

# LIGNÉE TECHNIQUE OU L'ÉVOLUTION D'UN INSTRUMENT

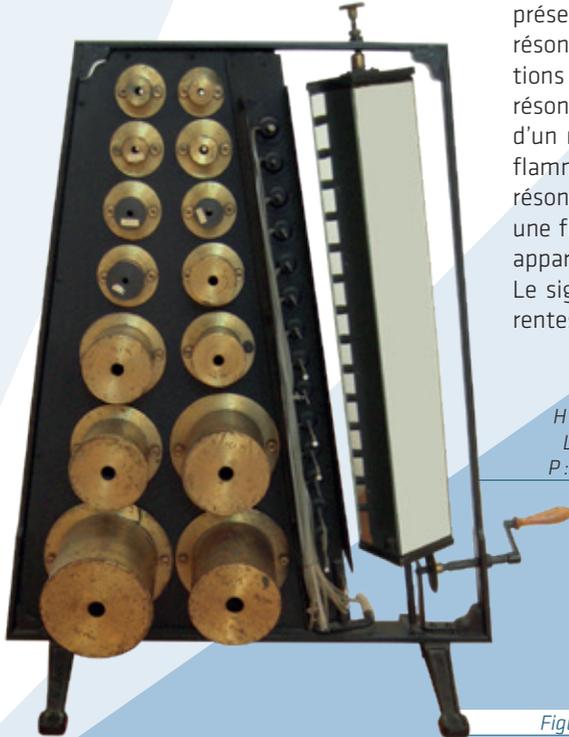
#1

L'analyseur harmonique de Koenig  
*du Laboratoire de mécanique et d'acoustique (LMA)*  
ou l'histoire des résonateurs acoustiques

Un son est généralement composé de plusieurs fréquences, une principale, la fondamentale, et d'autres, les harmoniques. La plupart des instruments de musique à vent, à cordes ou à percussions utilisent des résonateurs géométriques acoustiques ne dépendant que de leur volume pour émettre des sons. À partir du milieu du 20<sup>e</sup> siècle l'emploi de résonateurs électriques va ensuite se développer avec l'arrivée des tubes électroniques, des transistors puis de l'informatique.

## De Helmholtz à Koenig

Les résonateurs acoustiques sont une partie des analyseurs de fréquence - appareils qui permettent de détecter les fréquences contenues dans une onde sonore (Musique, paroles ou vibrations). Les recherches dans ce domaine débutent avec Helmholtz en 1862<sup>1</sup> qui en établit la théorie qui porte son nom. Claude Gazagnes, directeur du Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA) de 1986 à 1992 l'explique ainsi : « *Le résonateur de Helmholtz est une cavité d'un certain volume qui vibre lorsqu'elle est excitée par une fréquence sonore bien déterminée. Dans un son contenant de nombreuses fréquences, il permet de détecter une fréquence particulière. Il agit donc comme un filtre.* »



H : 109 cm  
L : 89 cm  
P : 43,5 cm

Figure 1 : Analyseur harmonique de Koenig (1872)

<sup>1</sup> H. Von Helmholtz Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik, Brunswick, 1862.

<sup>2</sup> R. Koenig [Koenig], Die manometrischen Flammen, Ann. Phy. Chem.146, n°6, 163-199, 1872.

## — Première rupture technique : — E. Bouty<sup>3</sup> et l'utilisation de l'oscillographe de Blondel, 1891

La première rupture technologique correspond au développement rapide de l'électrotechnique illustré d'une part par les électroaimants - mis en œuvre dans le télégraphe électrique de Morse - et d'autre part des galvanomètres, instrument qui détecte les courants électriques.

L'oscillographe bifilaire de Blondel fabriqué en 1891 par l'ingénieur constructeur français J. Carpentier, permet l'enregistrement sur plaque photographique de courant électriques périodiques ou à sa visualisation sur un écran en verre. En 1906, à l'aide de filtres fréquentiels électriques (bobines d'induction, résistances et capacités). E. Bouty<sup>4</sup> utilise l'instrument de Blondel identique à celui du LMA pour l'analyse harmonique

de courants alternatifs issus d'alternateurs électriques. Il obtient ainsi le tracé des harmoniques contenues dans des courants alternatif que l'on reçoit sur les prises électriques des habitants<sup>5</sup>.

L'instrument de Blondel utilise un miroir mobile fixé sur un galvanomètre bifilaire, sorte de boussole dont l'angle dépend de la fréquence du courant électrique qui le traverse. Ce miroir réfléchit un faisceau lumineux sur un second miroir oscillant, servant à la synchronisation, afin de projeter l'image ainsi fixée, sur un écran diffusant (verre dépoli) qui peut être photographié. C'est le synchronoscope qui trace, ou enregistre, la courbe du courant à étudier.

H : 37 cm  
L : 26,5 cm  
P : 89 cm



Figure 2 :  
Oscillographe  
de Blondel  
(1891)

<sup>3</sup> Edmond Marie Léopold Bouty (1846-1922) Physicien français, il est chercheur et professeur à la faculté des sciences de Paris.

<sup>4</sup> J. Jamin, Cours de physique de l'École polytechnique, 4<sup>e</sup> éd. ; Gautthier-Villars, Paris, 1886-1906 ; 3<sup>e</sup> supplément par E. Bouty, 1906.

<sup>5</sup> Claude GAZANHES, Bernard ESCUDIÉ, Henri TACHOIRE, Vincent TORRA, Des Cordes aux Ondelettes, publication de l'Université de Provence, schéma du montage électrique de Blondel P.215, Fig.10, 2001.

## Seconde rupture technique : L'Analyseur de fréquence de L. Pimonow<sup>1</sup>, 1950

La seconde rupture technologique est due à l'invention des tubes électroniques, similaires aux ampoules électriques, au cours des années 1933 à 1940 et en particulier celle appelée triode de type « transcontinental ». Les tubes électroniques sont, à partir de l'entre-deux guerres, l'évolution technologique qui permet de dépasser les limites de l'électromécanique en permettant de détecter des ondes électromagnétiques, de générer des oscillations électriques non amorties et d'amplifier des courants alternatifs de hautes fréquences. Les récepteurs d'onde radio en sont un exemple.

En utilisant la méthode hétérodyne, l'analyseur de L. Pimonow de 1950 fabriqué par Ladeca, composé de tubes électroniques, a permis de détecter facilement et pour des hautes fréquences, les fréquences contenues dans un signal. Par exemple un signal sonore transformé en signal électrique à l'aide d'un microphone. Les résultats des mesures étaient visualisés sur un écran d'oscilloscope intégré à l'appareil.

La méthode dite hétérodyne repose sur le principe des « battements » : la multiplication du signal à analyser avec un second signal généré par l'analyseur à une fréquence locale que l'utilisateur peut faire varier, crée un troisième signal. C'est ce signal dit de battement qui est ensuite filtré par un filtre harmonique fixe accordé sur la fréquence de battements. L'utilisateur, en faisant varier la fréquence de l'oscillateur local, cherche un signal à la sortie du filtre et pourra en déduire la fréquence du signal à analyser. De cette manière avant l'avènement du numérique, les stations de radio étaient choisies dans la bande AM (*Amplitude Modulation* en anglais), l'auditeur n'avait plus qu'à tourner un bouton qui faisait varier la fréquence d'un signal local pour obtenir la station de son choix.



H : 36,5 cm  
L : 29,5 cm  
P : 49 cm

Figure 3 : Analyseur de fréquence de Leonid Pimonow (1950)

<sup>1</sup> PIMONOW Leonid, Directeur de recherche honoraire au CNRS, directeur à l'École pratique des hautes études (EPHE), Paris.

## ▲ -- Troisième rupture technique : l'utilisation du transistor dans le « Sona-Graph », 1996

L'invention du transistor constitue la troisième rupture technologique. Le transistor, composé de semi-conducteurs comme le sont les microprocesseurs, va remplacer rapidement les tubes électroniques et permettre une miniaturisation poussée des circuits électroniques et donner naissance aux filtres fréquentiels numériques.

Ce composant est utilisé par l'analyseur temps-fréquence « Sona-Graph » fabriqué par Kay Electronic Corp. Cet instrument sert à analyser des signaux générés par la parole, évolutifs en temps et en fréquences et dont l'enregistrement est appelé sonagramme. Le principe reste celui de Pimonov (méthode hétérodyne) mais

grâce au transistor, le signal est enregistré pendant un temps court puis dupliqué par l'appareil pour gagner du temps ce qui permet de gagner d'être 10 fois plus rapide en temps d'analyse par rapport à son prédécesseur qui nécessite un balayage manuel de la fréquence.

L'informatique et la rapidité des processeurs permettant la décomposition fréquentielle suivant l'analyse de Joseph Fourier (mathématicien français, 1768-1830) peut être considérée comme la quatrième et dernière rupture technologique, pour le moment...

H : 58 cm  
L : 49 cm  
P : 44,5 cm



Figure 4 :  
Sona-Graph  
(1996)

# LIGNÉE TECHNIQUE\* OU L'ÉVOLUTION D'UN INSTRUMENT

\*Définition d'une lignée technique :  
« [...] les objets évoluent selon des « lignées », c'est à dire des ensembles regroupant les objets de même type, ayant même fonction et même principe de fonctionnement ».

Bruno JACOMY

Cette plaquette s'inscrit dans un projet d'inventaire et de valorisation du patrimoine scientifique, technique et contemporain d'Aix-Marseille Université.

## Contact :

**Culture et Patrimoine Scientifique**  
**Direction de la Recherche et de la Valorisation**

3 place Victor Hugo  
13003 Marseille  
corine.levy-battesti@univ-amu.fr  
+33(0)4 13 94 97 29

Rejoignez le réseau !  
Join the network



[www.univ-amu.fr](http://www.univ-amu.fr)

Cette plaquette a été réalisée en partenariat avec le Laboratoire de mécanique et d'acoustique.



laboratoire «mécanique et»acoustique

Auteur : Claude GZANHES, Directeur du Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique de 1986 à 1992.

Rédaction et idée de Corine Battesti-Lévy, Ingénieur d'étude, chargée de l'inventaire des instruments scientifiques d'Aix-Marseille Université

Avec la participation scientifique de Paolo Brenni, historien des Sciences et des Techniques, chercheur au Conseil National de la Recherche en Italie, et Nicolas Claire, Vice-président de la cellule Culture Scientifique et Patrimoine d'Aix-Marseille Université