

Hommage à Joseph Sauveur, inventeur de l'acoustique
Expositions • Conférences • Concerts • Ateliers • Jeux
GRATUIT • Tout public

vibrAsons

Médiathèque Louise Michel • du 15 novembre au 31 décembre 2016
Maison des arts Paul Fort
ALLONNES

Document en pdf : www.alloannes.fr/ressources



LIVRET PÉDAGOGIQUE



VIBR A SONS ? POURQUOI CE NOM ?

Ce nom a été choisi pour les raisons suivantes :

VIBR : *parce que Joseph Sauveur à qui nous souhaitons rendre hommage a notamment étudié les ondes stationnaires, mises en évidence sur une corde **VIBRante**.*

A : *comme Acoustique*

SONS : *parce que l'exposition porte essentiellement sur l'acoustique.*

Et enfin, parce que VIBR A SONS est phonétiquement proche de VIBRATIONS ...

SOURCES ET REMERCIEMENTS

Le présent livret pédagogique est extrait :

- de la conférence animée par Luc Chanteloup, Dominique Bénard, Sylvain Amailland et Léo Guadagnin lors du Congrès Français d'Acoustique 2016 au Mans,
- d'indications figurant dans les ouvrages de Luc Chanteloup parus aux Editions LUJEEES et Editions de la REINETTE :
 - o « Les Génies de la Sarthe »,
 - o « Les Trésors du Prytanée National Militaire de La Flèche,
- de divers documents mis à disposition par :
 - o l'ARS (Agence Régionale de Santé) dans ses panneaux d'exposition « ENCORE PLUS FORT »,
 - o le Centre d'Information et de Documentation sur le Bruit avec le concours d'Agi-Son,
 - o l'IREPS (Instance Régionale d'Éducation et de Promotion de la Santé),
 - o JNA (Association Journée Nationale de l'Audition pour l'information et la prévention dans le domaine de l'audition, d'après le Grand Quiz de l'Audition).

Elaboré par les bénévoles de notre association « Le trait du 6 », il a été soigneusement relu, corrigé et vérifié par nos différents partenaires cités ci-dessus ainsi que par les bibliothécaires de la Médiathèque Louise Michel d'Allonnes.

Nous remercions chacun d'entre eux pour leur collaboration constructive sans laquelle ce document n'aurait pu voir le jour.

Si, toutefois, une erreur subsistait, nous vous remercions de nous la signaler et de ne pas nous en tenir rigueur.

Les bénévoles de l'Association « Le trait du 6 »

TABLE DES MATIERES

VIBR A SONS ? POURQUOI CE NOM ?	1
SOURCES ET REMERCIEMENTS	1
1. JOSEPH SAUVEUR	4
~ « Un Sarthois au siècle des lumières »	4
~ « Etudes au collège Royal de la Flèche »	4
~ Ses anciens condisciples.....	4
~ Sauveur et les Mathématiques.....	4
~ Sauveur et la Poliorcétique	4
~ Sauveur et l'Acoustique.	4
~ Décès de J.Sauveur.....	4
2. LES OBJETS EXPOSES.....	5
✓ Cloche en verre	5
✓ Tuyaux en bois à embouchure de flûte.....	5
✓ Tuyau à embouchure de flûte en zinc.....	5
✓ Tuyau à embouchure de flûte en verre.....	5
✓ Tuyau en bois à anche battante en plomb	5
✓ Sonomètre ou monocorde ou trompette marine	5
✓ Diapasons montés sur caisse de résonance et autres diapasons sans caisse de résonance ..	5
✓ Cylindre de Duhamel	6
✓ Ballon à vide (Ballon muni d'une clochette, verre, laiton, vers 1850.).....	6
✓ Métronomes.....	6
✓ Résonateurs de Helmholtz.....	6
✓ Plaques vibrantes (carrée et ronde) pour figures de Chladni.....	7
✓ Sirène à 20 trous de Charles Cagniard de la Tour (1777-1859)	7
✓ Comparateur optique de Lissajous (1822-1880)	8
✓ Dispositif d'enregistrement	8
✓ Phonographe sans pavillon.....	8
3. CORDE VIBRANTE	9
Qu'est-ce que le son ?	9
L'héritage pythagoricien.....	9
Le Sonomètre (Démonstration)	10
4. LES ATELIERS.....	10
5. ECHELLE des SONS.....	11
6. L'OREILLE	12
7. LE SON	13
8. L'AUDITION – LES RISQUES AUDITIFS	14

Chiffres clés du bruit en France – Source Enquête JNA 2016

89% considèrent que le bruit représente un vrai enjeu de société

9 personnes sur 10 se disent exposées tous les jours à un bruit excessif.

2 personnes sur 3 se sentent plus exposées au bruit qu'auparavant

45% des Français pensent que le bruit fait courir un risque de surdité définitive

50% se disent agressés par le bruit au travail, dans les transports et à l'école

81% des 18-35 ans indiquent être gênés par le bruit sur leur lieu de travail.

9 personnes sur 10 ont des difficultés pour suivre les conversations dans les restaurants, cafés et bars et dans les Transports Public.

38% des 15-17 ans avouent que le bruit les rend euphoriques

7 jeunes sur 10 pensent que le bruit ne fait pas courir un risque de surdité

1/3 des moins de 35 ans pense à porter des protecteurs contre le bruit

8 jeunes sur 10 de 15 à 17 ans ont du mal à suivre une conversation à l'école

1 jeune sur 3 chez les 15-17 ans pense que le bruit éduque son oreille

*Source : Résultats de l'enquête JNA-Ifop pour la Journée Nationale de l'Audition
du 10 mars 2016*

*En France, plus d'un jeune sur trois a au moins un indice fréquent de trouble
de l'audition dans la vie quotidienne (systématique, très souvent, souvent)*

Source : enquête IPSOS – AG2R JNA – mars 2003



1 - JOSEPH SAUVEUR

Joseph Sauveur (1653-1716)

- ◆ « Un Sarthois au siècle des lumières »
Joseph Sauveur est né le 24 mars 1653 à La Flèche (paroisse Saint-Thomas).
- ◆ « Etudes au collège Royal de la Flèche »
Joseph Sauveur fait ses études au Collège royal de La Flèche. L'institution fondée en 1604 par le roi Henri IV est confiée aux jésuites dans le but d'«instruire la jeunesse et la rendre amoureuse des sciences, de l'honneur et de la vertu, pour être capable de servir au public». C'est aujourd'hui le Prytanée national militaire.
- ◆ Ses anciens condisciples
Il suit les traces de deux anciens élèves de La Flèche : Marin Mersenne (1588-1648) et René Descartes (1596-1650). Muet et sans doute sourd jusqu'à l'âge de sept ans, sa scolarité est laborieuse. A 17 ans, il part faire des études de médecine à Paris.
- ◆ Sauveur et les Mathématiques
Joseph Sauveur devient professeur de géométrie et d'arithmétique de Madame de la Sablière (1636-1693). Dans son salon, il montre son talent pour les probabilités et calcule les chances des différents joueurs de cartes à la bassette. Il fait la démonstration de son talent devant Louis XIV.

a bassette est un jeu de pur hasard qui se déroule entre un banquier et un nombre indéfini de joueurs (voir jeu du Pharaon aujourd'hui). Par l'analyse mathématique du hasard dans les jeux, Joseph Sauveur démontre en 1679 qu'à la bassette, c'est le banquier qui a un avantage.

En 1680, Sauveur devient professeur de mathématique à la cour de Fontainebleau et au Collège de France (1686) avant de devenir professeur de mathématique de Louis XIV (1692).
- ◆ Sauveur et la Poliorcétique⁽¹⁾
Joseph Sauveur participe à la prise de Mons par Louis XIV le 9 avril 1691.

Joseph Sauveur est nommé Inspecteur des forteresses avec Sébastien Le Prestre, Seigneur de Vauban (1633-1707). Ils publient ensemble : Eléments de fortifications, Paris 1691.
- ◆ Sauveur et l'Acoustique.
Joseph Sauveur est élu en 1696 à l'Académie des sciences. Il consacre ses vingt dernières années aux ondes sonores. Il part des travaux de ses prédécesseurs tels que Galilée, Descartes ou Mersenne pour démontrer l'existence des harmoniques supérieurs. Il fait de nombreuses expériences sur les ventres et les nœuds de vibrations et découvre l'onde stationnaire.

Ses travaux seront repris par les musiciens pour accorder les orgues et les autres instruments jusqu'à l'invention du diapason. Sauveur est le premier à nommer cette science des sons : acoustique, qu'il cherche à élever au même niveau que son homologue pour la lumière, l'optique. Il utilise le terme acoustique pour la première fois lors d'une conférence à l'Académie royale des sciences le 5 février 1701. (Mémoires de l'Académie royale des sciences, 1701, p. 297)
- ◆ Décès de J.Sauveur
Joseph Sauveur meurt à Paris le 9 juillet 1716.

Nota

Joseph Sauveur a donné son nom à un « comma » représentant un intervalle musical presque imperceptible.

⁽¹⁾ (grec poliorkêtikos, de poliorkeîn, assiéger une ville) - Relatif à l'art d'assiéger les villes.

2 - LES OBJETS EXPOSES

Cloche en verre

« ... Une cloche fixée à un support, ébranlée au moyen d'un archer ou par percussion, vient frapper une pointe ou une petite bille en acier placée à une petite distance de son contour extérieur: Cet instrument permet de mettre en évidence les mouvements vibratoires. ... »

Tuyaux en bois à embouchure de flûte

Tuyau à embouchure de flûte en zinc

Tuyau à embouchure de flûte en verre

Tuyau en bois à anche battante en plomb

« ... Les orgues comportent plusieurs types de tuyaux sonores, que l'on peut diviser en deux familles : les tuyaux à anches et les tuyaux à embouchure de flûte.

Dans les tuyaux à anches, l'air pénètre par le pied ou base du tube, fait vibrer une mince lame métallique appelée languette. A son tour, celle-ci met en vibration l'air contenu dans le tuyau. L'anche vient périodiquement obturer le tuyau et la discontinuité de l'écoulement de l'air engendre un timbre aux riches sonorités imitant la bombarde, la trompette, le clairon et certaines clarinettes.

Dans les tuyaux à embouchure de flûte, l'air vient frapper un biseau et s'écoule ensuite alternativement vers l'intérieur du tube et vers l'extérieur par une ouverture latérale appelée lumière. Le son est produit directement par la vibration de la colonne d'air qui crée des tourbillons.... »

Sonomètre ou monocorde ou trompette marine

« ... Cet instrument d'apparence rudimentaire à corde pincée est en fait un outil de mesure. Le monocorde permet d'enseigner la théorie des intervalles et de déterminer la justesse des notes. Il était ainsi utilisé pour accorder les tuyaux d'orgue et les cloches. Nous sommes à peu près certains qu'il existait dès l'Antiquité. On attribue volontiers à Pythagore et à ses disciples, au VI^e siècle avant J.-C., l'utilisation du monocorde pour leurs investigations philosophiques et spéculatives... »

La trompette marine

Voilà sans doute l'instrument dont le nom pose le plus de problèmes. Pourquoi trompette alors qu'il s'agit d'un instrument à corde(s) ? Pourquoi marine alors qu'on ne voit aucun rapport avec la navigation ? On explique le plus souvent ce nom par le fait que cet instrument était utilisé dans certains couvents de religieuses pour l'appel aux prières. Trompette car il s'agit d'un instrument de signal. Marine étant une déformation de mariale c'est-à-dire dédiée à la Vierge Marie.... »

Diapasons montés sur caisse de résonance et autres diapasons sans caisse de résonance

« ... Le diapason, une référence

Dans la terminologie de la musique grecque antique, diapason signifie "par tous". Le diapason désigne à la fois la note dont la hauteur sert de référence pour l'accord des voix et des orchestres et l'instrument en forme de U qui produit cette note. Simple, peu onéreux, stable et ne nécessitant pas d'alimentation électrique, le diapason fut longtemps un standard de fréquence apprécié, utilisé aussi bien pour mesurer des intervalles de temps que pour comparer des fréquences entre elles. Aujourd'hui un peu délaissé, il présente néanmoins des propriétés acoustiques toujours aussi riches et inattendues... »

La caisse de résonance a pour mission d'améliorer le couplage acoustique entre l'objet vibrant et l'air. [LPFR-moderateur mars 2008 – message 39529]

Nota : l'invention du diapason est attribuée au trompettiste et luthiste anglais John Shore (1662-1752) en 1711

Cylindre de Duhamel

« ...Le cylindre de Duhamel

Le cylindre de Duhamel permet d'enregistrer les vibrations d'un diapason que l'on tient à la main. On arme une des branches du diapason d'un crin que l'on fixe avec un peu de cire. Le cylindre est couvert de papier enfumé et solidaire d'une vis sans fin. En tournant la manivelle située sur le côté de l'appareil d'une manière constante, on déplace le cylindre de façon longitudinale et régulière. Les vibrations du diapason s'inscrivent sur le cylindre sous la forme de courbes sinusoïdales. ... »

Ballon à vide (Ballon muni d'une clochette, verre, laiton, vers 1850.)

« ...Sons et silences

La propagation du son dépend du milieu porteur. Contrairement à la lumière, le son ne se transmet pas dans le vide qui, par définition, ne contient aucun support matériel pour les ondes. l'air n'est pas un agent de transmission très efficace le son s'y déplace en effet à près de 1200 km/h, alors qu'il circule 4 fois plus rapidement dans l'eau de mer, 10 fois plus dans le bois ou de la fonte, et 16 fois plus dans du verre. Certains métaux très résistants, notamment la carbolite⁽²⁾, propagent le son à la vitesse de 43 000 km/h.... »

Métronomes

Le métronome ou la division régulière de la mesure

On attribue l'invention du métronome, appareil permettant la détermination exacte du tempo, à l'Allemand Johann Maelzel (1772-1838), ami de Beethoven (1770-1827), qui le fit breveter en 1816.

Vers 1815, l'inventeur Johann Nepomuk Maelzel, avait mis au point une figurine qui jouait du clairon et une sorte de chronomètre, le précurseur de notre métronome. A la même époque, un certain compositeur, demeurant à Vienne, visitait assidûment les ateliers de Maelzel : Ludwig van Beethoven. Celui-ci vivait dans les affres d'une surdité grandissante. Maelzel inventa pour lui différents cornets acoustiques, un système d'écoute raccordé au piano et les deux devinrent amis.

La possibilité de battre mécaniquement la mesure a donné lieu à de nombreuses tentatives en vue de mettre au point un appareil adéquat aussi peu encombrant que possible et un certain nombre de prototypes ont mené au métronome que nous connaissons aujourd'hui. Étienne Loulié (mort en 1702), maître de musique et Lofflard, musicien de la chapelle du roi en 1696 en avaient inventé un, mais il était peu commode puisqu'il mesurait 2 mètres de haut !

Résonateurs de Helmholtz

Hermann von Helmholtz, (1821-1894) est un physiologiste et physicien allemand, figure marquante de la science du milieu du XIXe siècle. Né à Posrdam le 20 août 1821, savant aux connaissances vastes et aux conceptions géniales, Helmholtz s'est fait une réputation universelle par ses admirables travaux de physiologie et de physique, principalement par ses recherches sur les impressions des sens.

En 1863, il publie ses recherches sur le résonateur qui porte son nom dans "Doctrines des sensations sonores ou les fondements physiologiques d'une théorie de la musique," véritable traité de médecine physique où il montre le mécanisme des osselets de l'oreille et de la membrane du tympan.

Les résonateurs

Cet ensemble de résonateurs a été principalement employé pour démontrer la théorie de la tonalité, ou l'idée que des bruits composés pourraient être décomposés en tonalités simples et élémentaires.

⁽²⁾ Carbure complexe d'aluminium, de silicium et de calcium, dégageant de l'éthylène par action de l'eau.
En savoir plus sur <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/carbolite/13133#wRAS5YwFcZgpljQY.99>

Cet ensemble de résonateurs a été principalement employé pour démontrer la théorie de la tonalité, ou l'idée que des bruits composés pourraient être décomposés en tonalités simples et élémentaires. Sur un socle de bois sont disposées dix cavités sphériques de laiton verni de diverses dimensions. Chacune présente deux ouvertures : un petit conduit, situé aux sommets des sphères, et à l'opposé, à la base des sphères, une ouverture plus grande, destinée à recevoir le son à étudier. Dans cette forme de tuyaux sonores appelés résonateurs, le son fondamental est, pour chaque tuyau en particulier, le seul qui puisse prendre naissance, d'une manière nettement perceptible, lorsqu'on produit dans le voisinage des sons de diverses hauteurs. Les dimensions de ces sphères sont telles que leurs sons fondamentaux correspondent aux diverses notes de l'échelle musicale.

A chacune de ces expériences, les sons qui diffèrent du son fondamental du résonateur ne sont perçus par l'oreille que d'une manière confuse. Au contraire, dès que le son fondamental apparaît dans celui qui est soumis à l'analyse, l'oreille entend éclater ce son, avec une intensité presque assourdissante.

Chaque résonateur a été conçu pour prendre et magnifier une fréquence particulière. Helmholtz affirme que, même une personne sans oreille musicale, pourrait détecter une tonalité simple d'un mélange complexe des bruits tels qu'une voyelle parlée, ou le bruit d'un instrument de musique.

Plaques vibrantes (carrée et ronde) pour figures de Chladni

Ernst Florens Friedrich Chladni (1756-1827), physicien allemand, procéda à l'étude expérimentale de nombreux phénomènes vibratoires, dans les solides et dans les gaz.

En recouvrant de sable des plaques métalliques, il fit apparaître les effets géométriques des vibrations sonores, noeuds et ventres en particulier, ouvrant ainsi la voie aux recherches de Félix Savart (1791-1841). En 1787, il publie son livre "L'acoustique" et calcule la vitesse du son dans les gaz à partir des notes produites, le gaz emplissant un tuyau d'orgue.

Chladni s'intéressait plus particulièrement aux interférences de vibrations sonores de même période. Il mit au point un système de plaques minces pour expliquer le phénomène.

Une ou plusieurs plaques de laiton, de forme circulaire ou carrée, fixées horizontalement en leur centre sur un socle de noyer, sont dénommées plaques vibrantes. Elles servent à reproduire les figures dites de Chladni, qui mettent en évidence la propagation des ondes sonores dans les solides. Chacune de ces plaques, saupoudrée de sable, est frottée en un point de son pourtour au moyen d'un archet. Cette action met en vibration la plaque qui émet un son et agite les grains de sable qui se trouvent en surface. Ceux-ci se rangent et forment des figures géométriques.

Une même plaque peut fournir, selon la façon dont elle est attaquée par l'archet, des figures de Chladni distinctes, chacune d'elles correspondant à un mode de vibration et à une fréquence distincte. En effet, on peut faire varier la figure en déplaçant le point d'attaque de l'archet. De même, en immobilisant un point de la plaque, avec le pouce par exemple, on oblige une ligne nodale à passer par ce point, et on obtient une nouvelle figure.

Sirène à 20 trous de Charles Cagniard de la Tour (1777-1859)

La sirène imaginée par Cagniard de La Tour est un instrument qui permet d'obtenir le nombre des vibrations d'un son. Cette sirène est actionnée à l'air comprimé dont le débit réglable permet de faire varier la vitesse de rotation d'un disque métallique, et donc la hauteur du son émis. On dispose ainsi d'une source sonore de fréquence variable et connue. La sirène due à Charles Cagniard de La Tour, est nommée ainsi parce qu'on peut lui faire rendre des sons sous l'eau. Inventé en 1820, le premier appareil est construit en 1845 et permet de produire des sons au moyen d'un mécanisme combiné pour frapper l'air avec la même vitesse et la même régularité. Deux compteurs totalisent le nombre de tours. Le premier de 0 à 100 tours et le second de 100 à 5 000 tours.