

Bibliothèque numérique

medic@

**Marey, Etienne-Jules. - La station
physiologique de Paris (2)**

*In : Revue scientifique, 1895,
XXXII, 2-12*



(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/hist/med/medica/cote?marey191>

PHYSIOLOGIE

La Station physiologique de Paris ⁽¹⁾.

Les mouvements des côtes dans la respiration se déterminent d'une façon semblable. Ces mouvements

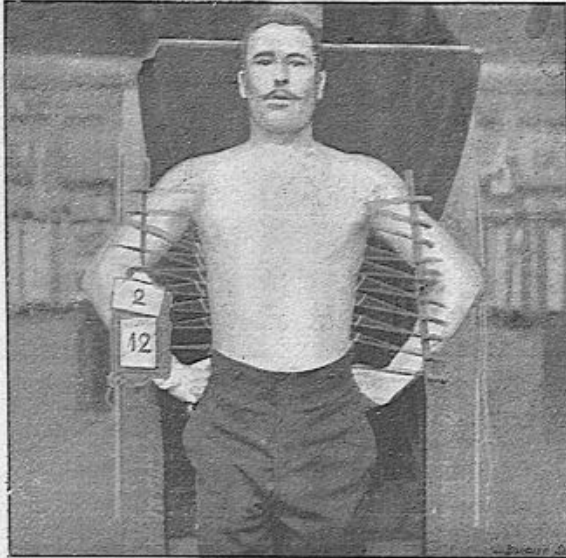


Fig. 1. — Disposition employée pour obtenir la trajectoire du mouvement des côtes dans le sens latéral.

sont très complexes à cause de la courbure des côtes, de l'inégale flexibilité de leurs cartilages et de leurs



Fig. 2. — Dispositions employées pour obtenir les trajectoires des différents points de la partie antérieure du thorax.

Une série de petits bâtons noirs (fig. 1) pressent élastiquement sur les parois de la poitrine; chacun de ces bâtonnets appuie par l'une de ses ex-

trémities sur une côte et porte, au voisinage de ce point, une perle très brillante.

Un appareil photographique ordinaire est braqué sur le sujet en expérience qui, bien éclairé, est placé devant un fond obscur. Il suffit de démasquer l'objectif pendant la durée du mouvement respiratoire pour obtenir la figure 1 où chacune des perles brillantes a retracé le mouvement de la côte sous-jacente. On voit au premier coup d'œil que chacune des côtes a pour ainsi dire son mouvement propre.

Il n'y a pas lieu d'analyser ce mécanisme, je dois dire toutefois que parmi les opinions si diverses émises par les auteurs, c'est celle de Chabry qui concorde le mieux avec les résultats des expériences.

Veut-on connaître le nature du mouvement de la



Fig. 3. — Type respiratoire chez la femme sans corset.

paroi antérieure de la poitrine, on applique sur cette paroi la série des bâtonnets et l'on obtient (fig. 2) la trajectoire de chacun des points de cette paroi, depuis l'épigastre jusqu'à la partie supérieure du sternum. On voit alors que l'épigastre n'éprouve qu'un léger mouvement d'élévation, tandis que le sternum se porte obliquement en haut et en avant.

Des recherches analogues, répétées sur différentes espèces animales, donneraient sans nul doute d'intéressants résultats relativement à la physiologie comparée de la respiration considérée au point de vue mécanique.

Une autre étude fort importante est celle des types respiratoires. On a supposé que la femme respire surtout par la partie supérieure du thorax (type costo-supérieur) et l'homme par le diaphragme (type abdominal). Hutchinson a représenté ces deux types en crayonnant sur un mur la silhouette d'un homme et

(1) Voir la *Revue Scientifique* du 29 décembre 1894.

celle d'une femme dans les deux états extrêmes d'inspiration et d'expiration. Mais la main n'a pas le temps de tracer le profil du thorax et de l'abdomen dans les instants si courts où la respiration arrive à ses limites extrêmes; d'autre part, si le sujet arrête un instant ses mouvements respiratoires, rien ne prouve que le thorax et l'abdomen gardent alors les proportions res-

pectives qu'ils avaient dans la respiration normale.

La photographie remplace avec avantage le tracé des silhouettes. Un appareil ordinaire muni d'un obturateur pneumatique est braqué sur le sujet. On prend une image dans l'inspiration, une autre dans l'expiration, et l'on obtient (fig. 3) un double contour pour toutes les parties du tronc qui se sont déplacées.

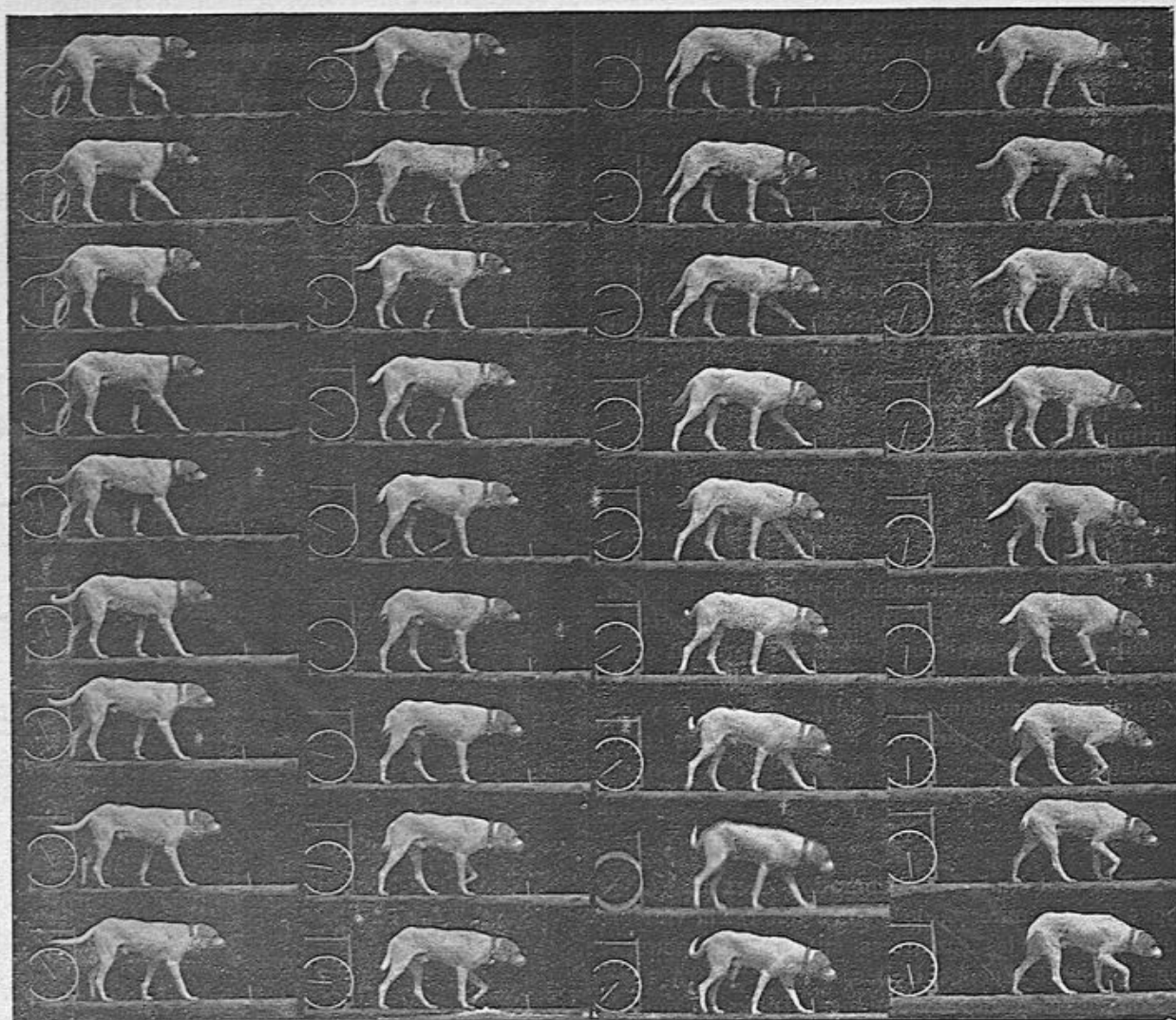


Fig. 4. — Chien marchant. 36 images pour la durée d'un pas; la première est en haut de la figure et à gauche, 1^{re} colonne; la dernière à droite et en bas, 4^e colonne. Durée totale du pas: 45/60 de seconde.

On voit que, chez une femme sans corset, la respiration s'effectue comme chez l'homme, c'est-à-dire que le thorax et l'abdomen y prennent part tous deux.

Ce n'est pas seulement à l'étude cinématique des mouvements que se prête la chronophotographie: cette méthode fournit aussi l'indication du travail accompli de certains actes musculaires.

Un ingénieur distingué, M. Frémont, vient de faire à la Station physiologique une étude sur le travail

dépensé dans l'acte de battre le fer sur l'enclume. Sur une pellicule mobile, M. Frémont a recueilli la série des attitudes du forgeron dans les mouvements successifs qu'il imprime au marteau (1). La chronophotographie sur plaque fixe a donné la trajectoire du marteau et ses positions successives à des instants connus dont le cadran chronographique mesurait l'intervalle.

(1) Ces études seront prochainement publiées par M. Frémont.

Une telle figure permet d'évaluer à chaque instant les forces qui agissent sur la masse du marteau, d'après les accélérations imprimées à cette masse. Elle donne aussi la mesure du travail, puisqu'elle indique la vitesse du marteau à l'instant où il va frapper le fer.

Dans la plupart des actes physiologiques la mesure des forces et du travail doit se faire par une autre méthode, je veux parler de la dynamographie.

Sous le nom de dynamographes j'ai décrit certains instruments qui traduisent les forces de pression ou de traction qu'on leur applique, au moyen d'un style qui trace la courbe des variations de ces forces (1). J'ai indiqué la manière de synchroniser les indications de ces instruments avec celles de la chronophotographie, de façon à savoir, à chaque phase de l'appui d'un pied par exemple, quel effort ce pied exerce sur le sol dans le sens vertical. Si un dynamographe de traction indique la force développée par ce même acte, en combinant ces divers éléments, on obtiendra l'ensemble des notions nécessaires pour l'intelligence du mécanisme de la locomotion chez diverses espèces animales.

Le nombre des expériences que nous aurons à faire peut vous sembler excessif. Mais la création des méthodes, le contrôle de leur précision, leurs premières applications à l'analyse des mouvements et à la mesure des forces constituaient la partie la plus ardue de la tâche. Déjà les documents s'accumulent; le champ des comparaisons possibles s'agrandit chaque jour et en même temps s'accroît l'intérêt des comparaisons anatomo-physiologiques. — Je voudrais vous donner quelques exemples de ces comparaisons.

IV

Si l'on veut étudier la locomotion chez différents types de mammifères, de façon à éclairer la variété des formes par les caractères spéciaux du mouvement propre à chacune d'elles, il faut d'abord rassembler les éléments anatomiques, et physiologiques de cette comparaison.

Comme documents anatomiques, les dessins et les planches sont insuffisants. Il faut recourir aux pièces naturelles, squelettes, articulations, préparations ou moulages de muscles. Or, grâce au concours empressé de divers anatomistes j'ai pu réunir une partie des pièces nécessaires à l'étude de certaines espèces vulgaires de mammifères.

D'autre part, j'ai rassemblé, à titre de documents physiologiques, les chronophotographies et les épreuves du mouvement chez ces mêmes espèces.

(2) Voir le *Mouvement*, p. 142.

La figure 4 représente une série de 36 attitudes d'un chien pendant la durée d'un pas. Pour une allure aussi lente ce nombre d'images est excessif, mais cette fréquence serait nécessaire pour une allure rapide. Dans le cas présent, il suffit de comparer les images de 4 en 4 pour suivre les phases du mouvement. De même qu'on mesure sur le cadran chronométrique les intervalles de temps qui séparent deux

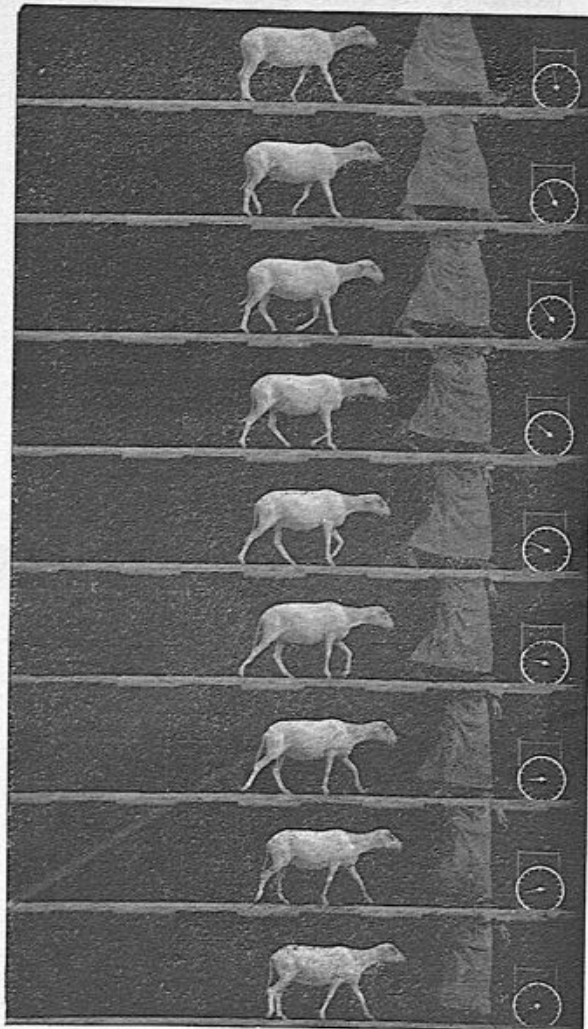


Fig. 5. — Mouton à l'allure du pas.

attitudes successives, de même on mesure les chemins parcourus par l'animal d'après un repère fixe placé sur le terrain. Ce repère consiste en un petit bâton blanc implanté dans la piste. Le chien, au commencement du pas, est en arrière de ce bâton; il le dépasse à la fin du pas. La valeur absolue de ces espaces parcourus se lit sur l'échelle métrique.

La figure 5 montre un mouton à l'allure du pas. Le nombre des images a été réduit à 9, pour lesquelles le cadran chronométrique indique une durée

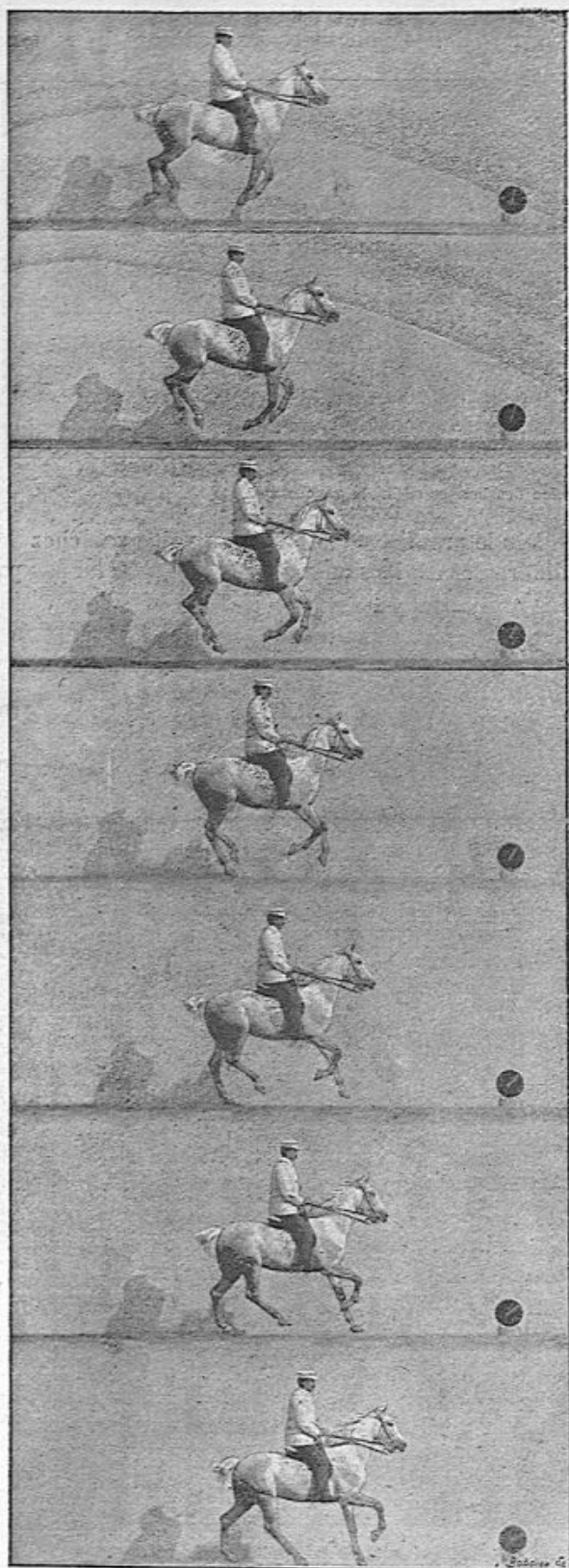


Fig. 6. — Cheval au galop. Les figures se suivent de haut en bas. de 25/60 de seconde. La progression de l'animal s'es-

time d'après la quantité dont il s'approche à chaque instant du chronomètre.

Pour obtenir ces images on a opéré devant un champ obscur; cela n'était pas nécessaire puisqu'on a recouru à la chronophotographie sur pellicule mobile; on eût donc pu opérer devant un champ clair comme cela a été fait pour la figure 6 qui représente un cheval au galop. Comme la longueur du cliché était assez grande, on n'a pu, dans une colonne de texte, représenter un pas de galop tout entier, mais environ la moitié de ce pas, depuis le moment où le cheval se détache du sol, jusqu'à l'appui du bipède diagonal au pas suivant.

On a parfois besoin de prendre les images d'un animal sous diverses incidences; la chronophotographie sur plaque mobile se prête à ce genre d'études. Ainsi la figure 7 montre un cheval au trot qui s'avance dans la direction de l'appareil.

Ces exemples montrent qu'on peut suivre, à toute allure d'un animal, la série des mouvements de ses membres.

Mais les dimensions de ces images, obtenues par superposition d'après les négatifs originaux, sont trop petites pour être utilisées directement. Il s'agit en effet de rendre facilement saisissables et mesurables tous les déplacements effectués par les différents rayons d'un même membre pendant la durée d'un pas, à une allure quelconque. A cet effet, on opère de la manière suivante :

On commence par agrandir au moyen d'un appareil à projection chacune des petites images que l'on veut comparer entre elles. La figure 8 montre un de ces agrandissements (on s'est arrêté à 5 diamètres pour ne pas excéder la justification du texte, mais il convient de doubler à peu près ces dimensions).

Si l'on veut, par exemple, étudier le mouvement d'un des membres postérieurs, on décalque les contours de ce membre sur une feuille de papier transparent et l'on se guide, pour appliquer cette feuille sur l'image, d'après la ligne de terre et d'après un point fixe pris sur cette ligne. Après avoir décalqué la première image de la série, on passe à la seconde en plaçant exactement la feuille transparente sur les repères du terrain, et l'on obtient ainsi (fig. 9) la série des positions successives du membre postérieur droit du cheval au pas, depuis le levé du pied jusqu'à la fin de son appui. Dans cette représentation des attitudes, le membre est supposé occuper des plans successivement superposés, de façon que la dernière image recouvre partiellement celles qui la précèdent. C'est ce qu'on a essayé de représenter en ponctuant les contours qui, dans chaque image, seraient recouverts par l'image suivante.

En répétant la même opération pour une autre espèce d'animal, on obtient (fig. 10) la série des atti-

tudes d'un membre postérieur droit chez le chien au pas, et figure 11 la même série chez le mouton. Dans

ces deux dernières figures on a essayé de représenter par des lignes ponctuées les contours du membre

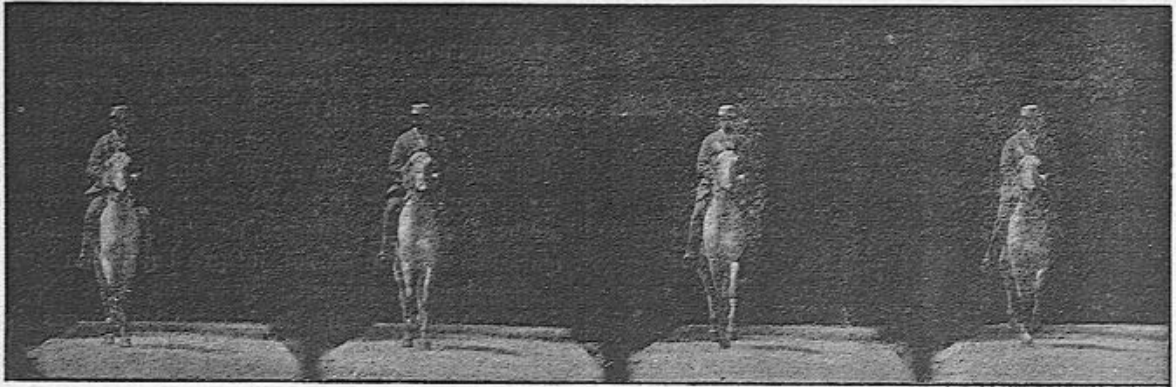


Fig. 7. — Cheval au trot vu de face; la succession des images se lit de gauche à droite

postérieur gauche, afin de montrer l'alternance des mouvements de ces deux membres.

Dès le premier coup d'œil on voit que, chez les différentes espèces animales, la longueur du pas par

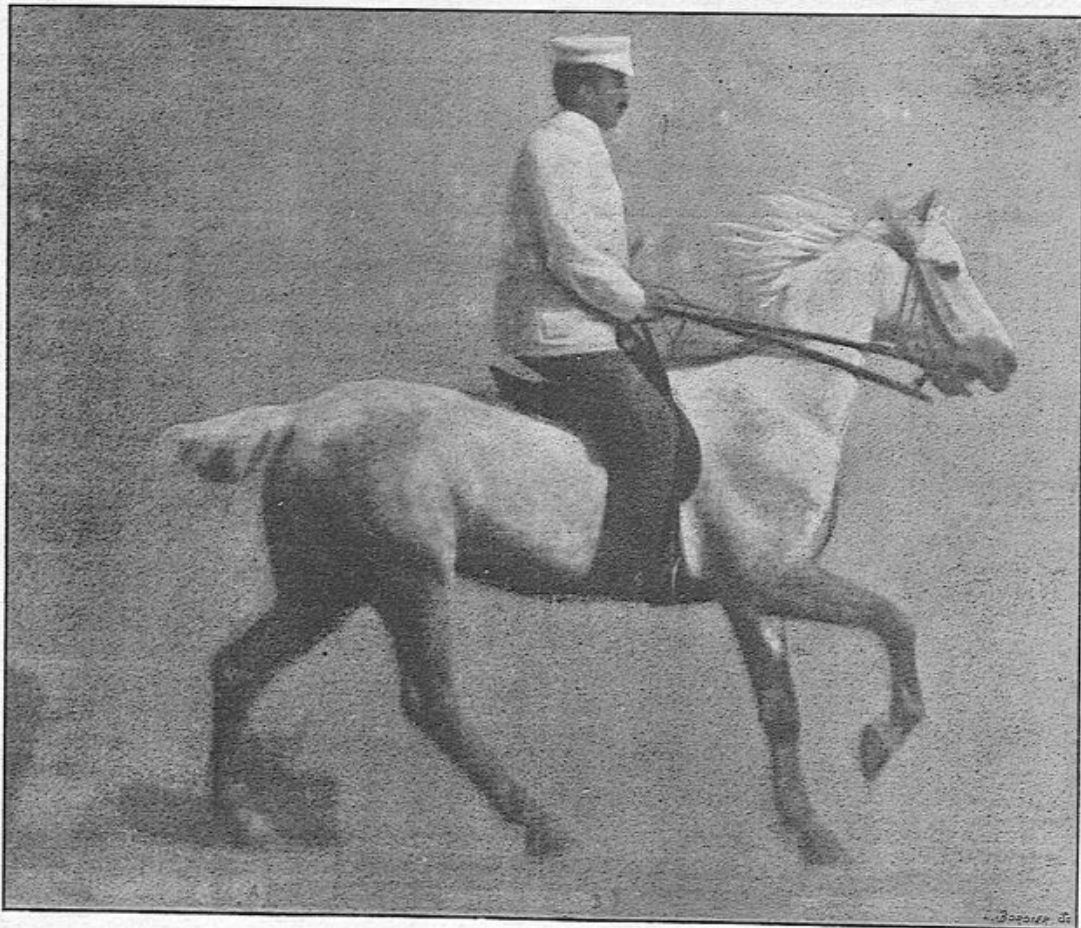


Fig. 8. — Une image du cheval au galop agrandie à 5 diamètres. L'image agrandie est la dernière de la figure 6.

rapport à la taille est très différente. Cette inégalité est beaucoup plus grande encore aux allures ra-

pides et chez certains animaux de petite taille. Mais je ne puis entrer dans le détail de ces études

comparatives qui révèlent entre les espèces animales des analogies et des différences en rapport avec la conformation anatomique.

La fidélité absolue de ces décalques chronophotographiques permet aussi de contrôler la valeur de certaines analyses des mouvements des membres

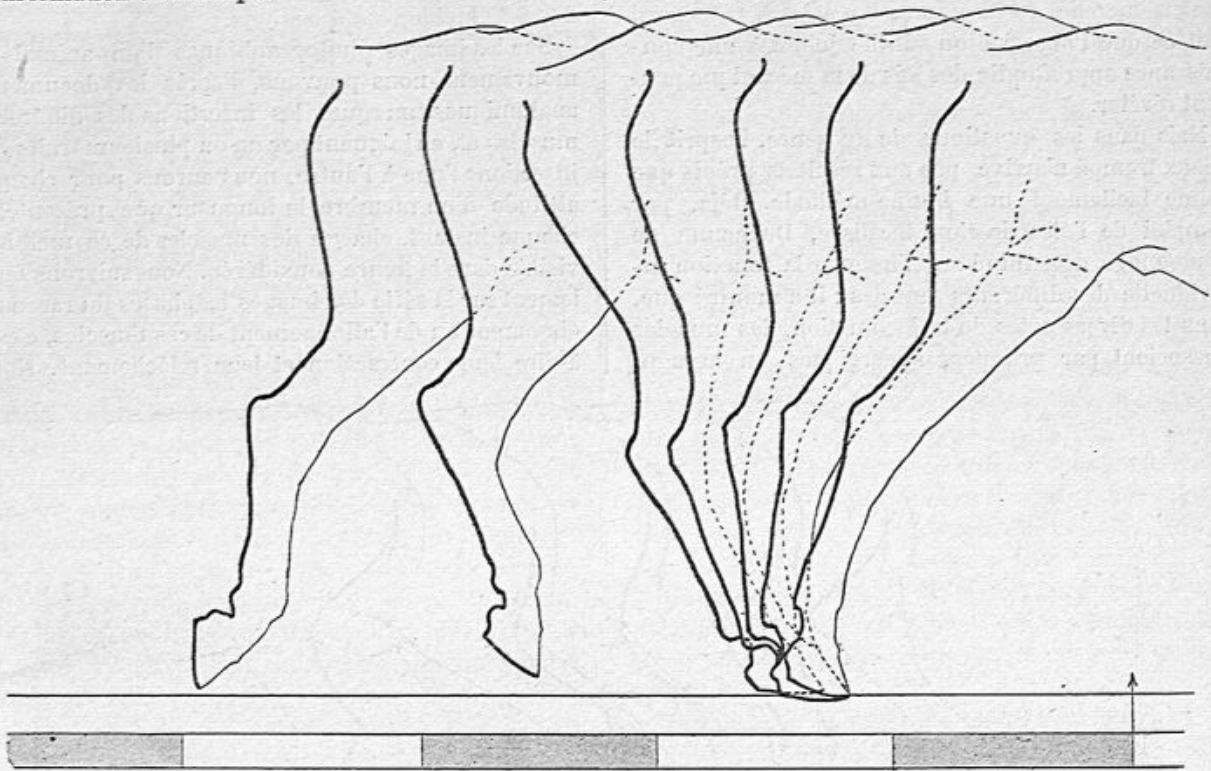


Fig. 9. — Attitudes et positions successives du membre postérieur droit d'un cheval pendant la durée d'un pas de marche.

faites par divers observateurs. Les observations les plus fidèles sont assurément celles de Vincent et

Goiffon; on ne saurait trop admirer la sagacité de ces auteurs qui ont donné une représentation assez

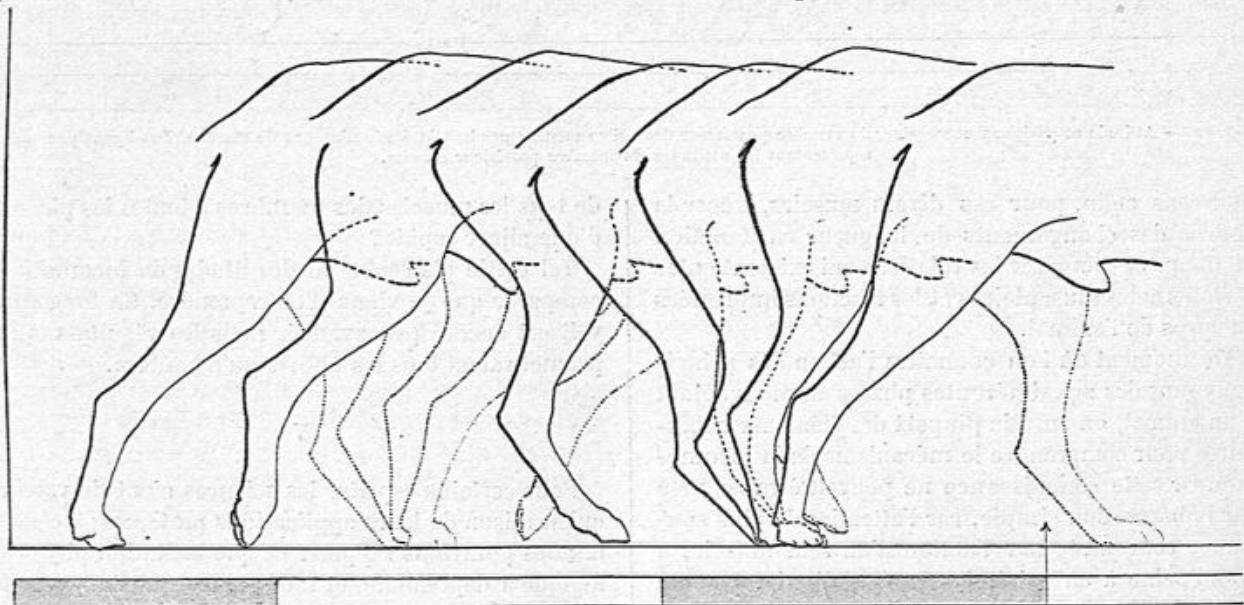


Fig. 10. — Attitude et positions successives du membre postérieur droit d'un chien pendant la durée d'un pas de marche. Des lignes ponctuées expriment les positions du membre postérieur gauche.

fidèle des mouvements du cheval aux allures lentes. Enfin ces mêmes documents se prêtent à déterminer l'action de certains muscles aux différentes phases

des allures. C'est-à-dire qu'en partant des attitudes successives des membres, on remonte au mécanisme physiologique des mouvements considérés.

La sagacité des physiologistes s'est bien souvent exercée sur ces obscures questions. Maissiat (1), plus que tout autre, a tenté d'élucider le rôle des muscles dans la marche de l'homme. Il a saisi à cet égard tout ce que l'observation subtile jointe à une connaissance approfondie des lois de la mécanique peuvent révéler.

Mais dans les questions de ce genre, l'esprit le mieux trempé n'arrive pas aux résultats précis que donne facilement une bonne méthode. Déjà, par l'emploi de l'électrisation localisée, Duchenne (de Boulogne) a déterminé sur l'homme la fonction individuelle des différents muscles : il a montré que, dans les divers actes de la locomotion, les muscles s'associent par groupes, synergiques ou antago-

nistes, et que chaque mouvement est la résultante de ces forces combinées.

Des méthodes plus puissantes permettent aujourd'hui d'élucider ces questions.

Sur les images photographiques d'un animal en mouvement, nous pouvons, d'après les documents anatomiques, marquer les insertions des différents muscles et, en joignant par un ou plusieurs traits ces insertions l'une à l'autre, nous aurons pour chaque attitude d'un membre la longueur que présente, à chaque instant, chacun des muscles de ce membre visible dans la figure considérée. Nous suivrons facilement sur la série des images les phases du raccourcissement ou de l'allongement de ces muscles, c'est-à-dire leur contraction et leur relâchement. Nous

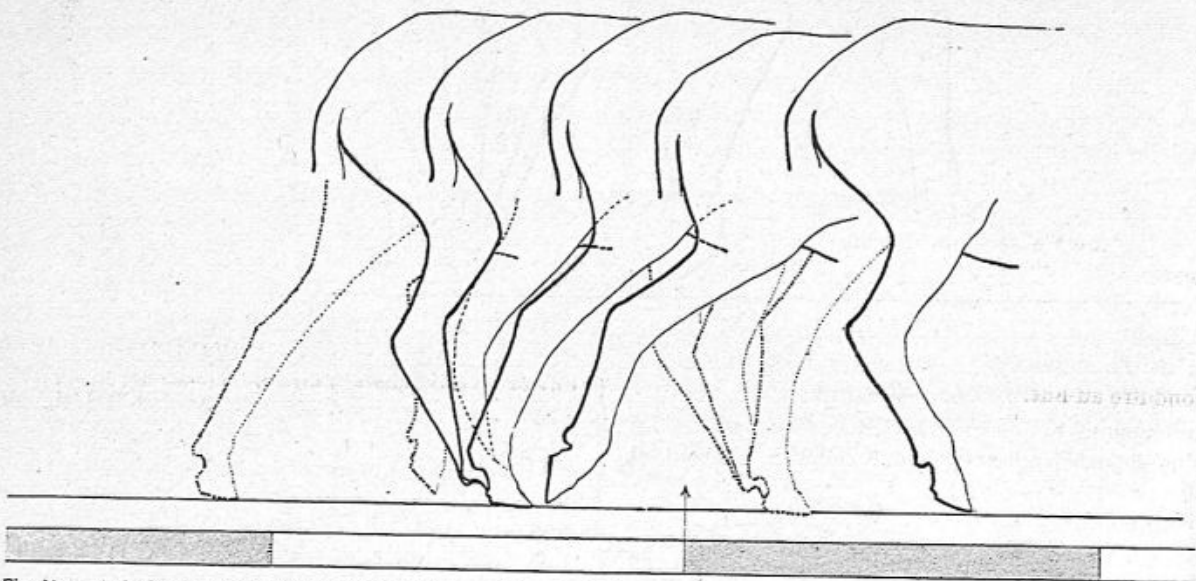


Fig. 11. — Attitude et positions successives du membre postérieur droit d'un mouton pendant la durée d'un pas de marche. Des lignes ponctuées représentent les attitudes du membre postérieur gauche.

pourrons enfin, pour ces divers muscles, tracer la courbe des changements de longueur en fonction du temps et comparer les relations qui existent entre certains actes musculaires et les réactions imprimées au corps de l'animal.

Du moment où l'on connaîtra l'action des principaux muscles aux différentes phases du mouvement d'un animal, on aura la plupart des éléments nécessaires pour comprendre le mécanisme de la locomotion. Or cette connaissance ne pouvait être acquise par l'observation simple, car l'attention la plus soutenue, concentrée sur l'action d'un seul muscle, a grand-peine à en saisir les phases d'activité et de repos, même dans l'allure la plus lente. Comment alors pourrait-on espérer de saisir à la fois l'action

de tous les muscles des membres à toutes les phases d'une allure rapide?

Tel est le plan général des études de locomotion comparée que je viens d'entreprendre. Ce long travail est encore peu avancé, mais les résultats qu'il promet valent tous les efforts qu'il coûtera.

V

Pour certains esprits, les sciences n'ont de valeur qu'en raison de leurs applications pratiques; à ceux-là nous pourrions rappeler ce que la Station physiologique a déjà donné, et montrer ce qu'elle promet encore. Le médecin peut y rechercher de nouveaux moyens de diagnostic de certaines maladies et de contrôle des effets de leur traitement; le militaire, une réglementation de la marche des soldats, une diminution de la fatigue et un meilleur emploi de la

(1) Jacques Maissiat, *Études de physique animale*, in-4°; Paris, 1843.

force de l'homme; l'éducateur de la jeunesse, une direction logique des exercices du corps; l'artiste, une représentation plus sincère des scènes qu'il représente; l'agronome, une utilisation plus complète de la force des animaux; l'artisan, le moyen d'acquérir plus vite l'habileté dans ses travaux professionnels. Il semble que ce côté utilitaire de la physiologie soit jusqu'ici le mieux apprécié.

Mais la science a une autre portée : elle donne une satisfaction complète à l'esprit en lui faisant comprendre les merveilleuses harmonies de la nature. L'astronome qui sait calculer le mouvement des astres, en mesurer la distance, en évaluer la masse et même en déterminer la composition chimique doit avoir des jouissances intellectuelles plus vives que le vulgaire contemplateur de la voûte étoilée.

Il n'est pas douteux que la zoologie et la physiologie, s'éclairant l'une par l'autre, ne nous donnent une conception plus grande du règne animal, en nous le montrant en action avec toute sa beauté.

J'imagine que cette évolution des sciences naturelles se fera pour ainsi dire d'elle-même, par le patient et méthodique rapprochement des données anatomiques et des déterminations expérimentales. Et puisque nous ne considérons ici que la physiologie comparée de la locomotion animale, je crois qu'il est facile d'indiquer les étapes successives qui doivent conduire au but.

Il faudra d'abord rapprocher de chacune des formes animales le type de locomotion qui lui correspond, afin de mettre en relief des relations anatomophysiologiques d'un caractère général. Cette recherche, maintenant commencée, a déjà rendu évidentes plusieurs de ces relations qui s'expliquent par les lois ordinaires de la mécanique; elles se rapportent aux muscles, aux os et aux surfaces articulaires. A cet égard, je ne puis que rappeler sommairement ce que j'ai dit ailleurs (1) avec plus de détails.

La relation qui existe entre la forme des muscles et leurs fonctions est la suivante : l'étendue des mouvements d'un muscle est proportionnelle à la longueur de ses fibres rouges; la force de ce muscle est proportionnelle à la section transversale de ces fibres; le travail dont il est capable est proportionnel à son poids.

Ces relations, dont les deux premières avaient déjà été constatées par Borelli, se vérifient aisément sur les muscles d'un même animal. Elles expliquent aussi pourquoi, chez deux espèces différentes, des muscles homologues ont des caractères différents : c'est que la fonction de ces muscles présente des différences adéquates dans ces deux espèces.

On conçoit que pour pousser plus loin la vérifica-

tion de ces rapports anatomo-physiologiques, il faille déterminer avec une grande précision la fonction de chaque muscle et les caractères de ses mouvements; c'est précisément pour cela que sont instituées les expériences dont il a été question tout à l'heure.

La forme et la longueur des os traduisent celles des muscles qui s'y attachent et auxquels ils semblent subordonnés, comme le montrent les belles expériences de Fick; celle des articulations révèle les caractères des mouvements qu'elles permettent.

Considérons par exemple, chez des animaux différents, la forme de la tête humérale. Nous la voyons de courbure sphérique chez l'homme, les singes, les lémurins où elle permet des mouvements de tous sens; cylindrique chez les ruminants et les pachydermes dont le membre antérieur ne fait qu'osciller suivant l'axe du corps; elliptique chez les oiseaux dont les ailes se meuvent avec une amplitude inégale dans deux directions perpendiculaires entre elles. Il est impossible de ne pas voir entre la forme des surfaces articulaires et celles des mouvements une relation nécessaire qui permet d'après les caractères de la fonction de prévoir ceux de l'organe et réciproquement.

Une longue habitude de comparer entre eux les squelettes de diverses espèces animales avait conduit Cuvier à reconnaître, entre les pièces osseuses d'un animal, certaines relations constantes qu'il désignait sous le nom de subordination des caractères. Un os d'une certaine forme impliquait l'existence de certains caractères dans les autres pièces du squelette. De sorte que notre grand naturaliste pouvait, suivant une expression devenue classique, reconstituer, d'après un seul os fossile, le squelette tout entier de l'animal auquel cet os avait appartenu.

Sans avoir besoin de la longue pratique d'un Cuvier, on arrive, en prenant pour guide les relations anatomo-physiologiques, à des déterminations du même genre qui pourraient paraître étonnantes à qui ne connaîtrait pas la théorie qui y conduit.

J'ai montré qu'il suffit de voir l'aile d'un oiseau, ou même les os de l'avant-bras de cette aile, pour prévoir la forme et les dimensions du sternum (1). Ces relations n'ont pas, que je sache, été indiquées par les anatomistes; voici en quoi elles consistent. Les oiseaux à petites ailes ont le sternum long et étroit, ceux à grandes ailes ont cet os large et court. Cette relation est facile à vérifier sur les squelettes d'oiseaux dans les galeries zoologiques. Or voici les considérations qui m'ont conduit à la prévoir.

En voyant voler les oiseaux, on constate que les espèces à grandes ailes donnent des battements peu

(1) *La Machine animale*, ch. VIII.

(1) *La Machine animale*, ch. VIII.

étendus; cela tient à ce que la grande surface de leurs ailes trouve sur l'air une forte résistance. Les espèces à petite surface d'aile ont au contraire des battements de grande amplitude, de façon à racheter, dans la production du travail moteur, la faible résistance par la longueur du chemin parcouru. Avec des mouvements aussi dissemblables, ces deux sortes d'oiseaux doivent avoir des différences correspondantes dans la forme des muscles grands pectoraux ou abaisseurs des ailes. Chez les premiers, ces muscles seront gros et courts; ils seront longs et grêles chez les seconds. Mais le sternum, qui donne insertion à ces muscles et les loge dans ses fossettes latérales, doit reproduire par sa conformation celle des muscles eux-mêmes: il doit donc être aussi large et court chez le premier type d'oiseaux, long et étroit chez le second. Toutes sortes de formes intermédiaires existent entre ces deux extrêmes.

La comparaison de squelettes d'oiseaux montre qu'il en est réellement ainsi. Toutefois, les gallinacés semblent faire exception à cette règle: ils ont le sternum trop court pour la faible surface de leurs ailes. Mais, chez ces espèces, la grande longueur des os coracoïdiens prolonge en réalité le sternum, de sorte que l'exception à la règle générale n'est qu'apparente.

Ce même genre de relations m'a conduit à prévoir, d'après la conformation des muscles du mollet, une curieuse particularité du squelette du nègre. En comparant les mollets du nègre à ceux de l'homme blanc, on voit que, chez le premier, les gastrocnémiens sont beaucoup plus longs et plus grêles, ce qui permet de conclure que ces muscles ont moins de force, mais des mouvements plus étendus dans la race noire. Or, pour produire le même travail dans la marche, il faut que ces muscles agissent sur un bras de levier plus long; autrement dit, que la distance soit plus grande entre l'extrémité du calcaneum et le centre du mouvement de l'articulation tibio-tarsienne. Les mensurations ont justifié cette prévision: elles ont montré que, dans les deux races, la différence de longueur du calcaneum est énorme; le rapport est de 7 à 5.

La recherche constante des relations physiologiques entre la forme des organes locomoteurs et le type de la locomotion dans les diverses espèces animales est l'idée directrice des études qui se poursuivent à la Station physiologique. Il n'est pas douteux que tout progrès dans la connaissance des mouvements de la locomotion ne fasse ressortir plus clairement la parfaite harmonie qui existe partout entre la fonction et l'organe.

VI

J'ai essayé de montrer par quelques exemples les heureux effets de l'union de l'anatomie et de la phy-

siologie comparées. L'anatomie, toute seule, peut révéler certaines relations inexpliquées entre les différents organes: la loi de subordination des caractères est de ce genre. Mais la loi d'harmonie entre l'organe et la fonction résulte de la connaissance physiologique du rôle de chacune des parties; elle ne constate pas seulement, elle explique et satisfait complètement l'esprit.

Ce n'est pas encore tout. Les naturalistes ont toujours cherché à comprendre comment s'est réalisée la conformité de chaque organe à sa fonction propre. Cette recherche, d'où est née autrefois la théorie des causes finales, a suscité de nos jours des hypothèses plus satisfaisantes; elles tendent à nous montrer les différents types d'animaux comme ayant évolué à travers les âges, sous l'action de forces naturelles, en s'adaptant de mieux en mieux aux conditions changeantes dans lesquelles ils se sont trouvés; c'est la doctrine du transformisme ou de l'évolution.

Mais cette évolution, à son tour, comment l'expliquer par l'action de forces naturelles? Certains zoologistes, avec Buffon et Lamarck, admettent que les influences extérieures provoquent, d'une façon plus ou moins directe, les modifications des organes; d'autres, avec Darwin et Wallace, supposent que le hasard amène dans la conformation des êtres vivants certaines variations qui se transmettent par hérédité lorsqu'elles ont pour effet de rendre les êtres qui les possèdent plus aptes à vivre dans les conditions actuelles et à mieux résister aux différentes causes de destruction.

Il y a une vingtaine d'années, en discutant ces deux hypothèses (1), j'émettais l'espérance de voir l'expérimentation trancher ce débat, ou du moins faire une part équitable aux différents facteurs de l'évolution. L'éminent chirurgien J. Guérin, frappé de voir qu'à la suite de luxations, il tend à se reformer une articulation nouvelle avec des cartilages, une synoviale et des ligaments nouveaux, avait pu dire: « La fonction fait l'organe. » Cette formule s'accordait avec les idées de Lamarck et de Buffon; des cas pathologiques avaient réalisé de véritables expériences et montré que, sur l'individu vivant, des forces mécaniques provoquent une adaptation des organes à un nouvel état de leurs fonctions.

Guidé par certaines théories, je pensai qu'on pouvait également modifier le système musculaire, et changer la forme d'un muscle en changeant l'étendue de ses mouvements. Le résultat, comme on va le voir, a confirmé les prévisions.

Reportons-nous à l'exemple si caractéristique de l'inégale longueur des muscles gastrocnémiens chez l'homme blanc et chez le nègre. Si l'homme blanc,

(1) La Machine animale, p. 105.

avons-nous dit, a le mollet plus court, cela tient à la brièveté de son calcanéum. Diminuons donc sur un animal la longueur du calcanéum et, si le muscle s'adapte à ses conditions nouvelles de travail, il devra diminuer de longueur.

Le lapin se prête parfaitement à cette expérience : il a le calcanéum très long et par conséquent ses muscles extenseurs du pied ont une grande longueur de fibres rouges. Je réséquai sur un lapin un tiers de la longueur du calcanéum et plaçai le membre opéré dans un appareil plâtré, jusqu'à parfaite consolidation. L'animal fut alors laissé en liberté dans un vaste enclos où bientôt il courait avec autant d'agilité que les autres. Au bout d'un an le lapin fut sacrifié et l'on vit que, du côté opéré, les muscles avaient subi la modification que la théorie faisait prévoir. Les fibres rouges étaient réduites d'un tiers environ de leur longueur et remplacées par du tendon. La comparaison du membre sain et du membre opéré montrait cette transformation d'une manière frappante.

J'ai fait la contre-épreuve de cette expérience en opérant sur un chevreau. Dans cette espèce, le pied appuie par l'extrémité onguéale, et le calcanéum, toujours relevé, n'a que des mouvements obscurs dans la marche. Aussi la résection de cet os n'a-t-elle modifié sensiblement ni le mode de locomotion de cet animal, ni les caractères anatomiques de ses muscles.

Enfin M. W. Roux a donné de nombreux exemples de modifications des muscles de l'homme à la suite d'ankyloses partielles qui réduisaient plus ou moins l'étendue des mouvements. Ce savant a constaté, dans un grand nombre d'autopsies, la diminution de longueur de la fibre rouge et son remplacement par du tendon. Cette diminution de longueur était toujours proportionnelle à la réduction qui s'était produite dans l'étendue du mouvement.

L'adaptation des muscles à des conditions mécaniques expérimentalement créées par des mutilations est donc bien établie. Il est plus que probable qu'on obtiendrait des adaptations semblables de la longueur des muscles des animaux en les plaçant dans des conditions où ils seraient forcés de faire des mouvements plus étendus que dans leur vie normale, en les obligeant, par exemple, à sauter ou à grimper pour prendre leur nourriture. Je citerai tout à l'heure des faits de ce genre.

Mais s'il est démontré que, sur un individu, les muscles et le squelette s'adaptent aux conditions de leur travail, cela ne suffirait pas encore pour expliquer le transformisme. Il faut en effet, pour faire varier l'espèce, que les modifications acquises par les individus se transmettent par l'hérédité à leur descendance.

Or, sauf des exceptions fort rares, les effets de la mutilation d'organes périphériques ne se transmet-

tent pas héréditairement. Mais il n'en est pas de même si les lésions ont porté sur le système nerveux ; ce fait a été bien établi par des expériences de Brown-Séquard. Sur des cochons d'Inde, à la suite de lésions nerveuses, cet éminent physiologiste a vu se produire des déformations curieuses des membres et de l'exophtalmie. Et ces modifications se sont transmises héréditairement pendant une longue suite de générations.

Il semble qu'alors l'action du traumatisme ait influencé la fonction dans ses origines mêmes, c'est-à-dire dans l'organe le plus haut placé dans la hiérarchie physiologique.

Il y a en effet, entre les différentes parties de l'organisme, une subordination évidente : le système nerveux conçoit les actes et les commande ; les muscles agissent ; les os et les articulations subissent. Ne peut-on pas supposer que des circonstances extérieures nouvelles sollicitent d'une façon inusitée le système nerveux d'un animal, de telle sorte que d'autres conditions provoquent d'autres actes et par suite amènent une modification des organes ? Les modifications ainsi produites seraient transmissibles par l'hérédité, comme dans les expériences de Brown-Séquard. On comprendrait ainsi la transformation des animaux dans la suite des âges : les variations du milieu ambiant créent de nouveaux besoins et sollicitent de nouveaux actes, en agissant primitivement sur le système nerveux qui modifie, de proche en proche, les organes qui lui sont subordonnés.

Ainsi, depuis deux siècles, la race des chevaux de course a été fortement déviée de sa forme primitive. La sollicitation à des actions musculaires plus rapides et plus énergiques est la cause des modifications que l'anatomie comparée révèle et qui se transmettent en grande partie héréditairement.

Jonathan Franklin prétend que les kangourous qui se sont multipliés en domesticité, n'ayant plus, comme dans leur habitat naturel, à bondir par-dessus les hautes herbes, commencent à se servir de leurs membres antérieurs pour marcher et courir, tandis qu'ils ont en partie perdu la robustesse de leur queue et la puissance de leurs membres postérieurs.

D'autre part M. Tegetmeier (1) affirme que les lapins, dont l'importation en Australie est pourtant de date bien récente, y ont déjà subi des modifications notables, et acquis, pour grimper aux arbres, une aptitude qu'ils n'avaient pas dans leur pays d'origine.

Ces faits, et d'autres analogues, doivent être soumis à une enquête rigoureuse. Dans tous ces cas, il faudra déterminer avec précision quelles sont les modifications physiologiques et les changements anatomiques produits, afin d'en vérifier la concordance.

(1) *In Land und Water*, London, 1892.

Si ces modifications sont réelles et leur transmission héréditaire bien établie, la théorie de l'évolution sera expérimentalement démontrée.

Vous voyez combien de questions se posent et combien est vaste le champ des expériences auxquelles se prête la Station physiologique. Je voudrais vous avoir inspiré le désir d'y chercher la solution de tous ces problèmes. La tâche est longue et difficile, mais elle n'est pas au-dessus des méthodes expérimentales dont nous disposons.

Pour moi, je ne suis plus à l'âge des vastes projets ; mon souhait serait d'associer à mon entreprise ceux qui auront le temps et la force nécessaires pour la continuer. C'est pourquoi je vous engage à utiliser les ressources de la Station physiologique ; vous y trouverez des moyens d'étude applicables aux sujets les plus variés et même parfois les subsides pécuniaires qui manquent trop souvent aux travailleurs.

Rien ne saurait être plus précieux, pour le développement de la science, que le travail en commun d'hommes qui possèdent des connaissances et des aptitudes diverses. Physiciens, mécaniciens, anatomistes, physiologistes s'éclaireront et se compléteront mutuellement. L'organisme animal leur offrira un champ d'études précieux, car, dans ses manifestations physiques et mécaniques, il offre des solutions simples et admirables d'une infinité de problèmes.

Ce sentiment, qu'il est nécessaire de rapprocher entre elles les différentes branches de la science, n'est pas nouveau ; il a présidé à l'organisation de nos grands établissements d'enseignement supérieur. Mais le rapprochement ne s'est pas fait d'une manière effective ; les physiciens, les chimistes, les mathématiciens travaillent, il est vrai, les uns près des autres, mais ne collaborent point. Et cela résulte des exigences mêmes de l'enseignement qui, pour la clarté de l'exposition et la bonne méthode, doit nécessairement présenter chaque branche de la science comme isolée des autres et se suffisant à elle-même.

La fusion des différentes sciences ne peut se faire, en ce moment, que dans la recherche ; celle-ci promet d'importantes découvertes, mais il ne faut pas encore lui demander les matériaux d'un enseignement régulier. La Station physiologique est précisément un établissement de recherches où je vous convie à réunir vos efforts et vos connaissances pour résoudre les problèmes que j'ai sommairement exposés tout à l'heure. Si vous répondez à mon appel, chacun de vous, j'en suis sûr, y trouvera son profit. Et moi, je vous devrai la satisfaction que j'ambitionne le plus, celle d'avoir été utile.

MAREY,
de l'Institut.

HISTOIRE DES SCIENCES

Galilée et la science moderne.

I

Rendre justice à un homme que tant de travaux récents, venus d'Allemagne et d'Italie, ont à l'envi célébré, ce n'est que suivre les traces de deux Français, dissemblables en tout, sauf dans leur admiration pour Galilée. Condorcet, l'ami de Voltaire et de d'Alembert, place trois grands hommes au début des temps modernes : Bacon, dit-il, a révélé la vraie méthode ; mais il n'a point eu le génie des sciences ; Descartes a joint l'exemple aux préceptes, mais il a commis des erreurs, dont l'audace a servi d'ailleurs aux progrès de l'esprit humain ; Galilée a enseigné et pratiqué une méthode sûre et féconde, qui n'oblige point de sacrifier l'espérance du succès à la crainte de s'égarer. Pour le catholique Th.-H. Martin, dont les recherches dénotent un égal souci de l'exactitude et de l'orthodoxie, Galilée est le principal auteur de la vraie méthode des sciences physiques ; il a ouvert une voie dans laquelle il a fait hardiment et sûrement les premiers pas, dans laquelle il a entraîné et lancé ses successeurs, en les invitant à le dépasser de plus en plus.

De cet accord, nous ne pouvons nous prévaloir que pour un point : c'est que notre thèse n'est pas nouvelle et mérite considération. Pour savoir si elle est vraie, si Galilée a détruit la scolastique, s'il a fondé la science moderne, et partant, en une large mesure, la philosophie scientifique, il faut se poser et résoudre une question qui a suscité et suscite encore les plus vives discussions.

Mais d'abord rappelons brièvement, parce que tous le savent, quelle fut la vie de Galilée. C'est à Pise qu'il naquit en 1564, vingt ans après le Tasse, l'année où mourait Michel-Ange, comme si l'Italie, après avoir inspiré les artistes et les poètes, devait guider les savants et les philosophes. Sa famille, originaire de Florence, était noble et pauvre ; son père savait, outre les littératures grecque et latine, un peu de mathématiques et il écrivit sur la théorie de la musique. A 16 ans l'enfant, qui a étudié les lettres, arrive à l'Université de Pise : au lieu de se préparer une situation lucrative en suivant des cours de médecine, il se laisse entraîner vers les mathématiques et la physique. Puis il est professeur à Pise de 1589 à 1592, à Padoue de 1592 à 1610. Il quitte alors le territoire de la république de Venise et il est appointé à Florence, pendant plus de trente ans, pour « travailler aux progrès des mathématiques, de l'astronomie et de la physique ».