

*Bibliothèque numérique*

**medic@**

**Marey, Etienne-Jules. - Histoire  
naturelle des corps organisés. [Cours  
du Collège de France]. X [sic].  
Contrôle des appareils enregistreurs**

*In : Revue des cours  
scientifiques de la France et de  
l'étranger, 1867, IV, p. 763-767.*



**(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)**  
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/hist/med/medica/cote?marey079>

acquîèrent, comme je l'ai dit, le pouvoir de vibrer avec des vitesses variables; alors des raies additionnelles se développent, correspondant à ces nouvelles vitesses de vibration, mais ces mêmes corps ne perdent pas la faculté de vibrer avec les vitesses qu'ils possédaient à une température plus basse: aussi conservent-ils les bandes vues tout d'abord, aussi bien que celles produites par l'application d'une chaleur intense. Nous projetons maintenant sur l'écran le spectre du rubidium, en faisant usage du chlorure de ce métal. Dans ce cas, le chlore est mis en liberté, et si le spectre se produit bien, nous aurons une double raie rouge dans la partie la moins réfrangible du spectre. C'est la raie du rubidium, accompagnée de bandes plus pâles dans le bleu. C'est à cette double raie rouge, caractéristique, que le métal doit son nom de rubidium (*rubidus*, rouge foncé). Il est très-différent du spectre du césium, dans lequel les raies bleues surtout sont prononcées. L'éclat des raies bleues du rubidium n'est pas comparable à celui de la raie rouge.

Je terminerai en vous montrant une des dernières découvertes de l'analyse spectrale, un corps caractérisé par deux raies remarquables dans le bleu. Le nom d'*indium* lui a été donné parce qu'il fournit une lumière d'une couleur bleu-indigo. Ces raies sont situées à l'extrémité du violet, comme vous pouvez le voir dans le spectre de ce corps que je vous mets sous les yeux. Je suis redevable de cet échantillon d'indium à mon vieil ami le professeur Warrentz, qui a bien voulu partager avec moi le spécimen qu'il avait, afin que je pusse vous montrer ces raies. C'est une substance très-rare, quoique à l'Exposition de Paris il y en ait une masse d'environ une livre; mais elle est là, pour ainsi dire, comme en prison, de même que tous les autres objets exposés.

W. A. MILLER.

— Traduit de l'anglais par P. DELESTRÉE. —

## COLLÈGE DE FRANCE.

### HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS.

COURS DE M. MAREY (1).

## X

### Contrôle des appareils enregistreurs.

Messieurs,

En faisant passer sous vos yeux tous ces appareils enregistreurs que nous aurons à employer plus tard, je n'ai pu vous exposer avec des détails suffisants la fonction de chacun d'eux; je n'ai prétendu faire qu'une énumération rapide des ressources dont nous pourrions disposer. Aussi, lorsque vous m'avez entendu contester la valeur des premiers appareils enregistreurs introduits en biologie et accuser d'inexactitude les tracés de ces instruments, vous avez dû vous demander à vous-mêmes si les appareils que je propose à mon tour ne sont pas passibles du même reproche. Cette objection me semblerait

d'autant plus naturelle, qu'elle s'est déjà produite le jour où j'ai soumis à l'appréciation des biologistes le premier de mes appareils enregistreurs, mon sphymographe. De longues controverses s'élevèrent, ce qui prouve que l'importance de cet instrument fut généralement comprise. Quels regrets, en effet, ne devrait-on pas avoir si à la fin d'un long travail entrepris au moyen d'un appareil, on s'apercevait trop tard que tous les résultats obtenus sont faux, par suite de l'imperfection de l'appareil employé. Je dois donc vous donner la preuve de l'exactitude des tracés fournis par les instruments que je viens de décrire, ou du moins vous signaler les limites dans lesquelles on peut avoir confiance dans leurs indications.

Malgré leur diversité apparente, la plupart des appareils que vous venez de voir sont établis sur le même principe, les mêmes causes d'erreur ont dû être évitées dans leur construction. Aussi peut-on formuler certaines règles générales, signaler certaines conditions auxquelles doit satisfaire un bon appareil. Ces notions générales ont d'autant plus d'importance, qu'elles permettront au besoin de construire avec moins de tâtonnements des enregistreurs applicables à de nouvelles recherches. Enfin, comme les considérations théoriques relatives aux conditions générales d'un bon enregistreur sont assez complexes et n'entraîneraient peut-être pas votre conviction, j'aurai soin de soumettre chacun des appareils dont nous aurons à nous servir à un contrôle expérimental destiné à rechercher s'il donne de fidèles indications.

#### CONDITIONS GÉNÉRALES AUXQUELLES DOIT SATISFAIRE UN BON APPAREIL ENREGISTREUR. — CAUSES D'ERREUR QU'IL FAUT ÉVITER.

A. *Importance de l'uniformité du mouvement de l'appareil d'horlogerie.* — Nous avons vu que tout graphique s'engendre par la combinaison de deux mouvements l'un par rapport à l'autre. Dans le système généralement adopté, c'est au mouvement uniforme produit par un bon appareil d'horlogerie que se rapporte le mouvement variable et inconnu que l'on cherche à déterminer. Mais l'uniformité absolue du mouvement par lequel chemine la surface qui reçoit le graphique n'est très-utile que si l'on veut obtenir une mesure très-exacte de la durée des phénomènes. Dans un grand nombre de cas, on ne cherche qu'une expression à peu près exacte de la manière dont le phénomène a varié. Ainsi, lorsqu'on veut déterminer la forme du pouls, de la respiration, des mouvements du cœur, etc., il n'est pas indispensable d'avoir des régulateurs d'une grande précision pour assurer l'uniformité du mouvement. Vous avez vu d'ailleurs que pour les mesures les plus exactes du temps, on peut employer un appareil quelconque, à la condition de contrôler sa marche au moyen d'un pendule ou d'un diapason enregistreurs qui nous préviennent de la moindre irrégularité du mouvement de l'appareil. Ce n'est donc pas le défaut de régularité de la marche du papier qui doit nous préoccuper beaucoup. La recherche d'un bon régulateur a pour but de simplifier les expériences en nous épargnant le contrôle incessant de la vitesse de la machine. La plus grande difficulté à surmonter n'était pas dans ce point.

B. *De l'amplification du mouvement qu'on enregistre, et des dangers de déformer ce mouvement en l'amplifiant.* — Presque tous les enregistreurs que je viens de vous montrer sont des appareils à levier tournant. La force motrice dont les effets seront enregistrés agit plus ou moins près de l'axe de rotation du levier, et comme ce levier est en général assez long,

(1) Voyez les numéros des 23 mars, 6 et 13 avril, 4 et 11 mai, 3 et 17 août, 21 septembre et 12 octobre 1867, p. 275, 296, 318, 353, 374, 568, 601, 679 et 726.



il s'ensuit que son extrémité libre, celle qui porte la plume ou la pointe écrivante, exécute un mouvement beaucoup plus grand que celui qui lui avait été communiqué. Le levier agit donc comme organe d'amplification du mouvement, et de plus, en vertu d'une propriété bien connue, il grandit d'autant plus ce mouvement, que la force motrice agit plus près de l'axe de rotation. Ce double avantage de pouvoir amplifier un mouvement trop faible pour être directement perçu, et de l'amplifier plus ou moins suivant le besoin, est tellement précieux, qu'il me semble devoir faire préférer l'emploi du levier à toute autre disposition dans la plupart des cas. Je dois vous signaler toutefois un petit inconvénient.

Vous avez vu que dans tous mes appareils le levier est placé



FIG. 337. — Correction de l'arc de cercle dans un graphique.

dans un plan à peu près parallèle à celui du papier qui reçoit le tracé; il en résulte que dans ces mouvements alternatifs

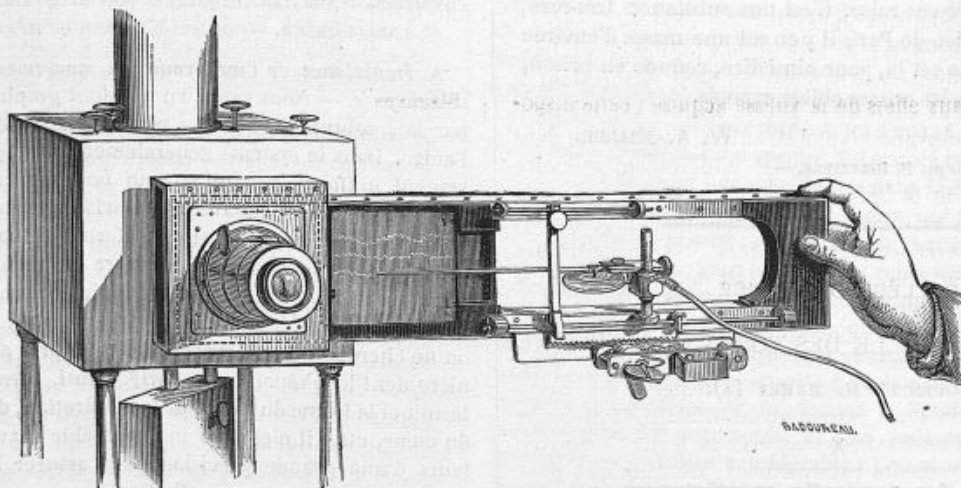


FIG. 338. — Polygraphe à projection. — L'appareil est représenté au moment où on le retire du mégascope à lumière électrique, dans lequel il a tracé des graphiques de mouvements qui lui étaient transmis d'une distance de 15 mètres au moyen d'un tube de caoutchouc. On voyait les graphiques se former en traits lumineux sur l'écran. — Ces figures étaient amplifiées environ à 30 diamètres.

d'élévation et d'abaissement, la pointe écrivante ne trace pas sur le papier immobile une droite perpendiculaire à l'abscisse, mais qu'elle décrit un arc de cercle qui a pour rayon la longueur du levier lui-même. Si le graphique a une faible amplitude, cet arc de cercle est négligeable; mais il n'en est plus de même quand le levier exécute de grandes oscillations. Le graphique est alors déformé et doit subir une correction, si l'on veut connaître la forme absolue du mouvement enregistré. Soit (fig. 337) un graphique obtenu au moyen d'un levier de longueur telle qu'il décrive sur le papier immobile l'arc de cercle. Cet arc devrait correspondre à une perpendiculaire à l'abscisse. Tous les points de la courbe devront être reportés vers la gauche d'une quantité égale à celle dont la verticale

s'éloigne de l'arc de cercle au niveau de chacun de ces points.

Pour éviter, dans la pratique, de recourir à ces corrections qu'on veut obtenir des graphiques d'une grande étendue, on renonce à amplifier directement le mouvement, et l'on enregistre avec une faible amplitude, sur une plaque de verre enfumée à marche lente, le phénomène qu'on veut analyser. Dans ce graphique de petites dimensions, la déformation est à peu près nulle, car l'arc de cercle décrit par le levier se confond sensiblement avec la verticale. Plaçons au foyer d'un mégascope cette petite image; elle sera projetée sur un écran dans des dimensions très-grandes, et l'on pourra, en suivant au crayon tous les contours de ce graphique lumineux, obtenir une figure amplifiée d'une fidélité parfaite. Ce moyen est précieux lorsqu'on veut soumettre la courbe d'un phénomène à l'analyse géométrique.

La figure 338 représente mon *polygraphe à projection*: c'est un appareil enregistreur qui trace son graphique sur une plaque de verre enfumée placée au foyer d'un mégascope à lumière électrique. Au moyen de cet appareil, j'ai pu projeter sur un écran les graphiques des mouvements respiratoires, des battements du cœur, des contractions musculaires, etc., au moment même où ces phénomènes se produisaient. Les figures ainsi obtenues n'étaient nullement déformées, quoiqu'elles eussent une dimension de plusieurs décimètres de hauteur. On peut aussi, en prenant un levier d'une grande longueur, obtenir directement un graphique d'assez grande amplitude, et cependant peu déformé; mais ce moyen ne

peut être employé que dans un nombre de cas restreint, car il faut une force motrice assez considérable pour soulever ce levier d'une grande longueur.

En somme, la condition générale pour avoir un graphique peu déformé est de ne faire décrire au levier enregistreur que des arcs d'un très-petit nombre de degrés. Dès lors, si le levier au repos est bien parallèle à la ligne des abscisses, les petits arcs qu'il décrira se confondront sensiblement avec des lignes verticales et la figure obtenue sera fidèle.

C. *Danger de la déformation du mouvement par la vitesse acquise du levier enregistreur.* — Toute masse pesante sur laquelle a agi une force a pris une vitesse qu'elle conservera jusqu'à ce que des résistances étrangères viennent la lui enle-



ver : c'est là un des effets de l'inertie de la matière. C'est en vertu de cette *vitesse acquise* que les projectiles parcourent de longues distances sous l'influence d'une force qui n'a agi que dans une courte étendue de leurs parcours. La force vive que possède le corps ainsi lancé est proportionnée à la masse de ce corps multipliée par la moitié du carré de sa vitesse. Ainsi lorsque le levier d'un enregistreur est soulevé brusquement, il tend à s'élever encore lorsque la force qui le poussait a cessé d'agir. Mais le mouvement que ce levier possède est en général bientôt détruit par les résistances de frottement de la plume sur la surface du papier.

Pour s'opposer à cette nouvelle cause de déformation, il faut : ou bien réduire autant que possible la force vive que le levier pourra prendre, ce qui se fait en diminuant, soit sa masse, soit l'amplitude de ses mouvements, ou bien augmenter les frottements de la plume sur le papier, afin d'éteindre dans des résistances suffisantes la vitesse acquise du levier. C'est pour cela que je donne au levier de mes enregistreurs une légèreté extrême, particulièrement dans le voisinage de leur extrémité libre (1), c'est-à-dire dans les points qui se meuvent avec la plus grande vitesse.

Donders a observé, en vérifiant les indications de mes instruments, que si les mouvements enregistrés sont très-brusques, et si le tracé présente la cause d'erreur que je viens de signaler, il suffit de faire appuyer la plume plus fortement contre le papier pour rendre au graphique sa précision, et permettre à l'instrument de se prêter à l'étude de mouvements très-rapides.

Dans la construction des appareils, j'ai cherché à parer à cet inconvénient au moyen de dispositions particulières. Dans certains cas, j'applique sur le levier un petit ressort dont la pression s'oppose aux effets de la vitesse acquise : cette disposition existe dans sphygmographe. D'autres fois, comme dans mon polygraphe, je rends le levier entièrement solidaire des mouvements de la membrane qui le soulève, ce qui produit le même résultat que la disposition précédente. Quelle que soit la construction adoptée, les enregistreurs sont à peu près tous bons, lorsqu'il s'agit de traduire par un graphique un mouvement qui n'est pas trop rapide. Les mouvements respiratoires, par exemple, sont faciles à enregistrer fidèlement ; mais il faut déjà plus de précautions pour obtenir la courbe exacte des battements du cœur ou des artères ; enfin il est extrêmement difficile d'éviter entièrement les effets de la vitesse acquise du levier lorsqu'on enregistre les mouvements extrêmement brusques que produisent les muscles de certains animaux.

En présence de ces difficultés, il est important d'avoir un moyen de reconnaître si un graphique présente ou non la déformation dont je viens de parler. Voici le moyen que j'emploie pour vérifier expérimentalement la valeur des graphiques dont je suspecte l'exactitude.

(1) La force vive acquise par une masse en mouvement est égale à  $\frac{MV^2}{2}$ , c'est-à-dire à la moitié du produit de cette masse par le carré de sa vitesse. On peut supposer théoriquement que la masse soit située tellement près de l'axe du levier, que sa vitesse soit nulle, même dans les plus rapides mouvements de la plume. Dans ces cas, quelle que soit la masse, le produit  $\frac{MV^2}{2}$ , ou la force vive, sera nul. On peut donc, en pratique, employer un poids au lieu du ressort que je propose, mais ce poids devra être extrêmement près de l'axe du levier.

Il est bien évident que les effets de la vitesse acquise du levier ne peuvent se produire qu'à la fin des périodes d'ascension de la courbe tracée, et que dans ces conditions ils se traduiront par une élévation exagérée des sommets. Soit le graphique (fig. 339), dans lequel les sommets peuvent être



FIG. 339. — Graphique pour vérifier les indications des sphygmographes.

accusés de présenter une hauteur exagérée par l'inertie du levier. Il est clair que si j'empêche le levier de parcourir la haute excursion qu'il exécute dans les premiers graphiques, et si je le soutiens à l'aide d'un support, de façon qu'il ne soit plus soulevé que par les derniers efforts de la pulsation du vaisseau, ce levier, n'ayant plus à parcourir une course aussi longue, ne prendra plus au même degré la vitesse qui déformait la courbe ; on verra donc les sommets changer de forme et perdre une partie de la hauteur qu'ils présentaient tout d'abord. Or, vous voyez que le sommet des courbes n'est aucunement modifié lorsque je diminue l'amplitude de l'excursion du levier. Cette expérience montre que le graphique primitif était fidèle. Dans le cas où la forme des sommets serait modifiée lorsqu'on diminue l'amplitude des mouvements du levier, on devrait conclure que le levier était projeté au-dessus du maximum réel, et qu'il y a lieu d'augmenter le frottement de la plume jusqu'à ce que la cause d'erreur ait disparu.

D. *Le graphique peut être déformé par la trop grande lenteur de la descente du levier.* — Lorsqu'une masse pesante est abandonnée à elle-même, elle tombe avec une vitesse maximum qui est la même pour tous les corps. Le mouvement d'un corps qui tombe est très-faible dans les premiers instants, et s'accélère graduellement, comme la physique le démontre. Il s'ensuit que le levier d'un enregistreur soulevé par une force, et abandonné subitement à lui-même, ne descendra pas verticalement, mais tracera, dans sa descente, une courbe parabolique. En outre, les frottements de la plume contre le papier pourront ralentir encore cette descente et rendre le graphique plus oblique.

Cet inconvénient de l'emploi d'un levier libre n'existe que dans les cas où le mouvement enregistré cesse très-brusquement. La plupart des phénomènes qu'on enregistre en biologie présentent dans leur phase de déclin une assez grande lenteur pour que la chute du levier ne retarde jamais sur la décroissance de la force enregistrée. Toutefois, dans certains mouvements musculaires, on observe ces périodes de décroissance assez rapides pour devancer les effets de la pesanteur sur le levier, surtout lorsque celui-ci frotte un peu fortement sur la surface qui reçoit le graphique. Il faut donc assurer la descente instantanée du levier enregistreur pour être sûr que la courbe descendante exprime toujours fidèlement la décroissance du mouvement qu'on étudie.

On arrive à ce résultat par l'emploi du même ressort qui nous a servi tout à l'heure à détruire les effets de la vitesse acquise. La pression de ce ressort sur le levier le fait descendre aussitôt que disparaît la force qui l'avait soulevé. Un



effet semblable s'obtient aussi lorsque, dans le polygraphe, la membrane du tambour est solidement articulée avec le levier. C'est alors l'élasticité de cette membrane distendue qui tend à faire redescendre le levier dès que la cause qui le soulevait a disparu.

On peut rechercher expérimentalement si un appareil présente la cause d'erreur que je viens de signaler. Il est facile d'appliquer à cet instrument une force que l'on fait cesser d'une manière soudaine, et de voir si la descente du graphique présente la verticalité qui doit correspondre à la brusquerie du phénomène qu'elle doit exprimer.

E. *Une masse pesante ne prend pas instantanément le mouvement qui lui est transmis par une force élastique.* — Vous avez vu que dans les anciens appareils enregistreurs, dans le manomètre de Ludwig, le sphygmographe de Vierordt et même dans le myographe de Helmholtz, la force que l'on veut connaître est appliquée à déplacer des masses assez considérables. Bien que ces masses soient équilibrées, elles n'en présentent pas moins un effet de l'inertie par suite duquel elles ne prennent leur mouvement que d'une manière lente, si la force qui agit sur ces masses est transmise par un intermédiaire élastique. Vous verrez tout à l'heure que c'est la condition dans laquelle agissent la plupart des mouvements dont nous cherchons à enregistrer la forme.

Pour vous convaincre d'abord de l'exactitude de cette proposition mécanique, prenons une balance pesamment chargée et équilibrée de telle sorte que le moindre poids additionnel la fasse pencher; attachons un fil élastique à l'un des fléaux de cette balance, et exerçons une traction brusque sur l'autre extrémité de ce fil. Le mouvement imprimé à la balance n'est pas instantanément produit, mais nous voyons que le fil de caoutchouc s'allonge tout d'abord par l'effet de la traction brusque qu'il subit, et que la balance se meut graduellement par le retrait élastique de ce fil distendu. La forme du mouvement imprimé par la main et celle du mouvement produit par la balance diffèrent tout à fait l'une de l'autre. Plus la masse à mouvoir sera grande, quoique équilibrée, et plus le fil employé sera facilement extensible, plus nous verrons ces deux mouvements différer l'un de l'autre au point de vue de la forme.

Or, dans la plupart des cas, les enregistreurs physiologiques ne reçoivent le mouvement que par un intermédiaire élastique. Dans le polygraphe, c'est l'air plus ou moins comprimé qui transmet le mouvement; dans le sphygmographe, c'est la pression du sang contenu dans des vaisseaux élastiques qui soulève le levier. Enfin, dans le myographe, le muscle lui-même est élastique, et l'on aurait, dans tous ces cas, une déformation du mouvement enregistré, si la force devait agir sur une lourde masse.

Le moyen d'empêcher cette déformation dans tous les cas est de rendre aussi légère que possible la masse à mouvoir. Or vous avez vu quel degré de légèreté extrême j'ai pu donner au levier dans mes appareils, tout en respectant la rigidité qui lui est nécessaire.

Cette cause de déformation du graphique n'existe que pour les mouvements brusques; on la trouvait déjà à un haut degré dans l'emploi des appareils que je vous ai signalés, lorsqu'on enregistrait avec eux les phénomènes circulatoires; elle est bien plus prononcée encore dans le graphique des mouvements musculaires.

F. *Dans tout appareil enregistreur, si la masse pesante est*

*équilibrée à son point de suspension au-dessus de son centre de gravité, elle tend à osciller et déforme les graphiques par l'effet de ses oscillations.* — Cet effet n'intervient pas dans l'emploi des leviers légers; nous n'aurons donc pas à nous en occuper. Depuis longtemps, du reste, l'attention des biologistes a été attirée sur cette cause d'erreur dans l'emploi des appareils. Vierordt la signalait déjà dans le kymographion de Ludwig (1). J'ai cherché moi-même à montrer qu'elle existait aussi dans le sphygmographe de Vierordt (2). Fick (3), Mach (4), puis un grand nombre d'auteurs, achevèrent de démontrer l'imperfection des appareils pesants.

Aujourd'hui, les enregistreurs construits d'après les principes que je viens de vous signaler ont été l'objet d'études nombreuses de la part de savants français, ainsi qu'à l'étranger, principalement en Allemagne, en Hollande et en Suisse. Je puis donc m'appuyer sur l'autorité des physiciens les plus éminents pour soutenir les idées que je viens d'émettre relativement aux conditions générales d'une bonne construction pour un appareil enregistreur.

#### CONTRÔLE EXPÉRIMENTAL DES APPAREILS ENREGISTREURS.

Le contrôle expérimental des appareils enregistreurs consiste à leur appliquer un mouvement de forme connue, et à rechercher si le graphique exprime fidèlement cette forme. C'est à cette méthode générale que se rattachent les expériences instituées pour la vérification de mon sphygmographe par les professeurs Mach à Vienne, Czermak à Pesth (5), Donders (6) et le docteur Rives à Utrecht, Koschlakoff (7) à Berlin, etc. C'est la seule méthode rigoureuse de vérification.

Toutefois on pouvait déjà acquérir une notion probable de l'exactitude de ces appareils en les contrôlant les uns par les autres, c'est-à-dire en faisant enregistrer un même mouvement par deux appareils différents. C'est ainsi que Chauveau et moi nous avons procédé pour vérifier les indications du sphygmoscope (voy. fig. 318, p. 680), et constaté que cet instrument, inscrivant le pouls d'une artère, fournit un graphique identique avec celui que donne le sphygmographe appliqué sur ce vaisseau. D'autre part, le professeur Fick (de Zurich) a contrôlé mon sphygmographe au moyen de son appareil qu'il nomme *Federkymographion* (voyez fig. 319, p. 680), et a obtenu des graphiques semblables avec les deux instruments.

De toutes les expériences faites en vue de contrôler la valeur de mes appareils, les plus parfaites sont celles de Donders; je vais les répéter devant vous.

Il s'agit, avons-nous dit, d'appliquer à un enregistreur un mouvement bien connu et de voir si l'appareil le traduit fidèlement. Pour cela, Donders se sert d'un excentrique qui tourne

(1) Vierordt, *Arterienpuls*.

(2) *Des causes d'erreur dans l'emploi des instruments pour mesurer la pression sanguine* (Gaz. méd. de Paris, 1859, n° 30).

(3) Fick, *Die medicinische Physik*, 1866, p. 146.

(4) E. Mach, *Zur Theorie der Pulswellenzeichner* (Kais. Akad. der Wissenschaften, Wien, 1862).

(5) Czermak, *Sphygmische Studien* (Mittheilungen aus dem physiol. Privat-laboratorium in Prag, 1864).

(6) W. Rives, *De Sphygmographen en de sphygmographische Curven*. Utrecht, 1866.

(7) Koschlakoff, *Untersuchungen über den Puls mit Hülfe der Marey'schen Sphygmographen* (Virchow's Arch. für path. Anal. und Physiol., XXX Bd.).



avec une vitesse connue. Cet excentrique (fig. 340) soulève directement la courte branche d'un levier enregistreur coudé qui, fortement maintenu par un ressort antagoniste, devra suivre et retracer fidèlement toutes les sinuosités de l'excentrique. Les mouvements de ce levier agissent à leur tour sur l'appareil enregistreur que l'on veut contrôler. Dans la figure, ils font mouvoir la membrane du premier tambour d'un po-

Donners nous rendra service, en nous permettant de reconnaître si une erreur s'est produite et d'en déterminer l'étendue.

Nous pouvons maintenant aborder l'étude des fonctions de la vie à l'aide de la méthode graphique et des appareils enregistreurs; j'espère avoir réussi à vous prouver l'excellence de cette méthode: on doit la préférer à toute autre, chaque

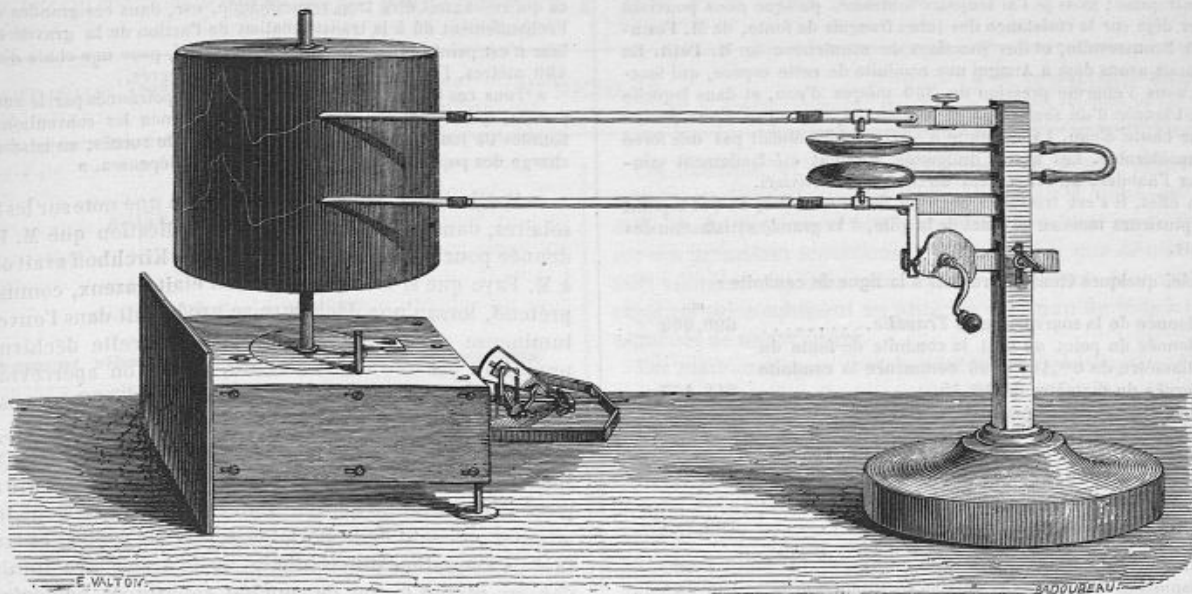


Fig. 340. — Appareil servant à vérifier les appareils enregistreurs, d'après la méthode de Donners.

lygraphe. Le mouvement, transmis par le tube au deuxième tambour et au levier enregistreur, viendra s'écrire sur un cylindre (1), immédiatement au-dessus du graphique tracé par le premier levier.

Comme c'est le mouvement même du premier levier qui est appliqué au polygraphe, celui-ci devra répéter fidèlement le premier graphique, à moins de déformer en quelque chose le mouvement qu'il a reçu. Il faut donc que les deux graphiques présentent une identité parfaite. Or, on voit que plus le mouvement de l'excentrique est lent, plus il y a identité parfaite entre les deux graphiques; mais si l'on tourne l'excentrique avec plus de rapidité, une légère différence apparaît, annonçant la déformation du mouvement par l'appareil lui-même. C'est presque toujours un des effets de l'inertie qui intervient lorsque le levier reçoit des mouvements extrêmement rapides; on fait disparaître cet inconvénient en augmentant le frottement de la plume contre le papier, et l'on reconnaît, en voyant reparaître l'identité des deux graphiques, que le défaut est corrigé.

Dans la plupart des cas, les actes physiologiques que l'on étudie ne sont pas assez rapides pour qu'on puisse suspecter l'exactitude de l'appareil; cependant, ainsi que je vous l'ai dit tout à l'heure, certains muscles fournissent des mouvements tellement brusques, que la meilleure construction de l'enregistreur ne saurait mettre à l'abri de toute déformation du mouvement. C'est alors surtout que la méthode de

fois qu'elle sera applicable. J'espère aussi vous avoir démontré l'exactitude des appareils que nous aurons si souvent occasion d'employer.

MAREY.

#### BULLETIN SCIENTIFIQUE.

Le P. Secchi a exposé à l'Académie des sciences, dans les termes suivants, les travaux accomplis pour fournir de l'eau aux villes de la *Campagne romaine*:

« Je demande à l'Académie la permission de l'entretenir d'un travail hydraulique considérable qui vient d'être accompli dans les États pontificaux, auquel j'ai pris quelque part et au sujet duquel j'ai reçu des informations qui pourront être utiles à la pratique et à la science. Il s'agit d'une conduite exécutée pour fournir l'eau potable à deux villes de la province de *Campagna romana*, Alatri et Ferentino. Ces deux villes sont placées sur les sommets de montagnes isolées, et séparées des sources les plus voisines par des vallées larges et profondes. On a dû mettre en usage les moyens les plus perfectionnés qu'ait imaginés l'industrie moderne, et une profonde connaissance des théories hydrauliques.

» La partie la plus difficile du problème était de réussir à porter l'eau au sommet de la ville d'Alatri, car le reste ne présentait aucune difficulté vraiment sérieuse. Ce résultat avait déjà été obtenu en partie par les anciens Romains, qui, à une époque d'environ deux cents ans avant Jésus-Christ, avaient fait un aqueduc forcé à siphon renversé, dont le point le plus bas était déprimé de 100 mètres au-dessous de la débouchée de l'eau pour approvisionner la partie basse de la ville. J'ai eu le bonheur de retrouver les traces de cet aqueduc jusqu'à la prise d'eau, et de le suivre jusqu'aux réservoirs faits dans Alatri. S'il n'y avait eu qu'à desservir la ville d'Alatri, le parti le plus simple eût été de suivre l'ancien tracé de l'aqueduc, qui était fait avec des tuyaux de terre cuite, renforcés par une couche d'un béton de demi-mètre d'épaisseur, et les procédés modernes n'auraient pas eu grand-peine à obtenir un

(1) Dans la figure 340, le cylindre tourne verticalement au moyen d'un régulateur Foucault couché sur le côté.