

**Giraud-Teulon, Félix / Marey, Etienne-Jules. - Mécanique animale: étude rétrospective sur les progrès réalisés dans l'histoire des mécanismes de la locomotion chez l'homme, par la méthode des inscriptions graphiques de M. le Professeur Marey**

***In : Bulletin de l'Académie de médecine, 1883, 2ème série, tome XII, n° 36, p. 1028-1054***

» conde hypothèse (*naissance spontanée sur place*), en ce sens  
 » qu'ils démontrent que les mêmes conditions cosmiques et  
 » hydro-telluriques qui président à la genèse du principe cho-  
 » lérigène dans le Delta et sur les bords du Gange, se sont  
 » trouvés accidentellement cette année dans le Delta et sur les  
 » bords du Nil. »

Je présente encore :

1° De la part de M. le docteur J. G. Rozat (de Bordeaux) une brochure intitulée : *Le choléra épidémique est-il contagieux?*

2° De la part de M. le docteur Pigeon, médecin des usines de Fourchambault, une note intitulée : *Causes du choléra ; moyens de s'en préserver.*

### Communications.

#### I. Mécanique animale

Par M. GIRAUD-TEULON.

*Étude rétrospective sur les progrès réalisés dans l'histoire des mécanismes de la locomotion chez l'homme, par la méthode des inscriptions graphiques de M. le professeur Marey.*

#### I

##### Introduction.

Lorsqu'il y a vingt-cinq années, nous donnâmes au public un nouvel essai sur *la locomotion chez l'homme et les vertébrés* (1), nous ne nous croyions pas aussi près que nous l'étions, en réalité, de la dernière étape d'une longue et méritante ère scientifique. Et cependant nous devons être, de fait, un des derniers ouvriers d'une école qui réduite, au point de vue de l'observation des mouvements de l'être vivant, aux seuls renseignements apportés par l'œil et l'oreille, avait su cependant se rapprocher très passablement des véritables lois de leurs

(1) *Principes de mécanique animale*. Paris, 1858.

mécanismes. Mérite assez grand si l'on songe, d'une part, à l'énorme disproportion de vitesse qui existe entre la succession des actes physiologiques et la perception de leurs variations par les sens; et de l'autre, aux difficultés d'une application toujours correcte, de l'induction mécanique et de la vue géométrique dans l'espace, qui ont été pendant des siècles l'unique ressource des physiologistes dans ces recherches.

Aussi une double émotion dut-elle nous saisir lorsque, quinze années seulement après la publication de notre essai, l'instrumentation qui allait, pensions-nous avec son auteur, en fixer le tableau définitif, fut introduite dans le domaine de la physiologie des mouvements par M. le docteur Marey. Cette nouvelle méthode d'exploration, par enregistrement autographique des mouvements, qui venait de faire ses preuves dans l'étude de la physique inorganique, ne pouvait, étendue à celle des problèmes de la locomotion animale, qu'y produire les effets d'une véritable révolution!

Apte à surprendre sur le vif les plus délicates variations survenues dans la situation des leviers ou les directions des moteurs organiques, entre les limites de leurs phases d'activité ou de repos, dans leurs vitesses absolues ou relatives, combien une méthode ainsi dotée n'allait-elle pas apporter d'enseignements nouveaux, pour une histoire complète des actes de la vie de relation!

Cependant si son apparition sur la scène biologique nous fit entrevoir de grands espoirs pour les progrès de la science, ces espérances ne furent pas exemptes, osons l'avouer, de quelques inquiétudes personnelles, relativement aux démentis que nos pauvres et hésitantes observations pourraient en recevoir.

Quel sort leur était réservé quand on en rapprocherait les témoignages recueillis par la nouvelle méthode? Quelle figure feraient les conjectures de l'induction, même géométrique, mises en regard des évidences apportées par ces nouveaux engins, si délicats et si sûrs, que leur auteur put, sous réserve, ajouterons-nous cependant, d'une correcte interprétation, leur donner le nom de « *microscopes du mouvement* »!

Aussi nous jetâmes-nous avec une véritable avidité sur la première publication propre à nous éclairer sur la gravité de

nos appréhensions et à nous apprendre si nous avions jadis fait œuvre de quelque utilité, ou, au contraire, esquissé un simple roman.

Cette occasion s'offrit pour la première fois à nous en 1872. M. le docteur Carlet, élève du professeur Marey, venait de donner au public son intéressant mémoire *sur le mécanisme de la marche chez l'homme*, sujet d'un des plus importants chapitres de la locomotion dans notre espèce, et qui tenait dans notre traité de 1858 une place en rapport avec cette importance.

Engagé dans d'autres travaux, nous ne pûmes lui consacrer alors qu'une rapide étude, en parcourir hâtivement les principales conclusions. Et voici ce qu'une première lecture de ce travail, aussi remarquable au point de vue de la conception des appareils de transmission que sous le rapport de la logique des interprétations, nous permit de conclure immédiatement à son endroit, malgré les quelques rectifications qu'elle dut introduire dans nos propres résultats.

« Ce n'est pas une mince satisfaction pour nous, écrivions-nous à ce sujet dans la *Gazette hebdomadaire* (1), de trouver notre chapitre *de la marche* plus vrai peut-être aujourd'hui, ou du moins plus assuré qu'il ne l'était il y a quinze ans, quand il sortit de notre plume. Toutes les propositions ayant le caractère de *principes* y sont, on peut dire, identiquement les mêmes aux détails près, évidemment d'une autre précision, d'une autre autorité chez M. Carlet; mais enfin *les mêmes*, à la réserve d'une seule exception qui mérite d'être signalée.

» En décrivant ce que devait être la trajectoire des oscillations verticales du centre de gravité de l'homme pendant la marche, notre travail mental ou d'induction commit une erreur indéniable, et qu'ont mise en évidence les tracés relevés par M. Carlet. »

Mais, à part cette erreur, nous eûmes la satisfaction de rencontrer dans les résultats objectifs obtenus par la méthode graphique la confirmation et le développement « *visibles* » des

(1) *Gazette hebdomadaire de médecine et de chirurgie*, n° du 13 décembre 1872.

nôtres, en ce qui concerne l'allure la plus habituelle de l'homme, *la marche*, dont notre théorie était et demeure l'exposé très généralement fidèle.

L'adoption complète faite par M. Marey des conclusions probablement décisives formulées par son élève, nous permet de croire que nulle contestation ne saurait désormais s'élever sur les points principaux de cette question.

Nous pouvons donc, pour compléter l'histoire de la locomotion, considérer ce premier chapitre de la locomotion humaine comme une question réglée, et poursuivre cette étude comparative à l'égard des autres modes de locomotion dans notre espèce. Les deux modes de déplacement le plus communément en usage chez l'homme, *la course et le saut*, s'imposent donc les premiers à notre attention. La méthode des enregistrements autographiques a-t-elle jeté sur les mécanismes intimes de ces deux actes la même lumière dont elle a éclairé les différentes circonstances de la marche?

C'est ce que nous allons demander à l'analyse des chapitres consacrés à ces deux allures, dans l'ouvrage organique du maître (*la Machine animale*, par le professeur Marey, Bibliothèque internationale, 1873).

## II

De la course et du saut. Doctrine de M. le professeur Marey.

Les conditions mécaniques qui président au *saut* se rencontrent dans nombre de mouvements, soit chez l'homme, soit chez les animaux. Ces conditions, d'une analyse très délicate, ont été suspendues comme un difficile problème, et pendant près de deux siècles, devant les yeux de plusieurs générations de mécaniciens-physiologistes : Borelli, Willis, Boerhaave, Haller, Mayow, Barthèz, J. Muller, etc., et tant d'autres, dont les noms nous échappent, n'avaient pas dédaigné de s'en occuper, et longuement. L'histoire, ou plutôt l'esprit de leurs débats, avait fait le sujet d'une exposition critique détaillée dans notre traité précité. Enfin nous nous étions flatté d'avoir, dans ce même ouvrage, contribué pour notre petite part à soulever un coin des voiles qui avaient arrêté tant de pén-

trantes intelligences. L'espoir ne nous était donc pas interdit de trouver dans les applications de la méthode graphique, à ces deux questions, des solutions *décisives*, relativement à de nombreux et intéressants problèmes cachés au fond des mécanismes de ces deux modes si spéciaux de déplacement.

La lecture des paragraphes affectés par le savant professeur à ces deux actes, dans son ouvrage doctrinal, nous a, avouons-le, causé un vif désappointement. Nous n'y avons, en effet, rencontré ni des développements, ni même des conclusions en rapport avec le caractère et l'importance des multiples et graves questions posées non seulement par ses devanciers, mais, ce qui est plus sérieux, par la nature elle-même.

Or, si nous concevons, qu'au point de vue du prix du temps, notre savant collègue ait délibérément procédé par omission, en ce qui concerne des théories condamnées à ses yeux par une observation en apparence plus assurée, nous l'admettons plus difficilement à l'endroit de certains *faits* indéniables, compris également dans cette omission générale, et que leur qualité de faits constants devait préserver de cette indifférence.

Mais n'anticipons pas, et donnons d'abord la parole à notre éminent collègue.

Dans un premier paragraphe consacré à *la course*, et que nous reproduisons presque intégralement, l'auteur définit l'acte lui-même, le différencie de *la marche* d'une part, du *saut* de l'autre, et en expose les principales phases.

« *De la course.* — Cette allure, plus rapide que *la marche*, consiste comme elle en appuis alternatifs des deux pieds, dont les foulées se suivent à intervalles égaux; mais elle présente cette différence que, dans la course, le corps quitte le sol à chaque pas pendant un instant.

» Le caractère *essentiel* de la course est, avons-nous dit, le *temps de suspension*, pendant lequel, entre deux appuis des pieds, le corps reste en l'air un instant.

» Comment se produit cette suspension du corps à chaque impulsion des pieds? On pourrait croire au premier abord que c'est l'effet d'une *sorte de saut*, dans lequel le corps serait projeté en haut d'une manière si violente, par l'impulsion des pieds, qu'il décrirait en l'air une courbe au milieu de laquelle

il atteindrait son maximum d'éloignement du sol. Il n'en est point ainsi. Pour nous en assurer, faisons intervenir l'appareil qui enregistre les réactions ou oscillations verticales du corps, etc., etc. » (P. 134-135.)

Arrêtons-nous un moment sur ce dernier point. L'appel fait ici par l'auteur aux données apportées par l'appareil enregistreur a pour objet premier, comme on le voit dans la phrase qui précède, de faire justice de cette opinion téméraire, qui pourrait faire supposer dans le pas de course un acte de la nature du *saut*.

Or, antérieurement, dans les considérations générales mises en tête du chapitre ouvert à la locomotion chez l'homme, groupant dans un même aperçu d'ensemble la course et le *saut*, notre honorable collègue avait écrit :

« Dans la *course* et dans le *saut*, le corps se détache entièrement du sol et reste suspendu pendant un instant. »

Cette dernière proposition préparait peu à celle que l'auteur se propose de déduire de l'analyse du graphique déjà commencée dans le paragraphe que nous avons interrompu.

Il semble, en effet, au premier abord, qu'une propriété aussi notable que le fait d'une translation aérienne, même momentanée, une suspension complète et sans nul soutien du corps dans l'air, venant se placer entre deux appuis successifs, devait constituer un fort trait de ressemblance entre les deux allures, et que ce n'était pas absolument sans motif que les prédécesseurs de M. Marey dans cette étude, et nous après eux, avons été conduits à considérer le pas de *course* comme étant à la fois un pas de marche et un *saut*.

La conformité dans les prémisses (puisque sur le fait en lui-même tout le monde est d'accord) devait faire espérer la même harmonie dans la conclusion; et cela d'autant plus rationnellement que si, dans la *course*, la suspension complète momentanée est, d'après M. Marey lui-même, un caractère *essentiel*, ce même caractère offre, dans le *saut*, une bien autre importance. Il est, en fait, l'*acte lui-même tout entier*!

Eh bien, non. Sur la conclusion, M. Marey se sépare de nous; il ne saurait voir dans la course rien de commun avec le *saut* :

« On pourrait croire, écrit-il (évidemment en réponse à ses prédécesseurs), que cette suspension est l'effet d'une sorte de saut, dans lequel le corps serait projeté, etc. Il n'en est point ainsi, etc., etc. » Nous n'étonnerons personne en accusant ici comme une sensation de dissonance.

Comment ! voilà deux phénomènes, dont l'un a pour caractère *essentiel* de comprendre l'autre tout entier ! Et ces deux phénomènes n'ont entre eux aucun rapport ! Voilà qui fait échec à notre logique. Nous serons bien plus mal à l'aise encore, et non plus au point de vue de la rhétorique, mais à celui de la dynamique elle-même, quand nous aurons démontré, comme nous le ferons, que, dans les deux circonstances, ce phénomène, commun dans ses apparences à l'un et à l'autre, répond de plus, des deux parts, à un mécanisme particulier de tous points identique.

Mais assez pour le moment sur ce sujet, et revenons à l'argumentation même de l'auteur.

Pour justifier cette première affirmation, que la course ne tient point du saut, M. Marey continue son argumentation en exposant les phases successives de cet acte et les rapports qui rattachent aux périodes d'appui et de suspension les oscillations verticales du tronc.

« Comment, nous dit-il, se produit cette suspension du corps à chaque impulsion des pieds ? Le tracé ci-dessous nous montre que le corps exécute chacune de ses oscillations ver-

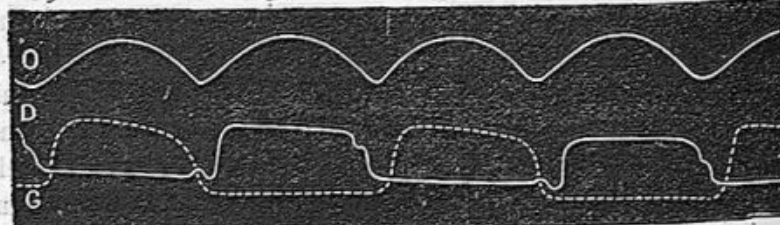


FIG. 30 (de la *Machine animale* du professeur Marey). Tracé de la course de l'homme. — D (cercle formé d'un trait plein), appuis et levés du pied droit. — G (courbe ponctuée), action du pied gauche. — O, oscillations et réactions verticales du corps.

ticales pendant les appuis, de telle sorte qu'il commence à s'élever



au moment où un pied frappe le sol, qu'il atteint son *maximum* d'élévation *au milieu de l'appui* de ce pied, et qu'il redescend, pour tomber à son *minimum*, au moment où un pied vient de se lever, et avant que l'autre ait posé sur le sol. » (P. 134.)

Une première pierre d'achoppement nous arrête ici tout net. Après avoir lu, tout prêt à nous l'assimiler, cet exposé des circonstances notées par l'auteur sur le graphique qu'il offre à la discussion, nous portons avec lui plus particulièrement notre attention sur les trois temps principaux du mouvement, qu'il veut, avec raison, mettre en évidence, à savoir : le *début*, le *maximum* et le *minimum* de l'ascension du tronc, dans leurs rapports avec le *début*, le *milieu* et la *fin des foulées*.

Quelle n'est pas alors notre stupéfaction ! Les énonciations que nous venons de lire ne sont aucunement en rapport avec les données du graphique.

Reportons-nous à ce graphique, figure 30 ; qu'y voyons-nous ?

Une courbe continue, formée d'une série de branches partielles identiques entre elles, et dont la disposition rappelle une suite de branches de cycloïdes ; sauf en ceci, que leur point de contact ou de rebroussement semble un peu plus étendu qu'un simple point, sans cependant offrir place à une tangente horizontale. Chacune de ces courbes partielles a pour corde ou pour mesure de sa portée la longueur totale du pas de course, c'est-à-dire qu'elle comprend et la période d'appui et celle de la suspension complète. Cette courbe est la projection, sur le plan vertical, passant par l'axe du chemin parcouru, de la trajectoire du centre de gravité ; au-dessous d'elle, et en correspondance par leurs ordonnées, se voit le tracé des foulées, D, G. Or l'auteur, qui voit *mentalement*, et avec grande raison, dans le point de rebroussement de la ligne supérieure O, le premier instant de la réascension, nous dit à tort que ce point, *sur son graphique*, coïncide avec le début de la foulée. *Sur la figure invoquée*, ce point est manifestement placé sur la dernière ordonnée de la foulée précédente. Ce n'est point que nous repoussions la coïncidence de temps du premier élément de la réascension du tronc avec le début de la foulée ; tout au contraire. Nous disons seulement que, *sur ce graphique*, le seul afférent au pas de course, c'est avec la fin de la foulée

précédente qu'il coïncide. Le rapport de coïncidence entre le premier élément de la réascension et le début de l'appui ne se rencontre dans l'ouvrage de M. Marey que sur les figures suivantes, 32 et 33, fournies par la progression par sauts, soit sur deux pieds, soit sur un seul.

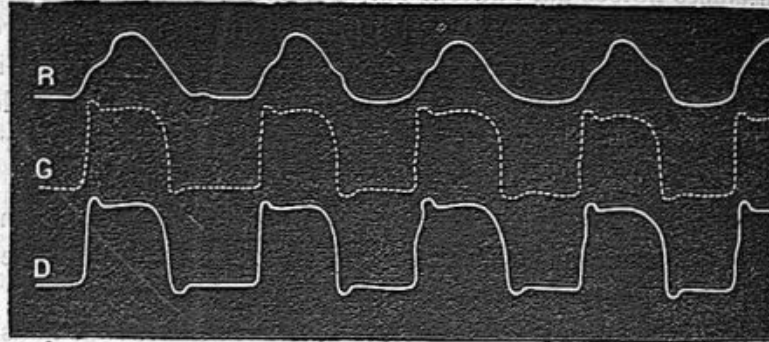


FIG. 32 (même ouvrage). Saut sur les deux pieds à la fois, D et G. La ligne R, courbe des réactions, montre que le maximum d'élévation du corps correspond au milieu des appuis.

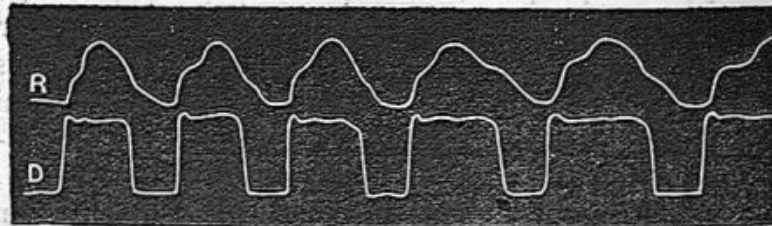


FIG. 33 (même ouvrage). D, série de sauts sur le pied droit. La durée des temps de suspension reste sensiblement constante, même lorsque celle des appuis varie.

D'autre part maintenant, l'auteur, toujours dans son exposé des phases du pas de course, nous dit (voyez ci-dessus) que le *minimum* de l'élévation du tronc coïncide avec le *lever du pied* précédemment à l'appui, ou la *fin de l'appui* précédent. Cela est en effet conforme à la figure 30 ; mais ne saurait être vrai en fait, ainsi qu'il nous sera facile de le démontrer, et cela au moyen des seuls éléments placés sous nos yeux par l'auteur.

Sur le graphique n° 30, en effet, si l'ordonnée *minima* de la courbe coïncide avec le lever du pied, elle coïncide également, sur cette même figure, à un infiniment petit près, avec le premier élément de la réascension. Cette dernière coïncidence est d'ailleurs évidemment obligée. Comment le point le plus bas où puisse descendre le centre de gravité, et celui à partir duquel il commence à remonter, pourraient-ils différer de hauteur?

D'autre part, ce point le plus bas est nécessairement antérieur, de si peu que ce soit, au premier élément de la ré-ascension ou du relèvement; et ce dernier est, comme le dit l'auteur, en coïncidence avec le début de l'appui. Il est donc de toute nécessité que ces deux points se rencontrent ensemble à l'origine de cet appui.

Les choses ne sauraient donc se passer comme le représente la figure 30; le minimum de la courbe des oscillations ne peut être, à la fois, sur l'ordonnée qui marque la fin de la foulée précédente, et sur celle qui marque le début de la suivante, ces deux verticales étant séparées par toute l'étendue de la période de suspension complète. Il faut choisir entre les deux premières propositions de M. Marey: Ou le *minimum* et la réascension coïncident ensemble avec la cessation de la foulée précédente (comme sur la figure 30), ou ils coïncident ensemble avec le début de l'appui suivant, comme dans les figures relatives au saut.

Or, de ces deux alternatives, nous devons adopter celle qui fait coïncider le *minimum* (et, par conséquent aussi, le premier élément de la réascension), avec l'appui prochain, et non avec la fin du précédent. Une raison inéluctable l'exige: le minimum, en effet, ne peut s'offrir au début de la période de suspension. Sur la figure 30, ce point appartient à la seconde moitié de la trajectoire. Or, en quelque point qu'on l'y suppose, cette portion de la courbe ne peut présenter un élément horizontal. S'il en existait un, le suivant recevant un apport nouveau de la gravité, devrait offrir une inclinaison sur le précédent, dirigée d'arrière en avant et de haut en bas; et ainsi de tous, jusqu'au dernier, nécessairement en rapport avec l'appui.

Signalons en passant, comme conséquence de cette dernière considération dynamique, une anomalie d'enregistrement graphique dans les trajectoires du centre de gravité des figures 32 et 33 relatives au *saut*.

Il est impossible d'admettre que, dans leur portion descendante, ces courbes offrent en réalité une certaine longueur horizontale, et même, ce qui est plus inexplicable encore, *concave vers le haut*. Nous venons d'en dire la raison. Si on suppose sur cette partie de la courbe un élément horizontal, le suivant doit nécessairement être dirigé de haut en bas et d'arrière en avant. Cette inexactitude grave laisse planer des doutes sur la fidélité mécanique de l'enregistrement dans les expériences relatives au saut.

D'autre part, en ce qui concerne la figure 30, si l'on veut la mettre en harmonie avec les remarques précédentes, et surtout avec les faits, on le pourra, en transportant en totalité, par la pensée, la courbe des oscillations du tronc, parallèlement à la ligne des abscisses, de façon à amener tous les *minima*, ou points de rebroussement de la courbe, de gauche à droite, sur la première ordonnée des appuis.

Mais alors cette figure n'offre plus, avec celles relatives à la progression par sauts (32 et 33), d'autre différence que la *durée relative* des périodes d'appui et de suspension. Elles se rapportent toutes, *en principe*, à un même mécanisme.

Quoi qu'il en soit, dans les tracés les plus en rapport avec les conclusions de l'auteur, ceux relatifs au saut (32 et 33), on constate que : le *minimum* de la trajectoire parcourue et le premier élément du relèvement du centre de gravité coïncident, non avec la *fin*, mais avec le *début* de l'appui.

Ce qui nous permet de conclure : 1° avec l'auteur, mais à l'encontre de son graphique, que, dans la course, le relèvement coïncide, comme dans la progression par sauts, avec le premier élément de l'appui ; 2° mais que, contrairement à son interprétation du mécanisme, le *minimum*, loin de correspondre au lever du pied ou au début de la période de suspension, est, au contraire, isochrone avec la fin de cette dernière.

On serait tenté de supposer, à la vue de ce rapprochement, que les propositions dans lesquelles l'auteur renferme son

exposé des phases du pas de course, ont été indifféremment extraites des graphiques de la course et de ceux du saut. Singulier précédent, pour arriver à conclure à l'absence de toute analogie entre ces deux modes de mouvement!

Passons aux concordances de temps, entre les *maxima* d'élévation du centre de gravité du tronc et le milieu des appuis. Existe-t-il, en effet, entre ces derniers, une coïncidence de principe, comme l'établit l'auteur, aussi bien dans la course que dans le saut?

Cette concordance semble, à la vérité, se rencontrer dans les graphiques afférents à ces deux modes de mouvement. Mais pouvons-nous leur accorder, à cet égard, une véritable confiance? Le sujet en question n'exige-t-il point, pour emporter conviction, une assurance entière de la parfaite exactitude des enregistrements; or nous venons de voir les contradictions attachées à la position de la trajectoire de la figure 30 (course), relativement au début et à la fin des appuis, et, conséquemment, à la précision même de leur milieu. Et, quant aux figures relatives au saut, nous venons de signaler, dans la forme des trajectoires, des incorrections de principe, qui ne sont pas moins que dans la précédente de nature à vicier les interprétations que l'on en pourrait déduire. Ces remarques ne nous sont point suggérées par un pur esprit de critique.

En ce qui concerne *la course*, par exemple, dont la trajectoire, par sa correction géométrique, paraît très exactement symétrique, suivant M. Marey lui-même, la correspondance du milieu de l'appui et du *maximum* de la trajectoire ne saurait être un fait principe, mais bien un fait fortuit.

Nous lisons en effet, page 135 de *la Machine animale* :

« La durée du temps de suspension semble peu varier d'une manière *absolue*; mais, si on l'apprécie relativement à la durée d'un pas de course, on voit que la valeur relative de cette suspension croît avec la vitesse de la course, car *avec cette vitesse diminue la durée de chacun des appuis.* »

Si on lit cette proposition, en considérant, en même temps la figure 30, qui est en regard d'elle, on se demande comment l'auteur la concilie avec celle dont nous nous occupons, et qui

fait coïncider, comme principe, le *maximum* de l'élévation du centre de gravité avec le *milieu des appuis*.

La portée, ou corde de la trajectoire, mesure linéairement la longueur totale du pas de course (voy. fig. 30); et elle paraît, cette trajectoire, offrir deux moitiés très symétriques. Si donc, lorsque la vitesse de la course augmente, c'est au bénéfice du temps de suspension, et conséquemment au désavantage de la durée de l'appui, leurs moitiés respectives éprouvent des modifications adéquates. Dans toute allure de course plus rapide, ou offrant un temps de suspension complète, relativement plus long que dans le cas de la figure 30, il ne peut donc plus exister de correspondance entre le milieu de l'appui et le *maximum* d'élévation du centre de gravité; le premier de ces points est nécessairement en arrière de l'autre.

Ces diverses conclusions se voient confirmées d'une manière éclatante, dans des documents nouveaux, dus au savant professeur lui-même, et dont l'introduction récente dans les recherches physiologiques témoigne de la confiance limitée de leur auteur dans les résultats obtenus jusqu'ici par la méthode par inscriptions graphiques. Nous voulons parler de l'enregistrement des mouvements, par l'action directe de la lumière, au moyen de nouveaux appareils de photographie instantanée, méthode dont son illustre collègue, M. Janssen, avait, dès 1876, prévu les avantages dans l'étude de la locomotion animale.

Ces nouvelles données de l'observation expérimentale, qui arrivent si fort à notre propos dans cette discussion spéciale, sont deux épreuves photographiques reproduites par M. Louis Ollivier dans le n° 26 du 2<sup>e</sup> semestre de 1882, de la *Revue scientifique*, sous les numéros 143 et 144, et dont la première représente un saut énergique par-dessus un obstacle, la seconde offrant, sous le titre erroné de *saut à cloche-pied* (1), la double

(1) Si l'on étudie avec soin cette épreuve, on la divise aisément en trois parties : deux extrêmes, tout à fait semblables, composant chacune un groupe de quatre attitudes successives, surprises dans un saut du *pied gauche sur le droit*, séparées par une figure intermédiaire, à très peu près au *double appui*, c'est-à-dire une phase de marche.

Quant aux groupes extrêmes, qui décrit l'un, décrit l'autre : on y reconnaît

image d'un saut du pied gauche sur le pied droit, séparée par celle d'un pas de marche. Cette dernière, qui n'est en définitive qu'un saut d'un pied sur l'autre, représente au fond *un pas de course dont l'appui ne dure qu'un instant*, et, à ce titre, nous intéresse particulièrement. On y peut suivre aisément les attitudes successives du tronc et des membres ; on y distingue les intervalles approximatifs qui les séparent, la forme et la continuité de la trajectoire du centre de gravité du tronc, la durée relative, approchée, de l'appui et de la suspension complète. Dans les cas auxquels se rapportent ces photographies, on remarque, par exemple, que l'appui ne figure que pour un instant, et que la trajectoire appartient presque entière à la phase de suspension.

Or, au premier coup d'œil jeté sur ces photographies instructives, on reconnaît sans hésitation, tant la période de suspension l'emporte ici en étendue sur celle de l'appui : 1° la fusion avec le début de l'appui du *minimum* de la trajectoire et du début de la réascension ; 2° l'absence de toute coïncidence, même rapprochée, entre le *maximum* de l'élévation et le milieu de l'appui : celui-ci est perdu longtemps avant que la courbe ne soit devenue horizontale à son sommet (*maximum* d'élévation). Ces conclusions présentent un caractère de bien plus grande évidence encore dans la photographie (143) reproduisant les attitudes successives d'un homme sautant par-dessus un obstacle. A la grandeur près de la distance horizontale franchie, la courbe de la trajectoire ne diffère en rien de celle que nous venons d'analyser. Et que l'on ne nous objecte point qu'il ne s'agit pas ici de *course*, mais bien de *saut*, car la proposition de M. Marey, sur les relations existant entre le *maxi-*

manifestement le même saut du pied gauche qui va se lever, sur le pied droit, qui arrive à l'appui. Cela ne ressemble en rien au saut à cloche-pied, ou sauts répétés sur le même pied, figurés sur le graphique 33 de la machine animale. Cette photographie nous offre donc deux pas de course isolés, avec appui instantané, séparés par un pas de marche.

Cette confusion n'est pas d'ailleurs la seule qu'ait, dans cette publication, commise le metteur en pages.

Dans le même article, la figure 142, cotée comme représentant les attitudes d'un homme qui court, est évidemment prise sur un homme qui marche.

*imum* d'élévation et le milieu des appuis, est appliquée par lui *au saut* tout comme à la course.

D'ailleurs on n'oubliera pas que, dans toute cette discussion, il ne s'agit point des *différences* qui peuvent distinguer le saut et la course, mais uniquement d'un caractère mécanique qui, de l'avis de M. Marey lui-même, leur est *commun* : *la séparation momentanée du corps et du sol*.

### III

Du mécanisme par lequel, suivant M. Marey, est produite, *dans la course et dans le saut*, la séparation du corps d'avec le sol.

Après avoir exposé les raisons qui le portent à refuser au *pas de course* toute analogie avec le *saut*, M. Marey doit nous dire comment il se représente la production de cette particularité si frappante, commune aux deux actes, *le détachement du corps de son appui*.

Voici textuellement la théorie à laquelle notre distingué collègue s'est arrêté, pour rendre compte de ce remarquable phénomène.

En ce qui regarde la course, l'auteur, se fondant sur les enseignements extraits du graphique 30 (voy. le § II), poursuit en ces termes :

« Ce rapport des oscillations verticales avec les appuis des pieds montre bien que le *temps de suspension* ne tient pas à ce que le corps *projeté en l'air* aurait abandonné le sol, mais à ce que les jambes *se sont retirées du sol*, par l'effet de leur flexion, et cela au moment même où le corps était à son *maximum* d'élévation. » (*Machine animale*, p. 134.)

Passage que nous ferons suivre immédiatement de celui dans lequel l'auteur expose l'idée qu'il se fait de la production du même fait physiologique dans le *saut*. Interprétant le graphique n° 32, afférent à ce dernier acte, M. Marey s'exprime ainsi :

« On voit ici *encore* que les maxima de la courbe des réactions (ou oscillations verticales) coïncident avec les appuis. Ainsi, par leur synergie, les deux jambes soulèvent le corps, puis le laissent retomber, *au moment où, en se fléchissant*, elles se préparent à agir de nouveau. »



Si nous rapprochons ces deux propositions l'une de l'autre, c'est que ce sont les seules produites par le savant professeur, en explication du même phénomène qu'elles visent, soit dans la course, soit dans le saut, à savoir, le détachement du corps de son appui.

Mais nous ne saurions essayer de tirer nulle conséquence topique de cette dernière : cette proposition ne dit, en effet, en substance que ceci : « Ce sont les jambes, par leur synergie, qui soulèvent le corps. » Voilà qui était entendu à l'avance.

Et elle ajoute : « puis elles *le laissent retomber* au moment où, *en se fléchissant*, elles se préparent à agir de nouveau. »

L'auteur ne peut vouloir, dans ces deux lignes, que se rapporter à ce qu'il vient d'écrire dans l'article *course*, à savoir que c'est à la *flexion* spontanée des jambes, *sans plus*, qu'il rapporte la séparation du corps d'avec le sol. Hormis cela, que conclure de cette brève et sommaire énonciation ?

Quelque bonne volonté qu'on y apporte, est-il possible de dégager de ces deux extraits d'autre expression du mécanisme en question que la suivante :

« Lorsque soit dans la course, soit dans le saut, le corps est parvenu à son *maximum d'élévation*, les jambes se fléchissent, *se retirent spontanément* vers le centre de gravité qu'elles laissent de ce point retomber en l'abandonnant à l'action de la pesanteur. »

S'il est quelque autre interprétation à donner aux propositions qui précèdent, nous prions qu'on nous la suggère.

En l'attendant, et avant même d'entrer dans la discussion de principes qu'elles nous imposent, nous demanderons à M. Marey comment il concilie, au simple point de vue du fait d'observation, cette circonstance du retrait spontané des jambes vers le tronc, survenant au milieu de l'appui, avec la continuation de la pression du membre sur le sol, qui se poursuit naturellement dans la seconde moitié de la foulée (voyez les figures 30, 32, 33)? Comment la jambe, à l'appui pour une demi-foulée encore, peut-elle en même temps être retirée vers le tronc? La seconde moitié de cette foulée correspondrait donc à une phase de séparation complète du corps avec le sol!

Il y a là vraiment une difficulté!

En voici une seconde, qui se fond peut-être bien dans la précédente, mais qui met en évidence un autre groupe d'éléments inconciliables :

Comment cette jambe (déjà retirée vers le tronc, lorsque le centre de gravité est parvenu à son *maximum* d'élévation) va-t-elle faire pour quitter le sol, quand le même point sera descendu à son *minimum*, l'ayant abandonné déjà depuis le maximum précédent? Même embarras.

Enfin aucun des graphiques de l'auteur, ni celui de la course, ni ceux afférents au saut, ne s'accordent d'ailleurs avec ce principe, dont ils sont censés avoir fourni les données.

Si le corps retombait ainsi dès que les jambes sont fléchies, s'il n'obéissait plus dès ce moment *qu'à la seule pesanteur*, comme le suppose M. Marey, on ne constaterait pas seulement la coïncidence de la fin de la foulée (et non pas de son milieu) avec le maximum de la courbe, mais encore la transformation subite, en ce point, de la trajectoire en simple verticale. Or il est visible, sur tous les graphiques, et plus encore sur toutes les photographies que nous devons à l'habile expérimentateur, qu'à partir de ce *maximum*, comme avant lui, la trajectoire appartient à une courbe de la classe des paraboles (si incorrecte qu'elle puisse être dans les figures 32 et 33, relatives au saut), et que sa seconde moitié progresse en avant, tout en descendant jusqu'à l'appui.

Mais passons sur ces détails, quelque mauvais ménage qu'ils fassent ensemble; ils disparaissent devant la question de principe, bien plus gravement offensée encore dans le mécanisme hasardé que nous apporte *la Machine animale*.

La séparation du corps et du sol, avons-nous vu, reconnaît donc, dans ces deux actes (course et saut), suivant le savant professeur, simplement ce fait : qu'au moment où le tronc arrive à son maximum d'élévation, les jambes se *retirent*, se relèvent d'elles-mêmes vers lui par simple flexion.

Comment! les jambes se retirent, comme cela, tout bonnement, en se fléchissant, sans plus?

Notre éminent collègue a-t-il consulté, avant d'écrire ces lignes, soit les principes de la dynamique, soit l'expérience directe?

Pour ce qui est de la mécanique géométrique, si nous demandons à cette science ce qu'elle pense de la faculté, ainsi attribuée à l'homme debout, en station soit plus ou moins droite, soit plus ou moins fléchie déjà, de ramener, par simple flexion de la jambe sur la cuisse ou de celle-ci sur le bassin, *le talon vers l'ischion*, voici, ce nous semble, ce qu'elle répondra :

Pour obtenir un tel effet, nous dira-t-elle, le tronc étant le point fixe vers lequel doit être ramené le pied, il faut naturellement que cette fixité du tronc soit préalablement assurée, en d'autres termes, que ce point soit maintenu, soutenu à la même hauteur contre l'action de la pesanteur. Or cette condition ne peut être réalisée que par l'inflexibilité du membre inférieur, qui lui sert de soutien, qui transmet son poids au support commun ; et cette condition implique, à son tour, la nécessité d'une équilibration préalable, exacte, de la flexion projetée, par l'action de ses propres antagonistes.

D'une manière générale, un corps pesant, le supposât-on doué de la faculté de développer en lui-même des forces intérieures, comme par exemple la force musculaire en biologie, est dans l'impuissance absolue de s'élever au-dessus du sol en ne prenant appui que sur lui-même.

Cet argument est celui même par lequel on démontre l'impossibilité où se trouve un homme de se monter sur une table, ou même sur un petit banc, en s'enlevant par les cheveux.

Voilà pour la théorie.

Quant à l'enseignement expérimental, il n'est pas moins concluant.

Que M. Marey essaye de produire sur lui-même cette flexion spontanée des membres inférieurs, qu'il veuille bien chercher à détacher ses pieds du sol par la seule contraction progressive ou continue des fléchisseurs, il nous dira s'il y réussit sans l'intervention de l'*à-coup*, du *ressaut* musculaire, dont tous les observateurs, depuis que l'on s'occupe de cette question, s'accordent à affirmer la présence comme condition essentielle de la séparation complète du corps d'avec le sol, en l'absence, bien entendu, de toute aide ou appui extérieurs. A-coup, détente ou ressaut, dont il n'est question en aucun point de l'ouvrage du savant professeur, soit pour en analyser la production,

soit pour en contester l'existence, et de la réalité duquel chacun peut se convaincre en un instant.

#### IV

Recherche directe du mécanisme par lequel, dans la course et dans le saut, le corps est détaché du sol.

Mais la critique est œuvre ingrate, qui ne se termine pas par des conclusions réparatrices.

Après avoir repoussé certaines propositions trop peu mûries, abordons la tâche de la reconstitution.

Cette tâche nous sera plus gracieuse que la précédente, d'abord parce qu'elle signale la fin de la phase critique de notre travail; en second lieu, parce qu'elle va avoir pour objet, et, nous l'espérons, pour effet, la restitution de principes, autrefois défendus par nous, et peut-être trop délibérément dédaignés.

Lorsque dans la locomotion humaine, et plus généralement dans celle des vertébrés sauteurs, le sujet va exécuter un mouvement, dont le résultat immédiat sera de le séparer entièrement du sol, pour un temps soit plus ou moins court, soit plus ou moins long, comme on voudra, on observe toujours qu'après une préparation consistant en une flexion préalable des membres chargés de l'exécution du mouvement, l'acte proposé commencera d'abord par un déploiement plus ou moins rapide des articulations premièrement fléchies, lesquelles vont s'ouvrir sous l'action prépondérante des extenseurs jusque-là passifs.

Ce sera là le premier temps actif; la flexion préalable n'étant qu'un temps de préparation, lequel chez les animaux plus particulièrement sauteurs est même celui de la station au repos; le sujet, dans ces derniers cas, étant constamment tout préparé pour le saut.

Étudions donc ce premier temps de mouvement actif, l'extension rapide des articles, préalablement fléchis.

Nous disons donc qu'à partir de cette situation ou flexion préparatoire, le tronc est porté en haut et en avant par les jambes (ou une jambe seule, s'il s'agit du pas de course), pre-

nant sur le sol leur point d'appui, et dont les articles se déploient plus ou moins rapidement.

Ce mouvement est continu d'abord; mais tout d'un coup, simultanément avec un arrêt subit dans l'ouverture jusque-là progressive des angles articulaires, on voit le corps transformé pour un instant en système rigide, abandonnant l'appui et élevé dans l'air suivant la tangente au chemin parcouru jusque-là par son centre de gravité.

Et ces deux phénomènes sont accompagnés par la conscience ou la sensation d'une sorte de vibration, à-coup ou ressaut intérieurs, éprouvés par le sujet et localisés dans l'angle rentrant de l'article siège du mouvement premier, et qui n'échappent même pas à un observateur étranger.

Quels rapports ont entre elles toutes ces circonstances du mouvement observé?

Quel rôle mécanique peuvent-elles remplir, quant à l'objet proposé?

Voici ce qu'à cet égard nous enseigne la dynamique :

« Lorsqu'à un moment quelconque du mouvement d'une machine, le travail moteur qui se développe est plus grand que le travail résistant correspondant, l'excès du travail moteur se transforme en mouvement et s'emmagasine, s'accumule dans le système pour être utilisé, suivant les circonstances et les dispositions particulières présentées par l'organisme de la machine. »

La première partie de l'acte physiologique que nous étudions, la phase de l'extension, reproduit évidemment ces conditions dynamiques. Le travail résistant y est représenté par l'action constamment retardatrice de la pesanteur; le travail moteur par l'action dès lors régulièrement accélérée des extenseurs; et le résultat, l'élévation graduelle du centre de gravité du tronc, témoigne suffisamment de la supériorité de ce dernier. Il y a donc dans le cas considéré un excès de force vive accumulé dans le système tant que dure la phase d'extension des articles et l'élévation progressive du tronc.

Passons à la seconde phase :

« Dans ces conditions dynamiques, un ralentissement, un arrêt du mouvement, en cours d'exécution, sont-ils amenés

par une circonstance quelconque, aussitôt est rendue libre, en tout ou en partie, la quantité de mouvement ainsi accumulée dans le système.

» L'arrêt est-il complet et subit, comme dans le cas actuel, cette force emmagasinée à l'état latent, se manifeste tout d'un coup, sous la forme d'un mouvement uniforme, développé dans le système, et dont la quantité est mesurée par la demi-variation éprouvée depuis le commencement du mouvement par les forces vives de ce système. » (Principe des forces vives.)

Cette quantité de mouvement, cette impulsion une fois donnée produit alors des effets divers, suivant les conditions particulières à chaque cas :

Si l'arrêt subit a lieu par choc entre corps solides, le résultat sera une déformation, un écrasement, une rupture, une pénétration d'un des deux corps dans l'autre, etc., etc., comme dans le cas d'un coup de poing, de massue, de marteau sur la tête d'un clou, etc., etc.; effet qui dépendra de la nature des corps entre lesquels se transforme ou s'épuise tout ou partie de la force vive ;

Si, dans le système en mouvement, certaines parties sont peu adhérentes ou prêtes à se détacher de l'ensemble, la quantité de force rendue libre les entraînera suivant la direction de la tangente à la trajectoire parcourue jusque-là par ces éléments de moindre solidarité avec le tout.

Tel est le cas de la flèche lancée par l'arc ; celui de la pierre lâchée par la fronde, etc., etc.

Enfin, si le système, solidaire dans toutes ses parties, est cependant libre sur un appui, cette même force vive, désormais affranchie, se manifeste par le détachement du corps lui-même de son appui, et son enlèvement suivant la tangente au chemin suivi par lui jusqu'au moment de l'arrêt.

Tels sont les cas du saut de la baguette élastique de Borelli, du saut du ver du fromage, etc., etc.

Ces données de la mécanique nous offrent, en théorie, le tableau de ce qui se passe dans l'acte physiologique en discussion.

Car, de même que nous reconnaissons, dans l'élévation graduelle du centre de gravité par l'action des extenseurs, la

formation d'une quantité de mouvement, qui s'accumule à l'état latent dans le système, pendant toute la durée de cette première période; de même, la transformation subite du mouvement uniformément varié qui la caractérise, en mouvement uniforme, une fois imprimé, qui constitue, d'autre part, le début de la seconde, n'est pas pour nous une démonstration moins évidente de la manifestation subite de cette force jusque-là latente.

Dans la brusque séparation du corps et de son appui, dans son entraînement sans soutien dans l'air, suivant une trajectoire de la classe des paraboles, on ne peut pas méconnaître le caractère du mouvement nouveau, celui déterminé par une impulsion une fois reçue (mouvement uniforme), et qui entre immédiatement en conflit et en composition avec la force uniformément retardatrice de la pesanteur.

Nous venons d'écrire : brusque séparation, transformation subite du mouvement; c'est qu'en effet ces changements se sont opérés soudainement. La vue nous le révèle, sans conteste; et nous n'en avons pas une notion moins assurée dans la sensation de l'à-coup musculaire, vibrant dans la région motrice, au moment même de l'enlèvement du corps. Nous avons invoqué, en même temps, le caractère et la nature de la trajectoire suivie par le centre de gravité du système à la suite de cette transformation subite du mouvement.

Jetons les yeux sur tous les graphiques inscrits, sous ce chef, dans *la Machine animale* de M. Marey; sur les photographies instantanées, dues à notre savant collègue; partout nous reconnaissons, dans cette trajectoire, les caractères généraux des courbes de la balistique; une courbe parabolique continue (en négligeant toutefois les incorrections signalées plus haut dans les figures 32 et 33).

L'étude attentive de ces courbes nous procure un renseignement de plus, et qui n'est pas sans intérêt, au point de vue de l'harmonie qui préside aux actes physiologiques.

D'une de ses extrémités à l'autre, chaque branche de ces trajectoires présente une courbure uniforme et continue, c'est-à-dire sans points d'inflexion sur son parcours.

Le trajet parcouru par le centre de gravité du tronc, pendant

la période de suspension, fait donc suite, sans discontinuité, avec celui qui correspond à la phase de l'appui. Il résulte de là, qu'au moment où s'accomplit le détachement du corps de son appui, l'impulsion une fois donnée, que reçoit le centre du système, affecte la direction même de la tangente au dernier élément de la portion de courbe, afférente à l'appui. Le corps est donc bien enlevé suivant la direction de la vitesse, au moment même de la transformation du mouvement.

Maintenant, cette transformation du mouvement, opérée subitement, suppose nécessairement un conflit, un choc, conditions de nature, comme chacun sait, à entraîner une perte de travail, et force conséquences désastreuses, pour peu qu'il s'opère entre éléments inflexibles. Cependant, si nous constatons, en effet, dans nos sensations mêmes l'écho du conflit accompli dans notre machine, il ne nous est pas moins démontré que ce choc n'amène aucun trouble sérieux dans les organes qui en ont été le siège ; qu'il n'en est résulté aucune commotion délétère. Notre sensibilité musculaire nous en avertit suffisamment. Nous reportant alors aux lois générales de la dynamique, nous en concluons que le conflit qui a éclaté ne peut avoir eu pour théâtre que des organes doués de propriétés élastiques. On sait, en effet, que : Si tout choc entre deux corps dépourvus d'élasticité détermine toujours une perte de travail (traduite le plus souvent par des ébranlements destructeurs dans la machine), par contre, le même choc entre deux corps parfaitement élastiques n'occasionne aucune perte de ce genre. (*Cours de mécanique de Delaunay.*)

Nous avons mille exemples de la réalisation de cette double loi en physiologie. Comparons, pour ne pas sortir de la question actuelle, l'effet éprouvé, par suite de l'erreur d'un degré, dans la descente d'un escalier, avec la gracieuse élasticité dont témoigne le jeu des membres inférieurs, chez des enfants sautant à la corde. Maintenant, devons-nous nous demander, dans la question présente, quels sont ces organes élastiques, ou remplissant des fonctions mécaniques de la nature de l'élasticité ? Nous ne rencontrons dans les instruments de notre mobilité nulle membrane, ni corde réellement élastiques. Les seuls organes moteurs que nous possédons sont ou résistants



comme des leviers solides (os), ou seulement contractiles, comme les muscles. Mais cela nous suffit : deux puissances contractiles, appliquées au même levier, en opposition mutuelle, sont dans des conditions tout à fait favorables à la production d'effets d'équilibration mutuelle, d'ordre élastique. De quoi s'agit-il, en fin de compte, dans le phénomène observé ? De l'arrêt subit de l'ouverture progressive d'un angle articulaire déterminé par les extenseurs de cette articulation ; et cet arrêt, cause de toutes les conséquences dynamiques énumérées ci-dessus, coïncide exactement avec la sensation manifeste d'un à-coup vibratoire (détente ou ressaut) dans l'angle rentrant de cette articulation, nous pourrions même dire : dans les fléchisseurs eux-mêmes.

Or, si l'on songe au rôle physiologique des fléchisseurs, il faudrait assurément un effort particulier d'imagination, pour chercher ailleurs que dans leur propre entrée en scène, comme antagonistes du mouvement en cours d'exécution, la cause qui le suspend tout d'un coup. Ces conclusions ne sont que les répétitions et le développement théorique de celles que nous formulions dans notre traité de 1858, en terminant notre exposé du mécanisme du *saut* :

« Deux actions différentes sont nécessaires à la production du saut (c'est-à-dire de la séparation du corps et de son appui) : une première puissance extensive de l'arc articulaire ; une seconde entrant subitement en jeu, en un certain moment de l'action précédente, et altérant tout d'un coup (de la manière décrite ci-dessus), la nature du mouvement qu'elle produisait.

» L'arc angulaire formé de deux parties droites, que la flexion préparatrice a coudées l'une sur l'autre, c'est la baguette élastique de Borelli, avec cette addition essentielle toutefois, cette circonstance méconnue jusqu'ici, et qui elle seule crée le *coup sec*, le *ressaut* : que s'il y a lieu de voir dans les extenseurs de l'articulation, la puissance qui redresse l'arc et commence le saut, il faut reconnaître dans les muscles opposés, les fléchisseurs de cette même articulation, un second genre de force qui, agissant tout à coup, à un moment donné, arrête subitement le mouvement circulaire des deux leviers. Ces muscles jouent, en effet, le rôle des fibres internes de la baguette élas-

tique pliée (d'abord), puis abandonnée à elle-même. Se contractant soudainement, et plaçant les leviers osseux dans un état de situation fixe, entre l'action des extenseurs et leur propre action, ils transforment subitement en un seul levier coudé, mais maintenant rigide, les deux leviers qui naguère roulaient l'un sur l'autre. D'où production d'un choc, d'un coup sec, etc., etc.

» L'antagonisme subit des muscles fléchisseurs et extenseurs de l'articulation fémoro-tibiale joue, dans l'accomplissement du saut, le rôle rempli dans le ressaut de la baguette élastique de Borelli, par l'antagonisme des fibres de la surface rendue concave, contre celles de la surface convexe.

» C'est dans cet antagonisme et dans l'instantanéité de sa production que résident l'idée-mère, le principe capital du saut (considéré au seul point de vue de la séparation du corps et du sol); c'est la force élastique de Willis, la vis percussiois de Borelli, le coup sec, la contraction fixe de Barthez, dégagés de toute obscurité. » (*Mécanique animale*, p. 254.)

Dans cette dernière phase du mécanisme se dessinent très nettement deux fonctions très distinctes, remplies par les fléchisseurs; et de ces deux fonctions, la seconde seule paraît avoir fixé l'attention du savant auteur de *la Machine animale*. La première de ces deux fonctions est instantanée, et, déterminant l'équilibration des extenseurs, entraîne avec elle l'arrêt du premier mouvement, et sa transformation en translation dans l'air, sans soutien. Cet effet une fois réalisé, et seulement après qu'il a été réalisé, les fléchisseurs peuvent, continuant leur action, relever le pied vers le bassin, et remplir alors les autres objets indiqués par Borelli; éviter la rencontre des obstacles, ou se préparer à aborder le sol, lors de la retombée, dans un état de flexion semblable à celui de la préparation pour le saut. (*Loc. cit.*, p. 262.)

C'est cette seconde partie du rôle rempli par les fléchisseurs qu'a seule aperçue notre collègue, en constatant la flexion des membres et leur retrait vers le tronc, à la suite de l'enlèvement du tronc en l'air.

Cette flexion, dans le cas analysé par Borelli, paraît effectivement presque simultanée avec cet enlèvement, et on peut

confondre, à la vue, les deux temps, tant est rapide leur succession. Mais les développements de dynamique qui précèdent démontrent suffisamment qu'en fait ladite flexion ne peut commencer que lorsque le corps a déjà abandonné le sol. Avant que la jambe puisse être retirée vers le tronc, il faut, de toute évidence, qu'elle n'ait plus de rôle d'appui à remplir; il faut que le corps soit passé à l'état de corps mobile, et que par conséquent la transformation du mouvement premier soit accomplie, que l'action mécanique imposée aux fléchisseurs, comme suspenseurs de l'extension, ait réalisé ce premier effet.

Notre honoré collègue n'avait point connu, ou n'avait pas cru devoir admettre ces conclusions. On se rappelle les considérations qui, dans sa pensée, s'opposaient à ce que l'on reconnût dans la course rien qui rappelât le mécanisme du saut :

« Dans la première, dit-il, on ne constate point cette impulsion *violente* qui permet de voir, lors du saut, le corps parcourir en l'air une vaste trajectoire, au milieu de laquelle il atteint son maximum d'éloignement du sol. »

La démonstration détaillée que nous venons de donner du mécanisme dynamique *unique*, qui détermine et caractérise, aussi bien dans la course que dans le saut, le détachement du corps de son appui, nous permet, croyons-nous, d'opposer à ces considérations les objections finales que voici :

Quelles que soient l'étendue, la hauteur ou la durée de la séparation du corps et du sol, cette séparation constitue, à elle seule, une projection, grande ou petite, un mode limité sans doute, mais très positif, de translation aérienne. Nous entrons ici dans un nouveau domaine de la dynamique physiologique. Dès qu'il ne touche point à la terre, un corps traversant, sans appui, un espace, petit ou grand, obéit à des lois nécessairement différentes de celles qui régissent le déplacement, avec appui constant. Il est passé à l'état de projectile.

Cela reconnu, la distinction entre une impulsion violente et une autre qui le serait moins, n'est plus qu'une question de degré, non de principe. Un saut d'un centimètre est aussi bien un saut, un détachement complet du sol, que peut l'être un bond destiné à faire franchir une barrière de 1 mètre de hauteur. De même, la ruade d'un étalon, et une chiquenaude de

deux doigts rosés, répondent au même mécanisme; et tous deux ne diffèrent de la détente du saut qu'en ceci: que le conflit qui amène l'arrêt, puis la transformation du mouvement, a lieu, dans l'un des cas, entre éléments résistants, et dans l'autre, entre organes remplissant un rôle élastique.

Voilà les éléments théoriques dont nous osons faire à M. Marey le reproche d'avoir méconnu, dans l'espèce, le rôle et le mécanisme physiologique, et que nous nous permettons de lui signaler, comme un objet digne de ses remarquables aptitudes en mécanique instrumentale.

Nous appelons, avec instance, l'application qu'il en pourra faire, lors de la reprise de cette même question de la transformation des mouvements et de tant d'autres du même ordre, au moyen de ses revolvers photographiques. Nous le supplions, avant tout, comme un peu intéressé dans la question, de donner accès, dans ses nouvelles recherches expérimentales, à cet intéressant problème du *ressaut* ou de l'*à-coup*, qui se rencontre dans tant d'actes divers de la locomotion animée, question sur laquelle les témoignages que nous avons évoqués avaient, croyons-nous, assez d'autorité par eux-mêmes, pour forcer l'attention.

## II. Sur la genèse du parasite de la tuberculose

Par M. A. BOUCHARDAT.

Il n'est pas dans la philosophie médicale de question plus difficile que celle de la genèse de plusieurs parasites des maladies contagieuses. J'attache une importance considérable au sujet que je vais traiter. S'il ne s'agissait que de la théorie, j'en ferais bon marché; mais à côté de la question de doctrine s'élèvent des applications hygiéniques du premier ordre, commandant la prophylaxie des maladies les plus redoutables à l'humanité.

J'aurai, je le sais, beaucoup à lutter. Je ne pourrai établir sur des preuves expérimentales la vérité de ce que j'annonce, mais j'en fournirai d'un autre ordre, ayant pour base la rigoureuse observation des malades.