



HAL
open science

L'expérimentation instrumentale et l'instrumentalisation de l'expérience. Succès et déclin de l'ergographe dans la représentation de l'expérience quotidienne du travail

Saraceno Marco

► To cite this version:

Saraceno Marco. L'expérimentation instrumentale et l'instrumentalisation de l'expérience. Succès et déclin de l'ergographe dans la représentation de l'expérience quotidienne du travail. À quoi servent les instruments scientifiques? - Réflexions et études de cas sur les rôles et les fonctions des instruments dans la pratique scientifique, 2016. halshs-03015156

HAL Id: halshs-03015156

<https://shs.hal.science/halshs-03015156>

Submitted on 12 Oct 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

L'EXPERIMENTATION INSTRUMENTALE ET L'INSTRUMENTALISATION DE L'EXPERIENCE. SUCCES ET DECLIN DE L'ERGOGRAPHE DANS LA REPRESENTATION DE L'EXPERIENCE QUOTIDIENNE DU TRAVAIL

Marco SARACENO
Université Paris Ouest Nanterre-La Défense

L'histoire de la méthode expérimentale en physiologie est liée en France au nom de Claude Bernard. Toutefois, en ce qui concerne le sujet qui intéresse cet ouvrage, à savoir la place des instruments dans l'histoire des pratiques expérimentales, l'œuvre de Bernard a une valeur ambivalente. Fidèle à la tradition physiopathologique, Bernard considérait l'instrument exclusivement comme continuation de la main du savant faisant du bistouri l'outil scientifique par excellence. Il considérait le développement en Allemagne, au milieu du XIX^e siècle, de ce qu'on commençait à appeler « méthode graphique » comme une forme de réductionnisme physicaliste incapable de saisir la spécificité de la vie, à laquelle il opposait une forme « expérimentale de vitalisme » dans lequel la maladie jouait le rôle « d'expérience naturelle »¹.

Tout au long de l'histoire des sciences humaines le raisonnement du père de la physiologie expérimentale française sera le principal argument contre une instrumentalisation de l'étude de l'homme. Selon cette lecture, toute expérimentation ne serait qu'une manière de réduire l'homme à un assemblage de pièces mécaniques ou de forces, en négligeant ce qui ferait justement sa spécificité, à savoir l'unité entre son être physique, biologique, psychologique et social². C'est dans cette perspective que les sciences humaines ont évité souvent d'aborder une réflexion sur le rapport entre l'instrumentation et leur ambition scientifique. Cette absence a conduit en réalité à laisser aux techniciens et aux ingénieurs qui collaborent aux recherches en sciences humaines toute la réflexion épistémologique qui accompagne la conception et l'utilisation des instruments³. En effet, en considérant les instruments comme de simples supports d'une recherche qui serait quant à elle liée à un *terrain* « vivant » que les instruments risquent toujours de « mécaniser », les sciences humaines ratent la possibilité de penser le rapport dialectique qui s'instaure entre expérience vécue et expérimentation scientifique.

Cet article cherche à étudier le rapport ambivalent entre ces deux formes d'expérience, en suivant la parabole d'un instrument utilisé en psychophysiologie expérimentale à la fin du XIX^e siècle pour mesurer le travail humain : l'ergographe. Par cette entrée, on cherche explicitement à produire une sorte de mise en abîme entre expérience vécue, instrumentalisation et expérimentation dans l'activité humaine. Le travail, en effet, est une

¹ Jean-Gaël BARBARA « Évolutions de la « méthode scientifique » dans l'école de Claude Bernard », *Claude Bernard : La méthode de la physiologie*, études réunies par Jean-Jacques KUPIEC et Michel MORANGE Éditions Rue d'Ulm, 2013, p. 83-104.

² On pense aux différentes théories de « l'homme total » qui s'opposeraient à toute psychologie expérimentale et dont l'expression la plus connue fut celle de Marcel Mauss. On ne peut que regretter que cette malheureuse notion soit souvent le seul point que les sciences humaines modernes retiennent de l'œuvre du grand anthropologue. Marcel MAUSS, « Rapports réels et pratiques de la psychologie et de la sociologie », *Journal de Psychologie Normale et Pathologique*, n° 21, 1924, p. 892-922.

³ Sur ce point voir la réflexion concernant le développement de la phonétique : Michel GROSSETTI et Louis-Jean BOË, « Sciences humaines et recherche instrumentale : qui instrumente qui? », *Revue d'anthropologie des connaissances*, n° 1, 7 mai 2008, p. 97-114..

« expérience » extrêmement particulière, caractérisée par une instrumentalisation du corps qui brouille la relation entre l'homme-réel et l'homme-mécanisme. C'est dans le travail et notamment dans le travail de la deuxième révolution industrielle que l'homme-machine et sa déclinaison énergétiste, le moteur-humain, semblent se substituer à l'homme-volonté. Pourtant, c'est justement dans le travail que la chair et l'esprit des hommes atteints par le surmenage et la monotonie des tâches industrielles semblent crier leur inéluctable *humanité* irréductible à la machine. C'est par cet enchevêtrement entre humanité et instrumentalité que l'ergographe, instrument censé produire une expérience scientifique sur l'expérience instrumentale de l'homme, assume une valeur paradigmatique.

C'est dans cette perspective que l'on souhaite suivre l'histoire de l'ergographe en étudiant le rapport analogique qu'il a entretenu avec l'évolution de l'expérience réelle du travail. Pour cela, dans une première partie on évoquera rapidement l'histoire de la notion scientifique de travail et de sa mobilisation en psychophysiologie en mettant notamment l'accent sur le rapport étroit entre cette notion et le développement de la méthode graphique vers le milieu du XIX^e siècle. Dans une deuxième partie, on présentera la création de l'ergographe en 1891 de la part du physiologiste italien Angelo Mosso et son succès pendant la dernière décennie du XIX^e siècle. Enfin, dans une troisième partie, on se concentrera sur les critiques qui, à partir des années 1904-1905, sont adressées à l'instrument, notamment de la part de l'élève de Mosso, Zaccaria Trèves.

LE CORPS AU TRAVAIL COMME OBJET DE LA METHODE GRAPHIQUE

Le travail comme notion scientifique a une histoire qui trouve son origine dans le dictionnaire de la mécanique et dans la querelle sur les forces vives qui opposaient depuis le XVIII^e siècle Leibniz aux cartésiens. Autrement dit, le travail fait son apparition en tant que concept scientifique dans un débat entre physiciens. Ce sera Gustave de Coriolis qui, en 1821, arrêta sa définition comme le déplacement du point d'application d'une force dans une direction qui ne soit pas perpendiculaire à celle de la force⁴. Le choix du terme travail n'était pas anodin. Si l'on se servait de ce terme, c'était justement pour sortir de l'idée métaphysique de la conservation de la force vive et pour expliciter le rapport entre la force utilisée pour déplacer un poids et son réel déplacement. La notion anthropologique de travail qui renvoie à l'effort quotidien pour atteindre des buts pratiques se prêtait en ce sens parfaitement à expliciter ce rapport. C'était d'ailleurs dans cette perspective que Lavoisier, quelques décennies avant Coriolis, avait trouvé dans l'utilisation commune du terme travail les prémices de la théorie énergétiste :

On peut connaître, par exemple, à combien de livres en poids répondent les efforts d'un homme qui récite un discours, d'un musicien qui joue d'un instrument. On pourrait même évaluer ce qu'il y a de mécanique dans le travail du philosophe qui réfléchit, de l'homme de lettres qui écrit, du musicien qui compose. Ces effets, considérés comme purement moraux, ont quelque chose de physique et de matériel qui permet, sous ce rapport, de les comparer avec ceux de l'homme de peine. Ce n'est donc pas sans quelque justesse que la langue française a confondu, sous la dénomination commune de travail, les efforts de l'esprit comme ceux du corps, le travail du cabinet et le travail du mercenaire⁵.

Le travail rentre donc dans la science par sa puissance évocatrice⁶. Sur ces bases la thermodynamique avait en effet, entre 1830 et 1860, élargi la notion de travail à tous les phénomènes de l'univers, autant que l'on ait pu parler d'une sorte de matérialisme transcendantal, puisque par la notion d'énergie les physiciens pouvaient

⁴ Gustave de CORIOLIS, « Mémoire sur le principe des forces vives dans les mouvements relatifs des machines », *Journal de l'école Polytechnique*, n° 13, 1832, p. 268-302.

⁵ Antoine de LAVOISIER, *Mémoire sur la chaleur*, lu à l'Académie royale des sciences, Impr. Royale, 1783

⁶ François VATIN, *Le travail, sciences et société: essais d'épistémologie et de sociologie du travail*, Bruxelles, Éd. de l'Université de Bruxelles, 1999; François VATIN, *Le travail: économie et physique, 1780-1830*, PUF, 1993.

mesurer et modéliser tout mouvement en faisant appel à un seul principe universel⁷. Tout l'univers, y compris le corps humain, rentrait de cette manière dans un grand calcul de rendement.

Or, parler du corps en termes de travail impliquait notamment de mettre l'accent d'une manière très importante sur l'étude du mouvement. C'est dans ce contexte que se développe ce qu'on appellera *Méthode graphique*, une conception de l'étude expérimentale en physiologie qui prenait comme base l'objectivation des mouvements organiques et la mesure précise de leur intensité. En passant d'une conception pathologique de l'expérimentation à cette vision énergétiste de la science du corps, l'instrument change de statut. De simple outil nécessaire à observer les effets de la maladie, l'instrument devient dès lors le traducteur des mouvements constants et insalissables qui traversent le corps en des phénomènes « objectifs » tels des courbes graphiques.

L'instrument qui ouvrit cette nouvelle ère de la recherche expérimentale fut le kymographe inventé 1847 par le physiologiste Karl Ludwig de Leipzig. Ludwig, lors de ses recherches sur la physiologie cardiaque, voulait étudier l'influence de la respiration sur la pression sanguine. Or, pour le faire, il ne pouvait pas se fier aux techniques existantes, puisqu'elles présupposaient que le physiologiste inscrive manuellement en même temps, à l'aide d'un manomètre, les moindres changements de pression sanguine et les moindres changements de pression de l'air dans le thorax. Évidemment, l'opération était matériellement impossible. La solution de Ludwig est plutôt simple⁸ :

Pour inscrire en toutes circonstances la pression précise et son extension temporelle avec le manomètre de Poiseuille, un flotteur en forme de tige est réglé sur le sommet de la colonne de mercure libre et sa partie supérieure est reliée à un stylo qui écrit la variation de la pression sur une surface plane qui se déplace devant le stylo à une vitesse constante⁹.

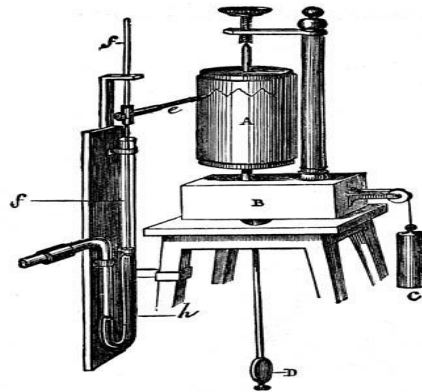


FIGURE 1 : KYMOGRAPHE, C. VERDIN. CATALOGUE DES INSTRUMENTS DE PRECISION SERVANT EN PHYSIOLOGIE ET EN MEDECINE CONSTRUITS PAR CHARLES VERDIN, CHATEAURoux, TYP. A. MAJESTÉ, 1882, P.12.

Or, il faut rappeler que le kymographe n'avait pas été conçu pour mesurer le « travail » mécanique du cœur, autrement dit, le mouvement du cœur n'était pas directement l'objet de la recherche, mais le moyen pour objectiver la fonction cardiaque. Au contraire, Étienne-Jules Marey, physiologiste passionné de mécanique animale, s'intéresse à la méthode graphique justement comme un outil pour analyser et mesurer le potentiel

⁷Anson RABINBACH, *The human motor: energy, fatigue, and the origins of modernity*, Berkeley, University of California Press, 1992.

⁸ Sur la création du kymographe, voir : Soraya de CHADAREVIAN, « Graphical method and discipline: Self-recording instruments in nineteenth-century physiology », *Studies In History and Philosophy of Science Part A*, n° 24, juin 1993, p. 267-291.

⁹Carl LUDWIG, « Beiträge zur Kenntnis des Einflusses der Respirationsbewegungen auf den Blutlauf im Aortensysteme », *Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin*, 1847, p. 257. La surface plane était un rouleau de papier fumé tournant régulièrement sur son axe.

cinématique des êtres vivants¹⁰. Il considérait ainsi les instruments inscripteurs non seulement comme des moyens pour objectiver un mouvement, mais également comme des outils pour connaître leur force. Selon le physiologiste français, la méthode graphique nous permettrait de mesurer le travail de chaque organe, « en combinant l'inscription des efforts développés à chaque instant, avec celles des chemins parcourus »¹¹. Marey pensait en ce sens utiliser les instruments physiologiques afin d'appliquer à la « machine animale », le principe du « diagramme de Watt » :

*Si l'on savait dans quelles conditions s'obtient le maximum de vitesse, de force ou de travail que peut fournir l'être vivant, cela mettrait fin à bien des discussions et à bien de tâtonnements regrettables*¹².

L'attention portée au rapport entre énergie et mouvement mettait une fonction physiologique particulière sur le devant de la scène : la contraction musculaire. En effet, les recherches sur les transformations calorifiques chez les êtres animés avaient montré que la contraction musculaire, même lorsqu'elle ne produit aucun mouvement extérieur, consomme de l'énergie pour produire ce que l'on commencera à appeler un « travail physiologique »¹³, c'est-à-dire une transformation de l'énergie en force élastique. Saisir le fonctionnement de la contraction musculaire signifiait donc approcher le processus de transformation de l'énergie en travail typique des êtres vivants.

À ce propos, une grande attention fut portée par Marey sur le myographe. Un instrument, conçu par Hermann Helmholtz en 1857 pour mesurer la périodicité des contractions musculaires et la vitesse du stimulus nerveux. Le myographe traduit les secousses provoquées par une stimulation électrique d'un muscle détaché et suspendu par son tendon, dans le mouvement d'un stylet qui, placé devant un rouleau de kymographe, trace une courbe représentant la force et la durée de la contraction¹⁴.

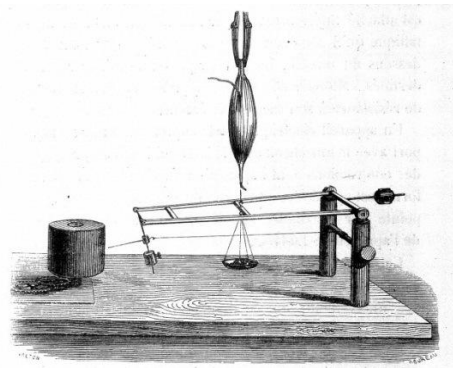


FIGURE 2 : MYOGRAPHE DE HELMHOLTZ, E.-J. MAREY, *DU MOUVEMENT DANS LA FONCTION DE LA VIE*, PARIS, BAILLIÈRE, 1868, P.133.

Marey reprit cet instrument en améliorant le système récepteur dans le but de tracer des courbes plus précises pour ainsi les comparer entre elles ; il modifia également le myographe en attachant au tendon d'un muscle de grenouille un poids afin d'étudier « l'effet des charges croissantes ou décroissantes sur la fonction

¹⁰ Cfr Liborio DIBATTISTA, *Il movimento immobile. La fisiologia di E.-J. Marey e C. E. François-Franck* (1868-1921), Firenze, Olschki, 2010, p. XIV-XV ; François DAGOGNET, *Etienne-Jules Marey. La passion de la trace*, Harzan, 1987, p. 46-47.

¹¹ Étienne-Jules MAREY, *La méthode graphique dans les sciences expérimentales et principalement en physiologie et médecine*, Masson, 1878, p XII.

¹² Étienne-Jules MAREY, *La machine animale*, G. Baillière, 1878, p. VIII.

¹³ Auguste CHAUVEAU, *Le Travail musculaire et l'énergie qu'il représente*, Asselin et Houzeau, 1891.

¹⁴ Hermann VON HELMHOLTZ, « Messungen über Fortpflanzungs-geschwindigkeit der Reizung in den Nerven », *Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin*, 1852, p. 199-216.

musculaire »¹⁵. Ce qui est mesuré dans ce cas est bien un « travail mécanique », c'est-à-dire le produit d'une force (le poids) par la hauteur de son élévation.

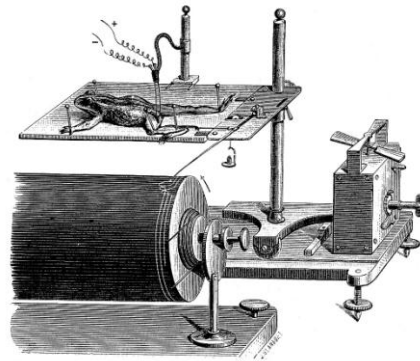


FIGURE 3 : MYOGRAPHE A POIDS DE MAREY, E.-J. MAREY, *LA METHODE GRAPHIQUE DANS LES SCIENCES EXPERIMENTALES ET PRINCIPALEMENT EN PHYSIOLOGIE ET EN MEDECINE*, PARIS, MASSON, 1878, P.513

En réalité après avoir rendu le myographe plus fiable, Marey l'abandonna. Il considérait que les instruments graphiques, en reconduisant tous les mouvements au mouvement linéaire d'un stylet sur une surface plane, ne saisissaient pas la spécificité des mouvements complexes tels que la locomotion, déterminés par leur caractère alterné. C'est dans cette quête qu'il inventa le fusil chronophotographique, un instrument capable de prendre vingt images par seconde et de décomposer les mouvements complexes. Une fois le tracé du mouvement obtenu, pour parvenir à la mesure du travail, il lui fallait connaître la force dont le mouvement dépendait. Il inventa à cette fin une plateforme dynamographique composée d'un tube en caoutchouc placé au sol qui lorsqu'il est aplati envoie une partie de l'air qu'il contient à un tambour qui soulève un stylet qui à son tour trace sur une tablette l'intensité de la force imprimée par le poids. Néanmoins, Marey remarque rapidement que le rapport entre mouvement et force dépendait largement de la fatigue cumulée¹⁶.

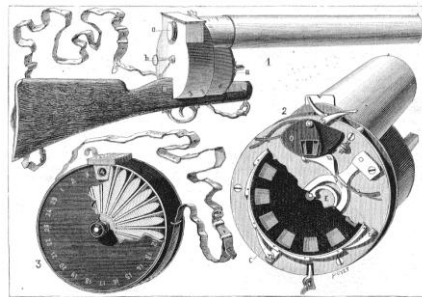


Fig. 6. Mécanisme du fusil photographique.
1 Vue d'ensemble de l'appareil. — 2. Vue de l'éclairateur et du disque à tourner. — 7. Boîte contenant vingt-cinq plaques sensibles.

FIGURE 4 : FUSIL PHOTOGRAPHIQUE, E.-J. MAREY, « LE FUSIL PHOTOGRAPHIQUE », *LA NATURE*, 1882, 22 AVRIL, P. 326-330

¹⁵ Étienne-Jules MAREY, *La méthode graphique dans les sciences expérimentales*, op. cit., p. 512.

¹⁶ Etienne-Jules MAREY, *Le mouvement*, Masson, 1894, p. 181

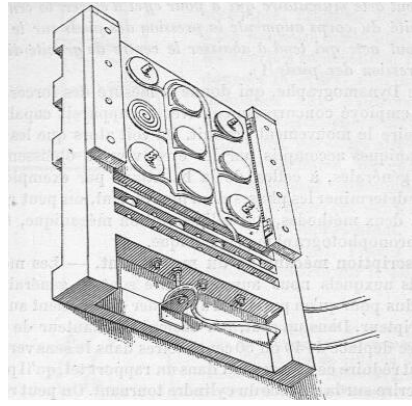


FIGURE 5 : PLATEFORME DYNAMOGRAPHIQUE DE MAREY, E.-J. MAREY, *LE MOUVEMENT*, MASSON, PARIS, 1894, P 145.

L'idée d'une mesure de la fatigue surgit en effet de ces recherches. Vers les années 1870, le physiologiste allemand Hugo Kronecker, qui avait travaillé à Paris avec Marey, une fois rentré à Leipzig, commença une série d'expériences sur des muscles de grenouille en se servant du myographe à poids. Kronecker ayant eu l'idée de ralentir fortement le rythme auquel tourne le rouleau du kymographe, arrive à tracer pour chaque contraction non plus une courbe, mais un segment. Par la suite, il développa un système de transfusion afin d'irriguer et de nettoyer avec régularité un muscle détaché de grenouille. Grâce à ce système et à une administration très attentive du stimulus électrique, Kronecker arriva à faire produire au muscle de grenouille une grande quantité régulière de contractions sans atteindre le tétanos. De cette manière, le physiologiste allemand obtient une série de segments dont la hauteur baisse progressivement. En unissant les sommets de ces segments, il obtient donc ce qu'il commencera à appeler une « courbe de la fatigue »¹⁷.

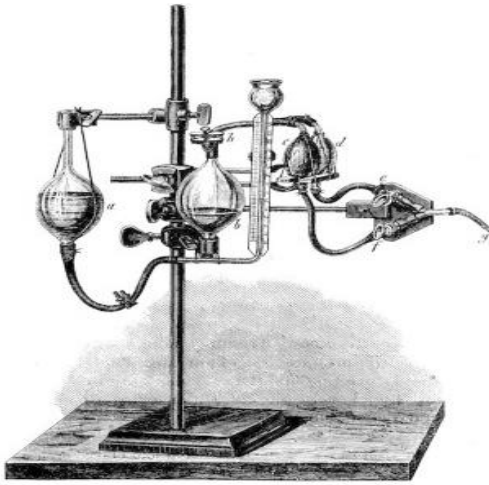
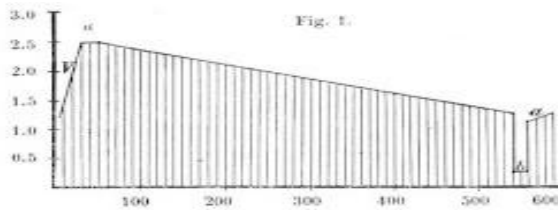


FIGURE 6 : SYSTÈME DE TRANSFUSION DU MYOGRAPHE DE KRONECKER, H. KRONECKER, « ÜBER DIE ERMÜDUNG UND ERHOLUNG DER QUERGESTREIFTEN MUSKELN », *ARBEITEN AUS DER PHYSIOLOGISCHEN ANSTALT ZU LEIPZIG*, 1871, P. 710



¹⁷Hugo KRONECKER, « Über die Ermüdung und Erholung der quergestreiften Muskeln », *Arbeiten aus der Physiologischen Anstalt zu Leipzig*, 1871, p. 177–266.

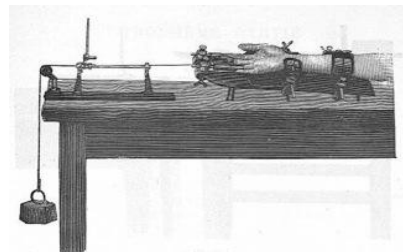
FIGURE 7 : COURBE DE LA FATIGUE DE KRONECKER, H. KRONECKER, « ÜBER DIE ERMÜDUNG UND ERHOLUNG DER QUERGESTREIFTEN MUSKELN », *CIT.*, P. 694

LA COURBE ERGOGRAPHIQUE, DE L'ANALOGIE A L'EQUATION

L'idée d'une représentation graphique de l'épuisement aura une large fortune. En effet dans l'esprit énergétiste, la fatigue se présentait comme une porte d'accès pour étudier non seulement le travail musculaire, mais le travail humain au sens large dans la perspective jadis ouverte par Lavoisier. L'expérience quotidienne de la fatigue semblait être justement ce phénomène énergétique qui est commun au travail du philosophe et à celui de l'ouvrier. C'est dans cette perspective que l'étude expérimentale de la fatigue a été à l'origine du développement d'une psychophysiologie énergétiste. D'ailleurs, le médecin turinois Angelo Mosso, considéré comme le Galilée de l'étude de la fatigue¹⁸, ayant été élève du matérialiste Jacob Moleschott et marqué par son influence, consacre ses premières recherches à l'étude des relations entre les mouvements physiologiques et l'activité intellectuelle¹⁹. Dans ces recherches, en quête d'une équivalence mécanique du travail intellectuel l'étude du travail musculaire volontaire semblait particulièrement intéressante. En effet cette activité nouait ensemble le travail musculaire, dont on pouvait mesurer la valeur en kilogrammètre, et le travail des centres nerveux dont, au contraire, l'équivalence mécanique semblait moins évidente.

Néanmoins, pour étudier la fatigue provoquée par cette activité particulière, les instruments utilisés pour tracer l'activité musculaire, à savoir le myographe et le dynamographe, ne semblaient pas utiles. En effet, d'une part, le myographe ne fonctionnait que sur des muscles détachés d'animaux décervelés, en éliminant donc toute influence de la volonté ; d'autre part, le dynamographe utilisé par Marey avec la chronophotographie ne donnait pas des résultats fiables concernant la fatigue puisqu'il mesurait la force d'un ensemble de muscles, c'est-à-dire que lorsqu'un muscle était fatigué un autre intervenait pour soulager son effort. C'est donc pour résoudre les limites de ces deux instruments dans l'étude de la fatigue provoquée par le travail musculaire volontaire que Mosso inventa un instrument capable de tracer le travail produit par un muscle isolé activé par la volonté²⁰. Le passage de la myographie à l'ergographie marque donc en même temps un changement épistémologique de la physiologie à la psychophysiologie de la fatigue²¹.

Techniquement parlant, l'ergographe inventé par Angelo Mosso en 1891 est en effet un développement du myographe. L'instrument se compose d'une planche, sur laquelle on place l'avant-bras du sujet. Le bras est contenu par un système de pinces. Deux tubes bloquent également l'annulaire et l'index. N'est ainsi laissé libre que le majeur, auquel on attache un poids par un fil relié à un levier, lequel meut un stylet sur le dispositif d'enregistrement graphique. En faisant tourner à la manière de Kronecker le rouleau de papier fumé très lentement on obtient par chaque soulèvement un segment. Au fur et à mesure que l'exercice avance, la hauteur des soulèvements se réduit jusqu'à l'inaction totale. Les tracés de l'ergographe se présentent donc comme un enchaînement de segments de moins en moins hauts. En unissant les sommets de ces segments, on obtient des courbes décroissantes jusqu'à l'axe des abscisses (hauteur nulle).



¹⁸ Anson RABINBACH, *The human motor: energy, fatigue, and the origins of modernity*, op. cit., 436 p.

¹⁹ Angelo MOSSO, *La peur: étude psycho-physiologique*, F. Alcan, 1886.

²⁰ Angelo MOSSO, « Les lois de la fatigue étudiées dans les muscles de l'homme », *Archives Italiennes de Biologie*, n° XIII, 1890, p. 123-186.

²¹ François VATIN, *Le travail et ses valeurs*, Paris, A. Michel, coll. « Bibliothèque Albin Michel idées », 2008, p. 114.

FIGURE 8 : ERGOGRAPHE, A. MOSSO, *LA FATICA*, MILANO, TRÈVES, 1891, P.54.

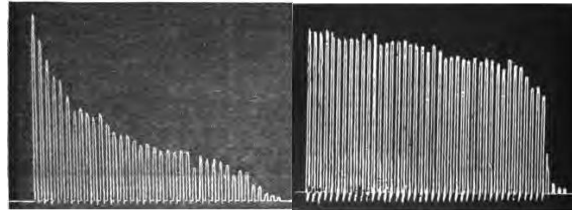


FIGURE 9 : ERGOGRAMMES, A. MOSSO, *LA FATICA*, MILANO, TRÈVES, 1891, P.58-59.

La différence graphique la plus notable par rapport aux courbes myographiques réside dans l'irrégularité des tracés. Si les formes des courbes des soulèvements volontaires sont plus diversifiées que celles des tracés obtenus en stimulant électriquement les muscles de grenouilles, certainement, cela pourrait être dû à l'influence de la volonté individuelle. Mosso, en répétant l'expérience à l'ergographe à distance de quelques mois et dans des conditions psychophysiologiques diverses, constate que chaque individu reproduit des courbes (ergogrammes) ayant toujours la même forme, comme si la manière de se fatiguer à l'ergographe était l'expression d'une qualité individuelle indépendante de la quantité de travail produit. Les expériences de Mosso montrent, donc, que chaque individu a sa *propre* façon de se fatiguer. Pour le démontrer, le physiologiste cherche un contre-exemple, en mesurant l'épuisement musculaire causé par des mouvements involontaires obtenus avec la stimulation électrique. Toutefois, lorsque Mosso applique les électrodes sur le nerf médian du bras, il obtient des tracés qui ont « une certaine similitude » avec la courbe du travail volontaire. Selon le physiologiste, cela signifie que le processus personnel de la fatigue n'est pas établi dans la volonté comme on pouvait l'imaginer, mais dans le muscle lui-même. Cette découverte conduit Mosso à une première conclusion inattendue :

Le résultat le plus nouveau et le plus intéressant des recherches faites au moyen de l'ergographe (...) consiste en ce que nous devons maintenant transporter à la périphérie et dans les muscles, certains phénomènes de la fatigue que l'on croyait, auparavant, d'origine centrale et essentiellement liés aux fonctions du système nerveux²².

Mosso, qui avait commencé ses expériences à la recherche de la mesure du travail du cerveau, se trouve face à un phénomène qui semble s'expliquer sans la participation du système nerveux central. Pourtant, cette découverte au lieu de dévoiler l'impossibilité du projet visant à étudier le fonctionnement du cerveau à travers le phénomène de l'épuisement musculaire, démontre sa validité. En effet, le fait d'avoir montré que les muscles s'épuisent "personnellement" sans l'intervention de la volonté montre, selon Mosso, que les changements physiologiques qui sous-tendent la production du travail sont les mêmes à la périphérie et au centre. Cela permet de penser l'exercice à l'ergographe, qui n'est rien d'autre que la reproduction du travail physique (soulèvement d'un poids en hauteur) comme l'archétype de toute activité de travail.

En enchaînant des expériences avec une stimulation électrique et avec le stimulus volontaire, Mosso en arrive à cette conclusion : après avoir épuisé le muscle avec le travail volontaire, on continue à soulever pendant quelques secondes avec l'excitation électrique, puis on reprend par la suite avec le travail volontaire et on remarque que les soulèvements réalisés au cours de la deuxième intervention de la volonté sont plus importants que ceux réalisés avec une stimulation électrique. Selon Mosso, cela montre que la volonté après avoir été « épuisée », suite à une courte phase de repos, a été en mesure de retourner au travail d'une manière plus efficace : en effet, la différence dans la quantité de travail ne peut pas être expliquée par un phénomène périphérique parce que le muscle n'a jamais cessé d'opérer.

La courbe tracée grâce à l'ergographe permet à Mosso de dépister deux aspects du même phénomène, deux façons d'utiliser la même énergie. Ainsi, la forme descendante de la courbe de la fatigue et le rapport étroit entre

²² Angelo MOSSO, « Les lois de la fatigue étudiées dans les muscles de l'homme », *op. cit.*, p. 141.

descente et action volontaire conduisent Mosso à des conclusions qui auraient influencé toute la psychophysiologie. Il n'y a pas un travail musculaire d'un côté et un travail intellectuel de l'autre, mais dans le cas des efforts intellectuels et physiques il s'agit d'une seule activité psycho-physiologique qui se base sur la même transformation énergétique. Pour valider cette conclusion, Mosso s'attaque directement au travail intellectuel²³. Il commence ainsi à soumettre ses collègues professeurs aux expériences ergographiques avant et après les sessions d'examens ou les cours magistraux. Les résultats, selon le physiologiste, sont sans appel : un effort intellectuel, tel que celui de donner un cours à l'université, a un impact immédiat sur la quantité de travail musculaire mesuré à l'ergographe. Cela ne peut s'expliquer, selon Mosso, que par l'idée d'une force commune à tout le corps :

La plus grande joie que j'ai ressentie au cours de mes études sur la fatigue, c'est d'avoir découvert que la dépression des forces, déterminée par l'action de la pensée ou par celle du mouvement, produit des effets identiques. Soit que l'homme travaille avec les muscles, soit qu'il travaille avec le cerveau, la nature de la fatigue est toujours la même, parce qu'il n'existe qu'une force agissante : la force nerveuse²⁴.

L'ergographe, en reproduisant une sorte de travail paradigmatique auquel toute autre forme de travail serait reconductible, se présentait donc non seulement comme un producteur de condition d'expérience, mais également comme un véritable producteur de lois scientifiques. Si d'abord, Mosso construit l'ergographe à la recherche d'une expérience de travail pouvant isoler le travail d'un muscle activé volontairement, l'aspect évocateur de la courbe tracée par l'ergographe déplace l'attention de l'expérience elle-même à la courbe. En effet, la courbe ne se présente plus comme la simple représentation graphique du soulèvement d'un poids par un doigt, mais par son aspect descendant, rappelant immédiatement l'expérience quotidienne de la fatigue, elle apparaît comme l'expression d'un phénomène intime inaccessible à l'œil.

La courbe se présentait donc dans la sémiologie de l'ergographe comme l'expression graphique de l'équation définissant le rapport entre énergie et personnalité. Ce fut d'ailleurs dans cette perspective que se développa l'ergographie à la suite des recherches d'Angelo Mosso. Ce furent principalement les psychophysiologistes Charles Henry et Josepha Ioteyko qui développèrent l'étude mathématique des courbes ergographiques. Dans leurs mains l'ergographe semble changer de statut. Les deux physiologistes ne le conçoivent plus comme un simple outil reproduisant l'expérience quotidienne de travail dans des conditions contrôlables expérimentalement, mais comme un instrument qui produit une courbe qui serait l'objectivation directe d'une loi scientifique.

La préoccupation principale de Josepha Ioteyko, physiologiste polonaise élève de Charles Richet, était le rôle joué par l'excitation nerveuse dans le rendement du travail musculaire. Elle était convaincue qu'en analysant mathématiquement la forme des courbes de l'ergographe, il était possible de déterminer l'impact des différents facteurs qui participent à l'épuisement. Inspirée par les analyses du psychiatre allemand Emil Kraepelin²⁵ qui, en faisant des tests sur l'effet de stimulants comme le thé et le café, était arrivé à la conclusion que l'abaissement des hauteurs des soulèvements correspondait à l'épuisement des forces musculaires et, la diminution de leur fréquence, à l'épuisement des forces nerveuses, J. Ioteyko, à son tour, décompose les ergogrammes sur la base de ces deux éléments qui déterminent leur forme. Elle montre notamment que la hauteur des soulèvements (fatigue musculaire) diminue beaucoup plus rapidement que leur fréquence (fatigue nerveuse) et que leur rapport (quotient de fatigabilité) détermine l'inclinaison de la courbe²⁶.

Ioteyko formule finalement une équation générale de la fatigue de type : $n = H - at^3 + bt^2 - ct$. H est la hauteur initiale de la courbe. Sa décroissance dans le temps, t , est fonction des paramètres a et c , fonction, pour

²³ Angelo MOSSO, *La fatigue intellectuelle et physique: intellectuelle et physique*, F. Alcan, 1908.

²⁴ Angelo MOSSO, *Les exercices physiques et le développement intellectuel*, F. Alcan, 1904, p. 216.

²⁵ Emil Kraepelin et Auguste Hoch, « Ueber di Wirkung der Theebestandheile auf körperliche und geistige Arbeit », *Kraepelin's Psychologisce Arbeiten*, n° 2, 1895, p. 378-488.

²⁶ Iosifina IOTAYKO, « L'effort nerveux et la fatigue », *Archives de Biologie*, n° XVI, 1899, p. 479-585.

le premier, de l'épuisement chimique du muscle et, pour le second, de son épuisement énergétique (approvisionnement en substances nutritives). A contrario, le paramètre *b* est l'expression, selon C. Henry et J. Ioteyko, de l'effort nerveux que le sujet est capable de fournir pour compenser l'épuisement énergétique et l'intoxication chimique du muscle. En postulant que l'effort nerveux varie en sens inverse de l'épuisement musculaire, J. Ioteyko considère la sensation de fatigue comme un dispositif physiologique de protection de l'organisme permettant de ménager les centres nerveux centraux. Selon elle, l'organisme développe un système de défense, de sorte que la fatigabilité des organes est inversement proportionnelle à leur hiérarchie dans l'économie énergétique du corps : les muscles se fatiguent plus rapidement que les nerfs, qui eux se fatiguent plus rapidement que le centre cérébral²⁷.

L'accent mis sur la fatigue périphérique conduit la physiologiste polonaise à exhumer un outil, inventé par Mosso, mais abandonné à cause de son imprécision : le ponomètre, instrument qui était censé compléter les recherches ergographiques en fournissant des données sur l'effort nerveux. Cet instrument est conçu de telle manière qu'un ressort à boudin élimine l'effet du poids soulevé par le doigt à moitié du soulèvement, de façon à ce que le doigt continue son mouvement une fois que le travail de soulèvement est terminé. Selon Mosso, le temps que le sujet prend pour arrêter ce mouvement sans effet utile dépend de l'effort nerveux employé. Plus l'effort nerveux employé est important et plus le mouvement du doigt est difficile à freiner. C'est la raison pour laquelle les courbes ponométriques ont une forme inversée par rapport aux tracés ergographiques. Selon Ioteyko cela serait la démonstration expérimentale de l'équation de la fatigue ; en effet, plus la fatigue augmente, plus l'effort nerveux croît pour activer un muscle de moins en moins réactif :

Les expériences ponométriques de Mosso sont à notre avis une démonstration des plus nettes du siège périphérique de la fatigue, de qui avait échappé à l'illustre physiologiste de Turin (...) Il ne peut donc être question de fatigue des centres nerveux dans le cas d'une courbe volontaire, attendu que l'effort nerveux augmente au lieu de diminuer ; et il augmente pour vaincre l'inertie envahissant le muscle fatigué²⁸.

Décroissance de l'énergie périphérique et croissance de l'effort nerveux, l'ergographe couplé avec le ponomètre devient donc un instrument qui permet d'isoler une sorte de travail pur. L'activité réelle de soulèvement d'un poids s'efface devant l'apparente paradigmativité des courbes tracées.

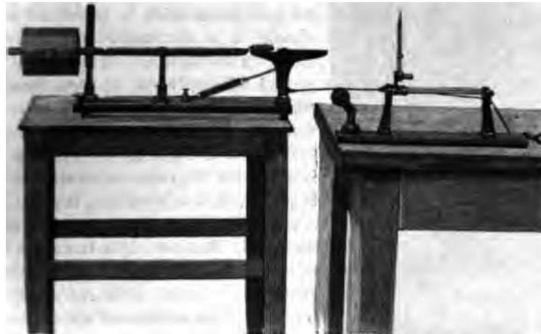


Fig. 20.

FIGURE 10 : PONOMETRE, A. MOSSO, « LES LOIS DE LA FATIGUE ETUDIEES DANS LES MUSCLES DE L'HOMME », *ARCHIVES ITALIENNES DE BIOLOGIE*, 1890, T. XIII, PP. 146.

LA CRISE DE L'ERGOGRAPHE : L'EXPERIENCE QUOTIDIENNE DE L'ECONOMIE

Le projet d'une mesure de l'économie organique par l'étude des courbes ergographiques va toutefois faire long feu. Alors que Ioteyko développait ses recherches à Bruxelles, un disciple de Mosso, Zaccaria Trèves, commençait

²⁷ Charles HENRY et Josepha IOTEYKO, « Sur l'équation générale des courbes de fatigue », *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 24 août 1903.

²⁸ Iosifina IOTEYKO, *La Fatigue*, E. Flammarion, 1920, p. 33.

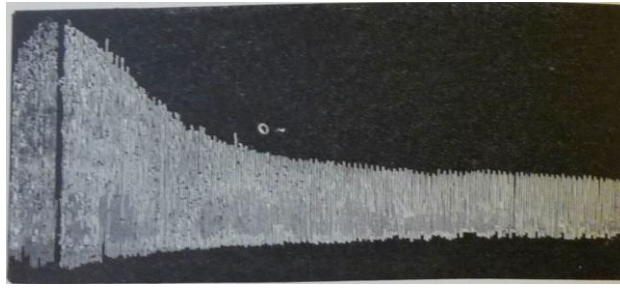
à Turin une série d'études sur le travail volontaire. Dès ses premières études²⁹, Trèves s'attaque à la fiabilité de la méthode ergographique en tant que *mesure* de la fatigue et, *a fortiori*, comme mesure de la capacité de travail, en démontrant l'invalidité d'une des 'lois' du travail musculaire établies à l'aide des courbes ergographiques. Il s'agit d'une loi, énoncée dans un article signé par Charles Richet et André Broca, qui affirme que, lorsque le travail³⁰ à l'ergographe s'accomplit avec un poids léger, on épargne de l'énergie et donc on résiste plus longtemps à la fatigue. Selon Trèves, ce raisonnement est faux, puisqu'en travaillant avec un poids « sous-maximal » bien qu'on puisse travailler plus longtemps, on produit une quantité de travail mineure, l'épargne d'énergie étant donc indémontrable. En établissant une équivalence énergétique entre le travail produit et l'énergie dépensée dans un travail avec un poids « normal » (qui épuise en quelques minutes le muscle) et celle dépensée dans un travail avec un poids léger, il apparaît que le poids de la charge n'est pas directement proportionnel à l'énergie dépensée, mais que celle-ci est en relation avec la quantité totale de travail fourni. C'est donc le concept général d'épuisement énergétique que Trèves semble viser dans son attaque contre Richet et Brocca.

Selon Trèves, Broca et Richet sont amenés à l'erreur par un défaut structurel de l'ergographe même. Le physiologiste italien observe en effet que les courbes ergographiques n'apportent aucune information quant à la quantité maximale de travail qu'un muscle peut fournir. Or, sans cette donnée, tout calcul économique reste relatif. Autrement dit, on ne peut pas déduire des lois sur le travail musculaire en partant seulement des baisses ou des augmentations de sa puissance si l'on ne connaît pas sa potentialité. La démonstration de cette thèse se trouve dans une recherche ergographique sur le travail du muscle gastrocnémien des lapins. D'abord, en mesurant le travail mécanique de chaque contraction provoquée par une stimulation électrique, Trèves arrive à trouver le poids avec lequel le muscle donne, en une seule contraction, un travail maximal avec une excitation maximale (poids maximal). Ensuite, Trèves montre que dans les ergogrammes à travail maximal après une phase de décroissance, il y a toujours une phase de travail constant qui peut durer plusieurs heures. Cette phase de travail constant est fondamentale pour la critique de la thèse de Richet et de Broca et de façon plus générale pour la critique de l'ergographe ; en effet, Trèves observe que la hauteur maximale des soulèvements pendant cette phase constante ne change pas en appliquant un poids sous-maximal, ou en baissant le stimulus.

Trèves arrive ainsi à démontrer que l'expérience de Richet et de Broca ne montre pas une épargne énergétique, mais tout simplement un travail fortement sous-maximal. Cette erreur de Richet et Broca a ses origines, selon Trèves, dans une mauvaise interprétation des courbes ergographiques, selon laquelle la paralysie qui suit la décroissance de la courbe ergographique serait l'effet d'un épuisement énergétique dû à un poids qui demande un effort très important. En réalité, selon Trèves, avec un poids maximal l'ergographe montre exclusivement la phase décroissante d'un travail non pas parce que l'énergie a été complètement épuisée, mais parce que la phase constante est rendue impossible à cause des conditions mécaniques d'exercice à l'ergographe. Trèves démontre que le poids maximal se révèle trop lourd pour être toléré longtemps à cause de la position dans laquelle se trouve le doigt qui rend sa flexion malaisée, ce qui ne signifie pas cependant que le travail constant maximal ne serait pas possible en conditions mécaniques correctes.

²⁹ Zaccaria TREVES, « Sur les lois du travail musculaire » *Archives italiennes de biologie*, n° XXIX, 1898, p. 157-179; n° XXX, 1898, p. 1-34 ; n° XXXIII 1900, p. 87-117.

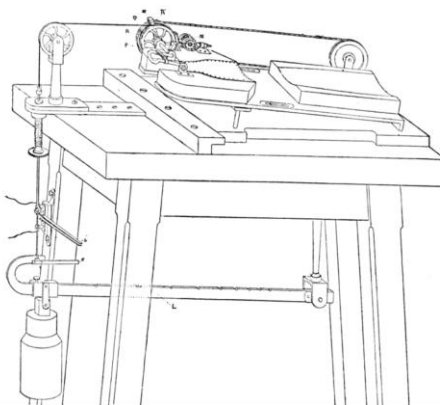
³⁰ André BROCA et Charles RICHEL, « Expériences ergographiques pour mesurer la puissance d'un muscle en régime régulier », *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 4 janvier 1898.



**FIGURE 11 : ERGOGRAMME DU TRAVAIL CONSTANT Z. TREVES, « SUR LES LOIS DU TRAVAIL MUSCULAIRE »
ARCHIVES ITALIENNES DE BIOLOGIE, 1898, T. XXIX, PP. 157-179.**

La démonstration expérimentale est ainsi poursuivie avec un ergographe modifié³¹. Le nouvel outil, en introduisant un levier qui consentait d'éliminer la charge du poids sur le doigt entre deux soulèvements, permettait d'éliminer la condition mécanique qui empêchait d'observer le travail constant. Effectivement, dans l'outil de Mosso le travail était constamment en surcharge, ce qui empêchait le déroulement normal d'un travail de soulèvement et rendait les poids maximaux immédiatement insupportables, puisque dans un travail en surcharge, au travail dynamique de soulèvement vient s'ajouter un travail statique nécessaire au soutien du poids dans la phase de descente.

L'autre modification fondamentale introduite par Trèves à l'ergographe est directement liée à l'évolution du concept de poids maximal. Trèves se rend compte que dans un travail volontaire le poids maximal varie en fonction de la fatigue, c'est-à-dire que, si on commence avec un poids maximal *A*, après quelques soulèvements le muscle ne pourra plus travailler, mais si on continue immédiatement avec un poids mineur *B*, le muscle pourra faire plus ou moins la même quantité de travail qu'avec le poids *A*. Trèves arrive ainsi à démontrer que dans le cas de la stimulation volontaire le poids maximal est toujours le plus grand poids que le muscle peut mécaniquement soulever. Cela signifie que le poids maximal varie en fonction des conditions physiologiques des muscles. C'est ainsi qu'après quelques soulèvements, un poids qui était maximal devient immédiatement surmaximal. Cela est dû à la particularité du stimulus volontaire qui n'est pas constant, mais qui s'adapte à la condition maximale de chaque poids. Ainsi, en ajoutant à l'ergographe un système qui permettait de faire varier le poids pendant l'expérience, Trèves arrive à montrer qu'en modifiant en continuation le poids maximal la volonté peut travailler constamment parce qu'elle « trouve » toujours la résistance d'un poids idéal par lequel produire un travail maximal.



**FIGURE 12 : ERGOGRAPHE MODIFIE, Z. TREVES, « LE TRAVAIL, LA FATIGUE ET L'EFFORT », L'ANNEE
PSYCHOLOGIQUE, 1905, T. XII, P. 46.**

C'est ainsi qu'en variant les poids maximaux on obtient un ergogramme composé d'une série de courbes descendantes jusqu'à arriver à un poids que Trèves appelle *poids maximal minimum* dans lequel l'ergogramme

³¹ Zaccaria Treves, « Modification à l'ergographe », *Archive italiennes de biologie*, n° XXXVI, 1901, p. 44-47.

est une ligne droite. Trèves annule ainsi toute la sémiologie de l'ergographie, en montrant que l'aspect descendant de la courbe ergographique n'est rien d'autre que l'effet des conditions d'expérience. Les recherches de Trèves démolissent l'édifice même sur lequel se fondait l'ergographie ; à savoir, l'équivalence entre la courbe tracée et le phénomène réel du travail humain. Ainsi, selon l'élève de Mosso, la découverte du travail constant :

correspond de très près à ce que l'expérience quotidienne nous enseigne ; jamais personne après avoir exécuté de forts travaux musculaires en parfaites conditions physiologiques, n'a été réduit au point de ne pouvoir plus avec les mêmes muscles fournir aucun travail ; et jamais on n'a observé, toujours en conditions physiologiques, que la moindre quantité de travail soit rendue impossible par épuisement de la volonté [...]»³².

Trèves semble critiquer directement l'idée d'un ergographe producteur d'une expérience de travail paradigmatique, en remettant l'accent sur l'activité réelle de l'ergographe et sa distance par rapport à l'expérience quotidienne de travail. Dans cette perspective, il chercha également à concevoir des ergographes qui puissent reproduire d'une manière plus proche les conditions du travail, comme un ergographe brachial, abandonnant donc l'idée d'isoler un seul muscle pour se concentrer au contraire sur l'expérience complexe de l'activité psychophysique.

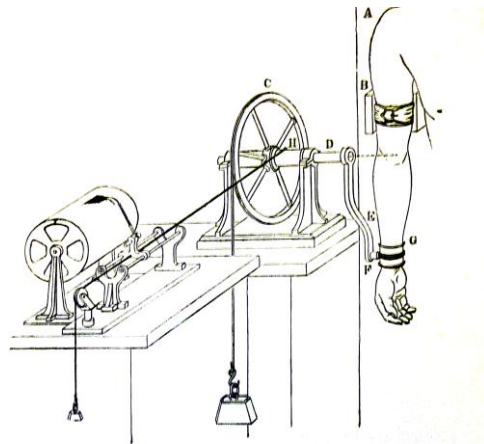


FIGURE 13 : ERGOGRAPHE BRACHIAL, Z. TREVES, « LE TRAVAIL, LA FATIGUE ET L'EFFORT », L'ANNEE PSYCHOLOGIQUE, 1905, T. XII, P. 36.

Ces conclusions sont évidemment en contradiction avec les résultats auxquels étaient arrivés Henry et Ioteyko. Avec les recherches de Trèves, l'ergographie est dépouillée de son autoévidence graphique puisque si les courbes ne représentent plus le phénomène réel alors elles peuvent encore moins avoir une valeur en tant qu'expression d'une *équation générale*. Dans l'article de synthèse *Le travail, la fatigue et l'effort*, Trèves vise directement la physiologiste polonaise :

Si donc l'organisme fonctionne de telle façon qu'il dissimule pour ainsi dire à soi-même par des mécanismes si compliqués l'apparition de la fatigue en élevant les effets utiles de son activité, nous devons reconnaître l'impossibilité absolue d'étudier les lois de la fatigue dans l'activité musculaire volontaire d'après la courbe de l'effet utile»³³.

La théorie de la fatigue comme fonction de défense n'est pas seulement niée, mais elle est même renversée. Selon Trèves, l'organisme n'arrête pas de travailler pour protéger ses parties les plus vulnérables, mais, au contraire, il arrive à dissimuler la progression de la fatigue pour maximiser l'effet utile. Autrement dit, si l'on *veut* accomplir un travail, on peut faire intervenir en continuation la volonté, même lorsque les conditions physiologiques demanderaient d'arrêter toute activité³⁴. Cela n'équivaut pas à nier l'existence d'une « économie

³² *Ibid.*, p. 32.

³³ Zaccaria TREVES, « Le travail, la fatigue et l'effort », *L'année psychologique*, n° XII, 1905, p. 54.

³⁴ C'est justement cette possibilité du surmenage qui représente pour Trèves le danger social le plus important du travail. Zaccaria TREVES, *Surmenage par suite du travail professionnel*, Torino, Tip. suc. Conte P., 1907.

naturelle », mais à reformuler la notion de rendement énergétique prenant en compte le *volontarisme* de l'effet utile recherché.

Le physiologiste italien observe ainsi que si l'on donne une tâche précise à un sujet travaillant à l'ergographe (travailler au même rythme ou soulever des poids différents à la même hauteur), la sensation de fatigue augmente sans que pour autant le travail mécanique s'accroisse. Selon Trèves, en effet, la sensation de fatigue ne dépend pas de l'épuisement énergétique, mais de la sensation de résistance causée par la difficulté du but à atteindre. Le sujet soumis à un travail à l'ergographe, en effet, n'applique pas toujours la même quantité d'effort, mais celle qui lui semble la plus apte à accomplir correctement le travail demandé ; ainsi, lorsque la résistance augmente à cause d'un changement de poids ou d'un travail prolongé, l'effort augmente pour répondre aux nouvelles conditions de travail.

Pour montrer cela, Trèves opère une nouvelle modification à l'ergographe de Mosso. Il ajoute une roue qui tourne librement, à laquelle il fixe un centimètre. Ensuite, il demande au sujet de faire revenir le doigt le plus rapidement possible au point de repos après un soulèvement, c'est-à-dire d'accomplir une extension immédiatement après une flexion. Trèves considère que le sujet pour faire cela est contraint d'utiliser « toute l'énergie dont il est capable, pour ce qui dépend de sa volonté », c'est-à-dire d'appliquer l'effort volontaire maximal dont il est capable après le soulèvement. Ce geste fait tourner la roue à une certaine vitesse, laquelle est ensuite mesurable grâce au centimètre ($V = ST$).

Grâce à cette donnée, Trèves arrive à tracer de nouvelles courbes avec lesquelles il cherche à mesurer l'effort de la volonté. La principale de ces courbes est appelée « courbe de l'accélération ». À partir de la connaissance de la vitesse et de la masse soulevée, on peut effectivement connaître la *force vive* ($F = MV^2$) et par delà, en connaissant la hauteur, le *travail final* ($L = FS$). Avec ces données il était possible de calculer le *rendement*,

c'est-à-dire la relation entre la *puissance* $\left(P = \frac{L}{T}\right)$ et l'*énergie* employée ($E = FT$), dont le résultat est l'équation de

l'accélération $\left(R = \frac{L}{(T \times TF)} = \frac{FS}{FT^2} = \frac{S}{T^2}\right)$. Selon Trèves, cette donnée de l'accélération serait l'expression d'une fonction du système nerveux central, puisqu'en confrontant sa courbe aux résultats de l'ergographe, son évolution ne semble pas liée directement à l'épuisement musculaire.

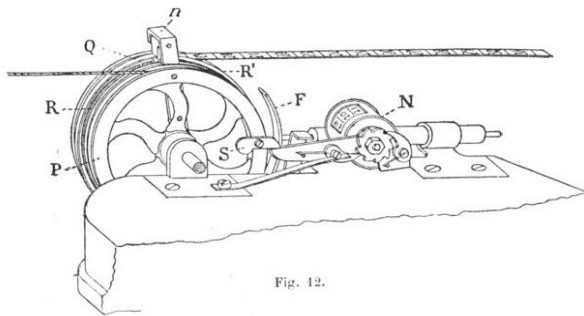


Fig. 12.

FIGURE 14 : APPAREIL POUR LA MESURE DE L'ACCELERATION, Z. TREVES, « LE TRAVAIL, LA FATIGUE ET L'EFFORT », *L'ANNEE PSYCHOLOGIQUE*, 1905, T. XII, P. 47.

Selon Trèves, cette donnée de l'accélération serait l'expression d'une fonction du système nerveux central (la « force de volonté »), puisqu'en confrontant sa courbe avec les résultats de l'ergographe, son évolution ne semble pas liée directement à l'épuisement musculaire. La courbe de l'accélération augmente, en effet, lorsque le sujet doit concentrer son effort sur un but précis et doit donc faire intervenir la volonté pour optimiser son travail.

CONCLUSION

Si l'analogie de la courbe perd son pouvoir explicatif, ce n'est pas seulement à cause de la dévalorisation scientifique de l'ergographe. Au contraire, on pourrait dire que cette dévalorisation ne peut se produire que parce que cette analogie perd de sens dans l'expérience réelle de travail. Entre la fin du XIX^e et le début du XX^e, le

travail ouvrier change radicalement de forme : la mécanisation et l'automatisation s'accroissent en rendant l'effort physique de moins en moins important et en faisant émerger des formes de travail dans lesquelles l'activité psychique et émotionnelle paraît bien plus déterminante. Dans le travail des ateliers du début du XX^e siècle, ce n'est plus l'effort physique exagéré qui est la première cause de fatigue pour l'ouvrier, mais l'éveil constant de l'attention que la précision et la monotonie des gestes lui demandent³⁵.

C'est de manière plus générale l'expérience même du travail qui se modifie : l'urbanisation et la progressive stabilisation salariale de la masse des travailleurs font de la rémunération le nouvel étalon de l'effort. C'est ainsi que Trèves souligne que pour mesurer la fatigue d'un ouvrier on ne peut plus se fier exclusivement à la quantité de travail mécanique fourni, mais l'on doit étudier également ses conditions contractuelles, dans la mesure où un travailleur à la pièce se fatiguera différemment qu'un travailleur à la journée. Trèves critique ainsi les résultats expérimentaux de l'ergographie en lui opposant l'expérience quotidienne du travail : « si on suspend un travail intéressant, ce n'est pas à cause d'un sentiment intolérable d'effort, mais parce qu'on s'aperçoit que le travail qu'on exécute ne présente plus les qualités nécessaires et ne vaut pas l'effort qu'il nous coûte »³⁶. Cette conception est proche de celle de l'économiste William Stanley Jevons qui, en 1871, définissait l'offre de travail que le travailleur est disposé à fournir comme le point d'intersection entre la croissance de la désutilité marginale de la fatigue et la décroissance de l'utilité marginale représentée par le salaire³⁷. Selon Jevons, le travailleur cesse de fournir un travail lorsque la quantité de fatigue nécessaire pour générer un revenu augmente plus rapidement que la quantité de revenus obtenue. Par delà, l'expérience ergographique qui se présentait, par son analogie graphique avec l'expérience quotidienne de la fatigue, comme un instrument capable de reproduire dans des conditions expérimentalement contrôlables l'essence du travail humain, apparaît en réalité comme un exercice particulier sans relation évidente avec l'expérience de gestion économique de l'effort que l'homme vit quotidiennement dans son activité de travail.

En observant le développement de la science du travail en parallèle avec l'histoire sociotechnique du travail, on peut conclure que les résultats de l'ergographie, bien qu'erronés d'un point de vue expérimental, s'imposent dans le débat physiologique parce qu'ils semblent *représenter* les expériences vécues par les travailleurs de la deuxième moitié du XIX^e siècle, en particulier dans un pays en fort retard industriel comme l'Italie. En effet, dans des formes de travail peu mécanisées, l'effort physique semble être le premier étalon de toute valeur économique, se prêtant ainsi à devenir la mesure de l'activité instrumentale humaine en général. C'est d'ailleurs dans cette perspective que l'économie politique « classique », à partir de la réflexion d'Adam Smith, avait défini la notion de valeur-travail sur la base de l'idée biblique du travail-peine. Or, d'une part, par la possibilité qu'elle ouvre d'un calcul de rendement universel, la notion d'énergie semble renforcer cette conception « additive » du travail comprise comme une somme d'efforts, mais, d'autre part, en montrant que la même quantité d'énergie peut produire des forces différentes en fonction de sa gestion instrumentale, cette notion permettait de dépasser cette interprétation physicaliste très simpliste, en ouvrant une réflexion sur le caractère « cybernétique » de l'activité humaine. L'ergographe apparaît au carrefour de cette double influence de l'énergétisme et cela sera à la fois la cause de son succès et de son échec.

³⁵ Ceux-ci seront d'ailleurs, à partir des années 1913-1914, les objets des recherches de la psychotechnique, nouvelle « science du travail » issue de la psychophysiologie. La notion même de fatigue change de sens, autant que le psychologue Anglais Charles Myers commença à parler de « fatigue industrielle » pour caractériser les effets du travail répétitif des ateliers industriels. Charles Samuel MYERS, « Industrial Fatigue », *The Lancet*, 22 janvier 1921, p. 205-206.

³⁶ Zaccaria TREVES, « Le travail, la fatigue et l'effort », *op. cit.*, p. 50.

³⁷ William Stanley JEVONS, *The Theory of political economy, by W. Stanley Jevons* (1871), London, Macmillan, 1879.

Le parcours esquissé dans ces pages nous témoigne donc que l'expérience humaine de l'activité de travail dans laquelle le corps est utilisé comme un instrument de la production a influencé le développement d'une recherche scientifique instrumentale sensée reproduire l'expérience économique de l'effort. Le succès, ainsi que le déclin de l'ergographe sont directement liés à l'image que l'homme *produisait* de lui-même dans l'activité *productive*. L'ergographe nous montre donc la manière dont l'instrument de l'expérience scientifique se trouve à l'interface entre les deux « expériences » que la pensée spiritualiste a souvent opposées. D'une part, en effet, l'expérience vécue ne se limite jamais simplement à « subir le réel », l'homme vit le réel en le transformant constamment par la technique ; d'autre part, l'expérience scientifique n'est pas exclusivement un enchaînement de processus parfaitement contrôlé dans lequel le réel est « neutralisé » afin d'être mieux compris, mais il est au contraire toujours à la fois un instrument rationnel de transformation du réel et une représentation humaine de cette expérience instrumentale du réel. Dans cette dernière acception, l'instrument scientifique joue un rôle ambivalent puisqu'il incarne la représentation que les hommes se font d'un réel qu'ils participent à façonner. C'est d'ailleurs dans ceci que l'on retrouvera l'originalité du caractère expérimental des sciences humaines. Puisque, dans la mesure où l'expérience scientifique n'annule pas l'expérience vitale, en cherchant à l'essentialiser, elle finit plutôt par la « représenter », en participant ainsi à la modifier.