



PHYSIOLOGIE

DE LA LOCOMOTION

MÉCANISME DU SAUT

4^e NOTE LUE A L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Par M. GIRAUD-TEULON

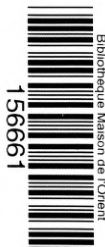
ANALYSE ET CONSÉQUENCES D'UNE NOUVELLE NOTE PRÉSENTÉE
A L'ACADÉMIE DES SCIENCES DANS LA SÉANCE DU 24 AOÛT 1883
PAR M. MAREY.

I

Dans la séance de l'Académie des sciences du 24 août 1883, notre confrère M. Marey a saisi cette illustre Compagnie de nouveaux documents relatifs à une question qui, il y a deux années, a été agitée devant vous : *le mécanisme du saut*.

L'auteur n'a pas cru devoir vous communiquer ce nouveau travail. Il ne m'a point paru cependant, comme à lui, que vous pussiez vous désintéresser assez des problèmes même abstraits de la physiologie, pour accueillir avec indifférence les communications consacrées à une question de cette importance, déjà introduite devant l'Académie.

Je vous demande la permission de résumer brièvement devant vous les doctrines aujourd'hui professées sur ces matières au Collège de France. Avec le moindre souvenir de nos discussions



de l'automne de 1883, l'Académie sera promptement en état de mesurer les progrès accomplis par la science depuis cette époque ; elle reconnaîtra de plus, avec satisfaction, que cette longue discussion touche à son couronnement.

Une des premières conséquences de ce nouveau travail est en effet la consécration donnée aujourd'hui par M. Marey à un principe jusqu'ici entièrement méconnu, et même nié par lui, et qui renferme, au fond, dans sa formule, quoiqu'il ne les en dégage point, toutes les conditions qui caractérisent cet acte intéressant et en déterminent le mécanisme.

M. Marey débute effectivement ainsi : « Le saut consiste en une « *projection* de la masse du corps par la *détente brusque* des « membres inférieurs préalablement fléchis. C'est un mouvement « comparable à ceux qu'on étudie dans la *balistique*, dont il suit « les lois. »

C'est parler d'or. Mais nous voilà bien loin des doctrines professées par l'auteur en 1883 ! Jugez-en :

« Dans le saut et dans la course, le corps se détache entièrement du sol et reste suspendu pendant un certain temps. » (*Machine animale*, p. 117.)

« 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 sorte de courbe, au milieu de laquelle il « atteindrait son maximum d'éloignement du sol. *Il n'en est pas* « *ainsi*. Pour nous en assurer, etc. » (*Ibid.*)

Et que substituait M. Marey à la doctrine jusqu'ici tenue par la généralité pour évidente ?

« Au moment où, soit dans le saut, soit dans la course, le tronc « arrive à son maximum d'élévation, les jambes *se retirent*, *se* « *relèvent d'elles-mêmes vers lui*, par simple flexion. » (*Bulletin de l'Académie*, 2 septembre 1883)

Et à nos vains efforts pour démontrer à notre confrère la nécessité première d'une impulsion balistique, d'une brusque détente musculaire pour déterminer cette projection, M. Marey, dans la séance du 25 du même mois, nous répondait avec insistance : « Avouerai-je que j'ai été entraîné jusqu'à l'absurde en admettant

« que les pieds puissent se détacher du sol, sans que le corps ait « été projeté en l'air par un acte musculaire préalable ? » (*Bulletin de l'Académie de Médecine.*)

Aujourd'hui, mieux conseillé, notre confrère proclame, et presque dans les termes mêmes où elle était formulée, la solution qu'il combattait jadis; nous ne pouvons que l'accueillir avec empressement, tout en regrettant qu'il ne l'ait pas apportée lui-même dans l'enceinte où il l'avait si énergiquement répudiée.

II

Enfin ! Il n'est donc plus contesté que, dans le saut, le corps soit projeté en l'air et y décrive une parabole, obéissant ainsi aux lois de la balistique ! L'accord est fait, l'unanimité règne.

Comment M. Marey a-t-il été conduit, lui qui s'y montrait, il y a à peine deux ans, si rebelle, à admettre la nature parabolique de cet acte locomoteur, à la fois si général et si curieux ?

Très opportunément, par l'observation d'une photographie instantanée représentant les attitudes successives, à intervalles de temps équidistants, d'un homme exécutant ce mouvement.

Ce qui nous surprend seulement, c'est que cette planche, communiquée par lui à l'Académie des sciences en 1883 (Voyez fig. 2, *Comptes rendus* des 8 et 15 octobre 1883), n'ait pas dès cette époque déterminé sa conviction. La conclusion y est admirablement dessinée.

Il n'y a pour cela qu'à jeter les yeux sur cette figure, dans laquelle, complétant par la pensée la continuité du trajet parcouru par le centre de gravité du tronc, depuis le dernier instant de la phase d'appui ou d'extension, jusqu'à celui de la retombée, il est impossible de méconnaître les caractères indiscutables de la parabole.

Ils sont d'ailleurs constatés par M. Marey dans les lignes suivantes :

« Dans la figure 1 qui représente cette trajectoire, trois lignes « principales s'imposent à l'observateur :

« L'une montre la direction de l'impulsion, au moment où le
« corps quitte le sol; la seconde, inclinée inversement, correspond
« à la direction dernière de la chute. La bissectrice de l'angle
« formé par ces deux lignes est verticale et représente l'axe de
« la parabole sur laquelle se mouvra le centre de gravité (1). »

Rien de plus juste et de plus complet. Pourquoi l'auteur ajoute-t-il : « Mais ici le projectile n'est pas une sphère homogène où le
« centre de gravité reste immuable; dans le corps d'un animal,
« le centre de gravité se déplace à chaque changement d'attitude
« des membres, et il en résulte une certaine complication pour
« l'analyse du mécanisme du saut. Il a donc fallu déterminer la
« position de ce centre pour un certain nombre des attitudes
« représentées par la chrono-photographie, afin de construire la
« parabole décrite, et même pour déterminer les lignes de cons-
« truction dont on vient de parler.

« A cet effet, M. Démeny, reprenant une méthode imaginée
« par Borelli, a mesuré la quantité dont le centre de gravité se
« déplace suivant l'axe du corps dans les différentes attitudes des
« bras et des jambes; c'est d'après cette détermination qu'on a pu
« vérifier que le centre de gravité du corps décrit exactement
« une parabole. »

Cette prétendue vérification était-elle nécessaire, était-elle même rationnelle? nous nous assurons que non.

Du moment que le corps soumis à une impulsion a quitté la terre, il suit, de toute nécessité, un mouvement *parabolique*; il obéit aux lois de la gravitation universelle.

De plus, la parabole décrite se voit en cette circonstance absolument déterminée par les lignes mêmes signalées par l'auteur, et fournies par la photographie (voir la planche 2 de la communication des 8 et 15 octobre 1883 à l'Académie des sciences):

La première de ces lignes, la tangente à la courbe en son premier point, était donnée par la *position de la jambe à l'appui au moment même du détachement du corps*; 2^o la position du centre de gravité, au moment du départ, était également déterminée avec une suffisante approximation : cette position, eu égard au tronc, n'étant pas encore bien éloignée de celle qu'il occupe dans la station (2), *inter pubim et nates* (Borelli).

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1883, p. 490.

(2) Voir d'ailleurs tous les traités classiques de physiologie, en particulier, celui de M. Béclard.

Ce point, et son symétrique lors de la chute, nous donnent, d'autre part, l'amplitude de la courbe parabolique; on a donc en sa possession deux tangentes symétriques et l'amplitude de la courbe; la bissectrice s'ensuit nécessairement.

Ces données sont absolument suffisantes; il n'y a rien autre à réclamer pour construire point par point la parabole, et se procurer, par conséquent, tous les éléments d'une solution complète du problème.

Le travail long et compliqué entrepris par M. Marey et son collaborateur était donc, pour l'objet principal, la détermination de la parabole, entièrement superflu.

Mais l'auteur ajoute qu'il devait encore avoir pour résultat de *vérifier* cette proposition, que le centre de gravité du corps décrit bien, en cette circonstance, une parabole.

Or, à cet égard, il n'y avait rien du tout à *vérifier*. Ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, dès que l'on reconnaît que le corps est projeté en l'air, on admet, par voie de conséquence nécessaire, qu'il suit une courbe parabolique. Une fois détaché du sol, le mobile, qui peut être considéré comme lancé dans le vide, ne saurait modifier en rien le mouvement qui l'entraîne. Il est alors le sujet du conflit immédiat et constant de deux forces : la première, vitesse initiale, verticale ou dirigée plus ou moins de haut en bas, vitesse communiquée une fois pour toutes, et imprimant alors un mouvement *uniforme*; la seconde, l'action uniformément retardatrice d'abord, pendant l'ascension; puis, dans la descente, uniformément accélératrice de la pesanteur. Conséquence forcée : *une parabole*.

Le fait qu'il s'agit d'un corps animé, et non d'une sphère homogène, peut-il, comme le suppose M. Marey, apporter quelque modification à cette loi?

En aucune façon.

« On sait, depuis Newton, que, soit qu'il s'agisse d'un seul corps
« ou d'un système de corps liés entre eux, le mouvement du
« centre de gravité du système entier n'est en rien modifié par
« l'action des forces réciproques intérieures. Il tombe exactement
« de la même façon, que ces forces agissent ou qu'elles
« n'agissent pas. »

Le rappel de cette loi supérieure de la dynamique nous paraît justifié par la confusion et les hésitations apportées par l'auteur

dans les remarques suivantes, énoncées dans les conclusions dernières de son travail.

« La photographie montre également, ajoute M. Marey, p. 493, « que la hauteur de l'obstacle franchi dans un saut *ne correspond pas à celle dont s'est élevé le centre de gravité* du corps au-dessus du sol, mais qu'elle dépend surtout de l'attitude des membres inférieurs au moment où l'on franchit l'obstacle. »

De cette phrase, quelque peu confuse, il nous semble difficile d'extraire une autre signification que la suivante :

Lors de l'accomplissement d'un saut réglé en vue d'une hauteur voulue, la présence d'un obstacle à ladite hauteur exigera, *en cours d'exécution de l'acte, une surélévation* du centre de gravité procurée par la flexion des jambes. Impossible pour nous de lui trouver un autre sens.

Cette interprétation se voit d'ailleurs confirmée par une *note* explicative, annexée à la proposition précédente par l'auteur lui-même :

« La flexion des jambes a un effet complexe : d'une part elle « soulève nos pieds au-dessus de l'obstacle à franchir; mais, « d'autre part, en élevant le centre de gravité à l'intérieur du « corps, elle abaisse celui-ci d'une quantité égale. *La différence de ces deux effets contraires s'ajoute à l'élévation du centre de gravité pour constituer la hauteur du saut.* »

Il est évident que si l'auteur n'avait pas perdu complètement de vue le principe de Newton, il n'eût point parlé d'une *surélévation* secondaire du centre de gravité, introduite *en cours du mouvement*. Il eût compris immédiatement que la conscience, chez le sauteur, de la présence de l'obstacle avait « *à priori* » déterminé une impulsion première, une force de détente, *en rapport* avec la hauteur précise qui devait permettre aux deux jambes repliées d'éviter l'obstacle.

Une fois en route, le trajet du centre de gravité est défini et immuable; mais, par rapport à lui, les membres peuvent prendre toutes les inclinaisons ou les attitudes physiologiques qu'il conviendra.

En un mot, quelles que soient les relations mutuelles successives, simples ou compliquées, que puissent prendre le tronc et les membres dans le saut; les attitudes du corps, dussent-elles passer par toute la série de celles correspondant à la simple tra-

versée d'un petit ruisseau, jusqu'au saut périlleux représenté dans l'épreuve photographique de Maybridge (journal *la Nature*, 16 septembre 1882); dès le premier élément de la courbe franchi, la trajectoire que devra parcourir le centre de gravité du système, est déjà tout entière définie et immuable malgré les variations de position des membres.

La courbe dessinée par la première épreuve photographique rappelée plus haut, ne pouvait donc recevoir de modifications du travail de M. Démény, s'il était exact, ce que nous sommes fort éloigné de contester. Cette première courbe contenait en elle tous les éléments du problème.

III

Par l'analyse de la parabole peuvent donc être nettement dégagés *tous* les éléments nécessaires et suffisants à la solution complète du problème de mécanique qui nous retient encore.

M. Marey avait paru le reconnaître au début de sa communication : « L'intelligence de ce mécanisme, disait-il excellemment, « suppose à la fois la notion cinématique et la notion dynamique « du saut, c'est-à-dire la connaissance du mouvement et celle des « forces en action. »

Or tous ces éléments, avons-nous dit, *tous* sans exception, sont contenus et comme exposés dans la parabole; et cette courbe pouvant être considérée comme construite, rien ne sera plus aisé que de les en extraire, y compris, comme on le verra, le tableau des forces qui la déterminent.

M. Marey, après avoir tracé ce plan à son travail, semblait donc devoir chercher, dans une analyse intime des propriétés de la trajectoire suivie par le mobile, à dégager les dernières inconnues du problème des données qu'il signale lui-même comme propres à les lui fournir.

Mais, en poursuivant, nous nous apercevons — nous allons dire : avec surprise — que cette indication aux allures magistrales ne figure là que comme forme oratoire. En tournant le feuillet, nous voyons, dès la première ligne, M. Marey jeter la parabole

par-dessus bord et chercher dans une nouvelle voie une solution dont il avait en main tous les éléments, et du plus facile emploi.

Nous allons le suivre dans cette expédition nouvelle, dont nous n'apercevons pas l'indication scientifique.

« En construisant, nous dit-il maintenant (d'après d'autres « *images photographiques*), la courbe de l'accélération verticale « du centre de gravité, *avant l'instant où le corps a quitté le sol*, « on a obtenu la loi de variation de la force *impulsive* suivant « la verticale. La courbe qui représente cette variation de la « force impulsive a une aire proportionnelle à la quantité de « mouvement acquise par le corps suivant la verticale. » (*Comptes rendus, loc. cit.*)

Cette application du principe des aires serait en elle-même assurément intéressante; et si, en effet, la chrono-photographie, dans la pratique de laquelle excelle notre confrère, lui a pu fournir les éléments de la courbe de l'accélération verticale du centre de gravité, pendant la période d'*extension* qui doit amener le saut, M. Marey pouvait trouver par cette voie, comme il le pouvait faire plus simplement par l'analyse de la parabole, l'expression de la quantité de force vive dont le mobile est animé au moment même où il est détaché du sol. Elle permet, tout comme l'étude de la parabole elle-même, de donner la mesure de la quantité de mouvement uniforme qui entraîne le corps, mais n'ajoute rien à ce résultat commun et d'ailleurs incomplet.

Quoi qu'il en soit, M. Marey nous dit donc que par l'application du principe des aires à la courbe décrite par le centre de gravité pendant la période d'*extension*, ou d'appui, il a obtenu « la loi de variation de la force impulsive suivant la verticale. »

Voilà qui est fort bien, M. Marey a obtenu cette loi; mais où sont donc les expériences, les photographies nouvelles qui la lui ont procurée, et dont l'absence ne nous permet pas d'apprécier la valeur?

Si ces documents nouveaux ne nous sont pas présentés, ne serait-ce pas à raison de leur insuffisance? Ce qui nous porterait à le penser, c'est que ce n'est pas du tout à la courbe nouvelle apportée par la photographie instantanée que M. Marey va l'appliquer; c'est à une tout autre donnée, prétendue expérimentale, mais un peu moins qualifiée que la première, ainsi que nous allons le montrer, pour conduire au résultat désiré.

Immédiatement après avoir fait luire devant nos yeux les pré-

cieux apports qu'allait nous fournir la courbe extraite des images photographiques annoncées, M. Marey, changeant encore une fois brusquement de direction ou de méthode, poursuit, sans transition, ainsi :

« L'analyse dynamique au moyen du dynamographe fournit un « *contrôle expérimental* des déterminations ci-dessus indiquées, « et donne, pour la plupart des actes de la locomotion, une mesure directe des quantités de mouvement imprimées au corps.

« Quand la *pression* verticale des pieds accusée par le dynamographe *est supérieure au poids du corps*, elle exprime, à chaque instant, par cet excès, la force impulsive qui imprime au corps une accélération verticale.

« L'aire de cette courbe dynamographique mesurera la quantité de mouvement communiquée au corps par l'action musculaire. » (*Comptes rendus*, 1885, *loco citato*.)

Mais le contrôle d'une méthode doit consister, ce nous semble, dans sa comparaison avec une autre méthode. Or, ces courbes dynamométriques, qui vont servir à l'auteur, nous étant présentées seules, vont figurer ici pour leur propre compte, et nullement comme comparaison, puisqu'elles sont seules en jeu. Mais il y a plus : ces courbes, et ces propositions, nous les connaissons, malgré quelques petites variantes destinées à en accentuer la signification que leur donnait jadis l'auteur (1). Ces courbes (voyez la fig. 2 du nouveau travail de l'auteur), malgré les additions qu'elles ont reçues, en particulier dans leurs parties couvertes de hachures, on les reconnaîtra aisément comme les correspondantes des figures relatives au saut ordinaire ou au saut énergétique E et F de la figure 1 du 15 octobre 1883 (*Comptes rendus*). Or, si on les rapproche de ces dernières, ou encore de celles produites au même titre, dans « la machine animale » de M. Marey, une première et notable différence se remarquera entre les anciens graphiques et celui que nous analysons ici.

« (1) La fig. 2 correspond à deux sauts dans lesquels, partant de l'attitude accroupie, le même homme s'est élevé à des hauteurs variables. « Dans les courbes supérieures (origine inconnue ?), les ordonnées DC et DC' sont proportionnelles aux hauteurs des sauts. Les courbes inférieures expriment, par leurs aires teintées de hachures, les quantités de mouvement communiquées au corps dans ces deux sauts. Sur ces figures ramenées à de plus grandes dimensions, on a constaté que les aires sont proportionnelles aux racines carrées des hauteurs du saut. » (*Comptes rendus*, 1885, 24 août.)

Les premiers diagrammes, quelques différences qu'ils pussent offrir entre eux, s'accordaient toutefois en ce point que : « *l'ins-tant même de la séparation du corps d'avec le sol s'accusait nette-ment par une brusque ordonnée verticale*, marquant la chute subite à zéro de la pression. Condition indiscutable du phénomène correspondant.

Comment se fait-il donc qu'aujourd'hui, au point en rapport de temps avec cette phase de l'acte, les graphiques nouveaux n'offrent plus cette rupture subite de la continuité de la courbe, la chute soudaine à zéro de l'ordonnée; que, tout au contraire, l'aire de cette courbe se montre limitée par une ligne *continue*, se fondant, sans la moindre inflexion angulaire, en courbure adoucie, avec celle qui emportera le corps, au moment du déta-chement du sol? Plus trace de brusque interruption. Les deux phases du mouvement se prolongent l'une dans l'autre. Et si on jette les yeux sur les courbes supérieures correspondantes, dans la figure 2, qui représentent la trajectoire du centre de gravité tant *avant* qu'*après* le détachement du sol, la continuité de la courbe écarte complètement le soupçon d'une différence entre les lois qui régissent leur trajet avant et après leur point remar-quable de fusion.

Or il ne faut point perdre de vue que ce point de fusion des deux courbes consécutives est *tout ce qu'elles ont de commun*; elles ne se font point suite l'une à l'autre, en tant que courbes, répon-dant l'une et l'autre, de chaque côté de ce point commun, à *des lois complètement différentes*. Dans la première phase (celle de l'appui), la courbe décrite par le centre de gravité est la résultante du conflit de l'action de la pesanteur avec une force *uni-formément accélératrice*; dans la seconde, période de suspension, la trajectoire du même point est la résultante de la composition de cette même action de la pesanteur avec une force d'une autre nature, à savoir une impulsion une fois reçue (*mouvement uni-forme*). Il n'y a donc entre elles de commun qu'un seul point. Et en ce point les tangentes à l'une et à l'autre sont nécessairement différentes, autrement dit, *à angle*.

Faisons, à ce sujet, remarquer que jadis, lorsque M. Marey n'admettait pas encore le principe mécanique de la *projection* du corps en l'air, lorsque, pour lui, les jambes se *repliaient d'elles-mêmes* sous le tronc, au moment de la *plus grande élévation*, alors les graphiques accusaient nettement le détachement du corps par la soudaine cessation de la pression dynamométrique,

mais au point le *plus bas* de cette même trajectoire (ordonnée verticale).

(Voyez les figures 32 et 33 de la machine animale de l'auteur reproduites par nous, *Bulletin de l'Académie*, séance du 4 septembre 1883; voyez encore les figures 2, 3 et 6 du *Bulletin de l'Académie* du 15 janvier 1884; enfin les figures des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séances des 8 et 15 octobre 1883.)

Dans toutes ces figures, le moment du détachement du corps d'avec le sol est nettement indiqué par une *ordonnée verticale*.

Aujourd'hui, mieux conseillé, M. Marey reconnaît (dans l'admission du principe de la Balistique) le fait de cette brusque détente; mais, par contre, la déveine veut qu'au point correspondant à cette phase de l'acte, la ligne de pression dans les graphiques nouveaux se suive jusqu'au zéro par une *courbe* continue!

M. Marey a décidément le secret des équations incompatibles!

Après tout, la chose importe peu aujourd'hui, et M. Marey, entre ces deux genres de diagrammes, choisira ceux qui lui conviendront. Ils lui appartiennent également.

Seulement, pour fixer son choix, il devra peser les deux conséquences que voici :

Quelle proposition qu'il adopte, il sera en contradiction avec ses graphiques : En faveur de la supposition d'un mouvement continu, sans à-coup, sans détente brusque du centre de gravité, il nous présentera des interruptions brusques de la pression dynamographique (première conception de l'auteur).

Par contre, se range-t-il à la conclusion balistique, les graphiques sur lesquels il appuie cette heureuse transformation témoignent d'une pression dynamométrique continue.

Il n'y a pas d'échappatoire possible : ou les diagrammes actuels, ou la déduction que l'on en tire, sont dans leur tort ; ils ne sauraient exister simultanément. Si la ligne de pression est continue, le saut n'est plus un mouvement parabolique.

Il nous sera permis, devons-nous croire, d'ajouter ce nouvel et saisissant exemple de *self-contradiction* à la liste de ceux par lesquels se terminait notre réponse du 2 décembre 1884 à la contre-argumentation présentée par M. Marey le 4 novembre précédent.

Nous avons encore une remarque à présenter, avant d'abandonner ce point particulier de la discussion.

Dans cette dernière partie de sa communication, M. Marey

substitue donc, en réalité, aux courbes mêmes du mouvement du centre de gravité avant le détachement du corps d'avec le sol, les courbes des dépressions dynamométriques qui leur correspondent, et, sous couleur de contrôle, s'arrête exclusivement à ces dernières. Contrôle soit, s'il y avait contrôle.

Mais il y a substitution et qui porte sur des éléments non comparables.

Le principe des aires, parfaitement applicable à la courbe décrite par le centre de gravité, courbe que M. Marey avait sans doute sous les yeux puisqu'il l'évoque dans sa discussion, mais qu'il ne nous communique point, ne trouve pas la même application quand on interroge les variations dynamographiques.

Il sera aisé de le faire voir.

Que nous dit en effet M. Marey à propos de ces dernières ?

« Quand la pression verticale des pieds accusée par le dynamographe *est supérieure au poids du corps*, elle exprime, à chaque instant, par cet excès, la force impulsive qu'imprime au corps une impulsion verticale.

« L'aire de cette courbe dynamométrique mesure la quantité de mouvement communiquée au corps par l'action musculaire. »

En écrivant ces lignes, M. Marey ne peut pas ne point avoir remarqué qu'il reproduisait, mot pour mot, la doctrine présentée déjà par lui en 1883, tant à l'Académie des sciences qu'à notre Compagnie, doctrine explicitement combattue par nous, dans notre argumentation du 15 janvier suivant.

Dans cette exposition, comme dans celle qu'il veut bien reproduire aujourd'hui, M. Marey se trouvait conduit à professer « que le travail musculaire développé pour élever le centre de gravité, dans le passage de la position assise ou accroupie à la station droite, augmentait la pression des pieds sur leur appui, en un mot augmentait le poids du corps. »

Or, quoiqu'il ait hautement protesté contre cette conclusion, notre confrère n'a encore pris la peine de fournir aucune argumentation pour la détruire. Nous nous permettons donc de lui rappeler cette lacune laissée ouverte dans sa thèse, et, la lui soulignant derechef dans le passage qui précède, nous lui rappellerons que lorsque, dans les expériences sur le dynamographe, le centre de gravité est élevé par les seuls efforts musculaires, nulle réaction n'est signalée par le dynamomètre, si le mouvement a été conduit de façon continue, sans secousses ou changements brusques de vitesse; et que l'accroissement de pression, noté dans

des circonstances données par M. Marey, ne se montre que comme la réaction contre une brusque modification du mouvement. Cela résulte expressément de ses propres expériences.

Ne voulant pas fatiguer l'Académie par ces redites, nous nous bornerons à ce simple rappel, que nous appuierons de l'exposé des principes classiques de la dynamique, en rapport avec la question.

« Lorsqu'une machine est à l'état de mouvement *uniforme*,
« les forces qui lui sont appliquées doivent *se faire équilibre* tout
« aussi bien que si la machine ne se mouvait pas. »

C'est le cas du mouvement *lent et modéré* d'élévation ou d'abaissement du centre de gravité de M. Marey sur son dynamomètre.
« Il n'en est plus de même dans le cas où la vitesse de la machine
« change à chaque instant. Alors, pour que le mouvement
« s'accélère, il faut que la puissance l'emporte sur les résistances ;
« une partie de cette puissance seulement fait alors équilibre à
« ces résistances, l'autre partie étant employée à augmenter la
« vitesse de la machine. »

Or c'est précisément cette dernière portion de travail développé, et qui produit l'accélération du mouvement d'extension, que permet de suivre dans sa continuité l'étude de la courbe même décrite par le centre de gravité, et qui n'apparaît, au contraire, dans les courbes dynamographiques que lors des modifications introduites brusquement dans la vitesse.

Il était donc entièrement irrationnel de prétendre substituer l'une des analyses à l'autre.

Mais, hâtons-nous de clore cette discussion, et, passant l'éponge sur toutes ces contradictions accumulées, bornons-nous à enregistrer l'unique conclusion qui intéresse ici la physiologie, à savoir l'abandon formel par le professeur de mécanique physiologique du Collège de France de ses anciennes doctrines sur le mouvement du saut, et l'adhésion finale qu'il apporte au mécanisme de cet acte par une projection d'ordre exclusivement balistique.

Cette concession ne sera point pour nous d'une mince utilité quand nous aurons l'occasion de lui faire prendre la place à laquelle elle a droit dans la théorie du vol de l'oiseau.