans les animaux plus compliqués, où se dessine en même temps un système perveux

On peut dire que la nature volontaire ou involontaire de la contraction dépend bien moins de la structure intime des muscles que de la nature des nerfs qu'ils reçoivent. Chez l'homme, en particulier, ainsi que chez les vertébrés, les muscles volontaires sont en relation avec les nerfs qui se détachent directement de l'axe cérébro-spinal, tandis que les muscles involontaires sont généralement animés par le système ganglionnaire du grand sympathique.

Ce chapitre sera principalement consacré à l'étude des mouvements volontaires. Les mouvements involontaires ont été déjà examinés en partie dans le premier livre, aux diverses fonctions de nutrition, ou le seront plus tard (au chapitre de l'innervation); nous ne nous en occuperons ici qu'en ce qui concerne le mécanisme de la contraction musculaire.

Indépendamment des mouvements volontaires ou involontaires dont nous venons de parler, mouvements visibles et mesurables à l'œil, on peut encore observer chez les animaux, à l'aide du microscope, sur quelques points des surfaces muqueuses et dans les éléments de quelques tissus, un certain ordre de mouvements qui paraissent complètement indépendants du système nerveux. Ces mouvements, observables seulement au microscope, persistent dans les tissus séparés du corps de l'animal vivant, et se rattachent évidemment aux fonctions de nutrition. Ces mouvements ne peuvent être observés chez l'homme et dans les animaux supérieurs que dans un petit nombre de tissus; dans quelques animaux inférieurs, ils sont beaucoup plus répandus : c'est par leur étude que nous débuterons.

SECTION I

Mouvements élémentaires.

(MOUVEMENTS VISIBLES AU MICROSCOPE)

\$ 217.

Mouvements du protoplasma. — Mouvements des granulations élémentaires. — Dans beaucoup d'animaux et de plantes microscopiques, et aussi dans le sein des tissus de beaucoup d'animaux et de plantes d'un ordre plus élevé, on rencontre une substance demi-solide, transparente, presque toujours incolore, non miscible à l'eau, d'une élasticité médiocre, réfractant la lumière plus que

l'eau et moins que l'huile; tantôt homogène, tantôt offrant dans sa masse des vacuoles ou des granulations; tantôt limitée par une portion plus solide ou par une véritable membrane, tantôt présentant sur ses confins une matière molle à limites confuses. Cette substance, qui ne se distingue par aucun caractère saisissable du *protoplasma* inerte, jouit de la propriété de se mouvoir avec plus ou moins de vivacité; elle est donc contractile.

Cette substance, très vraisemblablement de nature albuminoïde, présente la plus grande variété de mouvements. Souvent on voit se développer sur les confins de la petite masse protoplasmique un certain nombre de prolongements ou cylindriques, ou coniques, ou membraniformes, qui changent de forme et de place, et qui tantôt demeurent non ramifiés, tantôt se ramifient, et peuvent même former des réseaux (amibes, monères, œufs des hydres et des spongiaires, leucocytes ou globules blancs du sang de la plupart des animaux). On désigne communément ces mouvements sur place, ou plutôt ces changements de forme, sous le nom de mouvements amiboïdes.

Parfois on voit, autour du protoplasma, se développer rapidement une grande quantité de filaments très grêles et très longs qui se meuvent à la manière d'un fil qui serpenterait dans un courant rapide (rizopodes, monères, etc.). M. Engelmann, qui a étudié d'une manière toute particulière les mouvements du protoplasma, donne à ce mouvement le nom de filiforme.

Lorsqu'on place sous le microscope les cellules végétales d'une characée, ou les cellules des tentacules de la méduse, ou les cellules des couches profondes de l'épiderme, ou les cellules prises dans les mailles de la choroïde, on constate que les granulations contenues dans ces cellules sont animées de mouvements variés. Les unes décrivent des trajets plus ou moins sinueux, d'autres tournent sur elles-mêmes ou autour d'un centre fictif. Si le mouvement dont nous parlons s'observe plus facilement dans les cellules pigmentaires des animaux et dans les cellules vertes des végétaux, cela dépend sans doute de la coloration des molécules, qui facilite l'observation microscopique. Il est probable qu'il a lieu dans toutes les jeunes cellules (contenant un liquide non solidifié).

Ce mouvement n'est pas dû à la position des objets examinés, car il n'a pas lieu nécessairement dans un seul sens, mais bien dans les sens les plus divers; dans les cellules des charas, il y a d'ailleurs un mouvement circulaire parfaitement défini, qui ne permet pas cette interprétation. On a quelquefois attribué ce mouvement à un phénomène d'évaporation inégale qui, changeant la température de certaines molécules par rapport aux autres, entraînerait dans la masse du contenu liquide les mêmes mouvements moléculaires qu'on observe au sein d'un liquide chauffé dans un vase. Il est possible que les molécules suspendues dans le liquide des cellules organiques obéissent, dans leurs mouvements, à des changements partiels de température, car des mouvements analogues s'observent dans toutes les molécules suspendues au milieu des masses liquides en repos : la température, quelque fixe qu'elle paraisse, étant dans un état d'oscillation perpétuelle. Mais il est certain que les mouvements qu'on observe dans les cellules organiques obéissent encore à une autre cause. Il est vraisemblable que ces mouvements intérieurs sont déterminés aussi par les courants d'entrée et de sortie qui sont l'essence même de la vie des cellules végétales et animales. Cela est d'autant plus probable que ces mouvements acquièrent toute leur intensité, lorsqu'on ajoute un peu d'eau

¹ Cette substance on la désigne sous des noms divers : protoplasma, blastème, sarcode, etc.

aux cellules en observation et qu'on augmente ainsi l'énergie des courants d'osmose.

Il faut remarquer que les mouvements dont nous parlons sont des mouvements généralement très lents. Ils ne nous paraissent vifs au microscope que parce que les instruments grossissants en augmentent considérablement l'étendue. Si la molécule organique qu'on observe décrit, par exemple, dans son mouvement, en une seconde, un espace linéaire qui nous paraît être de 2 millimètres pour un grossissement de 400 diamètres, il est évident que dans le même temps elle n'a réellement parcouru qu'un espace quatre cents fois moindre, c'est-à-dire 1/200° de millimètre.

§ 217 bis.

Des conditions qui influent sur les mouvements du protoplasma et des granulations élémentaires. — La température modérée favorise ces mouvements; aussi peut-on dire que, dans une certaine limite, leur activité augmente avec elle. Vers + 40° environ, les mouvements atteignent leur maximum de rapidité, mais ce maximum n'est séparé que par quelques degrés du point où les mouvements cessent de se produire. En effet, vers + 45° ou + 46° tout mouvement cesse. Il semble que de même que pour les muscles proprement dits le protoplasma subisse une sorte de rigidité thermique (Voy. § 168, p. 174). Quand ce point n'a pas été atteint ou quand il n'a été atteint qu'un instant, le mouvement qui s'est ralenti ou qui a cessé peut reprendre lorsqu'on abaisse de nouveau la température.

Lorsqu'on refroidit l'objet en observation, le mouvement se ralentit, mais il ne s'arrête tout à fait qu'à des températures relativement basses, au voisinage de 0°. Lorsqu'on réchauffe la préparation le mouvement reparaît. Il faut que le refroidissement soit porté à —10°, —15° et parfois à —20° pour que le mouvement ne réapparaisse plus avec le réchauffement.

Lorsque la préparation se dessèche le mouvement se supprime peu à peu. Il y a donc un minimum d'imbibition nécessaire au mouvement; mais il y a aussi un maximum qui peut le détruire. Si la préparation est maintenue pendant un certain temps dans de l'eau distillée le mouvement disparaît pour toujours. Lorsque la pièce a été soumise à une dessiecation lente, par une température modérée, elle peut reprendre son mouvement lorsqu'on l'humecte. Lorsqu'on la conserve desséchée, à l'abri de l'humidité, elle peut reprendre le mouvement au bout d'un temps considérable, au bout de plusieurs années par exemple.

Lorsqu'on change le milieu gazeux qui entoure la préparation, c'est-à-dire si on supprime le contact de l'air (pour parler plus exactement, si on supprime l'oxygène), le mouvement dure encore quelque temps, mais il cesse généralement au bout de moins d'une minute. On peut le ranimer en fournissant de nouveau de l'oxygène. De même que les divers éléments anatomiques, les protoplasmas contractiles ne jouissent de leurs propriétés que dans un milieu neutre, ou très faiblement alcalin ou acide, un excédant même léger d'alcalinité ou d'acidité le suspend, une alcalinité ou une acidité plus prononcée le détruit à jamais. M. Engelmann a remarqué qu'une faible proportion de vapeur d'éther ou de chloroforme dans l'air ambiant suffit à arrêter le mouvement. L'air pur peut encore le faire réapparaître, à la condition que la proportion de vapeur d'éther ou de chloroforme n'ait pas été trop considérable; dans ce dernier cas, le mou-

vement est anéanti pour toujours. M. Engelmann a observé, comme l'avait fait M. Kühne, qu'une trace de vératrine à peine appréciable aux réactifs suffit à anéantir tout mouvement. Il a encore observé que le sulfate de quinine, qui suspend le mouvement, le laisse réapparaître quand on transporte le protoplasma dans son milieu normal, alors même que le sulfate de quinine a été appliqué à forte dose.

Tout ce qui est de nature à troubler l'équilibre moléculaire peut exciter les mouvements du protoplasma, tels sont : les variations de température, les excitants mécaniques, chimiques et électriques modérés.

§ 218.

Mouvement vibratile. — On désigne sous ce nom le mouvement dont sont animés de petits appendices capillaires ou cils qui surmontent beaucoup de cellules animales et végétales.

Chez l'homme, on peut observer les cils vibratiles sur l'épithélium à cylindres qui tapisse quelques membranes muqueuses.

Les cils vibratiles (voy. fig. 413) n'existent, chez l'homme et chez les grands

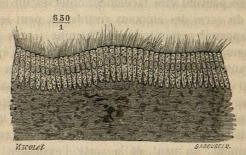


Fig. 113.

Les cils vibratiles sont placés à la surface libre de la muqueuse, c'est-à-dire à la base des cylindres de l'épithélium.

mammifères, que sur l'épithélium du sac lacrymal, du canal lacrymal, des cavités nasales (y compris la cloison, les sinus frontaux, ethmoïdaux, maxillaires), de la trompe d'Eustache, au sommet du pharynx, à la face supérieure du voile du palais, dans le larynx, dans les bronches, aux lèvres et au col de l'utérus, à la face interne de cet organe et dans les trompes, dans les ventricules du cerveau, à l'origine des canalicules urinifères, et aussi, mais d'une manière transitoire, sur la surface de divers éléments de l'œuf dans les premières phases du développement.

L'épithélium vibratile est plus répandu chez les animaux inférieurs. Dans beaucoup de reptiles, on trouve cet épithélium, non-seulement à la surface des muqueuses de la respiration et de la génération, mais aussi à la surface des muqueuses de la bouche, de l'œsophage et du cloaque. Les invertébrés présentent aussi des cils vibratiles sur divers points des surfaces muqueuses, et souvent à la surface tégumentaire externe.

Chez les êtres microscopiques, les infusoires ciliés par exemple, les cils vibratiles deviennent de véritables organes de locomotion. On ne peut pas dire cependant que la présence ou l'absence de ces appendices mobiles soit en rapporavec le degré d'élévation ou d'abaissement de l'animal dans l'échelle des êtres. Beaucoup d'invertébrés ne présentent point, en effet, de cils vibratiles.

On rencontre aussi des cils vibratiles dans les plantes, principalement dans les cryptogames. Les spores des algues d'eau douce et des conferves, par exemple, sont couvertes de cils à l'aide desquels elles s'agitent vivement dans. l'eau, au moment où elles se séparent de la plante mère et au moment où débutent les premières phases de leur développement.

Les cils vibratiles sont de petits appendices hyalins situés sur la surface libre des cellules de l'épithélium à cylindre. Chaque cellule en porte plusieurs : chez l'homme leur nombre varie entre dix à vingt par cellule. Leur longueur moyenne est, chez l'homme, d'environ 0^{mm},003 à 0^{mm},005. Leur diamètre, à peine mesurable, est le dixième ou le vingtième de leur longueur. Ils se présentent quelquefois, mais rarement, sous forme de petits rubans aplatis (membranes ondulatoires de quelques infusoires). Les cils vibratiles des animaux inférieurs ont souvent des dimensions beaucoup plus considérables. Sur les lamelles branchiales de quelques mollusques, on peut les apercevoir avec une simple loupe et même à l'œil nu. Chez les cténophores ils ont plus de un millimètre.

Les cils vibratiles peuvent être facilement observés sur les membranes muqueuses extraites du corps des animaux vivants. On peut les examiner dans la profondeur de l'appareil respiratoire de l'homme, après la mort; chez les suppliciés, par exemple. On peut aussi se procurer de l'épithélium vibratile chez l'homme vivant. Il suffit pour cela de promener assez doucement l'extrémité d'une plume sur la partie profonde de la cloison nasale. On enlève ainsi un peu de mucus, qui entraîne avec lui des cellules d'épithélium vibratile, qu'on peut alors placer sous le microscope. La membrane muqueuse détachée de la voûte palatine d'une grenouille est surtout très convenable pour bien étudier ce mouvement; on peut, de la sorte, l'examiner sur des lambeaux étendus de membranes.

Les cils vibratiles sont lisses, incolores, composés d'une substance homogène, transparente, élastique, et sont implantés sur la base de la cellule de l'épithé-lium. Cette base, plus épaisse que les autres parois de la cellule, forme une sorte de plateau transparent comme la matière du cil lui-même. Ce plateau ne paraît pas contractile. La substance qui le constitue est si intimement liée à celle des cellules voisines qu'elle forme comme une sorte de cuticule continue 1.

Les cils vibratiles sont en mouvement pendant toute la vie de l'animal. Si on examine l'épithélium vibratile au microscope, on voit les cils qui le surmontent agités d'un mouvement continu, qui consiste dans une succession d'inclinaisons et de redressements. En général, un grand nombre de cils s'inclinent ensemble, se relèvent de même, et se meuvent dans le même sens; on a comparé leur mouvement à celui que déterminerait un coup de vent sur les tiges d'un champ de blé.

Pendant ce mouvement d'abaissement et de relèvement des cils dans un sens déterminé, les liquides et les molécules suspendues dans les liquides placés à

la surface des membranes muqueuses sont entraînés, par le relèvement successif des cils, dans un sens opposé à celui de leur abaissement. Si on place des poussières colorées (de la poussière de charbon par exemple), dans le liquide dont on imbibe la pièce observée, on peut remarquer que les molécules de la matière colorante sont entraînées par le mouvement de l'épithélium vibratile de la grenouille avec une vitesse de 0^{mm},1 à 0^{mm},2 par seconde. La vitesse du mouvement imprimé au liquide est, d'ailleurs, subordonnée à sa densité: la vitesse des ondulations des cils vibratiles étant modifiée, on le conçoit, par le degré de résistance du liquide qui les baigne.

Quand rien ne trouble le mouvement des cils, il affecte une périodicité régulière, surtout chez les animaux inférieurs, chez lesquels on observe les cils sans faire subir à l'animal aucune mutilation. Les cils d'une même cellule ont tous les mouvements isochrones. Le nombre des mouvements ou des inclinaisons des cils vibratiles en un temps donné est des plus variables. Dans l'état qu'on peut considérer comme normal, ils sont extrêmement rapides, il y en a peut-être 100 et même plus par seconde. On ne peut les compter que quand leur mouvement est très ralenti. Sur le polype d'eau douce on peut les compter quand il y en a de 6 à 8 à la seconde (le polype d'eau douce porte des cils vibratiles à la surface tégumentaire). Sur la membrane palatine de la grenouille il arrive un moment où il n'y en a plus guère que 2 par seconde, ce qui permet d'examiner les détails du mouvement. On constate nettement alors que ce mouvement est rythmé et coordonné, c'est-à-dire que la direction de l'onde de vibration est constante.

L'amplitude du mouvement n'est pas toujours la même. Il est rare que l'inclinaison se fasse à angle droit, c'est-à-dire à 90°; la plupart du temps elle ne dépasse pas 20 à 25°, c'est-à-dire le quart de l'angle droit. Le siège de la force qui les meut n'est pas en eux-mêmes, mais dans la cellule sur laquelle ils sont implantés, et ces appendices mobiles ne sont pas eux-mêmes excitables. Ils ne se meuvent, en effet, qu'autant qu'ils font partie de la cellule, et quand un cil est brisé en partie, la portion qui tient encore à la cellule peut seule se mouveir.

Le mouvement d'élévation et d'abaissement des cils, mouvement analogue à celui d'un doigt qui s'abaisse et se relève alternativement dans son articulation métacarpienne, 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 la cellule 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 banderolle abandonnée au vent ou au courant de l'eau.

Mais ces derniers mouvements, et en particulier les mouvements d'entonnoir et les mouvements d'oscillation, se remarquent surtout sur les cellules isolées, alors que la cellule ciliée nage dans le liquide et tourbillonne au hasard.

Bien que le mouvement vibratile soit coordonné, on remarque souvent que le

¹ Chez les mollusques les cils traversent manifestement le plateau et leurs racines se mettent en rapport avec le protoplasma de la cellule. M. Ranvier a constaté la même disposition dans l'épithélium vibratile de la pituitaire de l'homme.

sens 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, d'une manière rythmée, et à des intervalles à peu près réguliers. C'est ce qu'on observe très facilement sur les branchies des moules.

M. Wymann et M. Bowditch ont cherché à apprécier la valeur de l'action mécanique du mouvement vibratile, c'est-à-dire la mesure de son effet utile. Leurs recherches ont été faites sur la grenouille dont la muqueuse du gosier a été chargée avec des poids divers. D'après M. Wymann un poids de 48 grammes pouvait être mû horizontalement par une surface vibratile de 14 millimètres carrés. Quant à M. Bowditch, il traduit en grammillimètres la force vibratile de la muqueuse palatine de la grenouille, et il l'estime, en moyenne, à 5 grammillimètres par minute et par centimètre carré de superficie ¹.

De même que les mouvements du protoplasma, les mouvements vibratiles disparaissent vers la température de + 45°; ils disparaissent également quand on substitue à l'air, c'est-à-dire à l'oxygène, de l'hydrogène ou de l'acide carbonique, et ils reparaissent quand la pièce est replacée dans l'air. L'éther et le chloroforme agissent sur les cils comme sur le protoplasma (voy. § 217 bis).

Si, chez les animaux inférieurs, les mouvements vibratiles paraissent n'être pas absolument indépendants des actions nerveuses d'ordre réflexe, on peut affirmer que chez les animaux supérieurs (chez tous les vertébrés), ces mouvements sont complètement en dehors de l'influence du système nerveux. Ce mouvement est lié à l'ensemble des actes de nutrition, et il se manifeste encore avec d'autres actes nutritifs élémentaires quand toute excitabilité nerveuse et musculaire ont depuis longtemps disparu. On peut encore le constater, quand les conditions extérieures sont favorables, dans l'appareil respiratoire de l'homme, 3 jours après la mort; et lorsqu'on place des cellules vibratiles isolées, extraites des fosses nasales de l'homme vivant, dans du sérum, 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 dénaturant. 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 desséchement et d'une température élevée, le mouvement des cils se prolonge pendant plus d'une semaine après la mort de l'animal. On l'a même vu quelquesois sur la muqueuse de palais de grenouille en pleine putréfaction.

Le rôle physiologique des cils vibratiles, dans les espèces inférieures, paraît surtout en rapport avec la nutrition. Leur rôle consiste vraisemblablement à renouveler le liquide à la surface des membranes absorbantes. De cette manière le liquide modifié par les produits excrémentitiels de l'animal se trouve repoussé 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 les cils qui se meuvent

dans les petites bronches facilitent l'expulsion des mucosités pulmonaires. La direction de leur mouvement permet au moins de le supposer. 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 ignore absolument quel rôle ils 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 de leur support et nageant au milieu d'un liquide. L'action des cils sur le liquide détermine, dans la cellule qui les supporte, 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.

§ 218 bis.

Mouvement des parties élémentaires. — Mouvement vibratile. — Indications bibliographiques.

PURKINJE et VALENTIN, De phenomeno generali et fundamentali motus vibratorii, etc. Bres-/au. 1835.

DUTROCHET, La circulation dans les cellules des Chara, dans Comptes rendus, Ac. des sc. Paris, 1837.

du mouvement des cils vibratiles). Recherches faites sur l'homme, le chien et le lapin, dans Verhandlungen d. phys-med. Gesellschaft. Würzburg, 1851.

Gosselin, Sur la durée des mouvements des cils vibratiles chez un' supplicié, dans Gazette médicale de Paris, nº 26, 1851.

R. Virchow, Ueber die Erregbartkeit der Flimmerzellen (Sur la cause du mouvement vibratile), dans Archiv für pathologische Anat. und. Physiol., t. VI, 1853.

A.-F.-J.-C. MAYER, Ueber spontane Bewegung der Muskelfibrillen der niedern Thiere (Sur le mouvement spontané des fibres musculaires des animaux inférieurs), dans Müller's Archiv, 1854.

R. Wirchow, Ueber die Erregbarkeit der Flimmerzellen, dans Arch. f. path. Anat. 1854.

Heidenbain, Notizen über Bewegungserscheinungen in den Pflanzenzellen, dans Physiol. Inst. zu Breslau 2 Heft, 1863.

MAX SCHULZE, Das Protoplasma der Rhizopoden, etc. Leipzig, 1863.

CL. Bernard, Leçons sur les tissus vivants, p. 147. Paris, 1866.

W. Kühne, Ueber den Einfluss der Gase auf die Flimmerbewegung, dans Arch. f. micros. Anat. 1866.

HOFMEISTER, Die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig, 1867.

A. Stuart, Ueber die Flimmerbewegung. Dissert. Dorpat, 1867.

W. ENGELMANN, Ueber die Flimmerbewegung, dans Jenaische Zeitschr. für Med. und Naturwiss.

HUIZINGA, Ueber die Einwirkung einiger Gase auf Flimmerblut und Eiter-Zellen, dans Centralblatt f. d. med. Wiss. 1868.

V. CZERNY, Einige Beobachtungen über Amöben, dans Arch. f. Micros. Anat. 1869.

W. Engelmann, Beiträge zur Physiologie der Protplasma, dans Arch. für d. ges. Physiologie, 1869 et Zool. Anzeiger, 1873.

W. Engelmann, Zwei Apparate zum Registriren der Flimmerbewegung, dans Arch. f. d. gesam. Physiologie, 1877.

Physiologie, 1871.

W. Engelmann, Ueber die Bewegungen der Oscillarien, etc., dans Arch. f. d. ges. Physiologie, 1870.

gie, 1878. W. Engelmann, Ueber Reizung contractilen Protoplasmas durch Beleuchtung, dans Arch. f. d.

ges. Physiol. 1878. W. Engelmann, Flimmer und Protoplasma-Bewegung, dans Hermann's Handbuch der Physiolo-

gie, 1er vol. Leipzig, 1879. Lüchsinger, Zur Allgemeinen Physiologie der irritabeln Substanzen. Bonn, 1879.

¹ C'est-à-dire que chaque centimètre carré de surface de l'épithélium vibratile développerait, en une minute, une force qui serait capable d'élever un poids de 5 grammes à un millimètre de hauteur.