

Weitere Untersuchungen über die Wirkung körperlicher Anstrengung auf den menschlichen Organismus (*Nouvelles recherches sur les effets de la fatigue musculaire sur l'organisme*), même recueil, VI, 1862. — LE MÊME, Ueber die Wirkung der bei zur Ermüdung gesteigerten körperlichen Anstrengung, auf den Stoffwechsel (*Influence de l'exercice poussé jusqu'à la fatigue sur le travail de la nutrition*), dans Archiv für wissenschaft. Heilkunde, IV, 1859. — G. STÄDLER, Untersuchungen über das Fibroin, Spongin, Chitin, und über das Xanthin, nebst Bemerkungen über den thierischen Schleim (*Recherches sur la fibrine, la spongine, la chitine, la xanthine, et quelques observations sur le mucus animal*), dans Annalen der Chemie und Pharmacie, t. CXI, 1859. — H. STANNIUS, Beobachtungen über Verjüngungsvorgänge im thierischen Organismus (*Remarques sur les phénomènes de rajeunissement dans l'organisme animal*), Rostock et Schwerin, 1853. STARKE, Quomodo cartilaginea tela mutetur in osseam quæritur, *Berolinis*, 1860. — STEINRUECK, De nervorum regeneratione; *dissert., Berolinis*, 1838. — C.A. STUDER, Ueber den Begriff der Regeneration (*Sur la théorie de la régénération des tissus*), Zürich, 1849. — STUHMANN et FALCK, Beiträge zur Kenntniss der Wirkungen des Kaffees (*Contributions à l'étude de l'action de la caféine*), dans Archiv für pathol. Anat. und Physiol., t. XI, 1857. — SYME, On the power of the periosteum to form new bones, etc., *Edinburgh*, 1848.

F. THIERFELDER, De regeneratione tendinum, *Misena*, 1852. — R. T. THOMSON, On the relation between the constituents of the food and the systems of animals, dans *Med.-chirurg. Transact.*, t. XXIX, 1846.

VALENTIN, Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere (*Contributions à l'étude du sommeil hibernant de la marmotte*), dans Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere, t. I, II, III et IV, 1856-1858. — G. VILLE, Des aliments hydrocarbonés, et théorie de l'engraissement, dans *Journal de méd. de Lyon*, juillet et août, 1845. — VIRCHOW, Cellularpathologie in ihrer Begründung auf physiologische und pathologische Gewebelehre, *Berlin*, 1858 (*La pathologie cellulaire basée sur l'étude physiologique et pathologique des tissus*), trad. franç. par P. Picard, 1861. — J. VOGEL, Klinische Untersuchungen über den Stoffwechsel bei gesunden und kranken Menschen, durch den Urin insbesondere (*Recherches cliniques sur le mouvement nutritif chez l'homme sain et malade, mesuré particulièrement par l'examen de l'urine*), dans Archiv des Vereins für gemeinsch. Arbeiter zur Förderung der wissenschaft. Heilkunde, t. I, 1853. — C. VOLT, Untersuchungen über den Einfluss des Kochsalzes, des Kaffees und der Muskelbewegungen auf den Stoffwechsel (*Recherches sur l'influence du sel marin, du café, et du mouvement musculaire sur la nutrition*), München, 1860. — LE MÊME, Untersuchungen über die Ausscheidungswege der stickstoffhaltigen Zersetzungsproducte aus dem thierischen Organismus (*Recherches sur les voies d'excrétion des produits de décomposition non azotés*), dans *Zeitschrift für Biologie*, 1866. — LE MÊME, Ueber die Verschiedenheiten der Eiweisszersetzung beim Hungern (*Des variétés de la destruction des matières albuminoïdes pendant l'inanition*), même recueil, 1866. — VOLZ, Ueber die Gewichtsverhältnisse des Urins, der Perspiration und der Feces (*Sur le rapport en poids entre l'urine, la perspiration cutanée et pulmonaire et les fèces*), dans Bericht über die XXXIV^e Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte, *Carlsruhe*, 1859.

AL. WAGNER, Ueber den Heilungsprocess nach Resection und Extirpation der Knochen (*De la régénération des os après la résection et l'extirpation*), avec figures, *Berlin*, 1853, et dans *Archives génér. de méd.*, 1853, 1854, 1855. — A. WATSON, Observations on the formation of the bone by the periosteum, dans *Edinburgh med. and surg. Journal*, 1845. — W. WINTERNITZ, Beobachtungen über die Gesetze der täglichen Harn und Harnstoff Ausscheidungen, etc. (*Recherches sur les proportions d'urine et d'urée sécrétées. — État normal, — de l'influence de diverses causes sur ces proportions*), dans *Medic. Jahrbücher Zeitsch. d. Ges. d. Aer. zu Wien*, 1864. — WUNDT, Ueber den Einfluss hydrotherapeutischer Einwirkungen auf den Stoffwechsel (*De l'influence des effets hydrothérapeutiques sur les métamorphoses de la nutrition*), dans *Archiv zur Förderung des wissenschaft. Heilkunde*, t. III, 1856.

LIVRE II.

FONCTIONS DE RELATION.

CHAPITRE I.

MOUVEMENTS.

§ 215.

Des diverses sortes de mouvements. — Les mouvements qui s'accomplissent dans l'économie animale sont nombreux et variés. Les mouvements les plus étendus et les plus saisissants sont les mouvements de totalité ou d'ensemble, c'est-à-dire les mouvements de locomotion en vertu desquels l'homme et les animaux changent spontanément leurs rapports avec les corps environnants et se meuvent dans les milieux qui les contiennent (marche, course, vol, natation). Un autre ordre de mouvements, qu'on pourrait appeler mouvements partiels ou mouvements sur place, et qu'on observe chez l'homme avec un degré de fréquence et de complexité varié presque à l'infini, consiste dans le changement de rapports respectifs des divers segments mobiles qui composent le squelette : changements de situation en vertu desquels le corps peut prendre les attitudes les plus diverses, et dans lesquels les membres jouent le principal rôle, quoique cependant le tronc lui-même n'y reste presque jamais étranger.

Mais alors même que l'homme ou les animaux n'exécutent pas les mouvements étendus dont nous venons de parler, ils sont loin encore d'être immobiles. La cage thoracique est à chaque instant soulevée et abaissée, et détermine par l'ampliation du poumon et par son retour à ses dimensions premières l'entrée et la sortie de l'air nécessaire à la respiration (Voy. §§ 116 et suiv., 122 et suiv.). Le tube digestif, l'estomac, se meuvent sur les aliments contenus dans leur cavité (§§ 29, 33, 34). A certains moments qui correspondent avec le sentiment de la faim et de la soif, l'aliment est amené à la bouche ou saisi par elle; la langue, les lèvres, les mâchoires, le pharynx se meuvent chacun à leur manière pour diviser l'aliment, pour le mâcher, l'avalier, etc. (§§ 21 et suiv.); et lorsque la digestion est achevée, le résidu de la digestion est expulsé par les puissances actives de la défécation (§ 35). A chaque moment, le cœur se contracte sur le sang qui y afflue, et le fait progresser dans les artères (Voy. §§ 86 et suiv.). Les artères, les capillaires et les veines se meuvent sur ce liquide par un mouvement en retour, dû à l'élasticité de leurs pa-

rois, et aussi, dans certaines conditions, en vertu de la puissance contractile inhérente à leurs tuniques (Voy. §§ 96, 99, 102).

Les canaux excréteurs des glandes se meuvent sur les liquides de sécrétion pour les faire progresser du côté des surfaces cutanées ou muqueuses sur lesquelles le produit sécrété doit être déposé. Les diverses fonctions des organes des sens qui nous restent à passer en revue, la production du son de la voix, celle de la parole, nécessitent aussi des mouvements variés et plus ou moins complexes, non-seulement dans la position de l'organe du sens pris en masse, mais encore dans les rapports réciproques des diverses parties qui le constituent. Dans les fonctions de reproduction, enfin, la liqueur fécondante doit être portée dans l'intérieur des organes femelles ; ces organes font progresser par leurs mouvements la semence du côté des ovaires, et l'ovule du côté de l'utérus. On peut dire d'une manière générale que toutes les fonctions de l'économie sont accompagnées de mouvements ¹.

Les mouvements sont sous la dépendance du système musculaire ; ils résultent, en d'autres termes, de la contraction des muscles. Dire que la contraction musculaire *détermine* le mouvement, cela ne veut pas dire toutefois que les parties pourvues de muscles soient les seules qui *se meuvent*. Lorsque la colonne vertébrale, inclinée en avant par le jeu des muscles abdominaux et par ceux du cou, par exemple, se redresse sous l'influence des ligaments jaunes élastiques étendus entre les lames des vertèbres, ce mouvement de retour n'est point sous l'influence immédiate des muscles, et cependant il a *sa source* dans la contraction de flexion qui a bandé le tissu élastique ; celui-ci revient sur lui-même avec une énergie proportionnée à la force de distension. Il en est de même dans le retrait rythmique des artères. Elles reviennent par élasticité sur le sang, après la distension excentrique due à la contraction musculaire du cœur ². Nous aurons occasion de revenir sur le rôle important que jouent les tissus élastiques dans les phénomènes du mouvement.

Les muscles sont les agents actifs du mouvement. Dans les mouvements de la locomotion, les os sur lesquels les muscles s'insèrent en sont les leviers passifs. Ces leviers, articulés entre eux de manières diverses, changent de rapport les uns avec les autres, lorsqu'ils sont mus par la contraction musculaire, et déterminent les attitudes et les divers mouvements. En mouvant les leviers osseux sur lesquels ils s'insèrent, les muscles de la locomotion meuvent d'ailleurs en même temps toutes les parties qui, groupées autour des leviers, constituent avec l'os lui-même les résistances que doit vaincre la puissance contractile. Lorsque, le bras étant pendant, on soulève, par exemple, l'avant-bras sur le bras,

¹ L'absorption elle-même ne fait pas exception, puisqu'elle est subordonnée à la fois aux courants de l'osmose et à la pression due à la contraction musculaire (Voy. §§ 75 et suiv.).

² Les artères sont contractiles aussi (surtout les artères d'un petit calibre, ainsi que les veines) ; mais leur contractilité n'entre pas en jeu, d'une manière rythmique, à chaque pulsation du pouls (Voy. §§ 96 et 101).

la partie soulevée ou mise en mouvement est représentée par l'avant-bras et par la main pris dans leur ensemble (os, muscles, tissu conjonctif, vaisseaux, nerfs, peau) ; la force motrice ou la puissance contractile est représentée par les muscles fléchisseurs de l'avant-bras sur le bras, c'est-à-dire le biceps et le brachial antérieur.

C'est donc par l'intermédiaire des leviers passifs (les os) que les muscles changent les rapports des parties dans les mouvements de la locomotion. Cependant il n'en est pas toujours ainsi. L'ampliation de la poitrine dans les mouvements de la respiration s'opère, il est vrai, en grande partie, par l'intermédiaire des côtes soulevées par les muscles ; mais déjà nous voyons ici un muscle qui, *par lui-même*, et en changeant de forme (diaphragme), contribue à l'augmentation de la cavité pectorale. Les mouvements de la tunique musculaire du tube digestif, les changements de dimensions qui en résultent et la progression du bol alimentaire qui en est la conséquence, s'accomplissent directement aussi et sans l'intervention de leviers osseux. Le cœur agit de même d'une manière directe, pour faire progresser le sang dans l'arbre circulatoire. Les contractions de la vessie (miction), celles du rectum (défécation), celles de l'utérus (accouchement), agissent directement aussi sur leur contenu ; et s'il est vrai de dire que, la plupart du temps, les muscles de l'abdomen interviennent pour favoriser leur action, ce n'est point en mouvant les leviers osseux auxquels ces muscles s'insèrent qu'ils agissent alors, mais c'est surtout en changeant de forme, c'est-à-dire en tendant à devenir planes de convexes qu'ils sont.

§ 216.

Mouvements volontaires. — Mouvements involontaires. — Les muscles qui mettent les parties en mouvement par le jeu des leviers osseux, en d'autres termes, les muscles de la locomotion, sont pour la plupart soumis à l'empire de la volonté : on les désigne généralement sous le nom de muscles du *mouvement volontaire*, ou, avec Bichat, sous le nom de muscles de la *vie animale*. Les muscles dont la contraction est soustraite à l'empire de la volonté (muscles de l'intestin, de la vessie, de l'utérus, etc.) ont été désignés sous le nom de muscles du *mouvement involontaire*, ou, avec Bichat, sous le nom de muscles de la *vie organique*. Les premiers de ces muscles sont surtout en rapport avec le jeu des fonctions de relation ; les seconds, avec celui des fonctions de nutrition. Cette distinction des muscles en muscles volontaires et muscles involontaires a été souvent attaquée depuis Bichat. Il est aisé, en effet, de se convaincre qu'un certain nombre de muscles sont tour à tour volontaires ou involontaires. Les muscles du thorax et de l'abdomen agissent sans cesse dans les phénomènes mécaniques de la respiration, et pendant la veille et pendant le sommeil, sans que nous en ayons conscience. Or, nous pouvons aussi, à tout instant, mouvoir ces mêmes muscles dans des directions et avec une intensité subordonnées à notre caprice ou à nos besoins

Dans l'acte si compliqué de l'accouchement, ne voyons-nous pas un grand nombre de muscles, tour à tour, volontaires et involontaires? Nous pourrions encore citer d'autres exemples. Mais, malgré ses imperfections, nous pensons que cette classification doit rester dans la science. Outre qu'elle repose sur une vue d'ensemble d'une haute portée, elle est simple et vraie d'une manière générale. D'ailleurs, toutes les classifications qu'on a cherché à substituer à celle-là sont loin d'être plus rigoureuses, et elles ont généralement le défaut d'être beaucoup moins claires.

La composition intime de la fibre musculaire est-elle en rapport avec la nature de la contraction? Oui, d'une manière générale; non, d'une manière absolue.

Chez l'homme et les vertébrés, les muscles de la locomotion, ou les muscles volontaires, sont rouges, et généralement composés de *faisceaux striés*; les muscles involontaires, moins colorés, sont généralement composés de *fibres lisses* (Voy. § 219). Il y a toutefois une exception remarquable. Ainsi, le cœur, quoique soustrait à l'influence de la volonté, est composé de faisceaux striés. Au reste, en descendant l'échelle animale, on voit de la manière la plus manifeste que la striation ou la non-striation de la fibre musculaire n'est pas nécessairement en rapport direct avec le mode volontaire ou involontaire de la contraction. 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 d'une tunique musculaire à faisceaux striés.

Beaucoup d'animaux inférieurs (infusoires, polypes, embryons d'animaux inférieurs) sont constitués à leur intérieur par une masse contractile, demi-transparente, sans trace de fibres distinctes, généralement désignée sous le nom de *sarcode*. La substance musculaire, dans son état de plus grande simplicité, n'offre donc rien d'analogue ni aux faisceaux striés ni aux fibres lisses. Ces deux ordres différents d'éléments musculaires n'apparaissent que dans les animaux plus compliqués, où se dessine en même temps un système nerveux. 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 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, no

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, sont par là même en dehors des mouvements volontaires, et se rattachent évidemment aux fonctions de nutrition. Tels sont le mouvement *vibratile* et le mouvement *brownien*. 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.

SECTION I.

Mouvements de quelques parties élémentaires

(Mouvements visibles au microscope).

§ 217.

Mouvement brownien. — Lorsqu'on place sous le microscope des cellules pigmentaires prises dans les couches profondes de l'épiderme ou dans les mailles de la choroïde, on constate que les granulations pigmentaires contenues dans les cellules sont animées de mouvements variés. Les unes décrivent des trajets plus ou moins sinueux, d'autres tournent sur elles-mêmes autour de l'axe, ou autour d'un centre fictif. Les cellules qui contiennent la chlorophylle végétale présentent les mêmes phénomènes. Si le mouvement dont nous parlons s'observe plus particulièrement 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).

Le mouvement brownien n'est pas dû à la *position* des objets examinés, car il n'a pas lieu dans le même sens, pour une même cellule observée, mais bien dans les sens les plus divers. On a souvent attribué ce mouvement à un phénomène d'évaporation *inégaie* 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 probable que les mouvements qu'on observe dans les cellules organiques obéissent encore à une autre cause. Il est pro-

bable, dis-je, que ces mouvements intérieurs sont déterminés aussi par les courants d'entrée et de sortie qui caractérisent les fonctions 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 aux cellules en observation et qu'on augmente ainsi l'énergie des courants d'osmose. Il faut d'ailleurs remarquer que le mouvement brownien est un mouvement très-lent. Il ne nous paraît vif 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 équivalent à 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 $1/200^e$ de millimètre.

§ 218.

Mouvement vibratile. — L'épithélium à cylindres qui tapisse quelques membranes muqueuses présente une particularité remarquable. Les cylindres qui le constituent portent à leur surface libre de petits appendices ou *cils vibratiles* (Voy. fig. 89).



Fig. 89.

ÉPITHÉLIUM VIBRATILE.

A, cylindres de l'épithélium. Les cils sont placés à la surface libre des cylindres.

Les cils vibratiles n'existent, chez l'homme et chez les 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 urinaires, et aussi, mais d'une manière transitoire, sur la surface des éléments de l'œuf dans les premières phases du développement.

L'épithélium vibratile est généralement plus répandu chez les animaux inférieurs. Dans beaucoup de reptiles, on trouve cet épithélium, non-seulement dans les voies de la respiration et de la génération, mais aussi dans la bouche, dans l'œsophage et dans le cloaque. Les invertébrés présentent aussi des cils vibratiles sur divers points des surfaces muqueuses, et quelquefois à la surface tégumentaire externe, sans qu'on puisse dire que la présence ou l'absence de ces appendices mobiles soit en rapport avec 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, avant de gagner le fond du liquide, pour y suivre les phases de leur développement.

Les cils vibratiles animaux sont de petits appendices hyalins situés sur la surface libre des cellules de l'épithélium à cylindre. Chaque cellule en porte plusieurs : leur nombre varie entre six et douze par cylindre. Leur longueur moyenne est, chez l'homme, d'environ $0^{mm},0005$. Quant à leur diamètre, il est à peine le dixième ou le vingtième de leur longueur. Les cils vibratiles des animaux inférieurs ont souvent des dimensions beaucoup plus considérables.

Les cils vibratiles peuvent être facilement observés sur les membranes muqueuses extraites du corps des animaux vivants ; mais ils disparaissent promptement par putréfaction. On ne peut les examiner dans la profondeur de l'appareil respiratoire de l'homme que lorsque l'ouverture du cadavre a lieu quelques heures seulement, après la mort ; chez les suppliciés, par exemple. On peut cependant 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.

Quand on examine l'épithélium vibratile au microscope, on voit les cils qui le surmontent agités d'un mouvement spontané, qui consiste dans une succession d'inclinaisons et d'élévations. 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 d'élévation 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, par exemple, des poussières colorées 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. Le nombre des inclinaisons des cils vibratiles en un temps donné est assez variable ; il est de 75 à 150 par minute sur la mouche et la grenouille ; de 250 à 300 dans le même temps sur le polype d'eau douce (le polype d'eau douce porte des cils vibratiles à la surface tégumentaire).