

Bibliothèque numérique

medic@

Marey, Etienne-Jules / Demeny, Georges. - Variations de travail mécanique dépensé dans les différentes allures de l'homme

In : Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences, 1885, 101 : 910-915



(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/hist/med/medica/cote?marey158>

PHYSIOLOGIE. — *Variations du travail mécanique dépensé dans les différentes allures de l'homme.* Note de MM. MAREY et DEMENY.

« Nous avons indiqué les méthodes qui permettent d'estimer le travail effectué par un homme à diverses allures. Pour ces mesures, il faut d'abord déterminer le poids total du corps et les poids relatifs des membres du tronc et de la tête (M. le professeur Sappey a bien voulu faire pour nous quelques-unes de ces pesées sur des cadavres); il faut aussi connaître à chaque instant les mouvements des différentes parties du corps : la chronophotographie donne à cet égard des renseignements complets.

» Le calcul a donné, pour chaque demi-pas, les valeurs suivantes pour les différents éléments du travail dépensé dans la marche lente, à la cadence de quarante pas à la minute.

Translation du membre inférieur.....	kgm 0,3
Oscillations verticales du corps.....	6,2
Accélération et ralentissements de la translation horizontale du corps.....	2,5
Total.....	9,0

» Cette évaluation, avons-nous dit, n'est qu'approximative; elle semble toutefois mériter assez de confiance si l'on considère que l'élément de travail dont l'évaluation est la plus incertaine, celui qui correspond à la translation du membre, ne représente qu'une très faible fraction du travail total dépensé dans un pas. C'est une limite supérieure de la valeur réelle.

» Du reste, l'estimation rigoureuse du travail dépensé à une allure quelconque a bien moins d'intérêt que la recherche des variations de cette dépense à mesure que l'allure s'accélère. En effet, si nous calculons, pour le même individu, la dépense de travail qui correspond à la course la plus rapide, nous trouvons des valeurs bien différentes de celles que nous donnait le pas lent.

Translation du membre inférieur.....	kgm 3,4
Oscillations verticales du corps.....	2,3
Accélération et ralentissements dans le sens horizontal.....	18,4
Total.....	24,1

» Ainsi la dépense de travail dans un demi-pas effectué sur terrain plat varie de 9^{kgm} à 24^{kgm}. Si l'on tient compte du nombre des pas effectués en une minute à ces allures extrêmes, on trouve que la dépense de travail

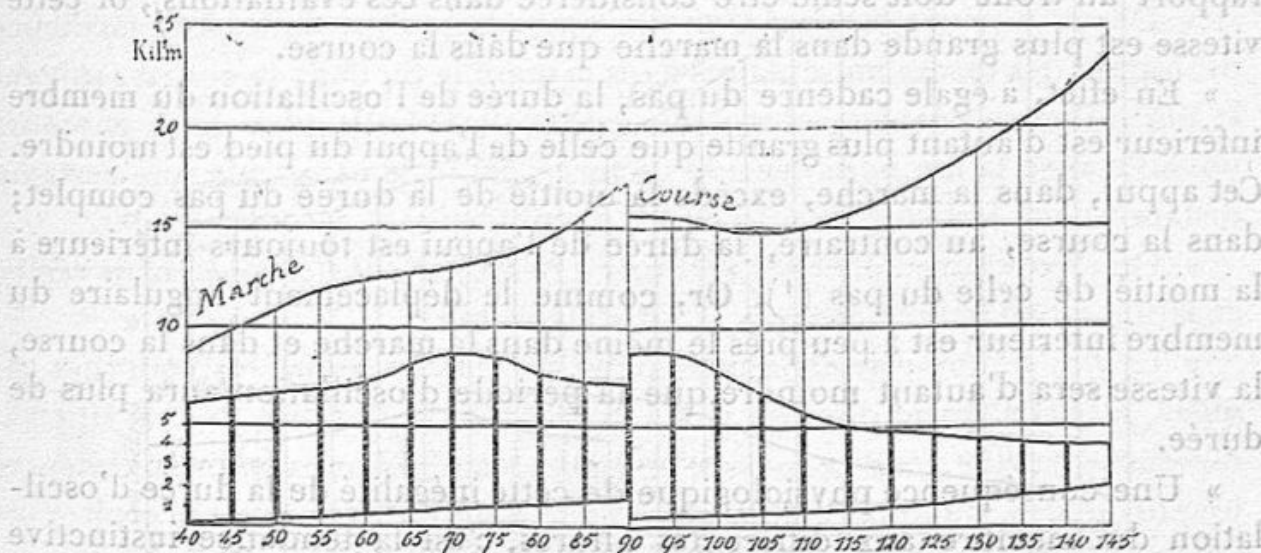
(911)

dans la marche lente serait de 364^{kgm} et, dans la course rapide, de 3374^{kgm} , soit dans le premier cas 6^{kgm} et dans le second cas 56^{kgm} par seconde.

» Si l'on compare entre elles les valeurs des différents éléments du travail dépensé dans un pas, on trouve qu'ils ne sont pas influencés de la même manière, par la rapidité de l'allure. Ainsi, dans la marche lente, le travail dépensé dans les oscillations verticales est plus grand que celui qui correspond aux différences dans la vitesse de la translation horizontale; dans la course rapide, c'est l'inverse qui se produit.

» Il était donc nécessaire de suivre à travers toutes leurs phases les variations que chacun des éléments du travail éprouve sous l'influence d'une accélération graduelle de la cadence des allures. Pour rendre ces variations plus saisissables on les a ramenées (fig. 1) à la forme graphique.

Fig. 1.



Valeurs relatives du travail dépensé dans les différents actes qui constituent un pas. Les expériences ont été faites sur un homme pesant 64^{kg} , marchant ou courant sur un terrain ferme parfaitement horizontal.

» Dans la construction de ces courbes, on a pris pour abscisses les nombres des pas effectués à la minute et, pour les ordonnées, on a ajouté bout à bout les longueurs correspondant à chacun des éléments du travail total.

» Pour toutes les cadences ces valeurs sont disposées de bas en haut suivant le même ordre : 1° la valeur du travail dépensé dans la translation du membre inférieur; 2° celle qui correspond aux oscillations verticales du corps; 3° celle qui est liée aux accélérations ou ralentissements de la translation horizontale.

» Les courbes de la *fig. 1* montrent que les différents éléments du travail total varient de façons qui semblent bizarres ; mais ces variations s'expliquent aisément par certaines conditions cinématiques ou dynamiques propres aux différentes allures.

» A. *Variations du travail dépensé dans la translation du membre inférieur.*

— Le travail dépensé dans cet acte croît d'une manière sensiblement proportionnelle à l'accélération de la cadence ; mais un fait qui étonne au premier abord, c'est que, pour une même cadence, la course coûte moins de travail que la marche. Ainsi, pour quatre-vingt-dix pas à la minute, la marche dépenserait $1^{\text{kgm}}, 4$ pour la translation du membre inférieur, tandis que la course n'en dépense que $0,5$, et pourtant la vitesse absolue du membre est plus grande si l'on court que si l'on marche.

» Cette différence de travail tient à ce que la vitesse du membre par rapport au tronc doit seule être considérée dans ces évaluations ; or cette vitesse est plus grande dans la marche que dans la course.

» En effet, à égale cadence du pas, la durée de l'oscillation du membre inférieur est d'autant plus grande que celle de l'appui du pied est moindre. Cet appui, dans la marche, excède la moitié de la durée du pas complet ; dans la course, au contraire, la durée de l'appui est toujours inférieure à la moitié de celle du pas (¹). Or, comme le déplacement angulaire du membre inférieur est à peu près le même dans la marche et dans la course, la vitesse sera d'autant moindre que la période d'oscillation aura plus de durée.

» Une conséquence physiologique de cette inégalité de la durée d'oscillation du membre aux différentes allures, c'est la tendance instinctive qu'on éprouve à courir, au lieu de marcher, aussitôt qu'on impose à l'allure une cadence trop rapide. C'est une des nombreuses manifestations de notre propension naturelle à rechercher le moindre effort dans tous les actes musculaires.

» B. *Variations du travail dépensé dans les oscillations verticales du corps.*

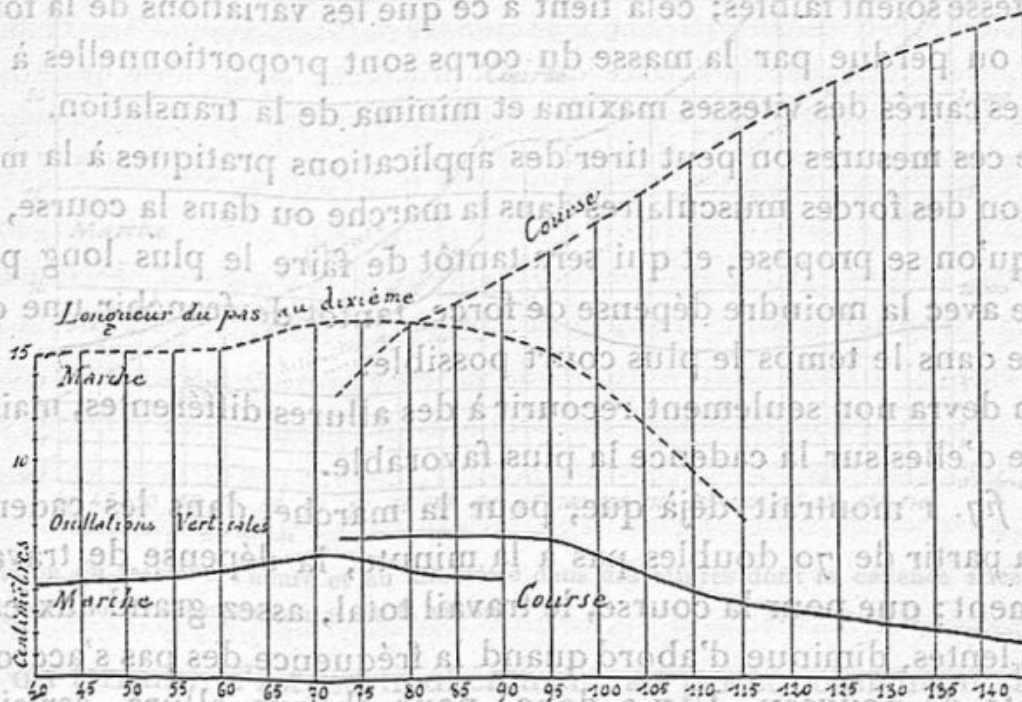
— La *fig. 1* montre que cet élément du travail ne croît pas régulièrement avec la rapidité de la cadence. Dans la marche, ce travail augmente rapidement entre cinquante-cinq et soixante-dix pas à la minute, puis va en décroissant ; dans la course, il est très grand pour les cadences les plus lentes et diminue à mesure que l'allure devient plus rapide. Les deux

(¹) Voir à ce sujet DEMENY, *Variations de la durée du double appui des pieds dans la marche de l'homme* (séance du 15 juin 1885).

facteurs de cet élément du travail étant le poids du corps et l'amplitude de ses oscillations verticales, c'est aux variations de celles-ci que se rapportent les inégalités du travail dépensé aux diverses allures.

» La photographie et l'inscription directe des oscillations verticales du corps montrent que, dans la marche, il y a une relation entre la longueur du pas et l'amplitude des oscillations verticales du corps; et, comme nous avons établi que la longueur du pas augmente avec la rapidité de la cadence jusque vers soixante-dix pas environ, puis diminue rapidement à mesure que la cadence s'accélère ⁽¹⁾, il est naturel que le travail correspondant à ces différentes cadences éprouvé des variations semblables.

Fig. 2.



Variations des oscillations verticales du corps dans la marche et dans la course à des cadences variant de 40 à 140 pas à la minute.

Comparaison de la courbe des oscillations à celle de la longueur des pas.

» Dans la course, le travail est plus grand pour les cadences lentes et décroît ensuite indéfiniment. Les oscillations verticales suivent, dans cette allure, une variation semblable. Le corps, suspendu en l'air pendant une partie de la durée du pas de course, n'est plus constamment soumis aux changements de direction des membres; dès lors, c'est la durée imposée aux oscillations verticales qui en règle l'amplitude. Aux cadences lentes,

(1) MAREY, *Études sur la marche de l'homme au moyen de l'odographe*. Note du 3 novembre 1884.

il faut que le corps ait été élevé très haut pour ne retomber que tardivement sur le membre et l'appui; aux cadences rapides, une faible étendue est imposée à l'oscillation par la courte durée qui lui est assignée.

» Ainsi, dans la marche, l'amplitude des oscillations verticales du corps est liée à la longueur du pas; elle en est indépendante dans la course, où l'on observe même, à cet égard, une relation inverse: on a exprimé ces rapports dans la *fig. 2*.

» C. *Variations du travail dépensé dans les accélérations et les ralentissements de la translation horizontale du corps.* — Cet élément du travail s'accroît assez régulièrement avec la vitesse de l'allure et avec la longueur du pas. Dans la course, il prend une valeur très grande, quoique les variations absolues de la vitesse soient faibles; cela tient à ce que les variations de la force vive acquise ou perdue par la masse du corps sont proportionnelles à la différence des carrés des vitesses maxima et minima de la translation.

» De ces mesures on peut tirer des applications pratiques à la meilleure utilisation des forces musculaires dans la marche ou dans la course, suivant le but qu'on se propose, et qui sera tantôt de faire le plus long parcours possible avec la moindre dépense de force, tantôt de franchir une certaine distance dans le temps le plus court possible.

» On devra non seulement recourir à des allures différentes, mais régler chacune d'elles sur la cadence la plus favorable.

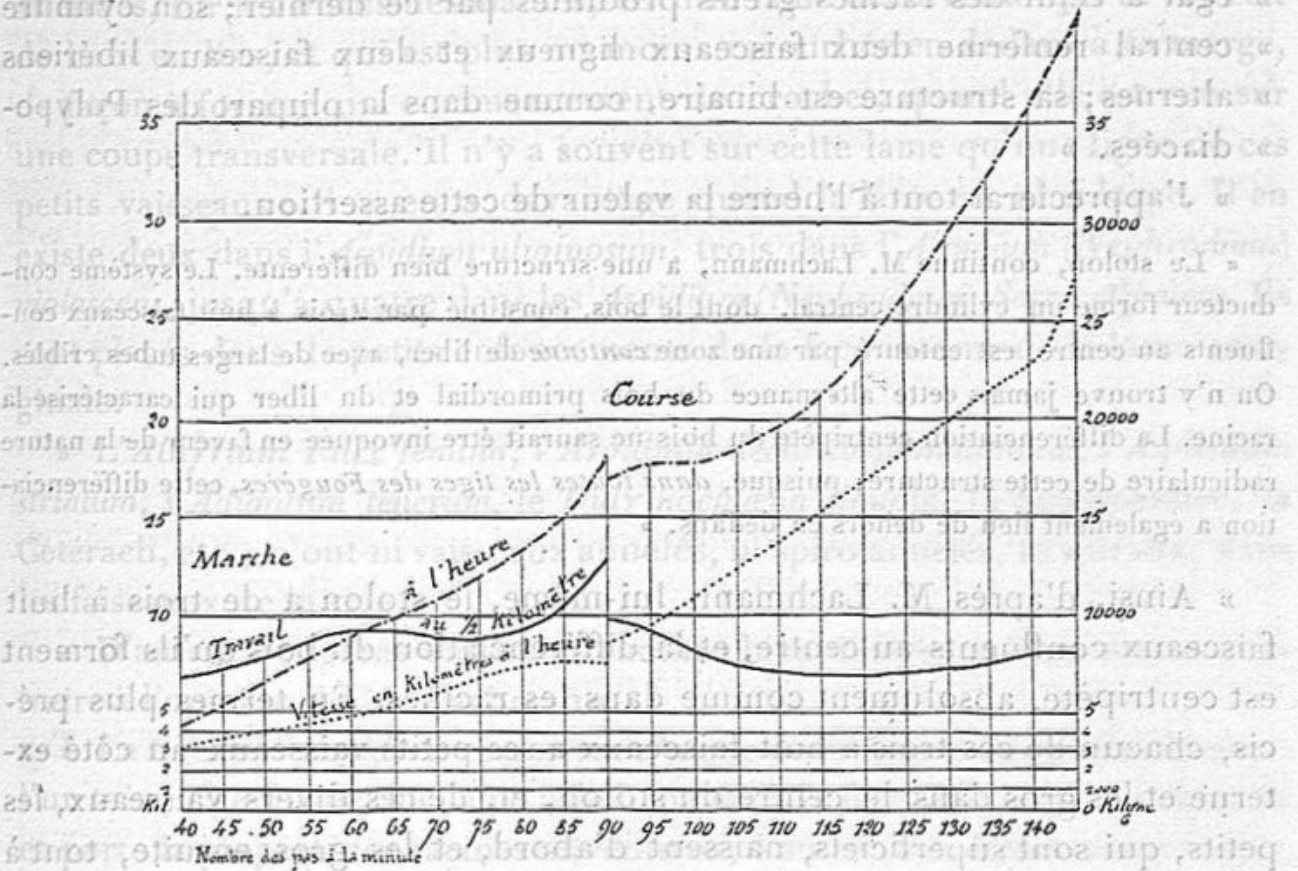
» La *fig. 1* montrait déjà que, pour la marche, dans les cadences rapides, à partir de 70 doubles pas à la minute, la dépense de travail croît rapidement; que pour la course, le travail total, assez grand aux cadences les plus lentes, diminue d'abord quand la fréquence des pas s'accroît, puis augmente de nouveau. Il y a donc, pour chaque allure, certaines cadences particulièrement favorables: ce sont celles où la vitesse croît plus vite que la dépense de travail.

» D'autres considérations doivent intervenir encore pour motiver le choix des allures. Il ne faut pas que la dépense de travail se fasse en un temps trop court, sans quoi la réparation des forces musculaires n'arriverait plus à compenser la fatigue. On peut impunément soutenir une longue marche au bout de laquelle on aura dépensé un grand travail, tandis qu'une course rapide épuiserait en très peu de temps la force musculaire, avec une dépense totale de travail beaucoup moindre (*fig. 3*).

» Il y aura donc lieu de déterminer, pour chaque allure, la dépense de travail à l'heure et au kilomètre, ainsi que les relations de la vitesse avec la cadence.

» D'autre part, il faudra répéter sur un grand nombre de sujets ces études, qui n'ont porté jusqu'ici que sur deux hommes, et chercher l'influence du poids et de la taille, celle de la charge portée, de la pente et de la

Fig. 3.



Comparaison du travail à l'heure et au kilomètre dans des allures dont la cadence s'accélère régulièrement; variations correspondantes de la vitesse.

nature du terrain. C'est particulièrement au perfectionnement des exercices du soldat que s'appliquent ces recherches; elles ont excité l'intérêt de quelques officiers supérieurs de notre armée; nous comptons sur leur concours pour les diriger dans le sens le plus utile. »

BOTANIQUE. — Nature radicaire des stolons des Nephrolepis.

Réponse à M. P. Lachmann; par M. A. TRÉCUL.

« En 1869, j'ai décrit succinctement la structure radiciforme des stolons des *Nephrolepis*, et j'ai dit en 1870 que ces stolons sont formés par de véritables racines. Cette opinion a été combattue dernièrement (p. 603 de ce volume) par M. P. Lachmann, qui pense que ces stolons sont constitués par des tiges.