

## CHAPITRE II

## PHYSIOLOGIE SPÉCIALE DU MOUVEMENT

La mécanique animale est un chapitre important de la physiologie spéciale. Mais nous sommes obligé dans ce traité élémentaire d'en restreindre considérablement l'étude; nous ne traiterons que de la locomotion et de la phonation. On devra se reporter aux traités d'anatomie pour tout ce qui concerne le fonctionnement des articulations et l'action de chaque muscle en particulier. D'autre part, toutes les notions de physique et de mécanique qui se rapportent à ce sujet sont détaillées dans les traités de physique biologique; nous ne ferons donc que les effleurer.

## ARTICLE PREMIER

## LOCOMOTION

Les différentes pièces du squelette sont mues par la contraction des muscles qui s'y insèrent, et les os représentent des leviers appartenant aux trois catégories définies en mécanique. Dans le levier du premier genre, le point d'appui est entre la puissance et la résistance: exemple, l'équilibre de la tête sur la colonne vertébrale; le point d'appui se trouve à l'articulation occipito-atloïdienne, la résistance est représentée par le poids de la face qui tend à fléchir la tête en avant et la puissance par les muscles de la nuque. Dans le levier du deuxième genre

ou interrésistant, la résistance se trouve entre le point d'appui et la puissance; par exemple, lorsqu'on se soulève sur la pointe du pied, la résistance représentée par le poids du corps, au niveau de l'articulation tibio-tarsienne, est placée entre le point d'appui (contact des orteils avec le sol) et la puissance (insertion du tendon d'Achille sur le calcanéum). C'est un levier de force. Enfin, le levier du troisième genre, ou interpuissant, est le plus répandu; on peut en prendre pour type l'avant-bras se fléchissant sur le bras; la puissance (insertion du biceps) se trouve entre le point d'appui (articulation du coude) et la résistance (poids soutenu par la main). C'est un levier de vitesse. Dans toute production de mouvement, même très simple, un grand nombre de muscles entrent en jeu, et non seulement les muscles qui sont le plus en rapport par leur mode d'insertion avec le mouvement exécuté, mais encore les muscles antagonistes, comme l'a établi DUCHENNE de Boulogne. Ainsi, dans un mouvement de flexion, les fléchisseurs ne se contractent pas isolément et à l'exclusion des antagonistes; mais les extenseurs sont aussi actifs, et vice versa.

Un mot sur la manière dont s'effectue l'équilibration dans la station, avant de rechercher comment agissent les puissances musculaires dans la marche et la course, et quel est le rôle de l'innervation dans la production de ces mouvements.

**1° Station.** — Pour que l'équilibre en station debout soit obtenu, il faut que la verticale passant par le centre de gravité du corps tombe dans le polygone de sustentation représenté chez l'homme par les lignes qui joignent les pointes des pieds et les talons. Cet effet est réalisé par la contraction synergique des différents groupes de muscles antagonistes. La rigidité de la colonne vertébrale est maintenue par la contraction des muscles spinaux; la tendance du tronc à tomber en avant en tournant autour d'un axe passant par les articulations coxo-fémorales, est contre-balancée par l'action puissante des muscles fessiers; le membre inférieur est maintenu dans la verticale suivant une perpendiculaire à l'axe du pied, grâce aux muscles triceps et soléaire principalement qui s'opposent à la flexion.

autour des articulations du genou et tibio-tarsienne. Dans la station debout, les deux pieds rapprochés, le corps subit constamment des oscillations d'amplitude plus ou moins grande, tendant à déplacer la verticale du centre de gravité hors de la base de sustentation. Aussi, les muscles sont-ils continuellement en action pour contre-balancer les écarts du corps par des contractions appropriées.

Dans la station hanchée, le tronc est cambré de telle sorte que le poids du corps soit supporté par une seule jambe. L'autre jambe est écartée et un peu fléchie, et, par de légères contractions musculaires, maintient l'équilibre sur le membre de soutien. Ce dernier, au contraire, demeure presque entièrement passif et peut de la sorte résister très longtemps à la fatigue.

**2° Marche.** — L'étude des mouvements de la marche a été poussée fort loin par MAREY, au moyen de la méthode graphique et de la chrono-photographie. A l'aide de la première méthode on peut, en appliquant à la plante du pied une chaussure spéciale, dite chaussure exploratrice, enregistrer les moments où le talon et la pointe touchent le sol. Avec la seconde méthode, en prenant un grand nombre de photographies instantanées à la seconde, on obtient des séries d'images représentant la position des membres aux différents moments de la marche.

On appelle *pas* la période pendant laquelle le membre inférieur, partant d'une position d'appui, y revient après avoir effectué une oscillation pendulaire autour de l'articulation coxo-fémorale. Ce qui caractérise le pas dans la marche, c'est que le corps ne quitte pas le sol et qu'il repose toujours sur l'un des pieds ou sur les deux. Le pas se décompose en deux temps : l'un comprenant l'oscillation de la jambe entre deux positions d'appui, tandis que le corps ne repose plus que sur un pied (*temps de simple appui*), et l'autre marqué par le contact des deux pieds avec le sol (*temps de double appui*). L'analyse montre que le pied de la jambe oscillante quitte le sol par sa pointe et reprend contact par le talon. L'oscillation

du membre se fait de la façon suivante : supposons-le vertical ; la translation du tronc en avant amène le membre à prendre une position de plus en plus oblique d'avant en arrière et de haut en bas, à la manière du rayon d'une roue qui tourne ; la rotation s'opère autour de l'articulation coxo-fémorale ; la jambe reste étendue sur la cuisse, mais elle se fléchit sur le pied au niveau de l'articulation tibio-tarsienne ; dans la posi-

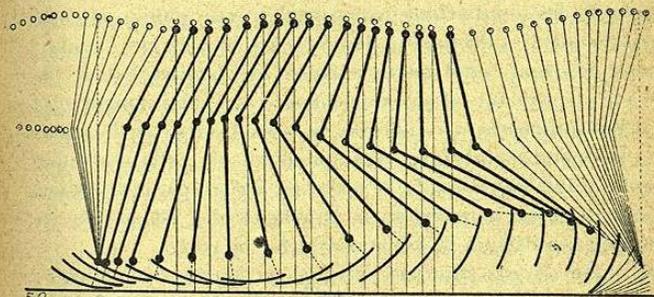


Fig. 137.

Oscillation du membre inférieur d'un homme qui marche (MAREY).

tion oblique extrême, le talon se soulève et le pied ne s'appuie plus que par l'extrémité des orteils ; à ce moment s'opère une légère flexion de la jambe sur la cuisse autour de l'articulation du genou, le membre se détache du sol, oscille d'arrière en avant à la façon d'un pendule, dépasse la position verticale et devient oblique de haut en bas et d'arrière en avant ; à la limite extrême de l'oscillation, le pied vient toucher le sol, d'abord avec le talon, puis avec toute la plante, et le membre revient à la position verticale (notre point de départ), par suite du déplacement du tronc ; à ce moment, le pied de l'autre jambe quitte le sol par sa pointe et ainsi de suite. Les oscillations pendulaires du membre étaient considérées par les frères WEBER comme un mouvement purement passif. Mais les expériences de DUCHENNE, de MAREY ont prouvé que l'activité musculaire n'est pas étrangère à sa production. De plus, au

moment où le pied se détache du sol, il exerce par la contraction de ses fléchisseurs une pression plus ou moins forte tendant à pousser le corps en avant.

Pendant la durée du pas, le tronc subit, en dehors du mouvement de translation en avant, divers mouvements oscillatoires : 1° des oscillations verticales : l'élevation maxima du pubis coïncide avec le moment où le membre qui supporte le corps est vertical ; son abaissement avec le temps de double appui ; 2° des oscillations transversales : le pubis se porte alternativement à droite et à gauche vers le côté de l'appui ; 3° enfin le tronc subit un mouvement de torsion autour de son axe dépendant d'un mouvement de balancement des membres supérieurs qui s'effectue en sens inverse de l'oscillation du membre inférieur correspondant, de telle sorte que l'épaule droite, par exemple, se porte en arrière par l'oscillation du bras droit au moment où la hanche droite est portée en avant par l'oscillation de la jambe du même côté.

La durée du pas diminue lorsque sa longueur augmente, comme l'ont indiqué les frères WEBER. Il en résulte que la vitesse de la marche s'accroît par ces deux facteurs.

Dans la *course*, les phénomènes mécaniques sont les mêmes que dans la marche ; mais il s'y ajoute un temps spécial pendant lequel le corps est projeté en haut et quitte le sol par suite de la détente musculaire brusque de la jambe de soutien.

**3° Action régulatrice du système nerveux sur les mouvements de locomotion.** — Les contractions musculaires qui agissent dans la station et la marche ne sont pas toujours et nécessairement commandées par la volonté ; ces mouvements sont aussi de nature réflexe, et ils peuvent se produire en dehors de toute participation des centres nerveux psychiques, alors que l'attention est détournée sur d'autres objets, par exemple lorsqu'on lit en marchant. Il est certain que la sensibilité est un élément indispensable pour la régulation des mouvements ; dans ce but interviennent les sensations tactiles et les sensations de pression, les sensations ayant pour ori-

gine les articulations et les ligaments, et sans doute aussi des sensations spéciales prenant naissance dans le tissu musculaire lui-même. Dans l'exécution de tout mouvement volontaire nous avons conscience de la force musculaire déployée, de l'étendue et de la direction du mouvement. Par contre, lorsque la sensibilité est complètement abolie dans les membres (expérimentalement par la section des racines postérieures des nerfs rachidiens), le mouvement volontaire perd toute régularité et toute précision, bien qu'il conserve sa force ; on dit qu'il y a *ataxie* des mouvements. L'anesthésie de la surface plantaire seule trouble déjà profondément le mécanisme de la marche ; normalement, en effet, le point de départ principal du réflexe de la marche est dans la sensation du contact du pied avec le sol. Quoique les muscles soient insensibles aux agents qui en altèrent la texture (car la section, la cautérisation de leur tissu ne provoquent aucune douleur), il semble que l'on doive leur attribuer une sensibilité spéciale qui serait mise en jeu dans la contraction. Les tendons reçoivent manifestement des nerfs sensibles, et lorsqu'on les excite par un choc brusque, les fibres musculaires correspondantes se contractent par action réflexe ; ainsi, la percussion du tendon rotulien provoque la contraction du triceps (*réflexe rotulien*). D'autre part, on sait que les muscles sont le siège d'une sensation spéciale lorsqu'on les électrise, et qu'ils deviennent très douloureux dans le phénomène de la crampe. Aussi, admet-on généralement, bien qu'il soit impossible d'en fournir une preuve décisive, que la régulation des mouvements relève, pour une certaine part, des sensations particulières dont les muscles sont le siège pendant leur contraction (*sensibilité musculaire*).

Les sensations spéciales ne sont pas non plus étrangères à la régulation des mouvements ; les impressions visuelles y contribuent. Nos mouvements perdent un peu de leur précision quand nous sommes plongés dans l'obscurité, et si à l'absence des impressions visuelles s'ajoute la perte de la sensibilité tactile, le trouble moteur devient beaucoup plus accentué. L'incoordination motrice déjà très accusée chez l'ataxique

pendant la marche, en raison de l'anesthésie tactile et peut-être aussi musculaire, atteint son maximum lorsque le sujet passe du jour à l'obscurité (signe de ROMBERG), la surveillance que la vue exerce normalement sur les mouvements devenant de la sorte impossible. Un ataxique qui se maintient debout quoique avec peine en joignant les deux pieds, oscille d'une manière inquiétante et chancelle lorsqu'on lui ordonne de fermer les yeux. Mais, de toutes les impressions périphériques, les plus importantes pour le maintien de l'équilibre et pour la coordination des mouvements, sont, comme nous le verrons plus loin, celles qui ont leur origine dans le labyrinthe (canaux demi-circulaires de l'oreille interne) et qui sont transmises par le nerf auditif aux organes centraux de l'équilibration.

## ARTICLE II PHONATION

La voix est produite par les vibrations de l'air dans le larynx et les parties supérieures du tuyau aérien. Dans l'analyse du mécanisme de la voix, il faut distinguer le son glottique et les modifications de ce son qui constituent la parole ou langage articulé.

### § 1. — SON GLOTTIQUE

Ainsi qu'il est facile de s'en assurer, en mettant à nu le larynx chez les animaux ou en pratiquant l'examen laryngoscopique chez l'homme, le son laryngien (voix proprement dite), est dû à la vibration des replis membraneux appelés *cordes vocales*, qui s'insèrent d'une part à l'angle rentrant du cartilage thyroïde et d'autre part à l'apophyse vocale des aryténoïdes, limitant ainsi une fente étroite de forme triangulaire désignée sous le nom de *glotte*. La glotte s'étendant en arrière entre les deux cartilages aryténoïdes, on la divise ordinairement en deux parties : l'une antérieure inter-ligamenteuse,

l'autre postérieure inter-aryténoïdienne. Les cordes vocales sont mises en vibration par le courant d'air de l'expiration ; elles sont comparables à des anches membraneuses. Étudions d'abord les caractères et les qualités du son glottique, puis l'action des muscles et du système nerveux dans la production de la voix.

**1° Caractère du son glottique.** — L'intensité de la voix dépend de l'amplitude des vibrations des cordes vocales, et par conséquent du volume et de la force du courant d'air qui est expulsé dans les bronches par l'expiration. La hauteur du son glottique dépend du nombre des vibrations, et se montre en rapport avec le degré de tension des cordes vocales et la longueur de leur partie vibrante. Le nombre des vibrations d'une corde étant en raison directe de sa tension et en raison inverse de sa longueur, il est facile de comprendre que le son glottique sera d'autant plus aigu que les cordes vocales seront plus tendues et plus courtes. Cet effet est obtenu par la contraction de certains

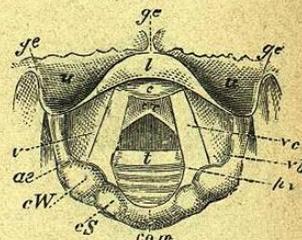


Fig. 138.

Image laryngoscopique pendant l'inspiration (MORELL-MACKENZIE).

*l*, épiglote. — *u*, face antérieure de l'épiglotte. — *c*, coussinet de l'épiglotte. — *ge*, replis glosso-épiglottiques. — *ae*, replis aryténo-épiglottiques. — *cw*, cartilage de Wrisberg. — *cs*, cartilage de Santorini. — *com*, commissure aryténoïdienne. — *vb*, bande ventriculaire. — *vc*, corde vocale. — *cr*, cricoïde et *t*, anneaux de la trachée, que l'on aperçoit à travers la glotte très dilatée par l'écartement des cordes vocales.

muscles et par la production de nœuds de vibration sur le bord libre des cordes, lorsque ces replis viennent à se toucher (tout comme lorsqu'on applique le doigt sur une corde en vibration). Ce dernier mécanisme est probablement celui qui préside à la production de la *voix de tête* ou de *fausset* que l'on oppose à la *voix de poitrine*, dans laquelle les vibrations des cordes vocales s'accompagnent de vibrations plus ou moins accusées, des parois thoraciques. Mais dans tous les cas