

*Bibliothèque numérique*

**medic@**

**Marey, Etienne-Jules / Demeny, Georges. - Parallèle de la marche et de la course, suivi du mécanisme de la transition entre ces deux allures**

*In : Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, 1886, 103 : 574 - 583*



(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)  
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/hist/med/medica/cote?marey204>

en se mêlant aux courants ascendants susdits, ce qui engendre, ajoute-t-il, une circulation complète.

» Je remarque avec plaisir que ces idées, suggérées par une observation attentive, mais incomplète, sont tout à fait analogues à celles que j'ai publiées autrefois. Il y aurait identité, si M. Spœerer recherchait la cause mécanique de cette circulation si remarquable. Pour faire pénétrer de l'hydrogène froid sous forme de colonne cylindro-conique dans les couches bien plus denses de la photosphère, il faut une force, et on ne la trouvera que dans les inégalités de vitesse bien constatées des courants horizontaux produisant, à la surface du Soleil, comme dans nos fleuves ou dans notre atmosphère, des mouvements giratoires descendants à axe vertical.

» Là est donc l'origine de cette circulation qui a pour organe les taches et les pores dont la surface du Soleil est parsemée et pour conséquence, non pour origine, les phénomènes brillants dus au retour tumultueux, vers le haut, des masses hydrogénées englouties et entraînées par ces tourbillons dans les couches profondes où elles acquièrent une température élevée.

» Je ne manquerai pas cette occasion de faire remarquer que, tant qu'on ne se résoudra pas à étudier les mouvements tourbillonnaires autour de nous, on se méprendra sur la nature des mouvements analogues qui se produisent, soit sur le Soleil, soit dans notre propre atmosphère. »

PHYSIOLOGIE. — *Parallèle de la marche et de la course, suivi du mécanisme de la transition entre ces deux allures.* Note de MM. MAREY et DEMENY.

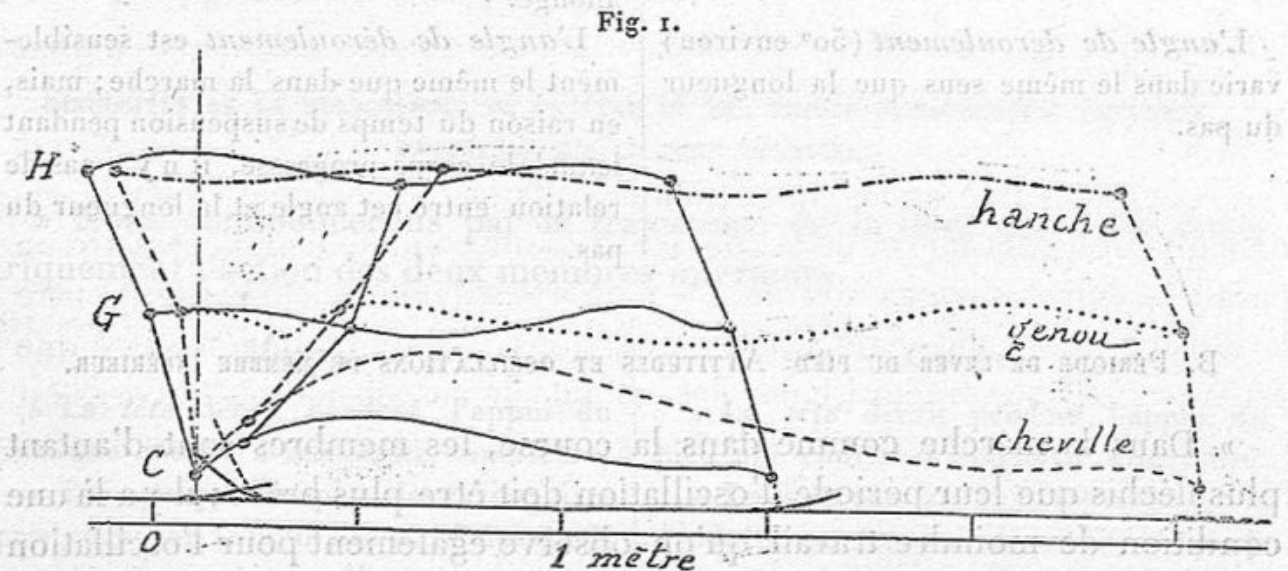
« Les Notes que nous avons publiées sur la cinématique et sur la dynamique de la marche et de la course ont pour complément nécessaire un parallèle entre ces deux allures. De nombreuses différences existent entre la marche et la course, et si, dès longtemps, l'observation a montré que cette dernière se caractérise par des instants de suspension où le corps est entièrement détaché du sol, il y a d'autres caractères non moins importants à connaître, mais que l'œil ne pouvait guère saisir, tandis qu'ils se révèlent clairement par les chrono-photographies ou par l'emploi du dynamographe. De cet ordre sont les inflexions diverses des trajectoires de chaque point du corps, les accélérations et ralentissements de sa masse, la durée des doubles appuis des pieds ou des temps de suspension. Ces



différences ont leur raison d'être dans les conditions mécaniques de la locomotion, dans la force musculaire du sujet en expérience, dans les proportions des différentes parties de son corps, dans l'importance de sa masse ou des charges qu'il porte. Elles dépendent aussi de la nature et de l'inclinaison du terrain; mais nos expériences n'ont été faites, jusqu'ici, que sur un sol ferme, lisse et parfaitement horizontal.

» Ces comparaisons ont une très grande importance pratique, aussi devra-t-on les étendre non seulement au parallèle de la marche et de la course, mais aux différents types de marche et de course : car il est nécessaire, au point de vue de la gymnastique, de savoir définir les allures qui donnent le maximum d'effet utile, c'est-à-dire la plus grande vitesse avec la moindre dépense de travail. Les artistes, de leur côté, trouveront dans ces études le moyen de représenter les attitudes qui expriment la lenteur ou la vitesse des allures, le calme ou l'énergie des mouvements.

» Dans le parallèle qui va suivre nous n'aurons que peu d'expressions nouvelles à introduire, et nous userons autant que possible des termes consacrés par l'usage ou de ceux que nous avons définis dans les Notes précédentes. Ainsi, nous distinguerons les pressions du pied sur le sol en *pression normale* et *pression tangentielle*; cette dernière pourra être positive si elle s'exerce d'avant en arrière, de façon à accélérer la progression, et négative quand elle s'exercera d'arrière en avant, de manière à ralentir la vitesse du marcheur.



Attitudes, longueur de pas et angle de déroulement du membre inférieur droit dans la marche et dans la course. Les lignes ponctuées correspondent à la course.

» Nous appellerons *angle d'appui* celui que le rayon du membre fait avec la verticale qu'on élèverait du sol en avant de la jambe; l'*angle de lever*



sera celui que fait le rayon du membre avec la même verticale située en arrière de la jambe quand elle va quitter le sol. La somme de ces deux angles sera désignée sous le nom d'*angle de déroulement* du membre inférieur.

#### A. PÉRIODE D'APPUI DU PIED. ATTITUDES ET DÉROULEMENT DU MEMBRE INFÉRIEUR.

##### *Marche.*

Le  *pied*  touche le sol par le  *talon* , quelle que soit la longueur du pas.

La  *jambe* , au moment du poser, est  *oblique*  en avant et presque étendue.

Le  *genou* , au moment où le rayon du membre passe par la verticale, est  *étendu*  dans la marche lente, peu fléchi dans la marche rapide.

L' *angle d'appui*  est plus grand que dans la course et reste constant, pour un même sujet, aux différentes vitesses de la marche.

L' *angle de lever*  est plus petit que dans la course.

L' *angle de déroulement*  ( $50^\circ$  environ) varie dans le même sens que la longueur du pas.

##### *Course.*

Le  *pied*  touche le sol par la  *pointe* , si le pas est court; par la  *plante* , si le pas est plus long; par le  *talon* , si le pas est d'une grande longueur.

La  *jambe* , au moment du poser, est  *verticale*  et fléchie sur la cuisse.

Le  *genou* , au moment où le rayon du membre passe par la verticale, est toujours  *fléchi* , et cela d'autant plus que la course est plus rapide.

L' *angle d'appui*  est plus petit que dans la marche et reste constant aux différentes vitesses de l'allure.

L' *angle de lever*  est plus grand que dans la marche, surtout quand le pas est allongé.

L' *angle de déroulement*  est sensiblement le même que dans la marche; mais, en raison du temps de suspension pendant lequel le corps progresse, il n'y a pas de relation entre cet angle et la longueur du pas.

#### B. PÉRIODE DE LEVER DU PIED. ATTITUDES ET OSCILLATIONS DU MEMBRE INFÉRIEUR.

» Dans la marche comme dans la course, les membres sont d'autant plus fléchis que leur période d'oscillation doit être plus brève; il y a là une condition de moindre travail qu'on observe également pour l'oscillation du bras. Dans les deux allures, la vitesse du pied présente les mêmes phases de variation: elle atteint son maximum au dernier tiers de la phase d'oscillation; mais des différences apparaissent quand on compare, dans ces deux allures, la vitesse moyenne du pied à celle du corps.



*Marche.*

La *vitesse moyenne du pied* est *supérieure* au double de la vitesse de progression du corps.

Dans la marche, en effet, la *durée du double appui* doit se retrancher de celle du demi-pas pour constituer la période d'oscillation.

*Course.*

La *vitesse moyenne du pied* est *inférieure* au double de la vitesse de la progression du corps.

Dans la course, en effet, la *durée de la suspension du corps* s'ajoute à la durée du demi-pas pour constituer celle de l'oscillation.

» On s'explique alors comment, pour une même vitesse de progression, la vitesse *relative* du pied par rapport à celle de la masse du corps est plus petite dans la course que dans la marche, puisque, à cadence égale, la durée de l'oscillation est plus grande dans la course que dans la marche.

» Ces différences deviendront facilement intelligibles si l'on se reporte à la *fig. 2*.

## DURÉE RELATIVE DES APPUIS ET LEVERS DANS LA MARCHÉ ET DANS LA COURSE.

» Nous aurons à considérer des actes communs aux deux allures, les appuis et levers proprement dits, et des actes propres à chacune d'elles. La marche seule présente le *double appui*, et la course seule offre des *instants de suspension*. La *fig. 2* montre comment varient ces éléments de la durée du pas dans les deux allures, avec des rythmes croissant de 5 en 5 pas, entre 40 et 140 appuis d'un même pied à la minute.

## SINUOSITÉS DE LA TRAJECTOIRE DE LA TÊTE ET DES POINTS REMARQUABLES DU CORPS, PROJETÉES SUR UN PLAN VERTICAL.

» Nous commencerons par la trajectoire de la tête, qui subit symétriquement l'action des deux membres inférieurs.

*Marche.*

» La *tête* décrit pendant l'appui du pied une courbe à *convexité* supérieure.

» Dans un pas complet, les trajectoires produites par l'appui alternatif des pieds se suivent *sans intervalle*.

» Le *ralentissement* de la progression, lié à chaque appui des pieds sur le sol,

*Course.*

» La *tête* décrit pendant l'appui du pied une courbe à *concavité* supérieure.

» Dans le pas complet, les trajectoires produites par l'appui alternatif des pieds sont *séparées* par un arc parabolique représentant la suspension, et qui se produit suivant les lois du saut.

» Le *ralentissement* de la progression, liée à chaque appui des pieds sur le sol,



coïncide avec la *convexité* de trajectoire de la tête.

» Le *niveau* moyen des oscillations de la tête dans le plan vertical est plus haut.

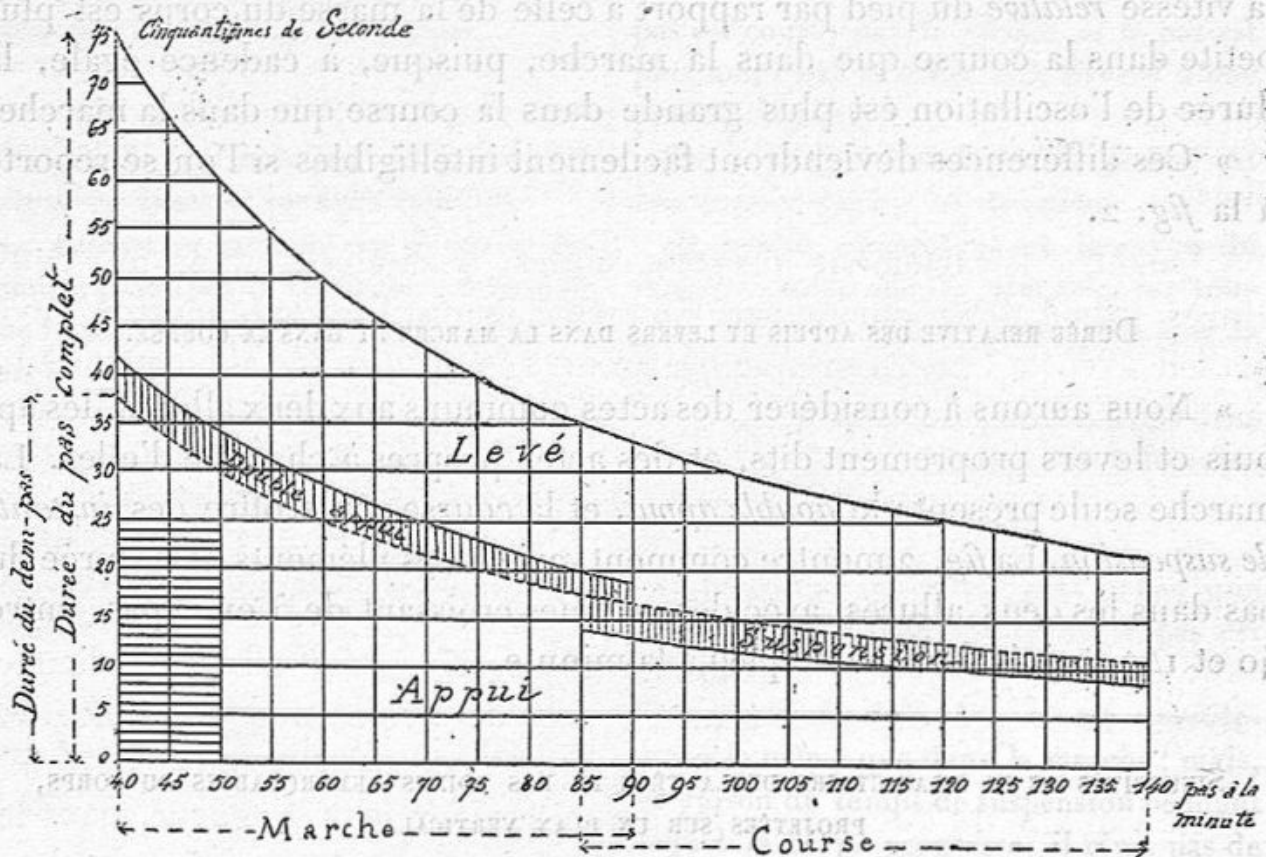
» La *longueur du pas* règle l'amplitude des oscillations verticales; ces oscillations croissent avec cette longueur.

coïncide avec la *concavité* de la trajectoire de la tête.

» Le *niveau* moyen des oscillations de la tête dans le plan vertical est plus bas.

» La *longueur du pas* est indépendante de l'amplitude des oscillations verticales; celles-ci tendent plutôt à diminuer d'amplitude quand le pas s'allonge.

Fig. 2.



Les ordonnées totales représentent en cinquantièmes de seconde la durée totale du *pas complet*; celle du *demi-pas* est limitée par une courbe ponctuée. La durée des appuis est limitée en haut par une ligne formée de traits successifs. On voit que, dans la marche, la durée de l'appui excède le demi-pas de toute la longueur du double appui. Dans la course, au contraire, la durée de l'appui est inférieure à celle du demi-pas de toute la durée de la suspension.

» L'*instant du maximum* de l'oscillation correspond à l'*appui* d'un pied.

» La verticale qui passe par le point d'appui est toujours située en arrière du *maximum* de l'oscillation de la hanche.

» A mesure que la vitesse augmente, la trajectoire de la hanche porte son *maximum* plus en avant de la verticale élevée du point d'appui.

» L'*instant du maximum* de l'oscillation correspond à la *suspension*.

» La verticale qui passe par le point d'appui est toujours située en arrière du *minimum* de l'oscillation de la hanche.

» A mesure que la vitesse augmente, la trajectoire de la hanche porte son *minimum* plus en avant de la verticale élevée du point d'appui.



SINUOSITÉS DE LA TRAJECTOIRE DU SOMMET DE LA TÊTE ET DU MILIEU DU BASSIN, PROJETÉES SUR UN PLAN HORIZONTAL. — PISTES ET EMPREINTES DES PIEDS.

» A toutes les allures, l'alternance des appuis des membres droit et gauche oblige le tronc à sortir du plan vertical de progression; l'écartement des empreintes des pieds sur le sol est en rapport avec les oscillations horizontales du corps. Mais l'amplitude de ces oscillations varie inversement pour la marche et pour la course, à mesure que la vitesse de progression augmente.

*Marche.*

Plus la marche est rapide et plus les pas sont longs, plus les oscillations latérales de la tête et du bassin *augmentent* d'amplitude.

*Course.*

Plus la course est rapide et le pas allongé, plus les trajectoires de la tête et du bassin *perdent leurs oscillations* et tendent à se rapprocher d'une ligne droite.

» Quant à l'écartement des empreintes, il diminue, dans les deux allures, avec la longueur du pas. En même temps, l'angle que forme l'axe du pied avec la ligne moyenne de progression, ou angle d'ouverture du pied, tend à diminuer aussi.

LOI DES LONGUEURS DE PAS ET DES VITESSES DE PROGRESSION.

» Dans toutes les allures, les deux moitiés d'un pas complet sont souvent de longueurs inégales : la plus longue correspond à l'action de la jambe dont les muscles sont le plus exercés. On sait en effet que chaque sauteur, pour prendre son élan, se sert de préférence de l'une des jambes.

» La rapidité de la cadence des pas influe sur leur longueur, dans la marche comme dans la course; elle influe aussi sur la vitesse de la progression, mais agit diversement dans ces deux allures.

*Marche.*

La longueur du pas *croît* avec la cadence *jusqu'à un maximum* qui correspond à 75 pas complets à la minute, puis diminue pour des cadences plus rapides.

La vitesse de progression augmente avec la rapidité de la cadence *jusqu'au nombre de 85 pas complets* à la minute; elle diminue ensuite si la cadence s'accélère <sup>(1)</sup>.

*Course.*

La longueur du pas croît toujours à mesure que la cadence s'accélère.

La vitesse de progression augmente *indéfiniment* avec la rapidité de la cadence, et tend vers une limite qui semble voisine de 10<sup>m</sup> par seconde.

(1) Voir la Note du 3 novembre 1884.

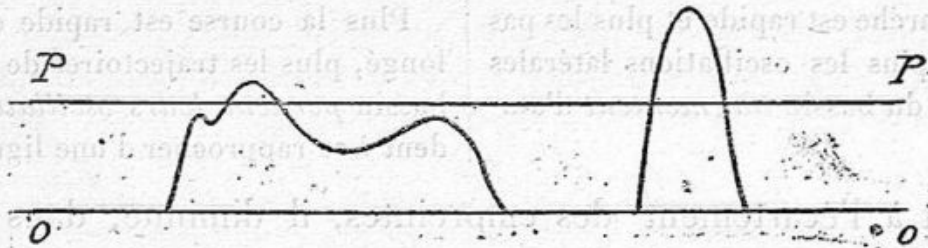


## LOI DES PRESSIONS NORMALE ET TANGENTIELLE DU PIED SUR LE SOL.

La courbe de la pression normale du pied *oscille de part et d'autre* de la ligne du poids (<sup>1</sup>), qu'elle dépasse au début d'autant plus que la cadence est plus rapide, et au-dessous de laquelle elle tombe pour se relever à la fin de l'appui. Ce dernier maximum décroît à mesure que la cadence s'accélère.

La courbe de la pression normale n'a *qu'une seule courbure* et un seul maximum toujours supérieur à la ligne du poids, et d'autant plus élevé que la cadence est plus rapide.

Fig. 3.



Phases de la pression du pied sur le sol  
dans la marche.

Phases de la pression du pied sur le sol  
dans la course.

» La *pression tangentielle* est *négative* au moment du poser dans toutes les allures, c'est-à-dire qu'à ce moment elle résiste à la progression. Cette pression devient *nulle* au moment où le rayon du membre passe par la verticale; enfin, elle devient *positive* quand le rayon a dépassé la verticale. C'est dans cette dernière phase seulement que la pression tangentielle accélère la translation de la masse du corps et correspond à un travail positif; dans la première phase, au contraire, elle ralentit la masse et fait du travail résistant.

## VARIATIONS DU TRAVAIL MÉCANIQUE DÉPENSÉ DANS LA MARCHÉ ET DANS LA COURSE.

» La méthode de calcul du travail dépensé dans la locomotion humaine a été exposée dans une Note précédente (<sup>2</sup>); elle est fondée sur la mesure des oscillations verticales imprimées à la masse du corps, sur celle des variations de sa vitesse horizontale, enfin sur le calcul de l'énergie nécessaire pour produire l'oscillation de la jambe pendant la durée de la suspension. On notera que les deux premiers éléments du travail sont fonctions de la longueur des pas et fonctions plus compliquées de la vitesse

(<sup>1</sup>) Voir les Notes des 8 et 15 octobre 1885.

(<sup>2</sup>) Note du 9 novembre 1885.



de progression. En comparant les deux allures au point de vue du travail dépensé, on constate les différences suivantes :

#### *Marche.*

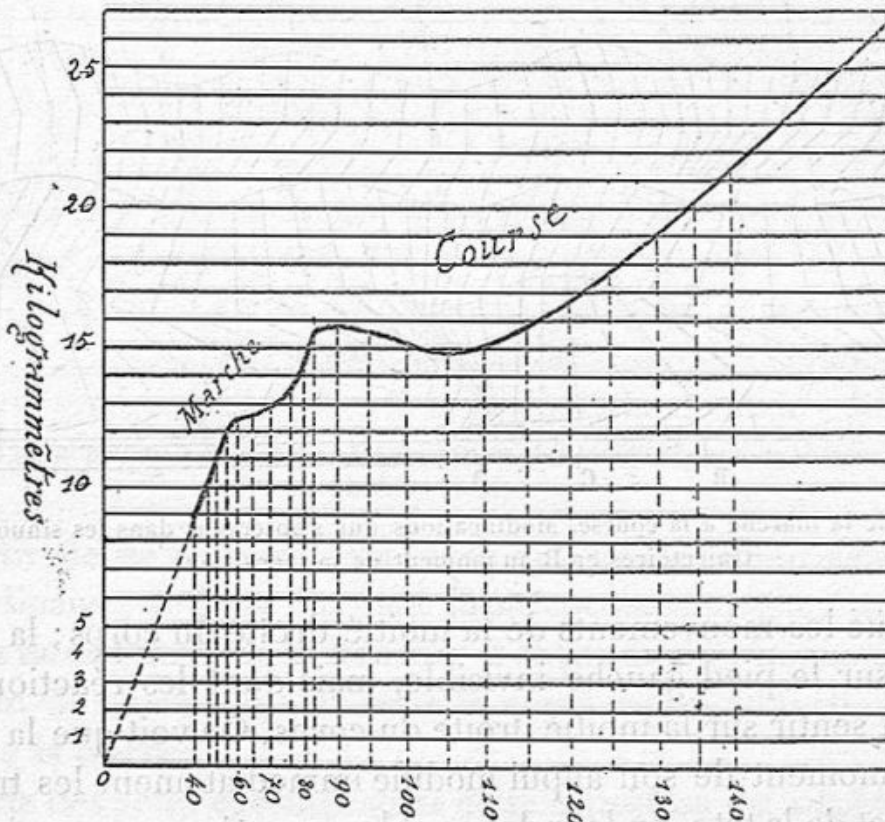
*La dépense de travail croît toujours avec la vitesse de progression, et cet accroissement est très grand pour les allures qui dépassent les cadences normales de 55 à 65 doubles pas à la minute.*

#### *Course.*

*La dépense de travail pour une vitesse de progression peu supérieure à celle de la marche dépense plus de travail, mais la dépense *décroit* pour une course plus rapide et s'élève ensuite dans les limites indiquées par le Tableau suivant.*

» C'est pour ces raisons que nous avons distingué dans les allures de l'homme des rythmes avantageux et des rythmes défectueux au point de

Fig. 4.



Courbe des variations du travail mécanique dépensé dans la marche et la course de l'homme en fonction de la vitesse de progression.

Les ordonnées indiquées entre la figure correspondent aux vitesses de progression qui s'observent à des cadences croissant de 5 en 5 pas à la minute entre 40 et 85 pas pour la marche et entre 85 et 140 pour la course.

vue de l'utilisation économique de la force musculaire, utilisation qui est le but final de nos études sur la locomotion.

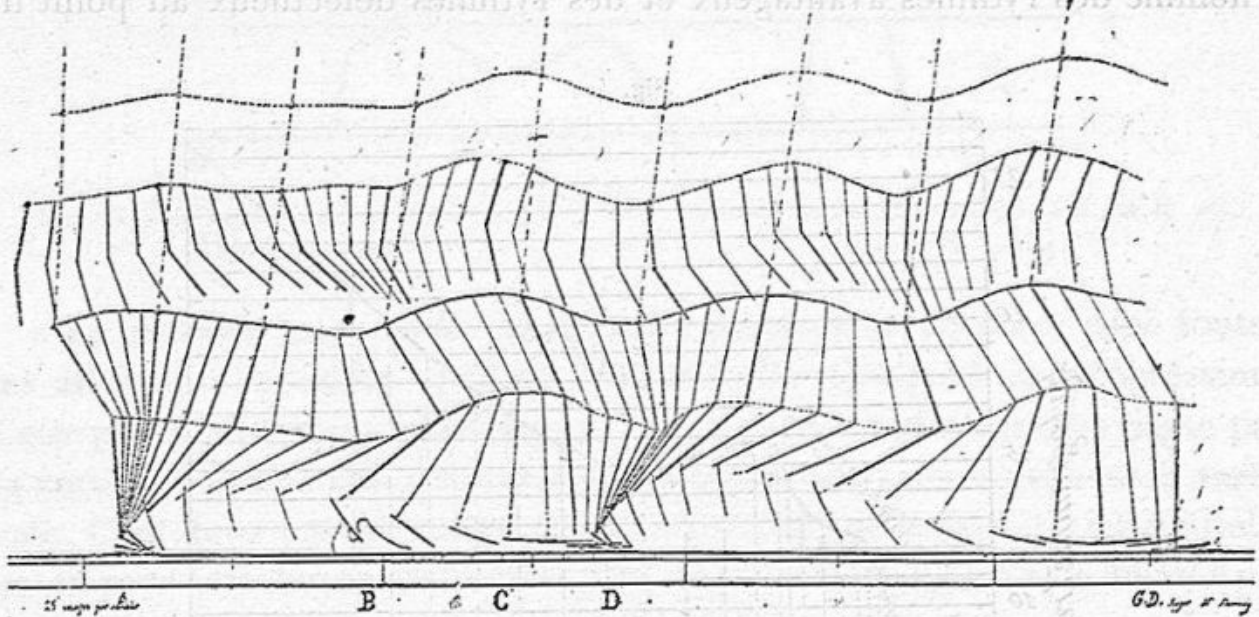


## TRANSITIONS DE LA MARCHÉ A LA COURSE ET DE LA COURSE A LA MARCHÉ.

» Les figures ci-dessous expriment tous les détails des mouvements qui s'exécutent dans ces deux transitions et dont les principaux caractères sont les suivants :

» *De la marche à la course* la transition se fait directement pendant un appui du pied, sans passer par une allure mixte. Le marcheur qui veut courir penche son corps en avant, puis fait un *appel* du pied semblable à celui qui prépare un saut : c'est-à-dire fléchit la jambe à l'appui et l'étend ensuite brusquement jusqu'à ce que le corps se détache du sol. La *fig. 5*

Fig. 5.



Transition de la marche à la course. Modifications qui s'observent dans les sinuosités des trajectoires en B au moment de la transition.

ne montre que les mouvements de la moitié droite du corps ; la transition se fait en B sur le pied gauche invisible, mais dont les réactions se font suffisamment sentir sur la moitié droite du corps. On voit que la flexion de la jambe au moment de son appui modifie immédiatement les trajectoires de la hanche et de la tête, en leur donnant les caractères propres à la course, c'est-à-dire la forme concave par en haut à la place de la convexité qui s'observait en A dans la marche. A la fin de cet appui, la brusque détente de la jambe projette le corps comme dans un saut, la suspension est obtenue en C ; un autre appui s'observe en D ; le régime de la course est régulièrement établi.

» *De la course à la marche* la transition est inverse (*fig. 6*) : le coureur ralentit sa vitesse en penchant le corps en arrière. L'appui prochain A est

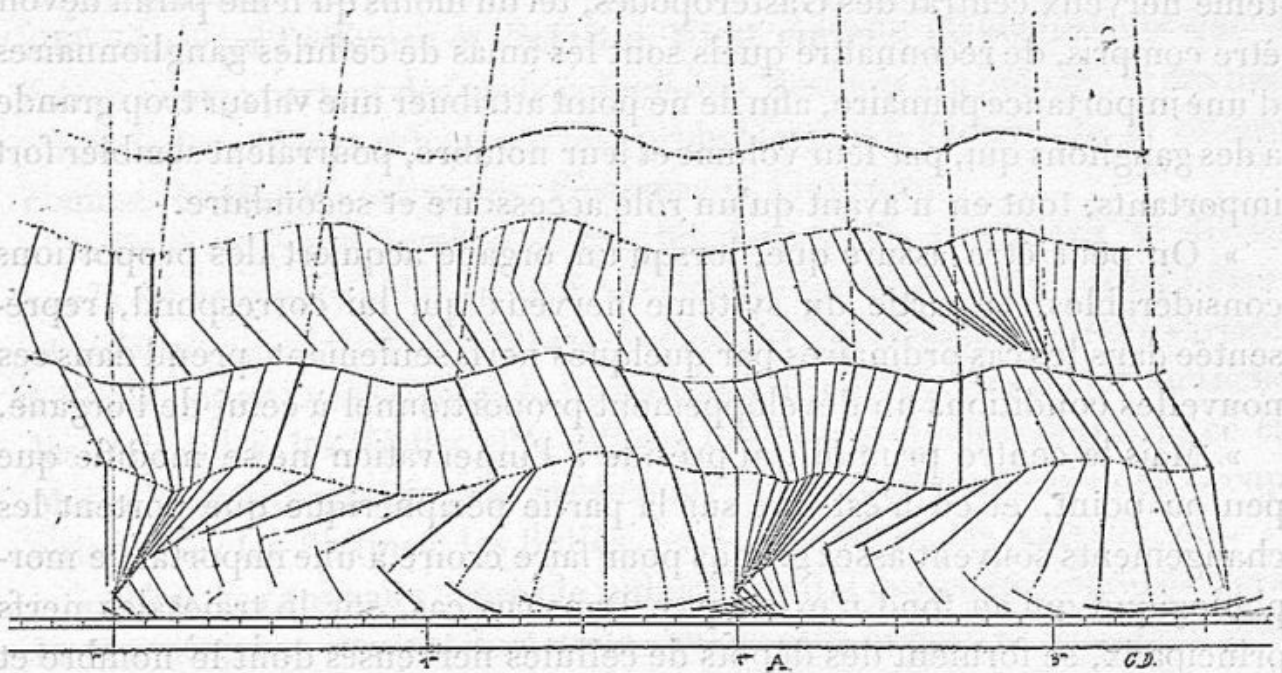


un peu plus prolongé, le membre inférieur plie en faisant un travail résistant pour atténuer la vitesse; il se redresse ensuite sans brusquerie comme dans la marche.

» Pendant cet appui, la trajectoire de la hanche offre une forme mixte: concave d'abord comme dans la course, puis convexe comme dans la marche.

Fig. 6.

sans changement de rythme



Transition de la course à la marche; les sinuosités des trajectoires se modifient au moment de la transition A.

» A partir de ce moment, les actes qui se succèdent sont ceux de la marche ordinaire: le lever du pied droit correspond à un minimum des trajectoires de la tête et de la hanche, il se produit au moment où le pied gauche vient de toucher le sol; enfin le corps reprend l'inclinaison propre à l'allure de la marche.

» La série des actes exécutés dans cette transition est semblable à celle qui s'observe dans la chute qui suit un saut en longueur. »

ANATOMIE ZOOLOGIQUE. — *Considérations sur le système nerveux des Gastéropodes.* Note de M. H. DE LACAZE-DUTHIERS.

« Dans quelques Notes présentées antérieurement à l'Académie, j'ai montré que, sur plusieurs types aberrants des Gastéropodes, il était toujours