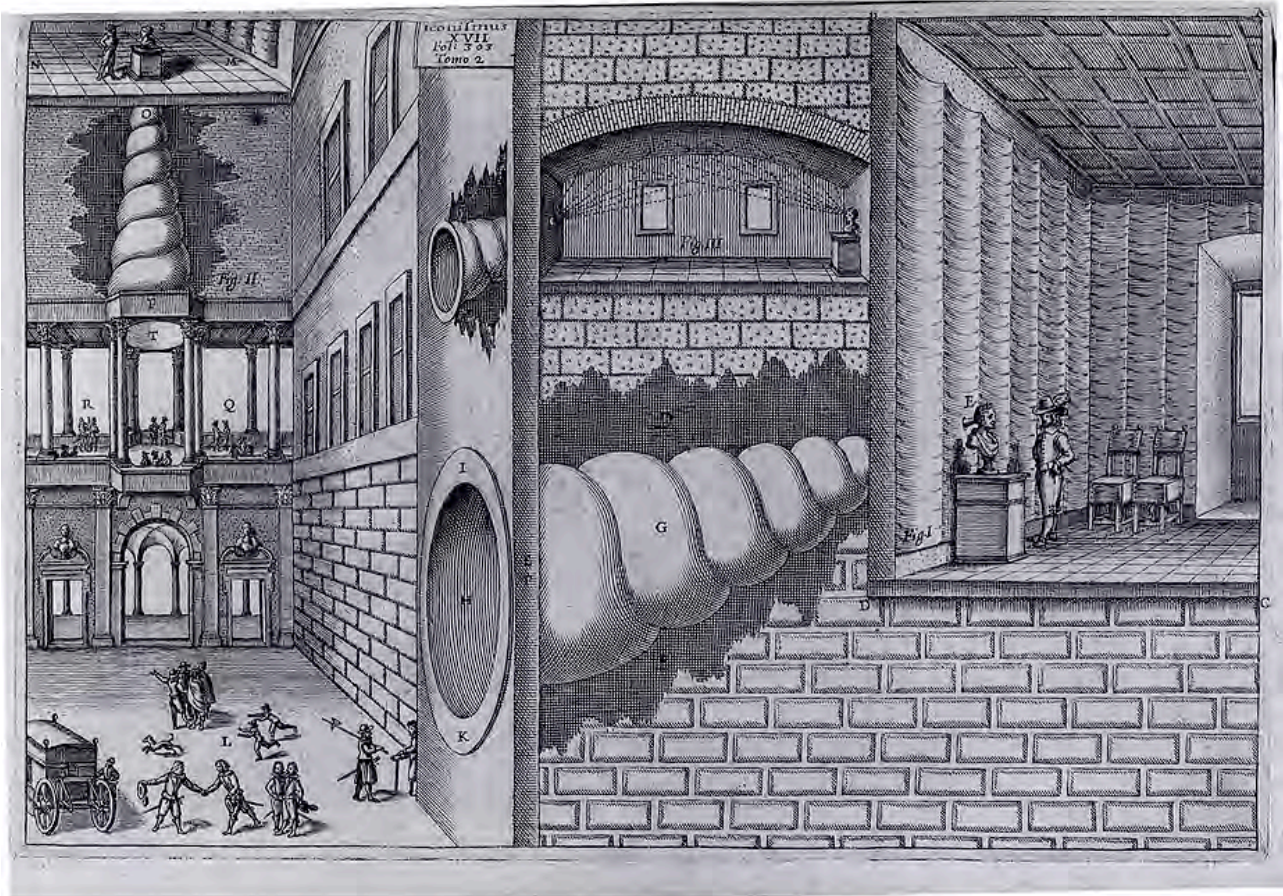


Instruments acoustiques du XIX e s.
Collection Musée Gassendi

Acoustique



Définition

- L'acoustique est une branche de la physique dont l'objet est l'étude des ondes mécaniques dans les gaz, les liquides et les solides. Elle s'intéresse aux sons, aux ultra-sons, aux infrasons et aux vibrations.

Etymologie

- Du grec ancien (akoustikos), de ou pour l'audition et de (akoustos), audible.
- Du grec ancien *tekhnê*, science.

Histoire et instruments

Dès le VI^e siècle av. JC, Pythagore (570–495 av. JC) remarqua que les harmoniques sur une corde dépendaient d'un ratio numérique de la longueur de la corde. Au IV^e siècle av. JC, Aristote (384–322 av. JC) définit le son comme une contraction et une expansion de l'air. En 20 av. JC, Vitruve, un architecte et ingénieur romain, rédigea un traité des propriétés acoustiques des théâtres, marquant ainsi le début de l'acoustique architecturale.

En 1632, Galilée (1564–1642) établit que les ondes sont produites par des vibrations d'un corps sonore et propagées dans l'air, apportant au tympan de l'oreille un stimulus que l'esprit interprète comme un son. C'est le début de l'acoustique

physiologique et de l'acoustique psychologique. Entre 1630 et 1680, Marin Mersenne (1588–1648), religieux français, réalisa des mesures expérimentales de la vitesse du son dans l'air. Avec Galilée, ils établirent concomitamment les lois complètes des cordes vibrantes. A cette période, Robert Hooke (1635–1703) étudia le comportement des noeuds associés aux vibrations (zones exemptes de vibration). En 1687, Newton (1642–1727) étudia la vitesse des ondes dans les solides.

Les avancées en acoustique durant le XVIIIe siècle ont été faites par les mathématiciens qui appliquèrent de nouvelles techniques de calcul pour élaborer des théories de propagation des ondes sonores. En 1787, Ernst Chladni (1756–1827) fit une découverte intéressante en se basant sur les travaux de Hooke. Du sable présent sur une plaque en vibration se déplace jusqu'à atteindre une ligne nodale, ce qui forme des figures appelées figures de Chladni.

Le XIXe siècle est marqué par les apports importants de Hermann von Helmholtz (1821–1894), puis ceux de Lord Rayleigh (1842–1919) qui, compilant ses travaux à la connaissance antérieure, rédigea La Théorie de Son.

De nombreuses applications de l'acoustique furent développées au XXe siècle, notamment avec le travail révolutionnaire de Wallace Clement Sabine (1868–1919) sur l'acoustique architecturale – on lui doit entre autre le Symphony Hall de Boston – avec l'utilisation de l'acoustique sous-marine durant la Première Guerre Mondiale pour repérer les sous-marins ou l'utilisation des ultrasons en médecine pour réaliser des échographies.

Voici quelques exemples d'appareils permettant l'étude de l'acoustique ou se basant sur ses propriétés:

- **La sirène de Cagniard de Latour** a été inventée en 1819 par Charles Cagniard de Latour (1777-1859), ingénieur et physicien français. Cette machine peut produire un son de fréquence calculable et réglable. Elle est constituée d'une caisse reliée à une soufflerie et dont le couvercle forme un disque fixe percé de 16 trous obliques. Un disque mobile percé de 16 trous obliques en sens contraire est placé sur le disque fixe, et relié à un compte-tours. L'air impulsé dans l'appareil fait tourner le disque mobile du fait des trous en sens contraire, ce qui produit un son dont la fréquence est réglable en fonction de la vitesse de l'air impulsé et mesurable grâce au compte-tours. Cette sirène permet donc de mesurer la fréquence d'un son, ce qui constitue une méthode d'évaluation numérique des sons. Pour cela, Il suffit de mettre la sirène à l'unisson avec le son dont on veut déterminer la fréquence, et de noter le nombre de tours réalisés par la sirène durant un temps donné afin de calculer sa fréquence.
- **Le diapason** est un outil de musicien qui permet d'accorder les instruments. Inventé par John Shore (1662-1752) en 1711, il est constitué de deux lames épaisses et parallèles, généralement en acier, soudées en forme de U. Une tige est soudée à la base du U. Lorsque l'on fait vibrer les lames, le diapason donne une note pratiquement pure qui constitue la fréquence fondamentale. Cette fréquence de 440 Hz a été fixée en 1953 par la conférence de Londres et correspond au la₃. Le diapason est fréquemment remplacé par un accordeur électronique qui mesure instantanément la fréquence d'un son.
- **Le ballon à clochette** est un objet permettant de montrer que le son ne se

propage pas dans le vide. cf. Fiche objet associée

- **Le sonomètre** est un instrument permettant de démontrer les lois de Mersenne sur les cordes vibrantes, encore utilisé à des fins pédagogiques dans les lycées et les universités (cf. Fiche objet associée). On le trouve aujourd'hui sous la dénomination de sonomètre à cordes, alors qu'un sonomètre représente, actuellement, un appareil mesurant le niveau de pression acoustique, et sert, par exemple, pour les études de pollution sonore.
- **Le banc acoustique pour produire les figures de Chladni** permet de mettre en évidence la propagation des ondes sonores dans les solides. cf. Fiche objet associée

Instruments du musée

- Ballon à clochette (fiche associée)
- Sonomètre (fiche associée)
- Sirène de Cagniard de Latour
- Paire de Bancs acoustiques pour produire les figures de Chladni (fiche associée)
- Miroir parabolique (x3)
- Soufflerie avec tuyaux d'orgue
- Flûte
- Diapason

Lien au quotidien

- Accordeur de guitare
- Echographie

Fiches associées

- Ballon à clochette
- Sonomètre
- Figures de Chladni

Sources

<http://www.son-en-images.fr/>

wikipédia

http://www.louislegrand.eu/index.php?option=com_content&view=category&id=2&Itemid=5

<http://web.crdp->

[poitiers.org/manifestations/expo_physique/images/FICHE%20Sonom%20E8tre.pdf](http://web.crdp-poitiers.org/manifestations/expo_physique/images/FICHE%20Sonom%20E8tre.pdf)

http://www.electroncaveneta.com/education/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=2258&Itemid=685



BALLON A CLOCHETTE

Quel est cet objet ? A quoi sert-il ?

Le ballon à clochette est un objet permettant de montrer que le son ne se propage pas dans le vide.

Description et fonctionnement

Le ballon à clochette est un ballon en verre fermé par une attache en laiton qui peut être reliée à une pompe à vide. Une clochette est suspendue à l'intérieur du ballon au niveau de l'attache.

Quand on agite le ballon, on entend le son produit par la clochette. Lorsqu'on vide l'air du ballon à l'aide d'une pompe à vide, et qu'on agite le ballon, on n'entend aucun son.

Le son est une onde qui se propage. Pour cela, elle déplace les molécules d'un milieu. Le son peut donc se propager dans les gaz, dans les liquides et dans les solides. La propagation du son étant liée aux molécules présentes dans le milieu, les milieux contenant le plus de molécules permettent une propagation plus rapide de l'onde. Ainsi, dans l'air, le son se propage à une vitesse de 344 m/s, dans l'eau, à une vitesse de 1482 m/s alors qu'il atteint une vitesse de propagation de 5050 m/s dans l'acier. Le vide étant caractérisé par une raréfaction des molécules, le son ne peut pas se propager.

Construction(s) et/ou expérience(s) proposée(s)

- ♣ Ballon à clochette avec bouteille en verre (pas testée)
- ♣ Ballon d'air/ballon d'eau



BANC ACOUSTIQUE POUR LES FIGURES DE CHLADNI

Quel est cet objet ? A quoi sert-il ?

Un banc acoustique pour produire les figures de Chladni est un banc en bois portant des plaques vibrantes. Il sert à mettre en évidence la propagation des ondes sonores dans les solides.

Histoire

Dès le XVII^e siècle, Galilée observa, alors qu'il était en train de gratter une plaque de cuivre avec des ciseaux en fer pour enlever des taches, que la plaque émettait de temps en temps un son. Et quand elle émettait un son, apparaissaient des lignes parallèles sur celle-ci. Il fit part de cette découverte dans son ouvrage « Dialogue sur les deux grands systèmes du monde » en 1632. En 1680, Robert Hooke a vu, en frottant avec un archet le bord d'une plaque de verre recouverte de farine, émerger des schémas nodaux. La farine présente sur la plaque en vibration se déplace grâce à la déformation du support (à cause de la vibration des ondes sonores), jusqu'à atteindre une ligne nodale, zone exempte de vibration.

Chladni reprit les travaux de Hooke, en 1787, en n'utilisant non plus une plaque de verre et du sable, mais une plaque en laiton recouverte de sable. Il fit toute une série d'expérience en faisant varier la fréquence du son, en changeant le point d'appui de l'archet sur la plaque ou en exerçant des points de pression sur la plaque avec ses doigts, en changeant la taille et l'épaisseur de la plaque. Il en résultat toute une série de figures de lignes nodales différentes, appelées figures de Chladni.

Ce lien entre le son et l'image a créé une nouvelle discipline, la cymatique. Du grec κύμα (kuma) qui signifie « onde », elle s'intéresse à l'étude des sons visibles et des vibrations, c'est-à-dire, à l'effet périodique du son et des vibrations sur la matière.

Description et fonctionnement

Un banc acoustique pour produire les figures de Chladni est un banc en bois à deux pieds portant trois plaques vibrantes montées sur tige. Ces plaques, généralement en laiton, sont circulaires ou rectangulaires.

En recouvrant les plaques de sable fin et en les faisant vibrer en frottant un archet sur leur bord, on voit le sable se déplacer et former des figures particulières. On peut faire varier ces figures en appuyant plus ou moins avec l'archet sur la plaque ou en exerçant des pressions avec ses doigts sur la plaque en même temps que l'on frotte l'archet.

Plus il y a de lignes ou plus elles sont rapprochées et plus la fréquence du son est élevée.

Construction(s) et/ou expérience(s) proposée(s)

- ▲ Sable qui danse

Sources

wikipedia

http://www.inrp.fr/she/instruments/instr_aco_chladni.htm

<http://www.son-en-images.fr/?tag=chladni>

SONOMETRE



Quel est cet objet ? A quoi sert-il ?

Le sonomètre est un instrument permettant de démontrer les lois sur les cordes vibrantes, notamment la loi des tensions et la loi des longueurs.

Histoire

Dès le VI^e siècle av. JC, Pythagore (570-495 av. JC) s'intéressait aux propriétés des cordes vibrantes. Il montra à l'aide d'un monocorde, instrument composé d'une seule corde et ancêtre du sonomètre, que les harmoniques d'une note étaient liées par un ratio numérique de la longueur de la corde. Marin Mersenne (1588-1648) compléta les travaux de Pythagore en rédigeant les lois des cordes vibrantes.

Description et fonctionnement

Le sonomètre est constitué d'une caisse en bois qui sert de caisse de résonance et de trois cordes métalliques. Un mètre gradué est fixé sur le dessus de la caisse. Un chevalet portant les cordes est fixé à chaque extrémité de la caisse. La tension de la première et de la troisième corde est réglable grâce à des vis (comme sur une guitare), alors que la tension de la corde centrale se règle avec un poids fixé à son extrémité. Un chevalet mobile peut être placé sous les cordes afin de faire varier la longueur vibrante des cordes, et sa position peut être repérée avec le mètre gradué.

Le sonomètre permet d'expérimenter l'influence de différents paramètres sur les sons émis par une corde vibrante :

- en changeant le poids de la corde centrale, on peut mettre en évidence la relation entre la fréquence d'un son produit par une corde pincée et sa tension, c'est la loi des tensions ;
- en déplaçant le chevalet sous les cordes, on peut mettre en évidence que les harmoniques d'une note fondamentale sont obtenus en divisant la longueur de la corde selon des ratios précis ($1/2$; $1/3$; $1/4$; $1/5$; $1/6$; $1/7$), c'est la loi des longueurs.

Ballon d'eau - ballon d'air

Thématique : Acoustique

Objet : Ballon à clochette

Fichier lié :

Matériel :

- 2 ballons de baudruche
- eau

Réalisation :

1	Remplir le ballon 1 d'eau (au robinet)
2	Gonfler le ballon 2
3	Placer le ballon 1 contre son oreille
4	Tapoter sur le ballon 1
5	Recommencer les étapes 3 et 4 avec le ballon 2

Le sel qui danse

Thématique : Acoustique

Objet : Banc pour les figures de Chladni

Fichier lié :

Matériel :

- 1 pot de yaourt en verre
- 1 ballon de baudruche
- ciseaux
- sel
- feuille de papier

Réalisation :

1	Couper la partie étroite du ballon
2	Enfiler le ballon sur le pot en tendant au maximum le ballon sur l'ouverture du pot
3	Verser du sel sur le ballon
4	Crier devant le pot
5	Refaire l'étape 4 en plaçant une feuille entre la bouche et le pot

Construire un sonomètre

Thématique : Acoustique

Objet : Sonomètre

Fichier lié :

Matériel :

- 1 baguette (1) de bois 60/≈3/≈1 cm
- 1 baguette (2) de bois 9/≈1/≈1 cm
- 80 cm de fil nylon (fil de pêche)
- 2 trombones
- au moins deux poids différents ou 2 ballons de baudruches remplis avec du sable
- règle
- feutre
- scie
- petits clous (type semences)
- marteau
- calculatrice

Réalisation :

1	De chaque côté de la baguette 1, faire au centre, une entaille de moins d'1 cm avec la scie
2	Tracer un repère à 2 cm et un à 58 cm du bord de la baguette 1, la longueur entre les 2 repères est de 56 cm
3	Diviser la longueur de 56 cm en fractions de $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$ et $\frac{1}{7}$ (soit $\frac{56}{2}$, $\frac{56}{3}$, $\frac{56}{4}$, $\frac{56}{5}$, $\frac{56}{6}$ et $\frac{56}{7}$)
4	Marquer à partir d'un des repères tracés, chaque mesure obtenue en notant à quelle fraction elle correspond
5	Couper 3 tronçons de 3 cm de large dans la baguette 2
6	Faire une entaille à 1,5 cm du bord sur 2 des tronçons de 3 cm
7	Fixer ces 2 tronçons contre les repères (vers l'extérieur)
8	Nouer un trombone à chaque extrémité du fil nylon
9	Fixer le fil nylon sur le sonomètre en faisant passer une extrémité dans une des encoche (le fil se bloque grâce au trombone)
10	Faire passer le fil dans la seconde encoche
11	Fixer un poids au trombone qui pend dans le vide
12	Faire vibrer le fil pour entendre le son produit
13	Placer le tronçon libre (chevalet) sous le fil au niveau d'un des repères de fraction
14	Répéter les étapes 11 & 12 en faisant varier la place du chevalet
15	Répéter l'étape 11 en changeant le poids fixé au fil

Construire un bâton d'ondes

Thématique : Acoustique

Objet :

Fichier lié :

Matériel :

- 2 baguettes de bois 40/1/1 cm
- 60 pics à brochette
- ruban adhésif
- règle
- feutre

Réalisation :

1	Repérer le milieu de chaque pic à brochette en le marquant avec le feutre
2	Enrouler le milieu d'une des baguettes de ruban adhésif
3	Dérouler une portion du ruban, face adhésive vers le dessus
4	Coller sur le ruban, tous les 5 cm, un pic à brochette à chaque repère en faisant attention à ce que toutes les pointes soient du même côté
5	A 3 m de longueur totale, enrouler le ruban adhésif au milieu de la seconde baguette et recouvrir toute la longueur de ruban avec les baguettes d'une seconde couche de ruban
6	Visualiser la propagation des ondes en effectuant des rotations avec les baguettes

Règle musicale

Thématique : Acoustique

Objet : Sonomètre

Fichier lié :

Matériel :

- 1 ou plusieurs règles plates en plastique
- table

Réalisation :

1	Placer la règle au bord d'une table de façon à ce que 10 cm soient sur la table et le reste dans le vide
2	Tenir fermement la partie sur la table
3	Faire vibrer la règle en appuyant vivement sur le bord dans le vide
4	Recommencer en augmentant au fur et à mesure la longueur de la règle sur la table
5	Avec plusieurs règles, les placer à différentes longueurs pour jouer une mélodie