

Document du mois de février 2020

Des appareils scientifiques comme supports pédagogiques

Le **collège Saint-Nicolas d'Igny** a récemment laissé en dépôt aux Archives lasalliennes de Lyon un ensemble d'instruments scientifiques témoins de la pédagogie des sciences pratiquée à la charnière du XIX^e et XX^e siècle. Il est intéressant d'en présenter quelques-uns mis en résonance avec les manuels scolaires édités par les Frères sur cette même période héritière de l'âge d'or de la vulgarisation scientifique.



Le laboratoire de physique du pensionnat Saint-Louis de Saint-Étienne, vers 1900.

Les phénomènes scientifiques s'offrent en spectacle... avant d'aborder les modélisations mathématiques détaillées dans les manuels scolaires, qui prendront de plus en plus d'importance au fil du XX^e siècle.

Le chapitre sur l'acoustique

Le chapitre sur l'acoustique est le plus démonstratif, réputé récréatif, musical et intuitif, faisant appel à ce qui est le plus familier au public : parler, chanter, souffler dans un conduit, faire vibrer des cordes ou des membranes, entendre le tonnerre ou l'écho, etc.

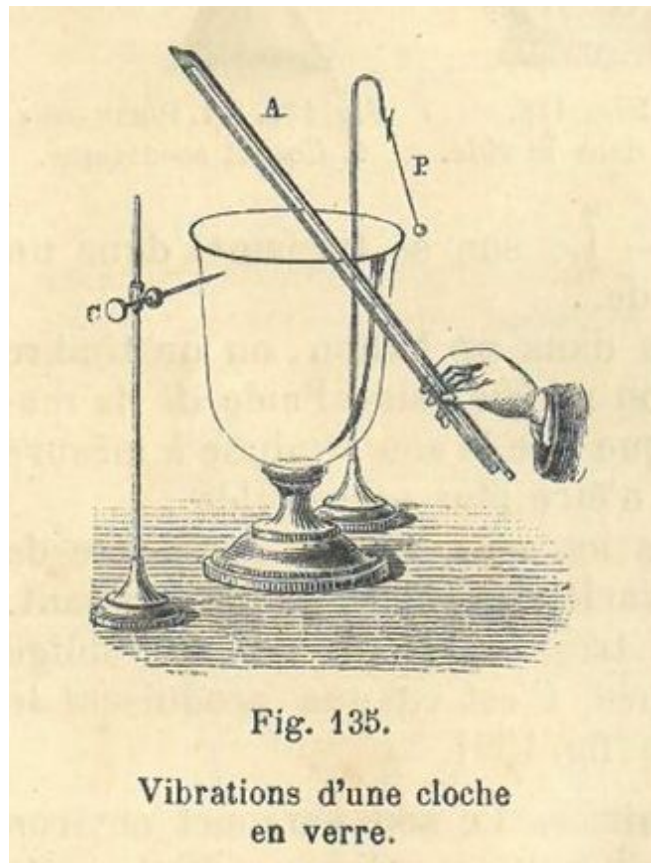


Leçon d'acoustique au pensionnat Saint-Louis de Saint-Étienne en 1900.

Le Frère reproduit le geste expérimental schématisé dans l'édition des *Notions de Physique* de 1888 et qu'on retrouve encore dans les éditions de *Physique* en 1950.

Une soufflerie à tuyaux se trouve à droite sur la photo.

Le « cortège pédagogique » (expérimentation, illustration, explication, application) peut se mettre en scène, associé aux ouvrages scolaires riches de figures et d'exercices, grâce à des instruments souvent de grandes tailles et aux mécanismes explicatifs simples à appréhender.



La notion de vibration sonore est mise en lumière par de nombreuses démonstrations (cordes et lames vibrantes) ainsi que les phénomènes de transmission (dans l'air, l'eau et le vide) et de réflexions (miroirs sphériques). L'étude du son est le plus souvent encadrée par les chapitres sur les lois de l'optique et la modélisation mathématique des phénomènes vibratoires.



L'expérience des deux miroirs destinée à comprendre le mécanisme de la réflexion des ondes sonores est illustrée dans les ouvrages de sciences publiés par les Frères entre 1888 et 1945. l'édition de 1950 préfère établir un parallèle avec les lois de l'optique. (paraboles du laboratoire de Saint-Nicolas d'Igny – 91)



Vérification. — 1° Deux miroirs sphériques M et M' (Fig. 174) d'assez grande dimension sont disposés en regard l'un de l'autre et à une certaine distance de manière que leurs axes coïncident. On place une montre au foyer F du miroir M. Le tic-tac n'est bien entendu que si l'on amène au foyer F' le pavillon d'un cornet acoustique aboutissant à l'oreille de l'auditeur.

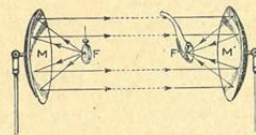


Fig. 174. Réflexion — sur deux miroirs sphériques.

Les ondes sphériques émanées de F se transforment après réflexion sur M en ondes planes, normales aux axes, et convergent en F' après une seconde réflexion sur M'.

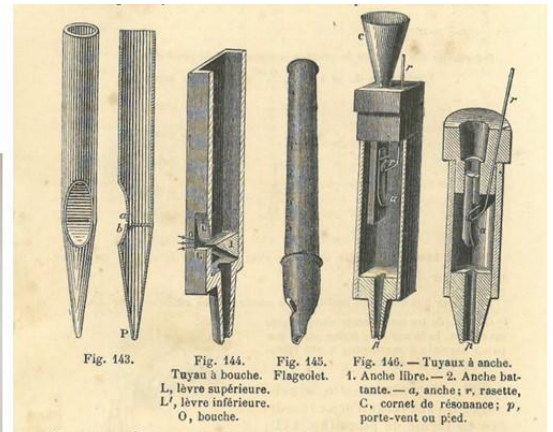
Les tuyaux acoustiques

Plus remarquable est le développement de l'étude des tuyaux sonores qui peut donner lieu à des chapitres entiers associés à la présentation des notions d'intervalles musicaux et d'harmoniques.

Les exercices faisant varier longueur et types de tuyaux sont « incontournables ».



Soufflerie avec tuyaux à bouche et tuyaux à anche pour illustrer les caractéristiques d'un son (hauteur, intensité, timbre) et diverses « Lois » des tuyaux sonores (longueur, harmoniques...)



Soufflerie - exemplaire du laboratoire de Saint-Nicolas d'Igny (91).

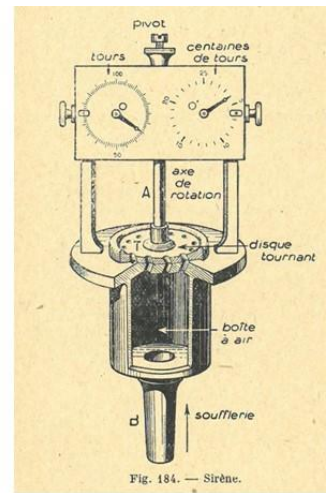
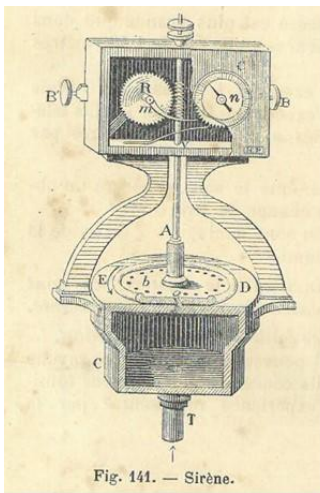
Illustrations des manuels scolaires des Frères (1888, 1945).

De ce domaine d'étude fort ancien (Pythagore, VI^e siècle avant J.-C.) où les notions de hauteur, d'intensité et de timbre s'affinent peu à peu, émerge **la notion de fréquence sonore** (dans son acception moderne) au XVII^e siècle (Galilée, Mersenne).

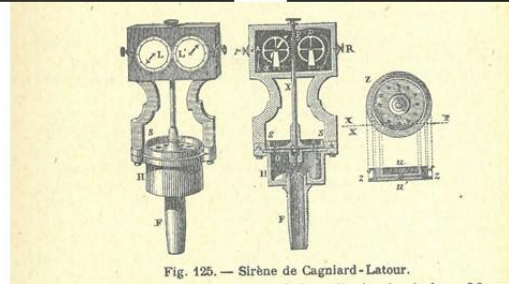
La sirène

Le dépôt du collège d'Igny contient un curieux appareil destiné à la mesure de la fréquence et qui dérouta bien des enseignants de nos jours. Ce dernier a pourtant connu ses heures de gloire durant presque un siècle, puisque, inventé en 1819, il illustre encore les leçons d'acoustique dans les éditions de 1945 : il s'agit de **la Sirène de Cagniard-Latour** ①.

Connectée à un soufflet, la sirène émet un son dont la fréquence peut être évaluée par la rotation d'un disque muni d'un nombre de trous connu, dont le nombre de tours est donné par le tachymètre (compteur) qui le surmonte. Un chronomètre évalue la durée.



La sirène du baron **Charles CAGNIARD DE LATOUR** permet d'évaluer, avec l'aide d'un chronomètre, la fréquence du son qu'elle émet lorsqu'elle est traversée par un flux d'air sous pression. Les publications scolaires des Frères y font référence en 1888, 1898, 1918 et encore en 1945. Les méthodes de mesure graphique la supplanteront.

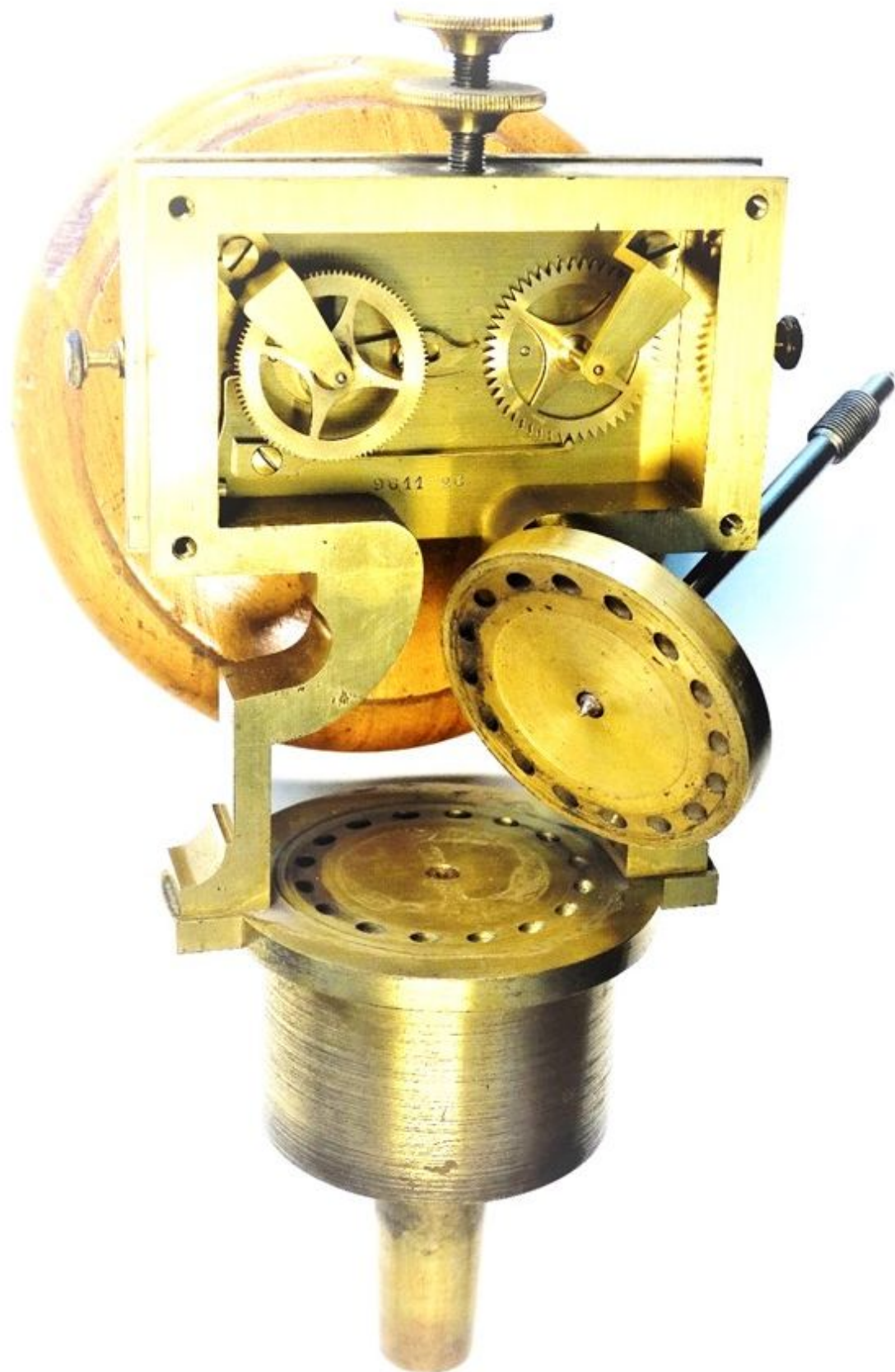


Sirène de Cagniard-Latour (Ducretet et Lejeune, Paris, Fabricants) - exemplaire du laboratoire de Saint-Nicolas d'Igny - 91

Mise à l'unisson d'une autre source sonore, la sirène peut être utilisée comme **fréquence-mètre** avec un résultat plus ou moins précis selon l'oreille de l'expérimentateur et la stabilité du son obtenu. Si la compacité et l'ingéniosité du mécanisme parent l'instrument de vertus pédagogiques certaines, l'approximation du résultat et le bruit (proche des sirènes d'alarme !) en présentent les principaux inconvénients. Par ailleurs, le mode de calcul de la fréquence qu'il ordonne fait de la sirène une mine pour ces problèmes « apéritifs » qui permettent de gagner quelques points aux examens.

Une sirène dont le disque a 16 trous, est à l'unisson avec un diapason qui fait 512 vibrations simples à la seconde. Elle exécute 4 tours pendant qu'un pendule accomplit une oscillation. On demande la longueur de ce pendule ; $g=980 \text{ cm/sec}^2$. (*Cours de physique, classe de mathématiques, LIGEL, 1945 – exercice, p. 430*).

La roue mobile est percée de buses biseautées qui entraînent sa rotation quand un flux d'air (ou d'eau) est injecté à forte pression par le pied. L'axe est muni d'une vis sans fin qui fait tourner le compteur. L'ensemble peut produire un puissant son de sirène d'alerte ! Réglé à l'unisson (et à l'oreille) d'une autre source sonore, on peut en déduire sa fréquence approximative à l'aide d'un chronomètre (nombre de tours, de trous, temps). La compacité de l'appareil explique en partie sa longévité dans les programmes scolaires, malgré ses défauts.



Le principe du disque denté ou perforé produisant un son par mise en vibration d'une lame ou insufflation d'air est « vieux comme le monde ». La sirène (car elle produit des sons sous l'eau) a pu s'inspirer de la dynamique des inventions de ses contemporains, comme les roues dentées de Savart (1791-1841), puis s'est déclinée en d'autres sirènes (disque perforé tournant) : Seebeck (1805-1849), HW Dove en 1840, H. Helmholtz en 1862, R. Koenig en 1867, pour les plus connues.

L'idée de graver les vibrations a une origine lointaine, qu'on peut faire remonter au moins à T. Young vers 1807, qui inscrit la trace des vibrations d'un diapason sur un cylindre tournant. La « **méthode graphique** » est présentée en parallèle avec la « **méthode de l'unisson** » (**la sirène**) dans les manuels des années 1890 et la supplante dans les éditions des années 1950. L'invention de **l'oscillographe** en 1893, puis de **l'oscilloscope** en 1897, ramèneront peu à peu ces méthodes au rang de curiosités historiques.

Dans son désir de comprendre le mécanisme de la hauteur d'un son, la science a déployé toutes sortes d'approches pour compter le nombre de vibrations de façon mécanique, visuelle ou électronique. En pédagogie des sciences, un détour par le récit historique est un complément utile pour humaniser une matière scolaire devenue souvent très abstraite.

Bruno Mellet

Sources

► Manuels scolaires

- F.J., *Notions de physique*, enseignement primaire, Mame, Tours, 1888
- Frères des Écoles chrétiennes, *Notions de sciences physiques et naturelles à l'usage des aspirants au Brevet Élémentaire*, Mame, Tours, 1891 et 1918
- Réunion de professeurs, *Cours de physique pour les classes de mathématiques et de sciences expérimentales*, LIGEL, Paris, 1945
- Réunion de professeurs, *Cours de physique, enseignement primaire, secondaire et technique*, LIGEL, Paris, 1950
- Réunion de professeurs, *Cours de physique, classes terminales séries C, T et D*, LIGEL, Paris, 1967.

► Internet

- Sur les sirènes : <https://americanhistory.si.edu/science/sirens.htm>

Documents du mois déjà publiés

-
- (1) : **Charles Cagniard de Latour** (1777-1859) – Polytechnicien de la première heure (1795) – Cet inventeur polyvalent et talentueux a étudié de nombreux domaines d'application (acoustique, physique, chimie, mécanique).