



HAL
open science

La méthode graphique et l'esprit du “ capteur d'activité ” (1847-1920)

Marco Saraceno

► **To cite this version:**

Marco Saraceno. La méthode graphique et l'esprit du “ capteur d'activité ” (1847-1920). *L'Homme et la Société*, 2018, 207 (2), pp.51. 10.3917/lhs.207.0051 . halshs-03015029

HAL Id: halshs-03015029

<https://shs.hal.science/halshs-03015029>

Submitted on 13 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.

La méthode graphique et l'esprit du « capteur d'activité » (1847-1920) : aux sources du « self tracking », la courbe « autographique » du moteur-humain

Marco Saraceno

L'apparition et le succès de la méthode graphique en physiologie ont largement occupé les historiens depuis plusieurs décennies. L'histoire des sciences¹, l'histoire culturelle², l'histoire de l'art³, et l'histoire du travail⁴ ont trouvé dans les milliers des tracés enregistrés dans les laboratoires de physiologie des images caractéristiques d'une époque. Cette époque est celle de la fin du XIXe siècle marquée par le développement de la « technicisation » des sciences expérimentales, par les grands complexes industriels à rationaliser et les premières formes d'automatisation dont les imaginaires influenceront largement la culture de la « fin du siècle ». L'histoire a ainsi trouvé dans le caractère très fortement évocateur des tracés physiologiques « l'icône » de la rationalisation technico-scientifique du capitalisme. Cette lecture s'appuie par ailleurs sur l'explication que la science de la fin de siècle donnait de ces tracés.

L'utilisation de la méthode graphique en physiologie est en effet directement en relation avec l'assomption dans l'étude du corps humain du paradigme énergétiste de la thermodynamique qui est lui-même lié au développement de la production industrielle⁵. D'ailleurs l'emploi d'instruments d'inscription est lui-même développé d'abord dans le contexte de la gestion économique des moteurs à vapeur. Ce sera en effet l'ingénieur James Watt qui, le premier, l'utilisera pour mesurer le rendement de ces machines en inscrivant sur un graphique le temps de déplacement d'un piston.⁶ L'application de la méthode graphique à l'étude de l'organisme humain participe donc à l'élargissement des lois de l'énergie à l'ensemble des phénomènes physiques ; elle contribue alors à introduire la mesure du rendement dans la physiologie expérimentale et à véhiculer la métaphore du « moteur humain ». C'est dans cette perspective que la méthode graphique est à la base de la science du travail humain qui se développe entre la fin du XIXe et le début du XXe siècle. Elle fournit, par l'inscription des variations des rythmes et des vitesses des phénomènes physiologiques, des éléments pour mesurer les causes organiques du rendement productif et les effets des activités professionnelles sur le corps. Les tracés de la méthode graphique deviennent en ce sens des outils de gestion, permettant de faire fonctionner correctement le moteur humain afin d'obtenir l'optimum de son rendement.⁷

Si le rapport entre organisation capitaliste du travail et technique d'enregistrement de l'activité physiologique a donc été souligné par les historiens, cela n'a pas conduit à se pencher de manière spécifique sur les méthodes d'inscription elles-mêmes et sur leur rôle dans la « production » capitaliste d'un corps rentabilisable. Lorsque ces méthodes ont été étudiées, c'était principalement pour analyser la

¹S. de Chadarevian, « Graphical Method and Discipline: Self-Recording Instruments in 19th-Century Physiology », *Studies in History and Philosophy of Science*, 1993, pp. 267–291.

²R. Brain, *The Pulse of Modernism: Physiological Aesthetics in Fin-de-Siècle Europe*, Univ. of Washington Press, 2015.

³M. Braun, *Picturing Time: The Work of Etienne-Jules Marey (1830-1904)*, University of Chicago Press, 1994.

⁴A. Rabinbach., *The human motor: energy, fatigue, and the origins of modernity*, University of California Press, 1992.

⁵F. Vatin, *Le travail: économie et physique, 1780-1830*, Paris, PUF, 1993.

⁶H. E. Hoff, L. A. Geddes, « Graphic Registration before Ludwig: The Antecedents of the Kymograph », *Isis*, 1959, 50, pp. 5–21.

⁷A. Rabinbach, *The human motor*, cit. et F. Vatin, *Le travail, sciences et société: essais d'épistémologie et de sociologie du travail*, Bruxelles, Éd. Univ. de Bruxelles, 1999.

circulation des savoirs entre science, et techniques⁸, mais elles ont été rarement mises en relation avec la métaphore économique-mécaniciste du « moteur humain ». Cet article se concentrera donc sur l'évolution de ces instruments technico-scientifiques qui cherchent à inscrire graphiquement les mouvements corporels afin de montrer que l'idée d'une traduction technique de l'activité en une trace intelligible est essentielle dans l'imaginaire du moteur humain. À travers cette histoire, la métaphore du moteur-humain apparaîtra à la fois comme celle d'un homme dont le travail est rentabilisable par son inscription sur un graphe cartésien et celle d'un homme vu comme l'élément d'une chaîne technique, reliant son organisme à des appareils inscripteurs. La courbe est donc à la fois la source d'une norme mathématique par laquelle gérer le corps comme une machine, et la continuation technique de l'activité « réelle » de l'organisme.

Dans cette perspective notre article se concentrera sur la notion « d'autographie » qui est au cœur du développement de la méthode graphique. Le succès de ces instruments réside en effet dans le fait qu'ils traduisent de manière « directe » l'activité organique sans la médiation d'un interprète humain. Il s'agira donc de suivre, d'une part, les solutions techniques trouvées pour faire en sorte que le corps inscrive fidèlement son propre mouvement et, d'autre part, la manière dans laquelle cette « autographique » est valorisée comme source de rationalité. On remarquera dans cette histoire l'ambivalence de cette notion d'autographie. L'activité à rationaliser qu'il s'agissait d'inscrire n'est en effet pas exclusivement celle « automatique » de l'organisme, mais également l'action volontaire d'un sujet au travail. En ce sens, on verra que le suffixe « auto » de l'idée d'autographie revoie à la fois à l'automatisation de l'enregistrement graphique et à l'inscription « de soi par soi ».

On mobilisera pour clarifier notre développement la notion de « capteur » bien qu'il s'agisse d'une notion anachronique par rapport à notre terrain historique. Ce ne sera en effet qu'à partir des années 1950 que ce terme apparaîtra dans le dictionnaire technico-scientifique. Toutefois si le concept de capteur d'activité physique n'est pas mobilisé dans la conception des instruments de la physiologie de la fin du XIXe siècle, dans leur développement on retrouve des éléments essentiels de l'idée contemporaine d'une traduction technique de l'activité corporelle. Aujourd'hui, dans des discours comme celui du « quantified self » ou « self tracking »⁹, le capteur est présenté à la fois comme un outil de « monitoring » de l'organisme servant à gérer automatiquement son fonctionnement et comme un instrument qui permettrait au sujet de mieux « se connaître soi-même ». Cette relation ambivalente entre l'activité du corps humain et sa « traduction » technique renvoie à l'image postmoderne du cyborg, un être dont le fonctionnement est largement automatisé par le monitoring mécanique, mais dont l'autogestion technicisée est la source d'une véritable émancipation par rapport aux identités socio-historique¹⁰. Si cette image émerge avec le paradigme informationnel cybernétique, cette relation ambivalente entre activité corporelle et traduction technique trouve, bien avant le déploiement de « l'empire cybernétique »¹¹, un fondement dans le rôle joué par la méthode graphique dans la production de l'imaginaire du « moteur humain ». Sans nier l'importance de l'avènement des innovations informatiques dans l'idéal du corps humain comme système traduisible techniquement, la

⁸ H. E. Hoff, L. A. Geddes, « Ballistics and the Instrumentation of Physiology: The Velocity of the Projectile and of the Nerve Impulse », *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences* 15(2), 1960, pp. 133–146. Id.. « The Technological Background of Physiological Discovery: Ballistics and the Graphic Method », *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences* 15(4), 1960, pp. 345–363

⁹ D. Lupton, *The Quantified Self*, John Wiley & Sons, 2016.

¹⁰ D. J. Haraway, *Simians, Cyborgs and Women: The Reinvention of Nature*, New York, Routledge, 1991.

¹¹ C. Lafontaine, *L'empire cybernétique. Des machines à penser à la pensée machine*, Paris, Seuil, 2004

« préhistoire » du capteur d'activité physique que nous esquissons ici permet de montrer l'ancrage des pratiques contemporaines de suivi technique de l'activité corporelle dans le questionnement plus anthropologique concernant le rapport entre le corps comme sujet et le corps comme machin. Cette relation est celle entre le corps comme support « mécanique » de l'action (corps-machine) et le corps comme « matrice de l'activité humaine »¹² orientée par des valeurs (corps-soi). Or cette question est justement celle du travail « libre » et « rationnellement organisé » de la production capitaliste¹³ ; c'est-à-dire celle de l'utilisation du corps à la fois « par les autres » dans un processus socio-technique de production de valeur économique et « par soi » dans un processus vital et axiologique de production de « subjectivité ».

L'esprit du capteur

L'une des premières définitions « officielles » de capteur est formulée en 1975 par l'American National Standards Institute (ANSI) : « a device which provides a usable *output* in reaction to a specific *mesurand* »¹⁴. Plus spécifiquement l'*output* est défini comme « une quantité électrique » et le *mesurand* comme « une quantité, une propriété ou une condition physique qu'il s'agit de mesurer ». Or cette définition est à la fois trop étroite et trop large. Tout d'abord les *outputs* peuvent être d'autre nature qu'électrique, deuxièmement la définition ne fait pas de distinction entre le captage, la traduction et l'enregistrement d'un phénomène physique. Cela risque d'inclure dans la définition du capteur tout instrument de mesure. Néanmoins à trop distinguer on ne sait plus de quoi on parle. Ainsi après avoir distingué les capteurs des transducteurs et des détecteurs, on est contraint de déclarer que seulement une « ligne très subtile » les sépare. Il paraît donc qu'il n'est pas possible de distinguer un objet « capteur ». D'ailleurs si cette notion apparaît dans les années 1960 ce n'est pas pour attester d'une invention, mais pour rendre compte d'un projet que l'on peut définir « cybernétique » de produire un équivalent technique du sens humain :

Capteur est un terme technique commun qui est fréquemment employé seulement depuis environ une décennie, des instruments fonctionnant comme le capteur ont été utilisés depuis que l'homme a tenté de recueillir des informations fiables concernant son environnement chimique, biologique et physique. Ce n'est qu'au cours des dernières années, en raison de la rapidité accrue des capacités des microprocesseurs, que a surgi l'idée de construire un analogue technique de l'intelligence humaine avec des sens humains.¹⁵

Nous ne nous pencherons donc pas dans ce texte sur l'origine matérielle d'un objet technique « capteur », mais sur celle de l'imaginaire scientifique qui véhicule l'idée d'une « captation » technique de l'activité du corps. Pour le dire avec une expression suggestive, on se penchera sur « l'esprit » du capteur, sur sa « signification culturelle »¹⁶. L'idée de capteur fondée sur une rupture épistémologique par rapport à l'image de la continuité entre sens humains et instruments de connaissance véhiculée par la « révolution scientifique » (microscope, télescope). Il s'agit de l'idée d'une technique qui ne se limite pas à amplifier le potentiel gnoséologique humain, mais qui permet une forme de

¹² Y. Schwartz, *Le Paradigme ergologique ou un métier de philosophie*, Toulouse, Octarès, 2000, p. 664.

¹³ On s'inspire bien évidemment des réflexions classiques de M. Weber, *Éthique protestante et l'esprit du capitalisme*, Paris, Flammarion, 2001

¹⁴ Cité dans W. Gopel, J. Hesse, J.N. Zemel, *Sensors. A Comprehensive Survey. Vol.1 Fundamental and General Aspect*, Weinheim, VCH, 1989, p. 3.

¹⁵ *Ibid.*, pp. 2-3.

¹⁶ La notion d'esprit renvoie à nouveau à M. Weber, *Éthique protestante*, cit.

connaissance totalement nouvelle. C'est l'histoire de cette nouvelle relation aux outils scientifique qu'il s'agit donc de tracer, tel qu'elle est précisément définie par le physiologiste français Jules-Etienne Marey en référence aux instruments de la méthode graphique, un siècle avant la cybernétique :

Non seulement ces appareils sont destinés à remplacer parfois l'observateur, et dans ces circonstances s'acquittent de leur rôle avec supériorité incontestable; mais ils ont aussi leur domaine propre où rien ne peut les remplacer. Quand l'œil cesse de voir, l'oreille d'entendre, et le tact de sentir, ou bien quand nos sens nous donnent de trompeuses apparences, ces appareils sont comme des sens nouveaux d'une précision étonnante.¹⁷

L'idée de capteur à laquelle on fait référence est en ce sens celle d'un nouveau « sens technique » et cette idée ne semble apparaître qu'avec celle « d'enregistrement » et de « suivi ». Or, depuis l'antiquité existent des instruments (thermoscope par exemple) qui se servent de variations physico-chimiques pour déterminer l'intensité d'un phénomène. D'ailleurs les baromètres et les thermomètres du XVIIIe siècle, avec leurs différentes échelles de mesure, semblent très proches de ce qu'aujourd'hui on appellerait un « capteur » de température ou de pression. Toutefois la conception de ces outils est plus proche de celle d'une expérience scientifique que d'un instrument de mesure moderne. Il s'agissait en effet, dans la thermométrie du XVIIIe siècle par exemple, d'étudier le rapport entre deux phénomènes : l'ébullition et les modifications de hauteur d'un liquide dans une colonne de verre. La question n'était pas encore de considérer le déplacement du mercure comme l'enregistrement du phénomène thermique. Il faudra attendre le XIXe siècle et les premiers barographes et les thermographes, enregistrant les plus infimes variations de température et de pression dans le temps, pour permettre au scientifique de « comprendre ce que les instruments mesurent¹⁸ ».

Certes, comme l'ont montré Hoff et Geddes dans une série d'articles sur les « origines » de la méthode graphique on peut retrouver des systèmes d'enregistrement dans la renaissance comme des odomètres, des anomètres ou des baromètres inscripteurs, toutefois ces instruments ne trouvent pas le succès qu'ils auront au XIXe siècle¹⁹. Cela est dû au fait que les hommes du XVIIe et XVIIIe siècle ne voyaient pas l'utilité de dépenser un si grand effort technique pour inscrire des phénomènes comme les mouvements du vent ou la pression atmosphérique. C'est donc seulement lorsque l'enregistrement graphique devient indispensable qu'il se développera. Or, c'est justement au XIXe siècle que le caractère nécessaire de ces instruments apparaît. D'abord c'est dans l'étude des potentiels des poudres explosives que la nécessité de l'inscription s'impose. Cela pour deux raisons complémentaires : d'une part, l'activité des explosifs se révèle trop rapide pour être observée, d'autre part, pour évaluer le rendement des poudres il fallait comparer leur potentiel moteur. En ce sens, en continuité avec l'application balistique, ce sera la mécanique industrielle qui rendra l'inscription graphique incontournable, notamment avec « l'indicateur » de Watt. Il y'a donc deux raisons qui sont en réalité directement corrélées : premièrement, la nécessité de saisir des phénomènes, dont la variation trop rapide ou infime, ne peut être lue sur un cadran ; deuxièmement, la nécessité de mettre en relation deux phénomènes à chaque instant comme dans le calcul de rendement.

¹⁷ E.-J. Marey, *La méthode graphique dans les sciences expérimentales et principalement en physiologie et en médecine*, Paris, Masson, 1878, p. 103.

¹⁸ W. E. K. Middleton, *A history of the thermometer and its use in meteorology*, Johns Hopkins Press, 1966.

¹⁹ H. E. Hoff, L. A. Geddes, « Ballistics and the Instrumentation of Physiology », cit.

Dans cette perspective on peut considérer que le capteur apparaît avec le même « paradigme » thermodynamique qui est le vecteur principal de la métaphore du moteur-humain. En effet, d'une part, selon ce paradigme, l'univers entier y compris l'organisme est traversé par une activité constante de transformation énergétique. Corollaire de cette conception, est une nouvelle théorie de la connaissance : l'homme étant constamment immergé dans ce mouvement perpétuel est incapable de le distinguer. La technique doit donc sélectionner et isoler des parties du réel pour les rendre visibles à un homme qui, pour sa place dans la grande activité énergétique, serait incapable de les saisir. Deuxièmement, ce paradigme, concevant tout phénomène comme une phase de la transformation de l'énergie, définit le principe fondamental de la science comme la mesure du rapport entre deux formes énergétiques dans le temps (transformation de la chaleur en travail), ce qui implique de suivre toutes les variations des phénomènes à chaque instant, comme dans l'instrument de Watt.

Autographe comme inscription automatique, le capteur et le travail moteur

Le premier développement de la méthode graphique en physiologie trouve son origine dans la recherche d'une solution à un problème technique d'enregistrement. Le physiologiste allemand Karl Ludwig, afin d'étudier les effets de la respiration sur le battement cardiaque, avait besoin de comptabiliser à la fois le rythme respiratoire et celui de la pression sanguine. La difficulté d'enregistrer précisément les deux variations le conduisit à réfléchir à une forme d'enregistrement « automatique » en s'inspirant de ce que Watt avait réalisé pour l'inscription du cycle de la machine à vapeur²⁰. Il pensa donc à appliquer « un flotteur en forme de tige » sur la colonne de mercure d'un manomètre de Poiseuille. En positionnant devant ce flotteur un cylindre couvert de papier noirci et tournant à une vitesse régulière, on obtenait des courbes « dans lesquelles la hauteur exprime la pression sanguine et la largeur désigne le temps ». Le déplacement du mercure par effet de la pression sanguine inscrivait, par la médiation du flotteur, son mouvement, exactement comme le piston de Watt enregistrerait son cycle.

Cette « première » application de la méthode graphique à la physiologie a rapidement un large succès en Allemagne. Bien que la notion d'autographie ne soit pas utilisée par Ludwig, c'est bien la possibilité d'enregistrer automatiquement les phénomènes physiologiques qui rend la technique particulièrement adaptée au tournant expérimentaliste de la physiologie. Le terme autographie apparaît par ailleurs pour la première fois dans la *Note sur la vitesse de l'influx nerveux* que Herman von Helmholtz envoya à l'académie des sciences de Paris en 1851²¹. Le savant allemand afin de démontrer ses découvertes sur le temps de latence entre stimulation et contraction avait joint à sa publication des courbes tracées en utilisant un kymographe dont le stylet était mû par le rétrécissement musculaire. Le traducteur du texte, le physiologiste et ami de Helmholtz, Emil du Bois Reymond, avait annoté à côté des tracés myographiques la légende : « courbe autographique d'un muscle ». Ce sera justement Emil du Bois Reymond qui diffusera l'idée d'autographie dans les années 1970²².

²⁰ C. Ludwig, « Beiträge zur Kenntnis des Einflusses der Respirationsbewegungen auf den Blutlauf im Aortensysteme », *Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin*, 1847, pp. 242–302.

²¹ H. Helmholtz, « Deuxième Note sur la vitesse de propagation de l'agent nerveux », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*, 33, 1851, pp. 262–265

²²E. Du Bois-Reymond, « Kulturgeschichte und Naturwissenschaft. Im Verein für wissenschaftliche Vorlesungen zu Köln am 24. März 1877 gehaltener Vortrag », in *Reden von Emil du Bois-Reymond, vol.1.*, Leipzig, Veit, 1886, p. 288

Cette idée de l'automatisation de l'inscription se base bien évidemment sur une conception du corps comme automatisme. Toutefois cette représentation peut renvoyer deux images mécaniques complémentaires de l'organisme et à deux compréhensions de la continuité entre l'inscripteur de Watt et le kymographe. D'une part, on peut considérer que le corps, en fonctionnant par une constante transformation de l'énergie en mouvement, peut mouvoir automatiquement un appareil inscripteur comme les leviers d'une machine ; dans ce cas, la référence à l'instrument de Watt est exclusivement structurelle. D'autre part on peut considérer que l'activité organique est une transformation de l'énergie en mouvement dont le ratio est objectivé par la courbe ; dans ce cas la référence à Watt est épistémologique. Si les deux conceptions ne sont pas en contradiction, elles impliquent néanmoins deux approches différentes au rôle de la courbe cartésienne en physiologie. Dans le premier cas, on considère que le graphique ne peut que montrer la « forme » d'un phénomène, il croît ou il décroît par exemple (autographie comme trace imprimée automatiquement) ; dans le deuxième cas, on conçoit qu'il permet d'établir une relation mathématique entre un mouvement et un effet à chaque instant (autographie comme trace dévoilant une loi). Dans les premières recherches de l'école allemande, l'autographe est mobilisé non pas par sa valeur mathématique, mais par l'euristique de son affichage. Cette conception de l'utilisation de la courbe en physiologie avait été clairement définie par Emil Du Bois Raymond dans sa thèse écrite une année après l'article de Ludwig :

La dépendance entre un effet et chaque condition physiologique n'est pas présentable sous la forme d'une courbe, dont la loi exacte, il faut en être sûr, reste inconnue, mais dont il sera le plus souvent possible de tracer le caractère général. Il sera presque toujours possible de déterminer si la fonction croît ou diminue avec la variable étudiée.²³

Helmholtz avait en effet utilisé la courbe exclusivement pour rendre visible le « temps perdu » entre le stimulus nerveux et la contraction et non pour calculer la valeur de ce temps. Il pensait que le chronoscope restait plus fiable comme instrument de mesure que le calcul des distances entre les phases de la courbe inscrite sur le papier²⁴. La traduction des phénomènes physiologiques en traces graphiques sert donc dans un premier temps pour montrer objectivement le fonctionnement organique et non pas pour en fournir un outil de gestion rationnel²⁵. Ni Ludwig ni Helmholtz ne cherchent dans la courbe des données concernant le rendement du moteur humain, le parallèle avec l'instrument de Watt se limite donc à l'automatisme de l'inscription. Si Helmholtz calcule effectivement la rapidité du stimulus nerveux, il ne le fait pas avec les outils graphiques, puisque comme il le souligne la résistance des leviers et la pression du stylet sur la surface d'inscription peuvent fausser la précision de la mesure. Si en 1874, Ludwig envoie à son élève italien Angelo Mosso les premiers tracés de son kymographe en le définissant les premiers « balbutiements de la respiration et du cœur »²⁶, la métaphore linguistique

²³ E. du Bois Raymond, *Untersuchungen über thierische Electricitat*, 1848, XXVI-XXXIII. En commentant ce texte en 1887, du Bois Raymond utilisera la notion d'autographie en évoquant le rôle des recherches de Ludwig dans sa réflexion. Id., « Über die Lebenskraft. Aus der Vorrede zu den 'Untersuchungen über tierische Elektrizität' vom März 1848 », *Reden von Emil du Bois-Reymond vol. 2*, Leipzig, Veit, 1887, p. 26

²⁴ Holmes, Frederic L., and Kathryn M. Olesko. 1994. "The Images of Precision: Helmholtz and the Graphical Method in Physiology." In *The Values of Precision*, edited by Norton Wise, 198–221. Princeton: Princeton University Press.

²⁵ D'après Henning Schmidgen la première utilisation de l'expression « autographie » dans la deuxième note de Helmholtz ferait référence à une pratique d'imprimerie qu'on appelait en France au début du XIXe siècle « autographie ». Cette méthode consistait à transposer sur une pierre de lithographie des dessins réalisés sur un « papier report » à l'aide d'un ancre gras. H. Schmidgen, « Leviathan and the Myograph: Hermann Helmholtz's "Second Note" on the Propagation Speed of Nervous Stimulations », *Science in Context*, 2015, vol. 28, p. 383.

²⁶ C. Ludwig, « Prima curva della pressione del sangue e della respirazione scritta da Ludwig il 12 dicembre 1846 », *Università di Torino, Fondo Angelo Mosso*.

semblent faire référence à une nouvelle méthode de communication scientifique « universelle » plus qu'au langage propre de l'organisme.

La compréhension de l'autographie comme l'objectivation « directe » d'une loi physiologique mathématisée apparaît avec l'application de la méthode graphique à l'étude biomécanique de l'organisme commencée justement par les travaux de Marey. Le physiologiste français utilise en effet les instruments inscripteurs non plus pour visualiser l'évolution d'une fonction physiologique, mais comme un outil pour saisir les composantes de ce qui représente, selon sa perspective, le fondement de tout phénomène naturel, à savoir le mouvement :

J'ai fait une plus grande part au mouvement dans les fonctions de la vie et je pense, avec Cl. Bernard, que le mouvement est l'acte le plus important, en ce que toutes les fonctions empruntent son concours pour s'accomplir. Bien plus, il faut aujourd'hui envisager le mouvement dans un sens plus large, et lui rattacher un grand nombre de changements d'état dont l'étude appartient également à la méthode graphique.²⁷

En assumant le paradigme énergétiste à partir de son principe dynamique de la transformation de l'énergie en travail, Marey pensait que l'orientation essentielle de l'étude scientifique devait être la compréhension et la mesure du mouvement. C'est en ce sens que la courbe n'a plus le seul intérêt de la forme, mais devient également la possibilité de fixer à chaque instant l'évolution du principe de mobilité. De là la référence à Watt change. Il ne s'agit plus exclusivement d'appliquer au corps la technique d'enregistrement de l'ingénieur, mais également de se servir de la courbe pour objectiver le calcul de rendement :

Ainsi, la connaissance d'un mouvement constitue une notion essentiellement incomplète; la véritable détermination d'une force est celle du travail mécanique produit. [...] la méthode graphique donne directement cette mesure, en combinant l'inscription des efforts développés à chaque instant, avec celle des chemins parcourus.²⁸

Cela explique probablement la relative absence de la notion d'autographie dans l'oeuvre du plus important contributeur au développement de la méthode graphique. Le terme apparaît dans les années 1860 dans les premières recherches de Marey avec les instruments inscripteurs²⁹ et on la retrouve une seule fois dans l'important ouvrage de synthèse que l'auteur consacre en 1878 à la méthode graphique. Certes, dans ce texte on rencontre la métaphore linguistique de Ludwig : « Tous ces changements dans l'activité des forces, la méthode graphique les traduit sous une forme saisissante que l'on pourrait appeler le langage des phénomènes eux-mêmes ». ³⁰ Toutefois, l'analogie avec la « langue », semble ici renvoyer à l'idiome mathématique de l'univers : l'instrument inscrit la loi même du mouvement. Il ne s'agit pas de la parole intime des faits physiologiques, mais de leur code de fonctionnement. Dans l'ouvrage *La machine animale*, consacré à l'étude de la locomotion et que François Dagognet considère comme un tournant essentiel³¹ dans l'oeuvre du physiologiste, le terme autographie est d'ailleurs absent. Pourtant justement dans ce texte Marey précise l'objet de sa biomécanique : il abandonne en effet la

²⁷ E. J. Marey, *Du mouvement dans les fonctions de la vie*, Paris, Masson, 1868, p. VI.

²⁸ Id., *La méthode graphique*, cit., p. XII.

²⁹ A. Chauveau, E.-J. Marey, « Détermination graphique des rapports du choc du coeur avec les mouvements des oreillettes et des ventricules, expériences faites à l'aide d'un appareil enregistreur (sphygmographe) », *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1861, 53, p. 623.

³⁰ Id., *La méthode graphique*, cit., p. III.

³¹ F. Dagognet, *Etienne-Jules Marey. La passion de la trace*, Paris, Hazan, 1987, p. 52.

recherche de la mobilité dans toutes les fonctions de la vie, pour se concentrer sur la spécificité des moteurs animés qui est celle de produire un mouvement extérieur. C'est en ce sens qu'il se focalise sur la locomotion. L'objet de la physiologie est donc de comprendre comment l'organisme transforme l'énergie en travail moteur.

Cette trajectoire de recherche « vers l'extérieur » conduit Marey à abandonner le bistouri bernardien au profit d'instruments permettant de saisir le corps dans son activité « normale »³². Il développe donc des outils qui puissent éviter des opérations invasives impliquant, comme dans le cas du kymographe, des mutilations de l'organisme. Dans cette perspective, dès 1860, Marey se tourna vers un « nouvel instrument » permettant d'enregistrer la pression sanguine en adaptant « à l'artère un levier que chaque pulsation soulèverait, et qui, redescendant dans l'intervalle de deux pulsations consécutives, fournirait des mouvements d'ascension et de descente qui s'inscriraient sur le cylindre comme les mouvements de la colonne mercurielle dans l'appareil de Ludwig »³³. Toutefois le système de transmission mécanique du sphygmographe développé par le physiologiste Karl von Vierordt³⁴ se révèle imprécis. D'après Marey, en effet, l'instrument de Vierordt, à cause du poids du levier, déforme l'inscription des mouvements sanguins en les traduisant en une courbe ayant la même forme dans la montée et dans la descente. C'est donc pour réaliser un inscripteur « extérieur » sensible comme le kymographe que Marey se sert d'une méthode inventée par Pierre-Charles Buisson³⁵ et développe ce qui sera connu dans l'histoire de la physiologie comme le « tambour » de Marey. Ce capteur se base sur l'idée de transmettre le mouvement par utilisation de la force pneumatique grâce à l'emploi de membranes en caoutchouc et de tuyaux.

Cette quête d'une courbe du travail conduira le physiologiste jusqu'à la mise en cause de la méthode graphique même. Si en effet le développement des « capteurs » pneumatiques permet à Marey d'obtenir des traces du mouvement normal, leur fonctionnement, reconduisant tout déplacement à celui rectiligne du stylet, posait problème à Marey en quête d'une méthode pour saisir le travail d'un organisme complexe. C'est le cas de la chaussure dynamographique utilisée pour étudier la locomotion. Ces souliers munis d'un tambour transmetteur dans la semelle inscrivaient des segments représentant la pression appliquée par le pied durant la marche, toutefois sans la connaissance des déplacements réalisés cette donnée ne permet pas de connaître le travail accompli pendant la locomotion. Autrement dit, ces graphiques ne satisfont pas le principe fondamental de la méthode graphique selon Marey de montrer le rapport entre « effort » et « chemins parcourus ». C'est cela qui le conduit à se consacrer au développement de la chronophotographie. Le fusil photographique fixant le mouvement des segments corporels produit des tracés qui ont une signification différente par rapport à ceux de la méthode graphique. Il ne s'agit plus d'obtenir une « autographie » la plus fidèle possible de l'activité étudiée, mais plutôt une décomposition du mouvement en ces éléments essentiels. C'est la nature de diagramme mathématique de la courbe qui est valorisée au détriment de la représentation du phénomène dans son individualité.

³² *Ibid.*

³³ E.-J. Marey, *Recherches sur le pouls au moyen d'un nouvel appareil enregistreur, le sphygmographe*, Paris, Thunot, 1860, p. 6

³⁴ K. Vierordt, *Die Lehre vom Arterienpuls im gesunden und kranken zustande*, Braunschweig Druck und verlag von Friedeich ur weg und sohn, 1855.

³⁵ P.C. Buisson, *Quelques recherches sur la circulation du sang à l'aide d'appareils enregistreurs*, Thèse de médecine, Faculté de Paris n° 67, 1862

C'est avec les recherches du physiologiste italien Angelo Mosso sur l'activité cérébrale et sur la fatigue que la notion d'autographie assume un nouveau sens. Si d'une part, Mosso s'inspire directement de Marey et de sa quête d'une mesure du travail humain en élargissant même cette conception au « travail du cerveau », d'autre part ce *travail* apparaît rapidement déterminé par des facteurs qui ne sont pas reductibles à la biomécanique mareyenne. Cette question émerge dès les premières recherches de Mosso sur les émotions qui font l'objet de sa publication intitulée *La Peur*. Dans ces recherches, Mosso développe différentes solutions techniques pour saisir les variations les plus subtiles de l'activité cardiaque qui peuvent être dues à des phénomènes psychiques. Il inventa alors le pléthysmographe, un instrument capable « d'écrire ces émotions qui n'apparaissent pas sur le visage ou qui se révèlent trop faiblement avec le rythme cardiaque et l'essoufflement respiratoire »³⁶. Cet outil est constitué d'un cylindre en verre rempli d'un liquide (eau, éther ou essence de pétrole) dans lequel est inséré un membre (main, bras, pied). L'augmentation de la circulation dans les vaisseaux faisant augmenter le volume de la partie du corps, en liant le cylindre à une colonne dotée d'un stylet placé devant un rouleau inscripteur, il est possible d'inscrire l'activité cardiaque par transmission hydraulique. Cette méthode sera à la base de l'un des « capteurs » les plus ambitieux de Mosso. Pendant ses recherches sur les émotions, il applique un sphygmographe à des patients ayant des fissures sur le crâne arrivant à inscrire le pouls du cerveau durant des activités différentes comme le sommeil ou l'effort intellectuel. Or, pour transmettre la pulsation cérébrale, la membrane des tambours de Marey se révèle inadaptée à cause de la résistance trop importante qu'elles opposent. Mosso se sert donc d'une transmission hybride hydraulique, pneumatique : il applique un tube de verre sur la cicatrice du crâne en l'isolant complètement avec de la gutta-percha. Ce tube communique avec un vase d'eau qui conserve la pression de l'air, ainsi, à chaque pulsation, l'air forme une bulle dans l'eau et cette variation active un stylet³⁷ qui se trouve à l'extrémité d'un tuyau rempli d'air plongé dans le vase.

Dans ces recherches il observe l'augmentation de la circulation sanguine au moment où surviennent de fortes émotions. Mosso utilise l'expression « d'autographe » pour parler de ces tracés renvoyant aux méthodes de l'école allemande dont il a été un élève. La nature « autographique » de ces courbes paraît néanmoins différente. C'est l'activité psychologique elle-même qui laisse une trace. Ainsi les enregistrements graphiques sont les « autographes » des émotions comme l'écrit explicitement Felix Hement, le préfacier français de l'ouvrage³⁸. Apparaît l'idée d'une inscription du « soi » que nous avons évoqué plus haut, il s'agit d'un soi « inconscient », mais qui est le fondement de l'activité du sujet. Cela paraît d'ailleurs explicite lorsque Mosso écrit : « Il suffit d'une légère modification dans la vitesse du sang qui pénètre dans le cerveau pour que notre moi se modifie immédiatement »³⁹.

L'augmentation de circulation cérébrale durant l'activité psychique est la démonstration pour Mosso que nos organes, y compris le cerveau, sont « des petites machines » et que le « travail de la pensée » comme celui des muscles consomme de l'énergie. Néanmoins Mosso, devait reconnaître que ces

³⁶ A. Mosso, « Sopra un nuovo metodo per scrivere i movimenti dei vasi sanguigni nell'uomo », *Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino*, IX, 1875, p. 37

³⁷ Sur les innovations techniques de Mosso voir : M. Galloni, « Gli strumenti di Angelo Mosso », *Rivista di Storia dell'Università di Torino*, 2014, vol. 3, n° 1, p. 85- 91.

³⁸ F. Hement, « Avant-propos », in A. Mosso, *La peur*, Paris, Alcan, 1886, p. VII

³⁹ A. Mosso, *La peur*, cit. p. 59.

observations ne permettaient pas d'étudier ce travail psychologique dans le cadre des lois universelles de la thermodynamique. En effet, les recherches du physiologiste sur la température du cerveau montrer que celle-ci ne varie pas en fonction de l'activité psychique, mettant à mal l'idée d'une équivalence calorifique du travail intellectuel⁴⁰. C'est pour cette raison que Mosso s'intéresse à la fatigue. En effet, lorsqu'on travaille avec le cerveau on ressent un épuisement énergétique de la même manière que lorsqu'on travaille avec les muscles, si on arrive donc à percer le mystère de ce phénomène, on pourrait, d'après le physiologiste, dévoiler le fonctionnement énergétique de la pensée.

Il envisage donc d'étudier la fatigue causée par des contractions musculaires volontaires. Il cherche par delà à saisir l'impact du « travail de la volonté » sur la consommation énergétique mesurable du travail physique. Or les instruments inscripteurs ne permettaient pas d'observer précisément les mouvements intentionnels : si le myographe, pour sa part, était utilisable exclusivement sur des muscles détachés en écartant donc l'influence de la volonté, le dynamographe, de son côté, lorsqu'il était utilisé pour mesurer la force d'un groupe musculaire, fournissait des données instables, puisqu'au moment où un muscle est fatigué un autre intervient en substitution. Mosso conçoit donc un instrument nouveau qu'il appelle « ergographe ». Il se compose d'une planche, sur laquelle on positionne 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 le rouleau très lentement, on arrive à tracer un segment pour chaque soulèvement que le doigt réalise. En connaissant le poids, on peut donc calculer le travail moteur accompli en mesurant la distance parcourue et inscrite sur le papier noirci. Au fur et à mesure que l'exercice avance, la hauteur à laquelle le majeur soulève le poids se réduit jusqu'à l'inaction totale⁴¹.

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) qui représente le moment où le muscle est incapable de faire le moindre soulèvement. Le capteur est mécanique, il s'agit d'un transmetteur de mouvement qui lit le doigt au stylet. Néanmoins pour Mosso les courbes obtenues ne sont pas la simple trace graphique d'un travail, mais, en montrant l'affaiblissement de soulèvement dans le temps, elles permettent de saisir le phénomène de la fatigue dans sa caractéristique la plus intime. En soumettant ses collaborateurs à plusieurs expériences à l'ergographe à des mois de distance, le physiologiste relève que ses assistants, malgré des variations quant à la quantité de travail produite, tracent des courbes ayant toujours la même forme, comme si la façon de travailler avec son instrument était l'expression d'une qualité individuelle indépendante des conditions physiologiques contingentes. Les expériences de Mosso montrent, en effet, que chaque individu a sa *propre* manière de se fatiguer : certains se fatiguent « d'un coup », d'autres ont une courbe qui descend lentement vers le point zéro, d'autres encore après une première phase de descente reprennent le travail sans s'épuiser complètement (« forme à S renversée »). Ainsi le tracé de l'ergographe devient une véritable « autographie » :

Elle nous donne l'inscription d'un des faits les plus intimes et les plus caractéristiques de notre individu : la manière dont nous nous fatiguons, et ce caractère particulier se maintient constant. [...] Dans le mémoire que j'ai publié sur les lois de la fatigue sont repro-

⁴⁰ Id., *Les phénomènes psychiques et la température du cerveau*. Phil. Tans. Of the Royal society of London, t. CLXXXIII 1892

⁴¹ Id., *La fatigue intellectuelle et physique*, F. Alcan, 1908.

duits des tracés qui démontrent cette constance dans les caractères personnels de la courbe inscrite par l'ergographe.⁴²

D'ailleurs Mosso utilise souvent la première personne pour décrire les expériences faites sur sa propre fatigue : « J'ai écrit d'abord avec la main gauche en soulevant trois kg toutes les deux secondes [...]. J'attends deux heures jusqu'à ce que je me sois reposé complètement et alors j'écris avec la main droite [...] »⁴³. Toutefois dans la description de cette auto-expérience émerge l'ambivalence de l'idée d'autographie de l'ergographe. En sachant que la formule « j'écris » est utilisée par les physiologistes pour décrire toute recherche réalisée avec un instrument inscripteur, par exemple dans l'expression « j'ai écrit la respiration du chien » : qui est-ce qui écrit exactement dans cette auto-expérience ? le Mosso-sujet qui imprime la trace de son geste volontaire ? ou le Mosso-physiologiste qui se sert d'un outil pour obtenir la trace d'un effort volontaire ? Cette ambivalence de l'autographie se révèle lorsqu'on regarde la nature du trait de la personnalité que le sujet inscrit sur le papier. D'après Mosso, en effet la variabilité interindividuelle de la courbe de la fatigue est l'expression non seulement de l'influence du centre nerveux, siège de la volonté, mais également du fonctionnement différentiel des organes périphériques (muscles et nerfs). Sans rentrer dans le détail de ces expériences, dont nous avons parlé ailleurs⁴⁴, il est important de remarquer que d'après Mosso la courbe ergographique montre un caractère proprement psychophysiologique. L'autographie de la fatigue est donc une objectivation de la capacité générale de travail d'un individu. C'est en ce sens qu'elle se prêtait à devenir un support pour la gestion socio-économique de l'activité de l'homme. Mosso lui-même d'ailleurs avait proposé la physiologie, et plus spécifiquement les tracés ergographiques, comme science objective capable d'organiser le travail sans devoir se plier aux volontés idéologiques et politiques. Ce seront notamment les continuateurs de l'œuvre de Mosso qui concevront explicitement la courbe de la fatigue comme un outil de gestion des travailleurs. Le psychologue français Charles Henry écrivait ainsi :

En résumé, la courbe de fatigue est une caractéristique rigoureuse de l'état des forces d'un individu [...] Il devient très utile de connaître la courbe de la fatigue du muscle normal afin de rapporter à cet étalon les courbes des différents individus.⁴⁵

Dans cette perspective Henry travailla pour traduire mathématiquement le graphique en une équation. Inspiré en cela par la psychophysique de Fechner et en collaboration avec la physiologiste polonaise Iosepha Joteyko, il interprète la courbe de la fatigue comme une parabole de troisième degré⁴⁶. Cette tentative fera long feu, mais l'idée de se servir de la méthode graphique pour obtenir l'inscription directe du fonctionnement économique générale du corps humain se révélait particulièrement féconde.

C'est d'ailleurs dans cette perspective que l'on essaya d'exporter l'idée de la courbe autographique dans la naissante psychométrie qui avait bâti son modèle épistémologique sur le calcul d'une « équation personnelle » déterminable à partir des résultats des sujets aux tests de réaction. Ce fut un élève d'Angelo Mosso, Luigi Mariano Patrizi qui proposa le premier le terme autographie dans les recherches

⁴² *Ibid.*, p. 61.

⁴³ Id., *Sulle leggi della fatica*, Discorso alla reale accademia dei Lincei, 1887, vol III, p. 423.

⁴⁴ M. Saraceno, « L'expérimentation instrumentale et l'instrumentalisation de l'expérience. Succès et déclin de l'ergographe dans la représentation de l'expérience quotidienne du travail », in J. Fatet, *À quoi servent les instruments scientifiques? Réflexions et études de cas sur les rôles et les fonctions des instruments dans la pratique scientifique*, Limoges, PULIM, 2016, pp.

⁴⁵ C. Henry, « A travers la science et l'industrie: la fatigue intellectuelle et physique d'après Angelo Mosso », *Revue blanche*, 1894, t. VII, n° 34, pp. 170-178

⁴⁶ Charles Henry et Iosepha Joteyko, « Sur l'équation générale des courbes de fatigue », *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 24 août 1903.

psychométriques. En 1895, il publie ainsi des études réalisées avec un « psychographe », application d'un rouleau inscripteur devant un signal Deprez⁴⁷. Ce dernier était un circuit électromagnétique qui active un stylet à chaque fois que le courant est fermé ou rompu, dispositif inventé par le physicien Marcel Deprez⁴⁸. L'instrument aura une large diffusion dans la psychométrie. En effet, en demandant à sujet de pousser un levier qui ferme le courant du signal Deprez dès qu'il perçoit une stimulation auditive ou visuelle, on peut fixer la distance entre les moments de l'administration de la stimulation et de la réponse du sujet. Autrement dit, l'instrument permet de mesurer le temps de réaction. En administrant plusieurs excitation avec un rythme constant, on obtient une série de traits montrant l'évolution de la latence dans les réponses des sujets. Dans l'idée de Patrizi, l'union de ces traits représentait une sorte de courbe ergographique de la fatigue intellectuelle qu'il n'hésitait pas à définir comme « l'autographe de la volonté ». Afin de soutenir cette conclusion, l'élève de Mosso avait comparé cette courbe avec celle réalisée à l'aide d'un pléthysmographe perfectionné appelé « gant volumétrique »⁴⁹. L'affinité entre les formes des graphiques psychométriques et des tracés pléthysmographiques d'un sujet montrait, selon Patrizi, le rapport intime entre l'évolution dans le temps des réactions volontaires et celle des réflexes vasomoteurs. Le capteur technique par le truchement de la traduction graphique montre à l'homme le fonctionnement même de sa propre volonté, ancré dans l'activité énergétique générale de l'organisme.

Au-delà du réductionnisme de la pensée de Patrizi, le psychographe ouvre la voie à une étude « technique » de l'activité psychologie. De même que les variations infimes des mouvements organiques dans le flux des transformations énergétiques se révèlent imperceptibles, raison pour laquelle il y a besoin des capteurs, ainsi l'activité de la volonté reste insaisissable dans l'écoulement de l'existence du sujet et il faut donc penser à un détour technique pour l'y extraire. Dans cette perspective émerge la critique à la vieille méthode de l'introspection. C'est d'ailleurs particulièrement évocateur que le psychologue russe Vigotsky en 1926, loin de raisonnement réductionniste de Patrizi, se serve de la métaphore du capteur pour critiquer l'introspection et pour souligner l'importance du détour par un « sens technique » pour faire sortir la psychologie de sa « crise ». En effet, le « sentiment de soi » introspectif serait incapable de se déprendre du soi pour saisir l'objectivité du fait psychique. D'après Vigotsky, la psychologie pour objectiver l'activité de l'esprit doit donc prendre la voie « indirecte » dont « le modèle parfait » est la thermométrie. En effet le thermomètre « nous émancipe entièrement de la sensation lorsque nous étudions la chaleur: quelqu'un qui n'a pas cette sensation peut néanmoins utiliser le thermomètre, alors qu'un aveugle ne peut se servir du microscope »⁵⁰. C'est en ce sens que le psychologue russe verra dans la naissante psychotechnique l'avenir de la recherche psychologique.

La trace autographique comme continuation du geste professionnel, le capteur et le travail réel

La technique dévoile l'activité intentionnelle à l'homme, la psychotechnique se propose donc d'aller plus loin dans l'utilisation des instrument inspireurs pour l'étude du travail humain. Les tracés ne sont plus seulement les outils de l'optimisation du corps-moteurs, mais deviennent les supports d'une rationalisation plus large qui prétend saisir les ressorts intimes de la volonté. En ce sens la notion de tech-

⁴⁷ L. M. Patrizi, « Le graphique psychométrique de l'attention, », *Archives Italiennes de Biologie*, 1895, t. XXII, pp. 189-196.

⁴⁸ M. Deprez. « Enregistreurs electromagnetiques », *J. Phys. Theor. Appl.*, 1876, 5 (1), pp.5-9.

⁴⁹ L. M. Patrizi, « Due sussidi di tecnica fisiologica e psico-fisica (I. Pneumanometro a criterio acustico, II. Quanto volumetrico) », *Rivista sperimentale di Freniatria*, 1898, t. XXIV, pp. 686-691.

⁵⁰ Lev Vygotski, *Signification historique de la crise en psychologie*, Lausanne, Éditions Delachaux et Niestlé, 1999, pp. 153-154

nique dans l'expression « psychotechnique » ne sert pas seulement à faire référence à une psychologie « appliquée » aux activités techniques, mais rend compte d'une véritable épistémologie nouvelle. L'autographe devient donc une sorte d'écriture objective par laquelle définir les caractéristiques spécifiques du sujet. Il ne s'agit plus tant d'utiliser la courbe pour optimiser le rendement à la manière de Watt et de Marey, mais pour « gérer » un travailleur dans toute sa complexité.

C'est dans ce contexte que la question de ce que l'on peut définir comme la captation de « l'activité réelle » fait définitivement son apparition. Bien que depuis Marey comme nous l'avons vu, la méthode graphique cherche des solutions techniques afin d'enregistrer l'activité « normale », avec ce « tournant psychologique » de la science du travail, la question se précise. Ce qu'il s'agit d'étudier n'est plus seulement un mouvement, mais la réponse individuelle du sujet à une tâche spécifique. Le capteur ne doit pas se limiter à saisir le mouvement automatique du corps, mais le mouvement organisé rationnellement pour la réalisation d'une activité orientée à un but efficace. On commence en ce sens à penser à des capteurs greffés sur le corps et sur les instruments des travailleurs afin de tracer l'évolution du geste professionnel. Le premier qui s'attacha à appliquer les rouleaux de papier fumé aux outils de travail fut le physiologiste français Armand Imbert. En anticipant les thématiques qui seront celles de l'ergonomie dans les années 1950, Imbert critiquait la réduction de la mesure du travail à la simple quantification de la charge mécanique, tel que la réalise l'ergographe, et pour cette raison chercha à mesurer l'effort *durant l'activité professionnelle*⁵¹. La fatigue dépend en effet des conditions spécifiques d'exercice de chaque profession. L'application des tambours de Marey aux instruments professionnels servait en ce sens à saisir un effort « réel » à différence de l'idée d'épuisement général de la courbe ergographique :

Quant à l'exploration graphique de la fatigue musculaire consécutive à un travail professionnel, il sera d'abord nécessaire, dans chaque cas, de déterminer, par l'analyse physiologique des conditions du travail, [...] le ou les groupes de muscles dans lesquels la fatigue s'accumule. L'utilisation du même principe, association d'un ressort et d'un tambour, permettra alors, plus simplement et plus généralement qu'avec le dispositif de l'ergographe de Mosso, d'explorer la fatigue musculaire professionnelle dans son intensité et dans sa durée.⁵²

Les tambours dynamographiques que Imbert applique aux instruments professionnels inscrivent quelque chose de plus intime que la simple quantité de travail mécanique. Les tracés traduisent la capacité plus ou moins importante des ouvriers à adapter leur geste à une tâche spécifique, en ce sens ils deviennent l'objectivation de la gestion volontaire du moteur humain. L'autographe plus que la trace du « moteur humain » est celle du sujet lui-même, puisque, comme l'écrit Imbert, nous sommes nous-mêmes le « mécanicien du moteur que nous constituons »⁵³. C'est dans cette perspective que le physiologiste pense s'en servir comme outil de discrimination de la supériorité professionnelle. Le capteur ne se limite plus à saisir un mouvement organique, mais capte sa gestion intentionnelle, une gestion dont la source est par ailleurs inconnue au sujet lui-même puisque le geste « efficace » est complètement « incorporé ». Pourtant des variations graphiques sont bien le signe d'une faculté spécifique qui ne dépend nullement d'une supériorité physique, mais d'une capacité à choisir un « style » de travail plus efficace. Comme l'écrit Imbert en commentant les tracés de deux ouvrières employées dans le bouturage des sarments de vigne et obtenus grâce à un sécateur auquel on a appliqué un tambour de Marey :

⁵¹ Sur cet auteur voir : T. Le Bianic et F. Vatin, « Armand Imbert (1850-1922), la science du travail et la paix social », *Travail et Emploi*, 2007, n 111, pp. 7-19.

⁵² A. Imbert, A. Mestre, « Recherche sur la manœuvre du cabrouet et la fatigue qu'il en résulte », *Bulletin de l'inspection du travail*, 1905, p. 405.

⁵³ Id., *Mode de fonctionnement économique de l'organisme*, Évreux, impr. de C. Hérissey, 1902, p. 9.

Tandis que chaque coup de sécateur se traduit sur le tracé de Mme H. par un simple trait vertical ou par un crochet plus ou moins ouvert, suivant que le sarment coupé était plus ou moins épais, chaque coup de Mlle S.. a donné en quelque sorte un crochet double. [...] Mme H., en effet, donne le coup de sécateur lorsqu'elle a amené le sarment ou avancé le sécateur dans la position qu'elle juge convenable [...]. Mlle S., au contraire, pousse brusquement le sécateur ouvert contre le sarment à couper, dont elle ne s'occupe pas de régler la position; elle est ainsi prévenue que le sarment est poussé à fond entre les lames par le choc que sa main éprouve et ce choc lui sert de signal pour reconnaître que le moment est venu d'opérer la section.⁵⁴

L'idée d'Imbert était d'élargir les recherches avec la méthode graphique à toute activité professionnelle. En effet, sa recherche sur le travail des ouvriers travaillant au sécateur avait d'après lui montré que les tracés n'étaient pas utiles seulement pour l'étude des travaux impliquant une importante utilisation de la force musculaire, mais également pour les emplois dans laquelle l'efficacité dépendait de fonctions intellectuelles. Ce chantier fut d'ailleurs l'un de ceux investis par la naissante psychotechnique dans sa « sortie du laboratoire ». Toutefois, l'intégration des capteurs aux activités professionnelles pose de nouvelles contraintes techniques. Le problème n'est plus tant de traduire les mouvements imperceptibles de l'organisme et donc de trouver des éléments conducteurs pouvant transmettre la moindre variation, puisque les mouvements à capter sont plutôt importants (fermeture d'un sécateur, mouvement d'une lime⁵⁵...). Au contraire, la difficulté majeure devient d'intégrer le capteur sans déformer ou déranger physiquement et psychologiquement le geste professionnel. Cette difficulté sera par ailleurs bien soulignée par Victor Dhers, directeur du Bureau International du Travail qui dans sa thèse, consacrée à la « Critique des Tests de fatigue », écrit :

L'emploi des outils inscrivant est exclusivement limité à certains travaux manuels et n'est pas toujours applicable pratiquement, car ceux-ci nécessitent un appareillage dont l'utilisation amène des variations dans le travail dues soit à des causes physiques, gêne apportée par un appareil par exemple, soit à des influences psychiques favorisantes ou adverses, intérêt, curiosité ou mauvaise humeur.⁵⁶

Conclusion

L'idée d'un moteur qui s'autorégule change donc fondamentalement la conception de l'autographie et du couplage corps-capteur signant de fait l'échec des capteurs pneumatiques et mécaniques. En effet, d'une part, la nécessité d'un appui stable et la latence très longue de la transmission rendaient l'utilisation des tambours de Marey compliquée dans des contextes de « travail réel » ; d'autre part, les méthodes pléthysmographiques, en fonctionnant avec des systèmes de pression, appliquées au corps du travailleur se révélaient extrêmement gênantes. La sortie du laboratoire coïncide donc avec une « libération » du geste étudié par rapport aux contraintes du protocole d'expérimentation. Cela sera à l'origine, entre les années 1930 et 1960, d'innovations importantes. Le bond en avant de l'électrophysiologie au début du XXe siècle avec le premier ECG de Einthoven et plus tard le premier EEG de Berg et la découverte des propriétés piézoélectriques de certains cristaux contribuent au remplacement progressif des appareils pneumatiques ou mécaniques de la méthode graphique par des systèmes de transduction électriques. Cela modifie le rapport entre l'activité corporelle et l'enregistrement. Il ne s'agit plus de trans-

⁵⁴ Id., « Etude expérimentale de travail professionnel ouvrier. Travail de coupage de sarments par boutures », *Revue d'économie politique*, Janvier 1909, p. 21.

⁵⁵ On pense aux recherches avec une lime dynamographique réalisées par le physiologiste Jules Amar : J. Amar, *Le Moteur humain et les bases scientifiques du travail professionnel*, Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1914, p. 398.

⁵⁶ V. Dhers, *Les Tests de fatigue. Essai de critique théorique*. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1924, pp. 52-53.

mettre un mouvement à un stylet afin d'imprimer une trace, mais de transmettre un signal afin de le déchiffrer. Le corps lui-même devient un circuit de transmission et de captation et les enregistrements graphiques apparaissent de la sorte comme des informations qui peuvent éclairer le corps-sujet lui-même sur son fonctionnement au sens d'une forme de « feedback », paroxysme de l'idée d'autographie.

Si ces concepts de « feedback », de « signal » et de « traduction », comme d'ailleurs celui de capteur, n'apparaissent qu'avec l'avènement du soi-disant « paradigme cybernétique », à la lumière de notre parcours, leur jaillissement semble moins le résultat d'une césure épistémologique et plus celui d'une parabole dont l'idée d'autographie est une manifestation. Les recherches en histoire du corps ont souvent vu dans la succession des métaphores techniques le signe du rapport analogique entre imaginaire culturel du corps et innovation technique : de « l'homme machine » avec ses poulies et ses leviers, au « moteur-humain » à l'image de la machine à vapeur, jusqu'au corps-réseau traitant les informations comme un ordinateur. Si cela est indéniable, ces métaphores sont traversées par un questionnement anthropo-technique qui n'est pas seulement celui du rapport analogique entre corps et instrument, mais également celui du corps comme instrument. Dans ce questionnement rentrent en compte des réflexions sociologiques et anthropologiques sur l'organisation et la valeur socio-anthropologique de l'activité de travail. Sans donc nier la rupture entre la métaphore énergétique du moteur-humain et celle informationnelle du cerveau-ordinateur, il paraît possible d'esquisser une continuité dans la relation entre corps et technique qui est spécifique à l'organisation capitaliste du travail comme « gestion de soi par soi » et « gestion de soi par les autres ». La continuité entre les instruments inscripteurs du moteur-humain et le capteur « cybernétique », montre la question de la traduction technique du corps-sujet comme une source de la gouvernementalité du travail « libre », gouvènementalié fondée sur l'ambivalence entre la « rationalisation » du geste en fonction des exigences du système productif et « l'incorporation » subjective des normes productives.