

## Propagation du son dans les objets du quotidien : étude des résonateurs.

Beaucoup de phénomènes se produisant autour de nous ne sont pas visibles à l'oeil nu. Parmi eux, ceux qui m'intéressent sont la propagation du son et les phénomènes de résonance. Ainsi j'ai décidé d'étudier l'influence de divers paramètres sur le son émis dans différents résonateurs.

Mon TIPE porte sur les ondes sonores, lorsqu'elles rencontrent un obstacle matériel comme un objet du quotidien dans un milieu tel que l'air. Lors de l'interaction entre l'onde et une interface, le comportement et les propriétés de l'onde sont modifiés.

### Positionnement thématique (phase 2)

*PHYSIQUE (Physique Ondulatoire), PHYSIQUE (Physique de la Matière), PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire).*

### Mots-clés (phase 2)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>résonance</i>	<i>resonance</i>
<i>ondes sonores</i>	<i>acoustic waves</i>
<i>interaction</i>	<i>interaction</i>
<i>propagation</i>	<i>spread</i>
<i>résonateur d'Helmholtz</i>	<i>Helmholtz resonator</i>

### Bibliographie commentée

Depuis l'Antiquité, l'homme a conscience que le son est issu d'une vibration mécanique, une variation de pression, et ne se propage pas dans le vide mais uniquement dans des milieux fluides incompressibles comme l'air. Nous verrons que le milieu dans lequel se propage le son est alors déformé et c'est cette déformation que l'on appelle onde sonore ou onde acoustique. Tout comme dans les fluides, une onde sonore peut se propager dans les solides mais ses propriétés sont alors modifiées. [1]

Ce n'est qu'à partir du XVIIIe siècle que l'étude des sciences acoustiques a connu une importante évolution avec les travaux de Daniel Bernoulli, Jean le Rond d'Alembert, Ernst Chladni ou encore Leonhard Euler. Toutefois, ces études sur les ondes acoustiques ont lieu au même moment que le début de la disparition des vases. En effet, dès l'Antiquité, les vases acoustiques sont des poteries en terre cuite ancrées dans les murs et les voûtes des églises médiévales afin d'améliorer leurs acoustiques en absorbant une partie des résonances à la place d'amplifier les sons. Ces vases jouant le rôle de résonateur furent aussi retrouvés dans les théâtres en Grèce Antique et dans les architectures Romaines. [2]

Nous nous appuyons sur les travaux du physicien Hermann Von Helmholtz auteur de la théorie

sur les fonctionnements des résonateurs et d'un dispositif portant son nom : « le résonateur d'Helmholtz ». Ces résonateurs se comportent de la même manière que des cavités dans lesquelles il ne peut y avoir de propagation car toutes ses dimensions sont petites devant la longueur d'onde correspondant à sa fréquence de résonance. [3] Ces cavités sont constituées d'un volume  $V$  terminée par un tube de longueur  $l$  et de section  $s$ . Leurs fonctionnement est identique à celui d'un oscillateur et elles peuvent être assimilées à un système masse-ressort. Nous verrons que sous l'action d'une onde sonore, émise à l'entrée du tube, l'air contenu dans l'enceinte va vibrer et le système va résonner à une fréquence qui lui est propre. [4]

Les travaux sur les résonateurs nous permettront de faire un lien avec les vases acoustiques des églises médiévales ou encore les l'étude de l'acoustique des salles comme les théâtres, les cinémas ou les salles de concert. Lorsqu'un son est émis dans une salle, les ondes sonores subissent des réflexions sur les parois pour parvenir aux oreilles des auditeurs avec un certain retard. Ce retard résulte des différentes réflexions et l'onde incidente voit alors son intensité décroître. On définit le temps de réverbération comme la durée au bout de laquelle la puissance sonore attend un millionième de sa valeur initiale, soit 60 dB. Nous verrons que le lien entre l'acoustique des salles et le résonateur d'Helmholtz et que ce dernier permet d'atténuer les fréquences médiums. [5]

## **Problématique retenue**

Les objets du quotidien, soumis aux ondes acoustiques, jouent le rôle de résonateurs d'Helmholtz et introduisent le phénomène de résonance. Quelles sont les caractéristiques de ces résonateurs ? Dans quelles mesures ces résonateurs peuvent-ils améliorer l'acoustique des salles ?

## **Objectifs du TIPE**

A partir de l'étude du comportement des résonateurs face à une onde acoustique, j'ai dégagé plusieurs objectifs.

Je vais d'abord étudier le phénomène de résonance afin de comparer les caractéristiques de plusieurs résonateurs en fonction de différents paramètres propres à chacun. En fonction de ses résultats, je vais pouvoir proposer le modèle de résonateur le plus efficace selon divers critères pour pouvoir conclure quant à leur utilité. Mon projet final est de pouvoir faire un lien entre les vases acoustiques et les résonateurs d'Helmholtz utilisés dans les salles d'aujourd'hui.

## **Abstract**

Everyday, objects reverberate when they are subjected to a sound with a certain frequency. My subject of study deals with the resonance frequency of these resonators according to their characteristics like the volume or the geometry. Finally, goals are to compare the results to the theory of resonators according to several factors and to study the influence of the variation of air into the resonator. Then at the end of this study, we will be able to establish a link between the Helmholtz resonators and acoustic vessels present in churches or acoustic rooms.

## **Références bibliographiques (phase 2)**

- [1] UNIVERSALIS : Le son : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/sons-production-et-propagation-des-sons/2-le-phenomene-sonore/>
- [2] BÉNÉDICTE PALAZZO-BERTHALON : Les vases dits « acoustiques » dans les églises médiévales : un programme d'étude interdisciplinaire : <http://medieval-europe-paris-2007.univ-paris1.fr/B.%20Palazzo-Bertholon%20et%20al..pdf>
- [3] RICHARD FEYNMAN : le cours de physique de Feynman : "Les cours de référence" DUNOD
- [4] BÉNÉDICTE HAYNE LECOCQ : Study of acoustic comportment of cavitary materials : <https://tel.archives-ouvertes.fr/pastel-00002205/document>
- [5] JEAN LAPORTE : Acoustique des salles : *Magazine son&image* 12

## DOT

- [1] *Premier choix de TIPE sur l'étude de la résonance des ponts en parallèle de l'étude des figures de Chladni.*
- [2] *En octobre, sans réponse aux différents mails envoyés et après discussion avec les professeurs, recherche d'un nouveau sujet.*
- [3] *Début décembre, suite à la lecture d'un article sur l'acoustique des salles et les vases acoustiques, choix définitif du sujet du tipe: les résonateurs d'Helmholtz.*
- [4] *Premières expériences en décembre mais quelques problèmes pour trouver un micro adapté aux expériences.*
- [5] *Début janvier, tout le matériel nécessaire étant réunis, réalisation d'une série d'expérience en faisant varier la fréquence appliquée aux résonateurs.*
- [6] *A partir de février, analyse des résultats expérimentaux et approfondissement des recherches pour construire le développement du tipe.*
- [7] *Fin mars, les expériences sont terminées, suite des recherches sur la théorie des résonateurs.*
- [8] *De fin mars à début juin, construction du tipe en comparant les résultats expérimentaux à la théorie et études des applications à l'acoustique des salles et des vases acoustiques.*