

Bibliothèque numérique

medic@

**Marey, Etienne-Jules. - La
chronophotographie et les sports
athlétiques**

*In : La nature : revue des
sciences et de leurs
applications aux arts et à
l'industrie, 1901, 13 avril, p.
310-315*



(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/hist/med/medica/cote?marey017>

voie. Une fois qu'elle est arrivée au bas de sa course, on vide l'eau du réservoir et on recommence la même opération avec l'autre voiture qui, à son tour, devient motrice.

On conçoit que pour un système de ce genre toute l'attention des constructeurs devait être portée sur les freins, car la manœuvre de ces derniers doit suffire à elle seule pour opérer le départ, régler la vitesse, et déterminer les arrêts, arrêts à fin de course et arrêts en cours de marché au cas d'accident.

Ces freins sont au nombre de quatre, ils sont indépendants et ont chacun leur mission. Le premier, celui auquel on a recours constamment et que le conducteur manœuvre à tous moments, est un frein à main mû par une manivelle. Il est constitué par un arbre situé sous la voiture et parallèle à son axe; à ses deux extrémités se trouve un pignon denté qui établit la connexion avec les deux manivelles situées à l'avant et à l'arrière, de sorte que cet arbre peut être actionné de la même manière, soit à la montée, soit à la descente, lorsque le conducteur se trouve indistinctement sur l'une ou l'autre des deux plates-formes. A proximité de chacun des deux essieux qui portent les roues, l'arbre présente une partie filetée sur laquelle peut se déplacer un curseur dont le mouvement détermine le serrage de lames flexibles autour de tambours calés sur chacun des deux essieux de la voiture.

Le deuxième frein agit de la même façon à l'aide des mêmes lames flexibles et des mêmes tambours, toutefois les causes qui déterminent le serrage sont différentes du frein précédent: un train d'engrenage, qui multiplie la vitesse, relie l'essieu de la voiture à un régulateur dont les pièces mobiles viennent s'appliquer à l'intérieur d'une poulie et l'entraînent dès que la vitesse du véhicule dépasse $1^m,50$ par seconde. Cette vitesse a été considérée comme la vitesse maxima que les voitures ne doivent jamais dépasser. Le frein est donc automatique; il fonctionne par lui-même, sans l'intervention du conducteur, dès que la vitesse de $1^m,50$ est dépassée. L'action du conducteur se réduit, par conséquent, à régler son frein à main de façon à éviter cette vitesse, sans quoi le frein automatique se mettrait à fonctionner de lui-même et la voiture s'arrêterait.

En dehors de ces deux freins, qui agissent sur les tambours des essieux, il existe un deuxième système de freinage absolument indépendant du premier.

Sous la voiture se trouve une roue dentée qui vient épouser la saillie d'un chemin à crémaillère situé tout le long de la voie. Cette roue est également accompagnée d'un tambour calé sur le même axe; ce tambour se trouve instantanément serré et arrêté dans sa marche au cas où le câble d'attache viendrait à se rompre ou à se détendre, il est donc également automatique. Il agit dans le cas d'un accident survenant au câble. Toutefois il peut également être mis en action à l'aide d'une pédale placée à côté du conducteur, mais il ne doit être employé que dans les cas graves. Les dents de la roue dentée ont été

calculées de façon que la voiture puisse être arrêtée par l'accrochage d'une seule dent sur la crémaillère, mais en réalité il y en a toujours deux en contact.

Enfin, comme excès de sécurité, il existe un dernier frein constitué par des étaux de serrage qui empêchent automatiquement la voiture d'être soulevée en cas d'arrêt brusque.

Une certaine difficulté s'est présentée pour l'établissement de la voie à cause du manque de stabilité de l'assiette constituée par le sol de la butte. Au lieu de placer les rails sur des traverses, comme cela se fait ordinairement, on les a posés sur des longrines inclinées auxquelles ils sont reliés par des sabots en fonte espacés de $5^m,50$. A l'endroit de chaque sabot, on a eu soin d'établir un dé en maçonnerie qui va chercher, autant que possible, le terrain solide. Cette disposition évite les glissements de se produire, elle permet aussi, en cas de tassement local, de relever le dé de la quantité nécessaire pour rétablir le nivellement.

Les deux stations distantes de 105 mètres ont été étudiées de façon à permettre un débit considérable de voyageurs. Cette précaution était utile, car dès les premiers jours ce funiculaire a obtenu un très grand succès auprès du public attiré par les services qu'il rendait et par la modicité du prix du voyage qui n'est que de $0^fr,10$.

Le fonctionnement est très régulier; il fait le plus grand honneur à l'ingénieur qui a établi le projet définitif de la voie, M. Schlüssel, secrétaire général de la Société Decauville, constructeur et propriétaire du funiculaire de Montmartre. A. DA CUNHA.

LA CHRONOPHOTOGRAPHIE

ET LES SPORTS ATHLÉTIQUES

A l'occasion des concours de gymnastique et de sports athlétiques, l'administration de l'Exposition de 1900 a nommé une *Commission de physiologie et d'hygiène* chargée de suivre ces divers concours et de tirer de cette réunion exceptionnelle des meilleurs athlètes du monde l'enseignement qu'elle comportait.

La tâche était vaste; il s'agissait, en effet, de déterminer physiologiquement l'action des divers sports sur les fonctions organiques, la respiration, la circulation du sang, la digestion et enfin sur la santé générale. D'autre part, la Commission devait étudier les divers sports en eux-mêmes, essayer d'en comprendre le mécanisme et de surprendre le secret de la supériorité de certains athlètes.

Ces dernières études se prêtent mieux que les autres à un exposé sommaire; nous allons essayer de le présenter.

Nos lecteurs connaissent déjà la méthode qui a permis d'analyser dans tous leurs détails les actes les plus rapides et les plus complexes des divers

exercices du corps : la *chronophotographie*. Elle donne sur un long ruban qui se déroule une série d'images photographiques instantanées dont le nombre varie de 15 à 50 par seconde et même davantage au besoin, de sorte que toutes les phases d'un mouvement soient parfaitement représentées.

Échelonnées en série sur une longue bande, ces figures sont difficilement comparables entre elles; il est déjà plus commode de les disposer, comme dans la figure 5, sur trois colonnes parallèles; on lit la succession des images sur chaque colonne de haut en bas en commençant par celle de gauche.

L'acte représenté est le *lancement du poids* par l'américain Sheldon, champion du monde pour ce genre de sport. Le poids, uniforme pour tous les concurrents, était un boulet de 7^{kg}.250 et la distance à laquelle il a été lancé, de 14^m, 02.³ La figure 5, réduite aux actes essentiels, montre l'athlète au moment où il prend son élan sur la jambe droite

pour faire un saut sur cette jambe. A la fin de ce saut, et au moment où le pied gauche touche le sol, commence la détente du bras droit qui pousse le boulet en haut et en avant en lui imprimant la plus grande vitesse possible.

L'élan que peut prendre le gymnaste est limité par le règlement à un parcours de 2 mètres: à cet effet on a tracé sur le sol un carré de 2 mètres de côté dont il ne doit pas sortir.

Pour apprécier la vitesse des différents mouvements exécutés, il faut introduire dans les images la double représentation du temps et de l'espace. Le temps se mesure au moyen du chronographe visible seulement dans les cinq dernières images. C'est un cadran noir portant des divisions et que parcourt une aiguille blanche, à raison d'un tour par seconde. L'espace angulaire parcouru par l'aiguille, entre deux images consécutives, mesure le temps écoulé.

Un bon moyen de mesurer ces intervalles est de

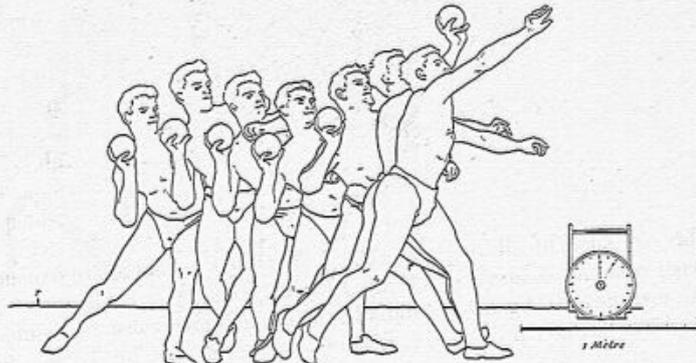


Fig. 1. — Épure d'un lancement de poids.

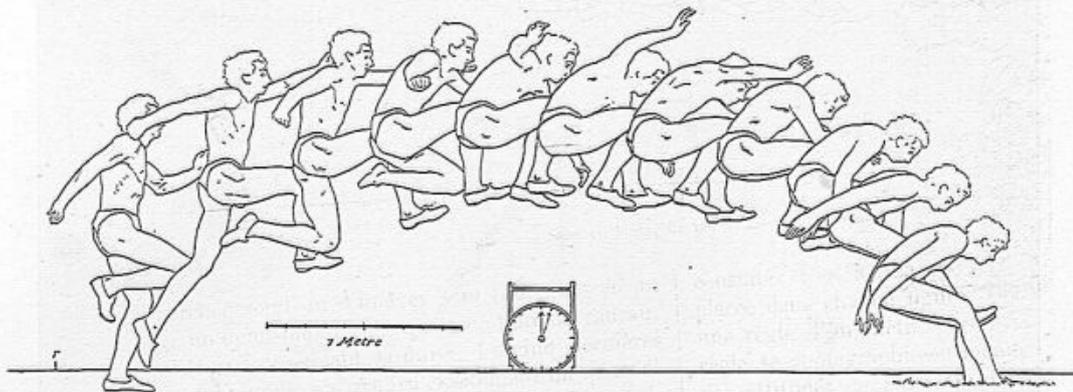


Fig. 2. — Saut en longueur par l'américain Sweeney.

rechercher combien d'images sont contenues en un tour, un demi-tour ou un quart de tour du cadran. Ainsi (fig. 5), pendant la durée des cinq dernières images, l'aiguille a parcouru exactement un quart de son tour; il y a donc eu 5 images en un quart de seconde, soit 20 images à la seconde.

Il s'ensuit que, entre deux images consécutives, le déplacement que l'on constate pour un point quelconque du corps s'est fait en un vingtième de seconde; il en est de même pour le boulet.

Reste à connaître l'étendue réelle du déplacement

constaté; c'est à cela que sert une échelle métrique placée dans chaque figure. On dispose sur le sol une règle d'un mètre portant des divisions; cette règle se photographie en même temps que chacune des attitudes de l'athlète; elle sert d'échelle pour évaluer le chemin parcouru par chacun des points considérés pendant un temps connu⁴.

⁴ Dans la figure 5, p. 512, l'échelle métrique n'est pas visible, car il a fallu rogner les images pour les rapprocher les unes des autres, c'est même pour cette raison que le cadran du chronographe a été enlevé, sauf pour les cinq dernières images.

Nous voici donc pourvus de tous les éléments nécessaires pour mesurer avec précision l'étendue et la vitesse de tous les mouvements de l'athlète. Mais cette mesure n'est pas encore très facile; il

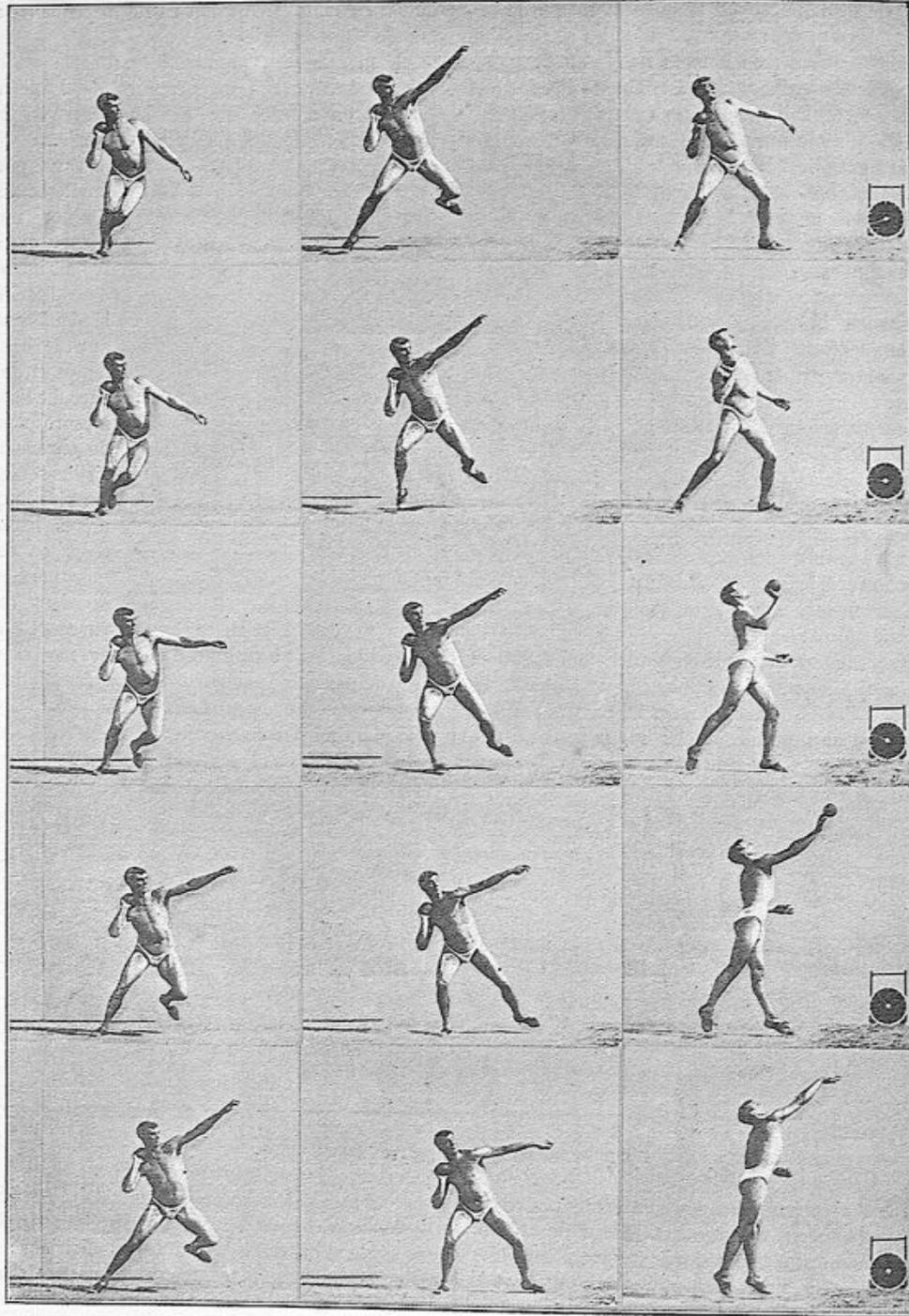


Fig. 5. — Lancement du poids par M. Sheldon.

faut, sur des figures agrandies, porter continuellement le compas d'une image à l'autre afin de mesurer le déplacement de chaque point. Une

nouvelle simplification s'impose; voici en quoi elle consiste.

Lorsque les géomètres veulent comparer deux

figures ils les superposent entre elles; aussitôt | leurs formes. Nous allons suivre la même méthode.
 apparait la différence de leurs dimensions ou de | Projétons (fig. 1), sur une feuille de papier, la

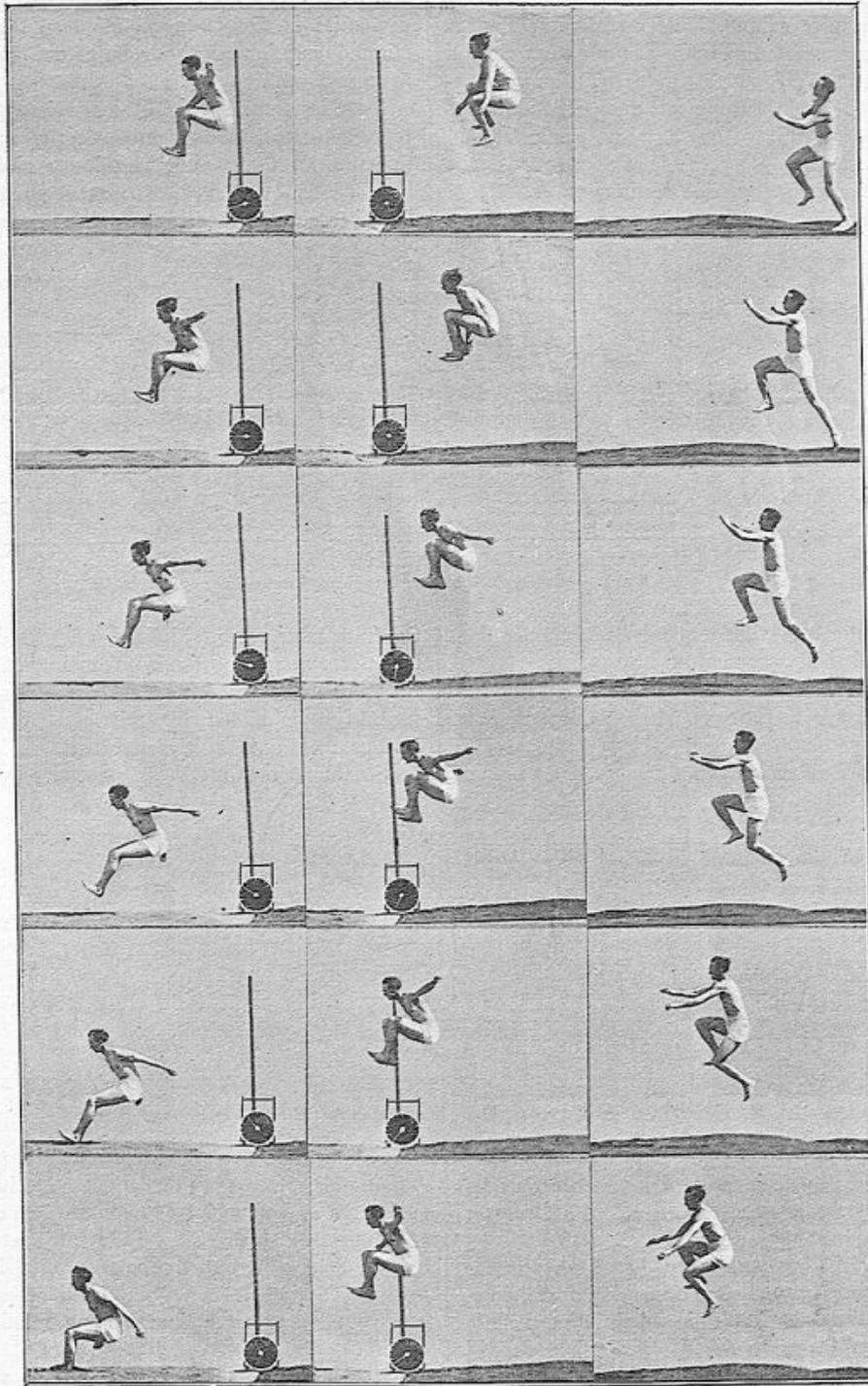


Fig. 4. — Saut en longueur par l'américain Sweeney.

première image d'une série, traçons sur ce papier | Décalquons ensuite les contours du corps et des
 la ligne du sol et marquons-y la place d'un point de | membres du gymnaste aussi fidèlement que possible.
 repère fixe r : un petit bâton fiché dans le sol. | Cela fait, projetons la seconde figure de la série et,

pour la mettre dans sa position par rapport à la première, déplaçons, s'il le faut, notre papier de façon à faire coïncider la ligne du sol et l'image du point de repère avec la ligne et le point déjà tracés dans le premier calque. Nous verrons que l'image du gymnaste ne se superpose pas aux contours qui expriment sa précédente attitude; c'est qu'un mouvement s'est produit et que chaque partie du corps a changé de position. Nous fixerons, par un second décalque, cette nouvelle attitude et nous procéderons de même pour toute la série des images.

Il résultera de ces opérations une figure d'en-

semble un peu confuse peut-être, mais que l'examen des images séparées de la série permettra d'interpréter facilement. Dans cette épreuve composite on n'a pas utilisé toutes les images dont on disposait; la résultante eût été trop touffue. On a éliminé deux images sur trois, ce qui en a réduit le nombre à sept.

Dans les figures 1 et 5, les mêmes actes sont représentés: l'athlète commence par un saut qui imprime au boulet une certaine accélération; le bras, pendant ce temps, est inactif, puisque le boulet reste constamment appliqué à l'épaule. Ensuite

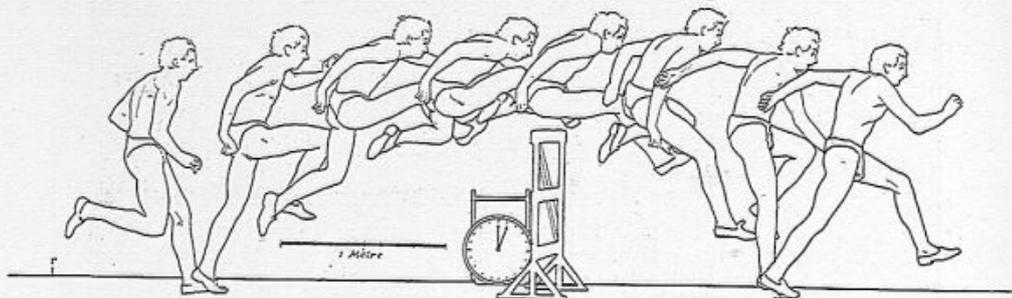


Fig. 5. — Course de haies par l'américain Kraenslein.

vient s'ajouter à la vitesse acquise une accélération nouvelle qui tient à l'action du bras.

Pour pénétrer plus avant dans l'analyse mécanique de ce sport, pour connaître, par exemple, la force qui pousse le boulet à chaque instant, il faudrait représenter toutes les images de ce projec-

tile (sans pour cela multiplier les figures de l'athlète lui-même, ce qui ne ferait qu'amener de la confusion). Une fois tracées sur le papier les positions successives du boulet, il serait facile d'en déterminer les accélérations et d'en construire la courbe; celle-ci exprimerait précisément les valeurs de

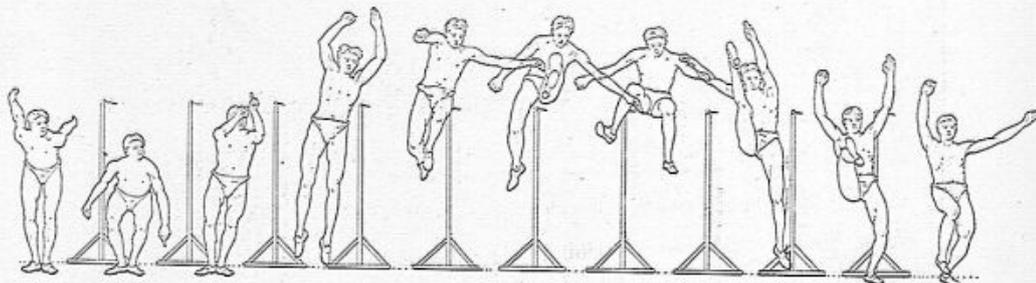


Fig. 6. — Épure du saut en hauteur par l'américain Ewry.

l'effort à chaque instant développé par l'athlète.

La même méthode se prête à l'étude de tous les autres sports, courses, sauts, etc., on en va voir encore quelques applications.

Du saut en longueur. — La figure 4 rassemble en un seul tableau une série d'images chronophotographiques disposées sur trois colonnes et dont la succession se lit, cette fois, de droite à gauche et de haut en bas. De sorte que la première image se trouve en haut et à droite du tableau; la dernière en bas et à gauche.

Comme dans l'exemple précédent, pour mieux faire suivre dans l'espace tous les mouvements du gymnaste, on a, par des décalques successifs, réuni plusieurs images en une figure unique,

véritable « épure » des mouvements (fig. 2).

Cette fois, grâce à la translation rapide du sauteur, les images avaient moins de tendance à se confondre entre elles par superposition; il a suffi d'en éliminer une sur deux pour obtenir l'expression claire et saisissante de tous les actes exécutés, actes que nul langage ne pourrait traduire d'une manière aussi précise.

La connaissance de l'étendue et de la vitesse de ces mouvements est aussi parfaite que possible. Le chronographe montre, en effet, que l'intervalle entre les images est de un quatorzième de seconde, tandis que l'échelle métrique assigne à la longueur du saut 4^m,69.

Les mêmes éléments de mesure font voir que

l'espace parcouru par le sauteur en un quatorzième de seconde était de 52 centimètres et, par conséquent, la vitesse de 7^m,28 par seconde.

Si l'on entre davantage dans le détail de la figure 2 on voit qu'un point du corps du sauteur ne parcourt pas le même espace en des temps égaux. La tête, par exemple, se déplace avec des vitesses inégales. Cela tient à ce que les jambes et les bras se déplacent à chaque instant et à ce que la translation uniforme du centre de gravité du corps implique une propulsion de la tête en avant quand les bras se portent en arrière, et inversement.

De la course de haies. — Cet exercice consiste à franchir en courant une piste sur laquelle sont disposées des haies ou barrières espacées entre elles d'un intervalle correspondant à la longueur de trois pas. Le coureur doit franchir cette série d'obstacles sans rompre son allure. Les divers gymnastes emploient des moyens très différents pour effectuer ce genre de course.

Le champion français (dont l'épure n'a pas été représentée) tournait les jambes de côté pour éviter l'obstacle, le pied droit ramené en dedans par une rotation du fémur, la cuisse gauche en abduction et le genou en dehors. Il tenait le buste droit, sa tête s'est élevée de 58 centimètres au moment où il franchit la haie.

M. Kraenslein, américain (fig. 5), élève la jambe droite presque horizontalement étendue et plie le torse en avant, en lançant les bras en arrière; le menton touche presque le genou. Pendant ce temps, la cuisse gauche est en abduction, le genou fléchi. Au moment où il franchit l'obstacle, la tête du sauteur ne s'est élevée que de 16 centimètres.

Voilà deux manières d'arriver au même résultat qui sont tout à fait différentes. La première exigeait plus d'efforts de la part de l'athlète qui faisait un saut bien plus élevé, car il élevait plus haut son centre de gravité. La seconde manière implique plus de souplesse des reins et des articulations de la jambe, mais elle exige un effort moindre et peut se soutenir plus longtemps.

Les documents recueillis à la Station physiologique et analysés de cette façon permettront de modifier entièrement les méthodes de l'éducation physique et de les établir sur l'étude de la nature elle-même et non sur des théories sans base expérimentale trop souvent contradictoires entre elles.

Dans la plupart des exercices du corps, l'adresse et l'ingéniosité ont souvent plus de part que la force physique; on en jugera par l'exemple qui va suivre :

Du saut en hauteur. — Dans ce genre de sport, les Américains ont surpassé leurs concurrents des autres nations au moyen d'un artifice que les images chronophotographiques font bien comprendre. Le saut représenté (fig. 6) est, pour ainsi dire, un mouvement sur place; pour en construire l'épure sans confusion, on a dû dissocier les images en les déplaçant toutes vers la droite d'une quantité

constante. L'étendue de ce déplacement s'apprécie d'après l'écartement des images d'un des poteaux fixes qui portent la corde à franchir.

Quand on suit, de gauche à droite, la série des images, on voit que le sauteur aborde l'obstacle par le flanc gauche et s'enlève obliquement; puis, quand il est arrivé à une hauteur telle que la corde soit un peu au-dessous de ses ischions, il élève la jambe gauche, la passe par-dessus l'obstacle, puis, abaissant cette jambe, élève la droite à son tour, la passe sur la corde et retombe enfin sur ses pieds.

Dans ce même exercice, un Français eût abordé l'obstacle de face; en sautant il eût tenu ses pieds rassemblés sous lui, à peu près comme on les voit dans le saut en longueur représenté figure 2. Mais alors, il eût dû élever les ischions à une hauteur telle, qu'entre eux et la corde il y eût eu place pour les pieds. Cela eût constitué un saut en réalité bien plus haut, et exigé un effort bien plus grand.

L'ingénieux procédé employé par les gymnastes américains était assurément légitime, puisqu'il n'était pas interdit par le règlement, peut-être même n'était-il pas prévu. Il n'en est pas moins vrai que la comparaison est bien difficile entre deux athlètes qui emploient des méthodes si différentes pour atteindre le résultat proposé. En pareil cas l'avantage appartiendra non pas au plus fort, mais au plus habile.

Ici encore, la chronophotographie détaille la succession et la vitesse de tous les actes exécutés; elle permet la comparaison des divers athlètes et de leurs méthodes.

Il entre dans le programme de la Station physiologique de continuer des études comparatives sur les divers sports, et d'accumuler les documents, jusqu'à ce que s'en dégagent les lois naturelles de l'éducation physique.

Parallèlement à ces études on analyse aussi les caractères des mouvements dans les travaux professionnels; on mesure, pour chacun d'eux, l'effort exercé et l'effet obtenu, afin de déterminer la meilleure façon d'utiliser, en les ménageant, les forces musculaires de l'homme.

MAREY,
De l'Institut.

LA RIVIÈRE SOUTERRAINE

DE LA GUINAND

Le hameau de La Guinand est situé dans le département de l'Yonne, sur les confins de celui de l'Aube. Bâti vers le haut d'une étroite vallée sèche qui descend de la forêt d'Othe, il occupe le thalweg à la cote de 244 mètres. Les puits qui donnent l'eau aux habitants doivent traverser l'argile à silex et la craie sénonienne remaniée avant d'arriver à la craie en place. Là, ils rencontrent une nappe formée par l'eau circulant au travers des diaclases très rapprochées de la craie compacte.

L'un de ces puits, profond de 29 mètres, creusé