

Bibliothèque numérique

medic@

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

*In : Revue des cours  
scientifiques de la France et de  
l'étranger, 1867, IV, p. 568-570*



(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)  
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/histmed/medica/cote?marey077>

## COLLÉGE DE FRANCE.

## HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS.

COURS DE M. MAREY (1).

## V

## Des appareils enregistreurs.

La méthode graphique telle que nous la connaissons déjà rend d'incontestables services, puisqu'elle permet, au prix de quelques peines, d'exposer d'une manière claire, brève et saisissante le résultat d'expériences souvent fort longues et fort difficiles à suivre. La physique a réalisé un immense progrès dont les sciences naturelles peuvent profiter aujourd'hui. L'invention des appareils enregistreurs me semble destinée à renouveler la face de la biologie; j'espère vous faire partager ma croyance en vous montrant les résultats déjà obtenus à l'aide de cette méthode. Mais avant d'exposer devant vous les expériences que l'on peut faire avec ces instruments, je vais retracer brièvement l'histoire de leur découverte et les perfectionnements successifs qui en ont fait des appareils à peu près parfaits aujourd'hui; appareils qui fonctionnent d'eux-mêmes, et livrent à l'expérimentateur un graphique formé d'une ligne continue sur laquelle on peut lire et analyser à son aise toutes les phases du phénomène enregistré.

Le premier appareil qui ait fourni de bons graphiques en ce genre est celui que les généraux Poncelet et Morin ont imaginé pour déterminer les lois de la chute des corps.

La machine de MM. Poncelet et Morin est construite de telle sorte, que le corps, en tombant, trace lui-même une courbe qui exprime le mouvement dont il était animé. (Voyez numéro du 2 mars 1867, page 213.)

Tous les mouvements, quelle que soit leur nature, peuvent s'enregistrer de la même manière, et permettent de déduire de la courbe obtenue toutes les variations qu'ils ont présentées. Il suffit d'employer le mouvement qu'on étudie à faire monter ou descendre une plume qui écrit sur un cylindre analogue à celui de la machine Poncelet et Morin. On peut aussi, à la place du cylindre, employer une surface plane qui se meuve uniformément.

Les météorologistes comprirent les premiers le secours qu'ils pouvaient tirer des appareils enregistreurs pour apprécier avec plus de rigueur les phénomènes si variables qu'ils ont à étudier.

Vous savez l'analogie qui existe entre les phénomènes de la vie et ceux de la météorologie, au point de vue de la complexité et de la variabilité de ces phénomènes qui les rendent depuis longtemps d'une observation si difficile. Les météorologistes avaient senti depuis longtemps le besoin d'instruments précis, et l'emploi des thermomètres, des baromètres, des hygromètres, des pluviomètres, etc., s'était généralisé chez eux. Mais, pour suivre dans chaque station météorologique les indications de tous ces instruments, pour ne pas laisser de lacunes dans les observations, il eût fallu un personnel extrêmement nombreux et très-zélé, une véritable armée d'observateurs dévoués à la science.

(1) Voyez les numéros des 23 mars, 6 et 13 avril, 4 et 11 mai 1867, p. 275, 296, 318, 353 et 374.

L'emploi des appareils enregistreurs leva toutes les difficultés. Chaque instrument fut transformé en un observateur infatigable, infaillible, qui, nuit et jour, enregistrait dans chaque station météorologique, les températures, les pressions barométriques, la quantité de pluie tombée, la force et la direction du vent, etc. C'est grâce à l'introduction de la méthode graphique et de la création des instruments enregistreurs, que la météorologie a pris, dans ces dernières années, un si rapide développement (1).

L'emploi des appareils enregistreurs devait aussi imprimer une vive impulsion aux études physiologiques en ouvrant aux expérimentateurs une voie entièrement nouvelle et en rendant réalisables un grand nombre d'expériences impossibles autrefois.

Tout le monde sait que des verges métalliques vibrent d'autant plus vite, qu'elles ont plus d'épaisseur. Une verge quadrilatère, dont les deux diamètres sont égaux, vibrera avec la même fréquence si on la tend suivant l'une quelconque de ses faces, et qu'on l'abandonne ensuite à son élasticité. Mais une verge rectangulaire dont les deux diamètres sont inégaux aura des vibrations plus rares si elle oscille suivant son petit diamètre que si on la fait osciller suivant son grand diamètre. Lorsqu'on tend une semblable verge suivant une de ses arêtes, elle prend à la fois un double rythme de vibrations, les unes plus fréquentes, les autres plus rares.

Wheatstone a imaginé un moyen de rendre visibles ces deux ordres de vibrations. Il termine la verge par une pointe métallique brillante qui, pendant les vibrations de l'appareil, décrit dans l'espace des méandres lumineux analogues à ces rubans de feu qu'on obtient en agitant rapidement une baguette dont l'extrémité est incandescente. Vous savez qu'alors il reste dans notre rétine une impression persistante qui conserve pendant quelques instants la trace du point lumineux.

Lorsque les deux espèces de vibrations de la verge sont dans un rapport simple et régulier, la boule lumineuse dé-

(1) S'il fallait faire l'historique de la méthode graphique employée en météorologie, on devrait peut-être remonter fort loin pour en trouver les premières origines, et si la machine de MM. Poncelet et Morin paraît être le premier type d'un enregistreur parfait, elle ne serait pas la première tentative de construction d'appareil enregistreur. Ainsi, le célèbre navigateur Magellan aurait imaginé un pluviomètre graphique, c'est-à-dire un appareil enregistreur des quantités de pluie qui tombent à chaque instant.

Dans les mémoires de l'Académie, 1734, Ons-en-Bray décrit un anémographe écrivant sur une feuille de papier enroulée autour d'un cylindre.

En 1785, Changeux publia la description d'un barométre graphique. Huit autres instruments, destinés au même but, furent imaginés peu de temps après.

Avant 1794, Rutherford publiait la description d'un thermométre graphique écrivant avec une pointe sur une bande de papier noirci.

J. Watt avait imaginé d'enregistrer sur un cylindre tournant les variations de tension de la vapeur aux différents instants de la course du piston des machines à feu.

Enfin Thomas Young introduisit un nouveau perfectionnement dans la construction des appareils enregistreurs. Comme la durée des graphiques était fort limitée, attendu qu'elle ne pouvait dépasser la durée de la rotation du cylindre, sous peine de confondre le second graphique en le superposant au premier, ce physicien eut l'heureuse idée d'imprimer à l'axe du cylindre un mouvement d'hélice. Grâce à cette disposition, le graphique n'est plus limité à la circonference du cylindre, mais il s'écrit sous forme d'une hélice, qui peut avoir une très-grande longueur.

C'est à M. L. Breguet que je dois la plupart des documents sur l'histoire des appareils enregistreurs.

crit sans cesse dans l'espace un trajet identique, et l'impression rétinienne qui en résulte est celle d'une figure assez simple, régulière et immobile. Le rapport de fréquence des deux ordres de vibrations est révélé par la forme de la figure. — Ainsi, lorsque la verge est quadrilatère et qu'elle a le même nombre de vibrations dans les deux sens, elle donne naissance à la figure 262, expression de l'unisson. Cette figure est un cercle si les deux vibrations ont la même amplitude ; elle prend la forme d'une ellipse lorsque les vibrations dans un sens ont plus d'amplitude que dans l'autre. On conçoit que cette figure soit engendrée par la combinaison de deux mouvements isochrones perpendiculaires l'un à l'autre. — Si la verge vibre deux fois dans un sens pour une seule vibration dans l'autre, on a l'accord d'octave, et la figure 263, décrite dans l'espace, a la forme d'un huit de chiffre ; elle exprime le rapport de 1 à 2. — Le rapport de 2 à 3 engendre la figure 264 déjà plus complexe. — Celui de 3 à 4 donne la figure 265.



FIG. 262.



FIG. 263.



FIG. 264.



FIG. 265.

La moindre inexactitude dans le rapport des deux ordres de vibrations imprime à ces figures des déformations et des apparences de mouvements très-singulières, et qui sont un caractère précieux révélant la fausseté dans l'accord qu'on cherche à obtenir.

M. Lissajous a réussi à projeter sur un écran des figures semblables à celles de Wheatstone, en recevant un faisceau de lumière parallèle sur un miroir appliqué à un diapason et vibrant avec lui ; puis en renvoyant ce faisceau de lumière sur un second miroir semblable, mais vibrant perpendiculairement au premier ; enfin en envoyant ce faisceau sur l'écran. On voit alors se dessiner des figures lumineuses dont la fixité, les déformations ou les mouvements révèlent le plus ou moins de justesse de l'accord des deux sons, et cela dans des conditions où l'oreille la plus exercée ne saisirait pas les irrégularités légères qui peuvent se produire.

M. Lissajous transforma plus tard en graphiques véritables ces figures optiques fugitives. Il imagina de promener sur une surface en fumée une pointe métallique soumise à deux mouvements oscillatoires perpendiculaires l'un à l'autre. En réglant le rapport de ces mouvements entre eux, on obtient les mêmes figures que par la vibration des verges de Wheatstone ou du faisceau de lumière réfléchi sur deux diapasons. C'est ainsi qu'on a pu tracer avec exactitude les figures que vous avez vues tout à l'heure. Quelque lente que soit la translation de la pointe, les figures restent toujours les mêmes ; on peut donc suivre cette pointe dans son parcours et assister à la formation de ces courbes parfois très-complexes que les expériences précédentes montraient toutes formées.

Le graphique, en acoustique, peut s'appliquer encore d'une autre manière. Ainsi une verge de Wheatstone étant munie d'une pointe très-fine, tracerait sur une surface immobile des figures semblables à celles que vous venez de voir. Mais si l'on fait frotter cette pointe sur un cylindre qui tourne

avec assez de rapidité, le graphique se déploie en une courbe continue et sinuose dont la forme varie suivant le rapport des vibrations. M. Koenig a enregistré ainsi différents accords. (Voyez notre numéro du 23 juillet 1866, tome III, page 572.)

Enfin, il est une expérience d'acoustique du plus haut intérêt, qui peut se rattacher au graphique : c'est l'analyse optique des sons par la méthode de M. Koenig.

L'une des plus grandes découvertes contemporaines est celle de Helmholtz, relativement à la nature du *timbre* des sons. Ce savant physiologiste a démontré que les voyelles, par exemple, qu'on peut chanter indistinctement dans un ton quelconque, doivent le timbre spécial qui les caractérise à la combinaison de certains *harmoniques* avec la note fondamentale. La voyelle *a* chantée sur le ton *d'ut* ne diffère de la voyelle *e* chantée sur le même ton que par la combinaison de diverses résonnances ou harmoniques différents dans les deux cas.

La démonstration complète de ce fait a été donnée par Helmholtz dans la *synthèse des voyelles*. En combinant le son de plusieurs diapasons, on peut obtenir comme résultante la formation d'une voyelle parfaitement reconnaissable à l'oreille. On peut facilement se rendre compte de ce phénomène avec un piano ordinaire. On soulève les étouffoirs, et l'on chante dans la caisse de l'instrument une voyelle quelconque dans un certain ton. Lorsqu'on cesse de chanter, la résonnance des cordes fait entendre non-seulement la *note* qu'on avait émise, mais reproduit aussi la *voyelle* chantée.

M. Koenig a imaginé un moyen d'analyser un son quelconque, et de rendre saisissables, dans une image lumineuse, tous les harmoniques dont il est composé. Cette méthode est celle des *flammes manométriques*. Voici (fig. 266) l'appareil qui

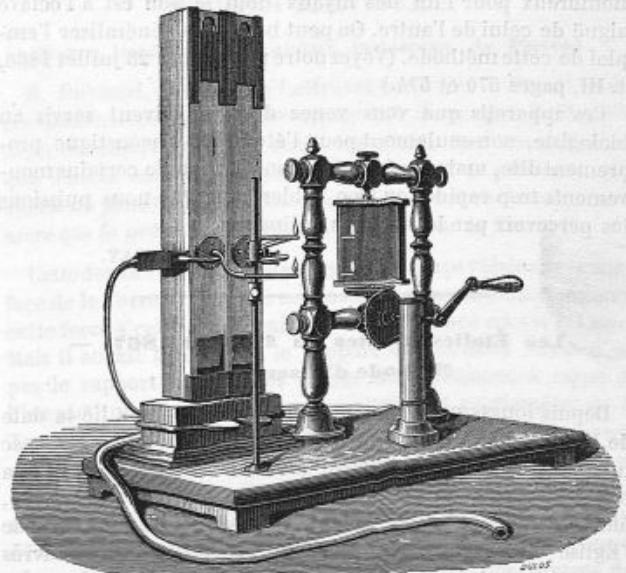


FIG. 266. — Appareil de M. Koenig servant à l'analyse des sons par la méthode des flammes manométriques.

sert à l'analyse des sons. A l'extrémité d'un tuyau de gaz, on place un petit réservoir de métal portant un mince bec où le gaz est allumé. Une paroi de ce réservoir est formée par une mince membrane de caoutchouc. Si une série de vibrations est transmise à cette membrane, le gaz du petit réservoir

sera alternativement comprimé et dilaté, et la flamme subira des alternatives rapides d'élévation et d'abaissement.

Dans la figure 266, deux becs de gaz ainsi disposés sont mis en rapport avec deux tuyaux d'orgue de tonalités différentes.

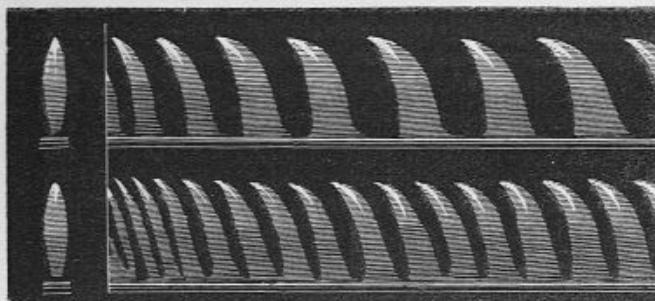


FIG. 267.

Chaque flamme subira des vibrations de rythme différent; toutefois l'œil ne saurait directement percevoir le nombre de ces vibrations qui se confondent dans une impression visuelle unique. Mais voici un miroir tournant à quatre faces, dans lequel les flammes se réfléchissent. Si je fais tourner ce miroir avec rapidité au moyen d'une manivelle, vous voyez (fig. 267) que chaque flamme donne pour image un long ruban lumineux, et que ce ruban présente des dentelures dont chacune est produite par une élévation de la flamme, c'est-à-dire une vibration de la membrane qui ferme la caisse à gaz.

De plus, comme chacune des deux flammes est soumise à un nombre différent de vibrations, le nombre des dentelures différera dans les deux images; il sera deux fois plus nombreux pour l'un des tuyaux dont le son est à l'octave aiguë de celui de l'autre. On peut beaucoup généraliser l'emploi de cette méthode. (Voyez notre numéro du 28 juillet 1866, t. III, pages 570 et 574.)

Ces appareils que vous venez de voir doivent servir au biologiste, non-seulement pour l'étude de l'acoustique proprement dite, mais aussi pour la constatation de certains mouvements trop rapides ou trop faibles pour que nous puissions les percevoir par les moyens ordinaires.

MAREY.

#### Les Étoiles filantes du 10 août 1867. —

##### Méthode d'observation.

Depuis longtemps déjà une tradition ancienne a lié la date de la Saint-Laurent, c'est-à-dire la nuit du 10 août, avec une apparition extraordinaire d'étoiles filantes. Quand on a menacé le martyr des tourments de torture par le feu, afin de lui faire trahir la possession des trésors secrets de l'Église de Rome, le pieux saint répondit: « Les pauvres sont les seuls trésors que l'Église m'a confiés. » En heureux souvenir de son courage, la tradition affirme que le ciel jette encore des larmes brûlantes de miséricorde pour le triste sort des pauvres affligés du monde que le martyr saint Laurent a épousés dans sa mort cruelle.

De grandes apparitions de météores de la Saint-Laurent eurent lieu en 1243 et 1454, et un pareil spectacle se présentait encore, il y a quelques années, en 1863. M. Quetelet en 1838, et, immédiatement après lui, Henrick en 1837,

ont montré les premiers, d'une manière irrécusable, que les météores de saint Laurent forment un essaim météorique dont l'apparition ne manque jamais de se produire chaque année, dans la nuit du 9 au 10 août, avec un éclat plus ou moins remarquable. Von Littrau, le célèbre astronome de Vienne, a constaté de plus, dans l'année 1839, que la période de retour des étoiles filantes du 10 août diffère au moins de vingt minutes de la durée d'une année tropique, mais qu'elle coïncide, à une minute près, avec la durée de l'année sidérale. Dans cette même année 1839, sir John Herschel a observé que les météores de la nuit du 10 août se dirigeaient tous d'un point fixe parmi les constellations, très-près de l'étoile de quatrième grandeur nommée B dans la constellation de la Girafe de Bode; et, depuis cette époque, les observateurs sont tous d'accord pour fixer le point rayonnant des feux annuels de saint Laurent dans le voisinage de ce point, et généralement dans la constellation de Persée. C'est pour cette raison que Schiaparelli donne le nom de *Perséides* aux météores lumineux de la nuit du 9 au 10 août. M. Schiaparelli démontre, avec une vraisemblance digne de remarque, qu'une comète qui se montra fort brillante à l'œil nu dans le mois d'août 1862, n'était autre chose que le principal corps d'un courant de matière, de l'existence duquel l'averse météorique qui le suivit de très-près dans la soirée du 10 août 1863 fut une preuve beaucoup moins douteuse encore.

La comète se meut dans une orbite elliptique très-allongée, dont on a diversement fixé le temps périodique à 113 ou 123 ans. S'il est donc vrai que les météores accompagnent la comète partout dans sa révolution, on a pu déterminer, comme l'a déjà fait M. Schiaparelli, par le calcul, la vitesse avec laquelle ils doivent entrer dans l'océan aérien et traverser l'atmosphère de la terre. Cette vitesse supposée est de 60 kilomètres par seconde. Il serait certainement plus satisfaisant, si les difficultés n'avaient pas été jusqu'ici trop grandes, d'arriver à cette conclusion par la voie d'une expérience directe. Malheureusement, il est une chose qui paraît d'abord très-simple, mais qui est entourée, dans la pratique, d'un grand nombre de causes d'erreurs exceptionnelles et personnelles; cette chose, qui est justement la principale, c'est qu'il est très-difficile de déterminer le temps qu'une étoile filante met à parcourir sa trajectoire visible, c'est-à-dire l'intervalle qui sépare le moment où elle commence de l'instant où elle disparaît. On se sert généralement, pour cela, d'une horloge quelconque tautochrome, qui indique sur son cadran des intervalles minimes de temps, et qu'on peut arrêter ou faire marcher à volonté. Mais il reste toujours la difficulté de toucher à l'horloge et de retirer le doigt aux moments fixes, déterminés par l'apparition et la disparition du météore. J'ai trouvé un moyen plus sûr, quoique en négligeant sans doute une équation personnelle encore indéterminée, de prendre le jugement *après* que le météore a disparu; et de mesurer ensuite à plusieurs reprises ce jugement, à l'aide d'une clepsydre à marche continue, dont l'arrangement très-simple est celui d'un tube gradué et vertical, fermé en bas, dans lequel on enfonce en haut, pour l'intervalle dont il est question, un jet d'eau mobile, très-mince et régulier. En touchant avec le doigt ce petit appareil cinq à dix fois sans le regarder, on obtient un résultat moyen de cinq ou dix déterminations qui, d'après des expériences que j'ai faites tout exprès avec une montre, s'écartent rarement de plus d'un dixième de seconde de la vérité. Avec un instrument plus