

4913

CZYTELNIA
Z. PIASECKIEGO

E. Piasecki
Contribution à l'étude...

E. Piasecki

Contribution à l'étude des lois du travail musculaire volontaire

par

E. Piasecki.



UNIVERSYTET POZNAŃSKI

STUDJUM
WYKŁADY FIZYCZNE
Prof. Wł. Sokołowski

CRACOVIE
IMPRIMERIE DE L'UNIVERSITÉ
1907.

ych. fiz.

913

BULLETIN INTERNATIONAL DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE CRACOVIE.

CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES.

Table des articles du N° 1.

Janvier 1907.

1. M. MARIE SMOLUCHOWSKI. Contribution à la théorie du mouvement des liquides visqueux; en particulier des problèmes en deux dimensions. — 2. M. V. HUMNICKI. Sur la condensation de l'acétoguanamine avec des aldéhydes aromatiques. — 3. M. W. KUDELKA. Anatomie comparée des organes végétatifs des Groseilliers (Ribes). — 4. M. M. P. RUDZKI. Sur la profondeur du foyer du tremblement de terre de la Calabre] du 8 Sept. 1905. — 5. M. J. NOWAK. La flore fossile sénonienne de Potylicz.

Table des articles du N° 2.

Février 1907.

6. M. L. MARCHLEWSKI. Nouvelle preuve de la parenté chimique entre la matière colorante du sang et la chlorophylle. — 7. M. ZAPALOWICZ. Revue critique de la flore de la Galicie. VIII partie. — 8. M. J. LAUB. Sur les rayons cathodiques secondaires. — 9. M. J. GRZYBOWSKI. Borysław. Une monographie géologique. — 10. MM. A. KORCZYŃSKI et L. MARCHLEWSKI. Études sur les matières colorantes des racines de *Datisca Cannabina*, II. — 11. M. J. CZAJKOWSKI. Sur la préparation artificielle des sérums thérapeutiques.

Table des articles du N° 3.

Mars 1907.

12. M. S. ZAREMBA. L'équation biharmonique et une classe remarquable de fonctions fondamentales harmoniques. — 13. M. A. BOLLAND. Sur la réaction du gâfac et de l'oxyhémoglobine. — 14. M. E. JENTYS. Sur la nature chimique et la structure de l'amidon.

Contribution à l'étude des lois du travail musculaire volontaire

par

E. Piasecki.



UNIVERSYTET POZNAŃSKI.
STUDJUM 4464 III.
BIBLIOTHEKA FIZYCZNA
Poznań

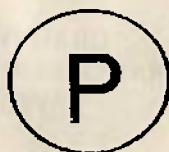
4313

CRACOVIE
IMPRIMERIE DE L'UNIVERSITÉ
1907.

4913



nr 125 445



Seance du 8 Avril 1907.

M. E. PIASECKI. Przyczynek do wiadomości o prawach pracy mięśniowej. (*Contribution à l'étude des lois du travail musculaire volontaire*). Mémoire présenté par M. N. Cybulski m. t.

(Planches XI—XII).

A. Introduction.

Depuis que Mosso (14) avait inauguré une époque nouvelle en matière d'investigation du travail musculaire volontaire, en inventant l'ergographe, son idée fondamentale est devenue l'objet de nombreuses critiques. La plupart d'auteurs fondaient leurs doutes, en premier lieu, sur le fait qu'à la fin d'un ergogramme le muscle est, en réalité, loin d'un épuisement complet et qu'il serait capable de fournir un travail important. La courbe ergographique ne donne pas, par conséquent, un tableau fidèle de la fatigue de l'appareil neuro-musculaire. Abstraction faite d'autres objections, la susmentionnée faisait un des principaux points de départ des nombreuses modifications, parmi lesquelles on doit distinguer le perfectionnement du principe primitif de l'ergographe à poids, à côté du principe nouveau de l'ergographe à ressort. Dans le premier groupe, c'est surtout Treves (17) à qui nous devons reconnaître le mérite d'avoir enrichi nos connaissances des lois du travail musculaire, en établissant une courbe de travail pratiquement infinie au moyen de l'allègement graduel de la charge. Quant aux ergographes à ressort (Cattell 2, Binet et Vasschide 1, Hough 8, Scripture 16,

Shepherd Ivory Franz 6), ils ont fourni, il est vrai, des séries beaucoup plus longues que celles de Mosso, ou même „infinies“; mais, de l'autre côté, ils ont été l'objet des critiques, en partie peut-être encore mieux fondées, que celles dirigées contre l'invention de Mosso. Leur faute principale consiste (20) dans les changements de la résistance pendant la contraction, qui ont un parcours contraire à ce qui se passe dans le travail musculaire spontané. Somme toute, nous n'avons pas encore une méthode entièrement satisfaisante. Chaque type d'investigations ergographiques ne consiste qu'en introduction de quelques conditions plus ou moins artificielles, et on ne saurait en déduire des conclusions certaines que pour le travail effectué dans les mêmes conditions.

A mon avis, de cette discussion qui est loin d'être achevée découle, après tout, l'indication de poursuivre les études du travail musculaire, en se servant des méthodes les plus variées. Ce n'est que de cette manière qu'on arrivera à établir une ou plusieurs méthodes plus rapprochées de l'idéal, ou, au moins, à faire corriger mutuellement les fautes inhérentes à chacune d'elles. Voilà l'idée qui a servi de point de départ pour l'étude présente.

Dans le mode primitif de fonctionnement de l'ergographe, c'est la hauteur des soulèvements qui varie pendant un ergogramme typique de Mosso, tandis que deux autres facteurs fondamentaux du travail, à savoir le rythme et la charge, sont constants. Les séries de Treves font varier le poids, tout en laissant la hauteur des soulèvements et le rythme à un niveau constant. Pour compléter le tableau, il serait donc indiqué d'étudier encore le troisième cas à une valeur variable, à savoir: rythme graduellement s'abaissant au fur et à mesure de la fatigue, poids et hauteur des soulèvements constants. Cependant ce mode n'a pas encore été l'objet d'investigations. Treves a fait, il est vrai, une série d'ergogrammes (18) où, au cours de la fatigue, le sujet parvenait à prendre un rythme spontané, relativement lent. Mais à en juger du compte rendu un peu laconique, c'étaient alors deux valeurs qui variaient, les expériences s'exécutant à l'ergographe modifié de cet auteur (19) à poids graduellement allégé. En outre, l'étude très intéressante de Treves rentre plutôt au domaine de psycho-physiologie, car le ralentissement nécessaire n'est pas ici évalué par l'expérimentateur d'après des données précises, mais il est pris spontanément par le sujet. De l'autre côté, les résultats de

cet auteur rendent la question posée ci-dessus plus actuelle, en démontrant que c'est la nature même qui cherche à remédier à la fatigue, en ralentissant le rythme.

Il y a, du reste, d'exemples nombreux, dans les genres divers du travail spontané, qui peuvent être classés comme travail à charge et ampleur du mouvement fixes et à rythme variable. Chez le cycliste, l'ampleur des mouvements reste rigoureusement constante; la résistance, à conditions de la route, du vent, etc., égales, ne subit non plus des variations importantes; en ce cas, ce n'est que par le rythme que la fatigue peut se manifester. Un ouvrier, mouvant une manivelle, présente aussi des conditions analogues, ainsi qu'un marcheur montant l'escalier. Même dans les modes du travail où le degré de raccourcissement des muscles n'est pas réglé par les circonstances extérieures, il arrive assez souvent que les oscillations de l'ampleur du mouvement deviennent insignifiantes en comparaison avec les changements de la cadence, la résistance gardant le même niveau. Ainsi, on conçoit facilement qu'un nageur remplit très souvent ces conditions. Pour la marche, Demeny (3) a publié les résultats d'une expérience exécutée sur 227 soldats, élèves de l'école gymnastique militaire de Joinville-le-Pont. Pendant une excursion de 44 kilomètres durant 10 h. environ, on enregistrait la vitesse, la cadence et la longueur des pas; il s'ensuit que la courbe de la vitesse va presque parallèlement à celle de la cadence, la longueur des pas ne variant que très peu.

Ces quelques remarques suffiront peut-être à démontrer qu'il ne s'agit pas dans notre étude d'investigation des conditions tout à fait artificielles, malgré la lacune vaste entre le travail d'un petit muscle donnant rythmiquement des raccourcissements maxima et très rapides d'un côté et les combinaisons complexes de contractions de l'autre côté qui ont lieu dans les divers genres de locomotion et de travail manuel.

B. Méthode.

Comme appareil, j'ai adopté l'ergographe de Mosso, fourni par Petzold (Leipzig). Au cours des expériences, j'étais obligé de le modifier sur plusieurs points, surtout pour l'adapter mieux aux travaux à longue durée et à charge élevée. Ainsi, pour pouvoir bien régler la position relative du soutien de l'avant-bras et du traîneau,

j'ai fait faire, dans la planche en bois du soutien, deux fissions transverses à travers lesquelles on pouvait fixer la planche à la table, au moyen des écrous, en deux positions diverses, l'une pour la main gauche, l'autre pour la main droite. Sans cela, on ne pouvait obtenir la position de la corde dans l'axe de l'appareil. Il m'est arrivé maintes fois, surtout quand je travaillais avec des poids lourds, que la plaque en fer du soutien de l'avant-bras s'est dégagée dans son ensemble, tirée en haut par un mouvement associé de l'avant-bras. Ce défaut fut corrigé, en ajoutant un écrou à la base des pieds de la plaque. Quant aux supports destinés à fixer l'avant-bras, j'ai trouvé, en accord avec Zoth (21), qu'on peut éloigner ceux de derrière sans aucun inconvénient. En revanche, ceux qui fixent la région du carpe ont une importance capitale. Pendant des séries prolongées, il arrivait que la fixation, solide au début, s'est relâchée peu à peu, pour permettre des mouvements associés modifiant le tracé. On a alors façonné les montants verticaux des supports de telle sorte que leurs mouvements rotatoires autour de leur axe ont été exclus; en outre, on a fait les vis qui fixent les supports, en acier et à tête quadrilatérale, à être réglées au moyen d'une clef. Pour éviter des lésions de la peau, on a dû rembourrer les supports beaucoup plus fortement. Pour la même raison, il s'est montré nécessaire de refaire les tuyaux pour les doigts index et annulaire de façon à pouvoir être ouverts de côté et de rembourrer légèrement leur surface intérieure, ce qui nous mettait à même de les adapter mieux aux doigts. L'anneau de cuir, servant à attacher la corde de l'appareil au doigt médus, ne s'est pas montré assez sûr dans les séries de longue durée; nous l'avons remplacé, à la fin d'épreuves nombreuses, par le petit appareil de Zimmermann qui s'adapte à merveille au doigt à l'aide de deux vis. Cet appareil, destiné pour un autre modèle de l'ergographe où la main travaille en pronation, se heurte, il est vrai, à la plaque du soutien pendant l'extension du médus; mais on remédie très facilement à cet inconvénient, en élargissant un peu la fente médiane de la plaque. Enfin, la corde de l'ergographe a dû être choisie parmi les plus résistantes. Quant aux moyens de prévenir des oscillations trop gênantes, causées par l'inertie de la charge, j'ai adopté ceux de Zoth (l. c.), sans éviter pourtant le fonctionnement du ruban à millimètres si imprécis que j'ai renoncé entièrement à m'en servir.

Toutes les expériences furent exécutées sur moi-même¹⁾. Pour nous mettre à l'abri des interruptions de toute sorte, des bruits etc., qui pourraient influencer les résultats (Féré 4), on a choisi, pour ce travail, une chambre à part, éloignée du reste de l'institut. Le sujet menait, durant la période d'expériences, une vie sensiblement régulière. Presque toujours les séries étaient faites aux mêmes heures de la journée, de 10 h. du matin jusqu'à midi environ. En outre, on a mis en considération les courbes quotidiennes du travail (Maggiore 13, Patrizi 15) et ce n'est qu'en cas d'une modification des résultats, contraire aux données de ces courbes, que nous avons cherché d'autres causes.

La table fut fixée au plancher et on a marqué sur ce dernier les positions de la chaise du sujet, symétriquement, pour le travail des deux mains, pour remédier aux sources d'erreur consistant en changements de position (Zoth l. c., Féré 5). Mais il n'a pas fallu aller plus loin en fixation exacte de l'angle compris entre le bras et l'avant-bras, car une expérience a prouvé que des changements de cet angle, allant de 30° jusqu'à 90°, n'avaient aucune influence marquée sur la hauteur des soulèvements. Le tronc était libre, légèrement penché en avant. Le tuyau de Zimmermann fut adapté au doigt médius de sorte qu'il immobilisait parfaitement la deuxième articulation interphalangienne, tout en laissant libre la première. Sa position était déterminée en état de flexion complète du doigt, sans charge, en l'avancant jusqu'au contact avec la première phalange. On obtenait de sorte une fixation sûre et, à la fois, l'insertion de la corde toujours au même point du doigt. Le mouvement se faisait alors aux deux articulations, ce qui n'introduit pas un mécanisme nouveau, en comparaison avec les expériences faites à l'aide de l'anneau de cuir, car, là aussi, les mouvements dans la deuxième articulation interphalangienne ne jouent pas un rôle important (Zoth l. c.). J'ai essayé aussi de travailler au moyen d'une seule articulation (métacarpo-phalangienne), en fixant le tuyau plus haut. Mais les oscillations singulièrement petites de la hauteur des soulèvements, même en cas du changement de la charge, m'ont

¹⁾ Voici quelques données sur ma personne: âge 34 ans, taille 1.72 m, poids 72 kg, complètement sain, pratiquant journellement la gymnastique médicale et le massage, s'adonnant, en outre, régulièrement aux sports (bicyclette, alpinisme, skis).

averti qu'il s'agit alors d'un mode de mouvement qui atteint trop tôt son maximum, à cause de la structure de l'articulation, et se prête ainsi moins bien pour l'étude de la fatigue.

En matière du maniement de la vis horizontale qui sert de support au traîneau de l'appareil, j'ai suivi les conseils de Zoth (l. c.). Pour compléter l'énumération des soins que j'ai mis pour rendre les résultats comparables entre eux, j'ajoute que j'ai tâché de donner, en chaque contraction, un effort maximum, et que chaque relâchement suivait immédiatement la contraction, toutes les deux phases s'effectuant le plus rapidement possible.

On a fait 35 expériences, de la moitié du décembre 1906 jusqu'à la fin du février 1907. L'ordre usuel de chaque expérience était suivant. Au début, on déterminait (planche XI, fig. 1, à gauche) la hauteur des soulèvements pour les poids différents, en soulevant chacun d'eux, au rythme très lent, 4 à 6 fois. De là on calculait le „poids maximal initial“ (Treves), c'est-à-dire le poids avec lequel le muscle donne, en un soulèvement, la plus grande valeur du travail. Puis, c'était la pause de réparation complète (Erholungspause, Zoth l. c.) qu'on évaluait à la manière indiquée par l'auteur cité (planche XI, fig. 1, à droite). On traçait alors, sur le cylindre noirci, au moyen de la plume de l'appareil, une ligne horizontale au niveau du soulèvement maximum pour le poids donné, puis deux autres lignes, une à 2.5 et l'autre à 5 mm au-dessous d'elle. (Plus tard, j'ai procédé à la manière de Treves: la deuxième ligne à la distance de $\frac{1}{10} h$ de la première, [h = soulèvement maximum], la troisième à $\frac{1}{20} h$ au-dessous de la deuxième). On commence l'expérience par un rythme un peu plus lent que celui qui suffirait à peine à permettre une réparation complète du muscle, à en juger des expériences précédentes. On exécute quelques dizaines (20 à 30) de contractions à ce rythme, puis à un rythme un peu plus rapide, jusqu'à ce qu'on obtienne un abaissement manifeste. Le rythme voisin, qui n'a pas encore donné d'abaissement — voilà le rythme à réparation complète (6 sec. à la fig. 1, pl. XI). Nous verrons plus loin que cette méthode n'a donné, dans notre étude, que des résultats approximatifs. Néanmoins, elle nous a fourni les données les plus précieuses sur l'état de la réparabilité du muscle.

Suivait, enfin, une série de contractions à charge et à hauteur du soulèvement constantes et à rythme graduellement ralenti, dont

la fig. 1, pl. XII, nous donne un fragment. (NB. Le tracé de cette fig. se lit de droite à gauche, contrairement à la fig. 1, pl. XI). On y voit qu'en matière du contrôle du niveau des soulèvements j'ai suivi la méthode de Treves (l. c.). C'est encore sur le point d'évaluation du moment auquel on procédait au changement du rythme, que j'ai adopté l'abaissement des soulèvements de $\frac{1}{10}$ pour indice, tout comme l'auteur cité l'a fait pour l'allègement de la charge.

Le rythme était réglé par un métronome. Le changement du rythme s'effectuait d'une manière bien simple. Le métronome battait une fois par seconde. Prenons le cas où l'on commençait par le rythme 4 sec. = 15 fois par min.; lorsque la hauteur des soulèvements a tombé définitivement au-dessous de la ligne horizontale, tracée à la hauteur de $\frac{9}{10}$ du soulèvement maximum au début, un aide avertissait le sujet, ou bien il le voyait lui même dans un miroir convenablement placé. Le sujet changeait alors le rythme, ne faisant, par exemple, qu'un soulèvement toutes les 5 sec. au lieu de 4 sec., et l'aide marquait ce moment sur le cylindre noirci. Bien que primitive en apparence, cette méthode s'est montrée tout à fait satisfaisante au bout d'un court temps d'exercice, des erreurs n'arrivant que très rarement. L'unique inconvénient sérieux consistait dans l'impossibilité d'une gradation plus précise, jusqu'aux fractions d'une seconde, ce qui se laissait sentir surtout aux rythmes rapides. Mais, en égard à des phénomènes un peu grossiers dont il s'agit ici, il est bien probable que ce manque de précision n'a pas trop altéré nos résultats. Le mode de gradation du rythme, nécessaire pour rétablir la hauteur primitive des soulèvements après chaque abaissement de $\frac{1}{10}$, faisait l'objet de nombreuses épreuves. J'ai fini par adopter une progression, dans laquelle chaque rythme suivant diffère de $\frac{1}{4}$ environ du précédent. Si le rythme initial = R , voici la progression:

$$R, R\left(1 - \frac{1}{n}\right), R\left(1 - \frac{1}{n}\right)^2, \dots R\left(1 - \frac{1}{n}\right)^q,$$

où $n = 4$ environ et q correspond au nombre de changements du rythme. Aux séries à rythme rapide, n assumait, au début, une valeur plus basse, pour la raison mentionnée ci-dessus. Mais il n'est pas invraisemblable que, dans ce cas, l'appareil neuro-musculaire exigeait une gradation du rythme un peu plus brusque, question que nous traiterons encore au chapitre suivant.

Il va sans dire que la méthode décrite laisse encore un terrain assez vaste aux améliorations; j'ai imaginé, pour une étude future, un mécanisme plus exact du changement du rythme et j'en rendrai compte prochainement.

Passons à la mensuration des tracés. A cause de la précision imparfaite de la bande à millimètres annexée à l'ergographe, nous avons dû mesurer chaque soulèvement immédiatement, à l'aide d'un compas. Puis, on a calculé le rendement du travail pour des périodes assez courtes, comptant le plus souvent 24 sec. Mais, vu les changements du rythme, il était impossible de ne pas laisser varier un peu la durée de ces périodes d'un temps à l'autre. Il s'ensuit qu'en prenant pour point de départ le travail total d'une période nous courrions le risque d'obtenir une courbe contenant des oscillations factices provoquées par les différences de durée des périodes. C'est ce qui nous a amené à tracer nos courbes non d'après les valeurs absolues du travail, mais bien d'après le rendement par seconde, calculé pour chaque période, valeur tout à fait indépendante de la durée de ces périodes (planche XII, fig. 2). Quant aux autres courbes, intercalées dans le texte, elles trouveront plus loin leur explication.

C. Résultats.

Nos expériences peuvent être divisées en deux groupes. Le premier comprend 15 séries de contractions à rythme initial considérablement supérieur au rythme à réparation complète. Les séries de l'autre groupe, au contraire, commencent par le rythme à réparation complète même, ou bien par une cadence encore plus lente.

Quant au premier groupe, le premier résultat à noter est que j'ai réussi, dans 10 séries sur 15, à maintenir les hauteurs des soulèvements à un niveau sensiblement constant, en changeant le rythme d'un temps à l'autre, ainsi que j'ai décrit dans le chapitre précédent. En un mot, il y a du „travail constant“, tout comme dans les expériences de Treves (l. c.). Pourquoi n'ai-je pas eu de succès, à cet égard, dans toutes les séries? En examinant de plus près les 5 séries à hauteur de contractions constamment abaissée au cours de l'expérience, nous voyons, 1-o, que ce sont justement les séries de début (du 7-ème au 17-ème jour d'entraînement). 2-o, qu'elles sont exécutées toutes avec le poids maximum (5 à 7 kg), et 3-o, que la première série à travail à peu près constant était faite

le même jour que la dernière à travail inconstant, mais alors avec un poids plus léger (3 kg). Abstraction faite des petites sources d'erreur inévitables, qui peuvent être supposées surtout dans les expériences de début, on doit alors chercher la cause dans le muscle mal entraîné qui avait encore peu de réparabilité en soulevant des poids lourds. Dans la seconde moitié de la période d'entraînement (du 37-ème au 77-ème jour) j'arrivais facilement à maintenir le niveau du travail constant, tout en travaillant avec des charges élevées. Nous traiterons encore plus loin, le degré d'exactitude du terme „travail constant“ et les oscillations de la hauteur des soulèvements.

Passons maintenant aux courbes de rendement du travail, réunies sur la planche XII. On y voit quelques tracés d'après les expériences du premier groupe, pourvus des numéros XVIII, XIX, XX, XXI, XXIV, XXVIII et XXXVI. Abstraction faite de la descente en escalier et des oscillations, ils ont un parcours comparable à des paraboles (voir plus loin), la valeur du rendement décroissant plus rapidement au début et de plus en plus lentement ensuite. Sur ce point, il y a une ressemblance marquée entre nos courbes et celles de Treves (l. c.). De plus, quand on dresse des courbes de rythme pour les mêmes expériences (fig. 1), il est évident qu'elles ont un parcours tout à fait analogue aux courbes de rendement; toutes les valeurs du rythme, multipliées par un facteur constant pour chaque expérience, donnent à peu près la valeur du rendement du point correspondant. Si nous désignons le rendement du travail par seconde — T_s , le rythme — R , la hauteur moyenne du soulèvement — h , et le poids — P , alors:

$$T_s = R \frac{hP}{60} = R \cdot c,$$

la valeur de c restant constante pour la même expérience. Ainsi, par exemple, dans l'expérience XXXVI (27 février), $h = 50.71$, $P = 6$, alors $c = 5.071$. Nous donnons ci-dessous les valeurs du rendement calculées d'après cette formule, à côté des valeurs réalisées dans l'expérience:

| Valeurs calculées | Valeurs réalisées du rendement (en kg m sec.) |
|-------------------|--|
| $R = 60$, 304.26 | 300.74 |
| $R = 30$, 152.13 | 152.77 |
| $R = 20$, 101.42 | 101.88 |
| $R = 15$, 76.06 | 75.18 |

UNIWERSYTET POZNAŃSKI

STUDJUM
FIZYKI
Dokł. Własne

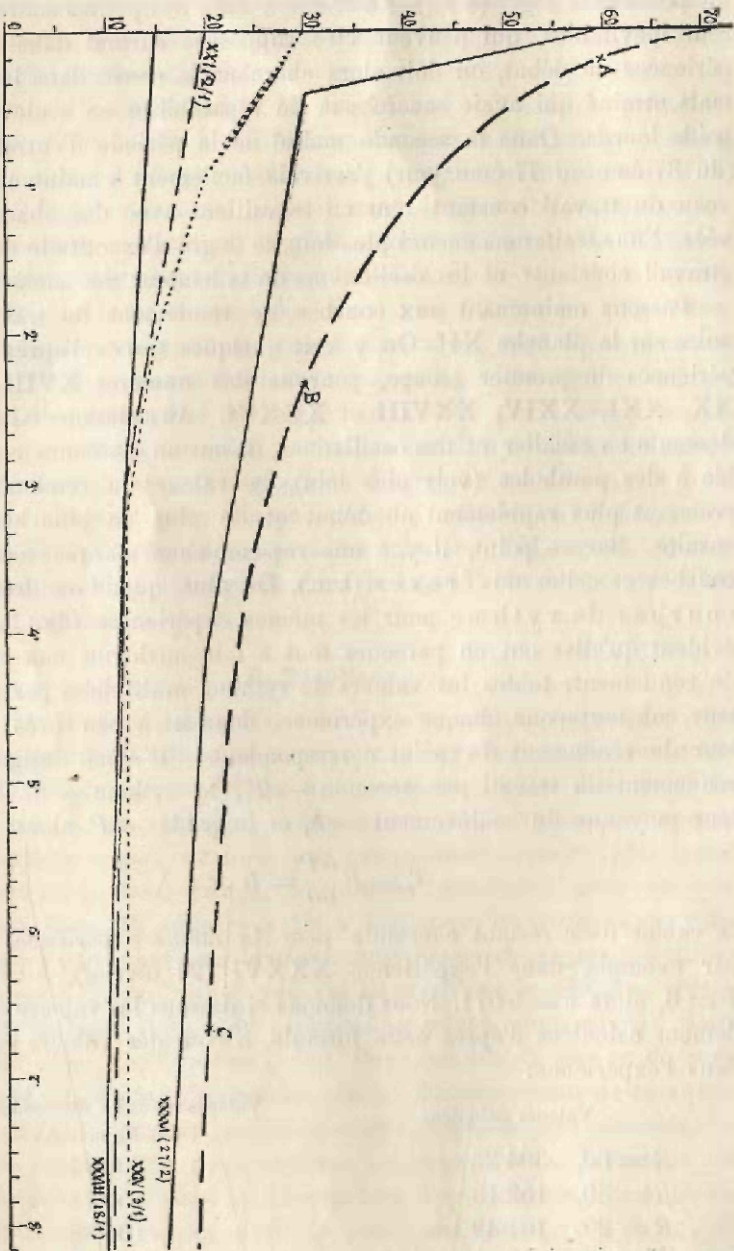


Fig. 1.

Nous trouvons, il est vrai, parfois des exceptions de cette règle du parcours quasi-parabolique. Mais on peut, en ces cas, déceler comme cause, un parcours atypique de l'expérience. Ainsi, dans la courbe XVIII (29 décembre), il y a, près du début, une période ascendante assez marquée; quand on examine l'ergogramme correspondant, on trouve, justement dans cette période, deux interruptions, de 24 sec. chacune, qui amenèrent une réparation complète. Dans la courbe XIX du même jour, on laissa tomber la hauteur des soulèvements, au rythme initial (2''), jusqu'aux $\frac{3}{4}$ de la valeur primitive; voilà pourquoi le travail ne devient constant qu'au rythme de 8'', et que la courbe du rendement prend, jusqu'à ce point, une marche un peu irrégulière. Les séries ultérieures, qui suivent rigoureusement le mode décrit au chapitre précédent, sont exemptes d'irrégularités de cette sorte.

La longueur des périodes à un rythme donné varie tellement qu'on ne peut la subordonner à une loi précise. Nous en donnerons ci-dessous quelques épreuves:

Exp. XX (31 décembre), poids 3 kg, main gauche. Périodes: rythme 4''—2' 12'', 6''—1' 48'', 8''—7' 12'', 10''—2' 20'', 12''—19', 15''—15' 15'' (sans abaissement); total, 55' 47''.

Exp. XXI (2 janvier), poids 3 kg, main droite. Périodes: 3''—2' 36'', 4''—7' 24'', 5''— jusqu'à la fin, sans abaissement; total, 29'.

Exp. XXIV (3 janvier), poids 2 kg, main gauche. Périodes: 2''—1', 3''—1' 6'', 4''—1' 8'', 5''—8' 20'', 6''—1' 48'', 8''—1' 16'', 10''—1' 30'', 12''—2'; total, 18' 8''.

Exp. XXVIII (18 janvier), poids 6 kg (max.), main gauche. Périodes: 4''—2' 48'', 5''—4' 35'', 6''—18', 8''—5' 36'', 10''—6' 10'' (sans abaissement); total, 29' 46''.

Exp. XXXIII (21 février), poids 6 kg (max.), main droite. Périodes: 2''—1' 14'', 3''—2' 15'', 4''—6' 40'' (sans abaissement); total, 10' 9''.

Exp. XXXVI (27 février), poids 6 kg (max.), main gauche. Périodes: 1''—24'', 2''—3' 24'', 3''—5', 4''—3' 12'' (sans abaissement); total, 12'.

On y voit que la marche de la durée des périodes est en général tout à fait irrégulière; ce n'est que dans une partie des expériences (XXI, XXXIII, XXXVI) qu'elles vont en augmentant plus ou moins nettement.

Je n'ai pu constater non plus l'existence d'une „période cons-

tante¹⁾ à la fin de l'expérience, bien que plusieurs expériences eussent une durée considérable (jusqu'à une heure). On ne peut, il est vrai, exclure la possibilité de l'existence d'une période pareille; des expériences plus nombreuses et plus prolongées la découvriront peut-être. Toutefois, en comparaison avec les courbes de Treves (l. c.), cette période, si elle existait, ne commencerait que beaucoup plus tard.

Théoriquement on pourrait prévoir l'influence des facteurs suivants sur la forme de la courbe: 1-o, du rapport du rythme initial au rythme à réparation complète, 2-o, du degré de l'abaissement de la hauteur des soulèvements, qui est suivi du changement du rythme, 3-o, de la différence entre les rythmes voisins. En effet, on peut constater cette influence, quoique ne se manifestant parfois qu'un peu grossièrement. Sur la planche XII, ce sont généralement les courbes commençant par un rythme relativement rapide, dont la période initiale est la plus courte. Ici appartient la courbe pleine de l'exp. XXXVI (27 février), et la courbe pointillée de l'exp. XXIV (3 janvier), dont le rythme initial est égal au double rythme à réparation complète. On doit, sans doute, compter ici aussi la courbe (composée de petites croix) de l'exp. XIX (29 décembre); quoique on n'ait pas déterminé le rythme à réparation complète le même jour, il était, 2 jours après, beaucoup plus lent que le rythme initial le 29 décembre (supérieur à 4"). Mais il y a une exception. La courbe pleine de l'exp. XXVIII (18 janvier) prend un parcours très peu escarpé, bien que le rythme initial soit, ici aussi, égal au double rythme à réparation complète. Cette exception fournit, à mon avis, la preuve qu'on doit reconnaître, à côté de la valeur relative, aussi la valeur absolue du rythme, comme un facteur dominant les phénomènes de la fatigue. Ce jour-là, la pause de réparation complète était, pour le poids maximum (6 kg), égale à 8 sec., le rythme initial alors 4 sec., ce que nous pouvons considérer comme un rythme très lent, à côté de 2" de l'exp. XIX et XXIV, ou de 1" de l'exp. XXXVI.

Nous avons déjà remarqué plus haut que dans l'exp. XIX (29 décembre), on n'a pas changé le rythme initial après l'abaissement de la hauteur des soulèvements de $\frac{1}{10}$, comme d'ordinaire, mais on

¹⁾ Nous entendons sous ce terme une période pratiquement infinie du travail constant à rythme constant (final), analogue au „poids final“ de Treves.

l'a laissé tomber jusqu'aux $\frac{3}{4}$ de la valeur initiale. Nous y voyons la cause principale de l'abaissement brusque de cette courbe, à la fin de la 1-e période et quelque temps après.

Quant à la gradation des rythmes, j'ai suivi, en général, une progression décrite au chapitre précédent. Mais, à cause de difficultés techniques, il y avait d'exceptions, surtout aux rythmes rapides. Ainsi, les rythmes initiaux: 1'', 2'', 3'', donnent une progression beaucoup plus brusque, ce qui se manifeste aux différences de hauteur plus importantes entre les périodes de début des courbes XIX, XXIV et XXXVI. Du reste, il est bien probable que, dans ces cas, la gradation, choisie ainsi à cause de circonstances extérieures, répond mieux aux besoins de l'appareil neuro-musculaire, qu'une progression uniforme. S'il y avait une réparation plus que suffisante à cause des changements du rythme trop brusques au début, cela se trahirait peut-être par la durée plus longue de la 2-e ou de la 3-e période. Cette supposition semble se vérifier à la courbe XXXVI, où la 2-e période se traîne jusqu'au delà de 3 min., ce qu'on pourrait attribuer au doublement de la pause; mais il n'y a certainement rien de pareil à la courbe XXIV, dont la 2-e période est bien courte. On peut donc supposer que, dans certaines limites, les grandes fréquences au début de l'expérience exigent une gradation plus brusque.

La charge ne semble pas avoir une influence décisive sur la forme de la courbe. Si l'on compare les tracés correspondants aux expériences à poids lourd (XVIII, XXVIII, XXXVI) à ceux à poids léger (XIX, XX, XXI, XXIV), ces deux catégories ne se différencient par aucun signe essentiel. En outre, nous voyons deux courbes jumelles (XXI et XXVIII), qu'on pourrait facilement confondre, quoique l'une d'elles soit exécutée à charge double en comparaison avec l'autre. Ces remarques ont trait non seulement aux valeurs absolues, mais aussi aux valeurs relatives des poids (c'est-à-dire, aux poids comparés au poids maximum du même jour), car, comme nous le verrons plus loin, l'entraînement n'a eu que très peu d'influence sur la valeur du poids maximum.

Parmi les séries du second groupe (rythme initial égal ou plus lent du rythme à réparation complète), le travail reste „constant“ dans 5 exp. sur 10, ce qui veut dire que les hauteurs des soulèvements ne tombent pas au-dessous des $\frac{9}{10}$ de la valeur initiale. Mais, néanmoins, on voit clairement aux courbes XXXIV et

XXXV (27 février, planche XII) que le rendement de travail s'abaisse pendant l'expérience. La fig. 1, pl. XI démontre qu'à l'exp. IX (18 décembre) la pause 5'', déterminée selon la méthode de Zoth (l. c.) devient insuffisante au bout de 5 min. 6 sec. Le même cas se présente dans les exp. XXIII, XXIX, XXXI et XXXII. Nous donnons ci-dessus quelques détails:

Exp. IX (18 décembre), poids 5 kg (max.), main gauche. Rythme à réparation complète = 5''; après 5 min. 6 sec. de travail — 6''.

Exp. XXIII (3 janvier), poids 2 kg, main gauche. Le rythme 4'', déterminé comme r. à r. c., cesse de l'être au bout de 11 min. de travail.

Exp. XXV (17 janvier), poids 2 kg, main droite. 18 min. de travail constant au rythme 3 sec. Le r. à r. c. n'était pas déterminé, mais il devrait être supérieur à 20 soulèvements par min.

Exp. XXVI (17 janvier), main gauche, le reste comme XXV.

Exp. XXVII (18 janvier), poids 2 kg, main gauche. R. à r. c. = 2''. Travail constant au rythme 3'' pendant 20 min.

Exp. XXIX (19 janvier), poids 6 kg, main gauche. R. à r. c. = 3''; mais, après 19 min. 45 sec. de travail, on a dû le changer à 4 sec., qui se montrent suffisantes jusqu'au bout de l'expérience (11 min. 56 sec.).

Exp. XXXI (30 janvier), poids 6 kg, main droite. R. à r. c. = 3'', mais il cesse de l'être après 6' 18'' de travail. On change le rythme pour 4'', qui ne sont suffisantes que pendant 4 min. 56 sec. suivantes. Ensuite, on prend le rythme de 6'' jusqu'à la fin de l'exp. (3 min. 18 sec.).

Exp. XXXII (11 février), poids 8 kg (max.), main gauche. Le même rythme à r. c., qui, après 8' 30'', doit être changé pour 4''.

Exp. XXXIV (27 février), poids 6 kg (max.), main gauche. 11 h. 20 min. du matin. R. à r. c. = 3'', qui fournit un travail „constant“ (voir plus haut) de 8 min. 50 sec.

Exp. XXXV, le même jour, toutes conditions semblables, sauf le r. à r. c., qui, à 12 h. a monté à 2'' (conformément aux courbes quotidiennes de travail de Maggiora et Patrizi).

Mettant de côté les exp. XXV-XXVII, où le rythme était plus lent que le r. à r. c., nous avons alors dans toutes les séries un abaissement manifeste de la hauteur des soulèvements pendant le travail au „rythme à réparation complète“, déterminé d'après Zoth. Cela semble prouver que ce terme, introduit

par ce savant, n'a qu'une signification relative, au moins s'il ne s'agit pas des sujets aussi admirablement entraînés que Zoth lui-même. Pour les conditions dans lesquelles se trouvait mon appareil neuromusculaire pendant cette série d'expériences, il serait indiqué, en examinant ses relations aux rythmes divers, d'évaluer la durée du travail constant à chaque rythme.

Passons maintenant à la comparaison des deux groupes d'expériences, traités ci-dessus, au point de vue de l'économie de travail. Obtient-on un rendement plus considérable, en commençant avec des rythmes rapides, ou bien avec des rythmes lents, au niveau ou au-dessous du rythme à réparation complète? Pour nous rendre compte de ces relations, il ne suffit pas d'examiner la planche XII. Il faut dessiner des courbes de la somme du travail accompli jusqu'au moment donné, ce que nous avons fait sur la fig. 2. Les ordonnées signifient ici le travail en kgm, les abscisses le temps en minutes. J'ai fait ce calcul pour les exp. XXIII et XXIV (3 janvier) aussi que pour XXXIV—XXXVI (27 février) qui étaient exécutées le même jour et avec le même poids, d'abord au rythme lent, puis au rythme rapide et graduellement ralenti. Or, on voit que les tracés correspondants aux rythmes lents, accusent une marche presque rectiligne, pendant que les exp. XXIV et XXXVI donnent des courbes quasi-paraboliques (le paramètre calculé pour les points divers va en croissant). Le 27 février, c'était le travail à rythme rapide qui l'emportait sur la série de 2" pendant les premières 3 min. 10 sec. Puis, le travail à rythme plus lent prend le dessus. Le croisement avec le tracé de 3" a lieu beaucoup plus tard; il faut remarquer, qu'à l'heure de l'exp. XXXVI, le rythme à réparation complète égalait 2". Plus bas que ces trois courbes de travail avec le poids maximum (6 kg), nous trouvons l'autre couple de tracés, du 3 janvier (poids 2 kg). Malgré la même relation entre les rythmes initiaux (1:2) que le 27 février, le travail à rythme rapide et puis ralenti, montre beaucoup plus longtemps (jusqu'à 7' 5") sa supériorité.

Il y a quelques remarques à faire. Nous avons déjà constaté plus haut que la gradation du rythme, dans l'expérience XXXVI, est vraisemblablement un peu trop brusque au début. Il s'ensuit que, au moyen d'une progression plus douce, on obtiendrait un éloignement du croisement des courbes, ou, au moins, une convexité plus accentuée du tracé XXXVI au début, ce qui veut dire que les

UNIVERSYTET POZNAŃSKI

STUDIJUM
STOWIANIA FIZYCZNE
Poznań

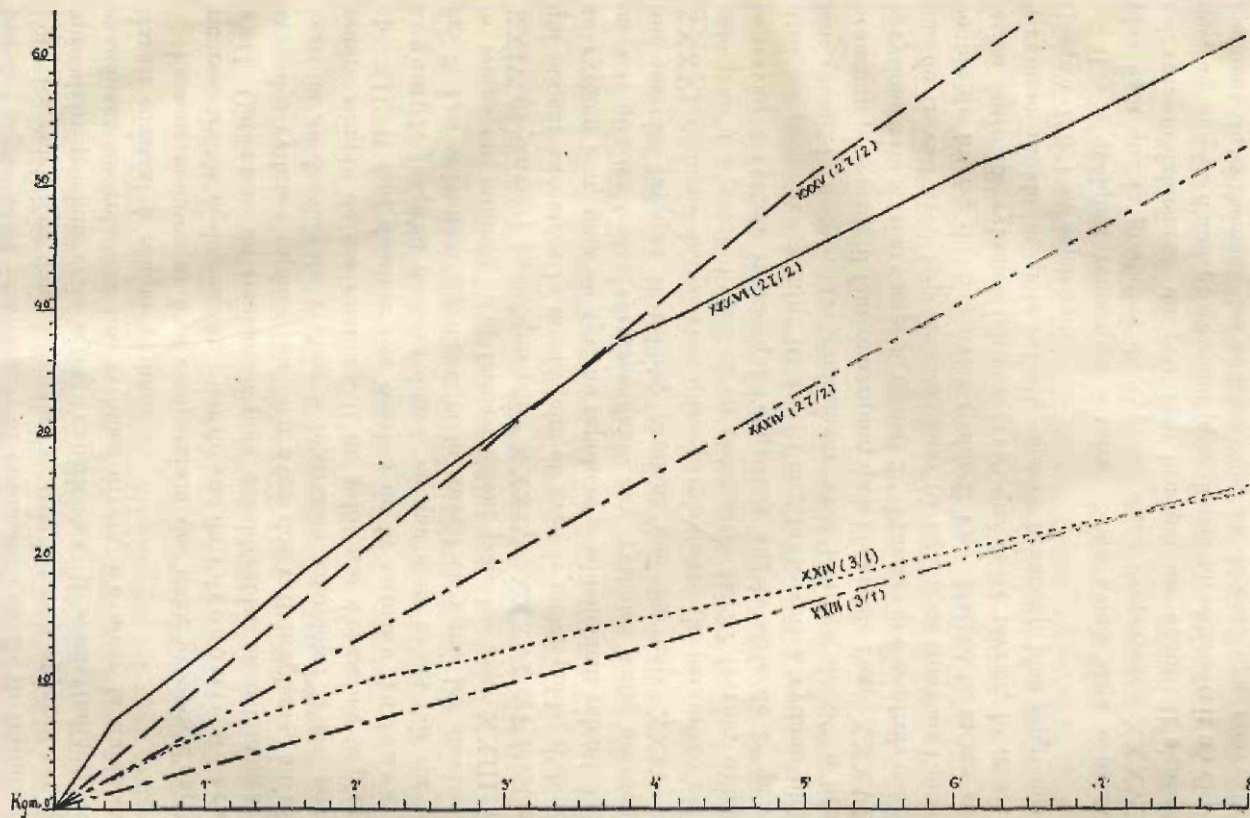


Fig. 2.



Biblioteka Główna Akademii
Wychowania Fizycznego w Poznaniu

4913



101-004454-00=0