

## **Etude du coefficient d'absorption dans une optique de réduction de la pollution sonore.**

Ce sujet m'a paru intéressant car il traite d'un phénomène couramment rencontré. Il est l'occasion de mettre en application les connaissances théoriques acquises lors des deux années de préparation pour explorer un problème du quotidien, auquel le sens physique est habitué.

La pollution sonore est un double enjeu sociétal. Elle impacte la santé publique car une exposition longue à des niveaux sonores élevés engendre des problèmes de stress et peut affecter l'audition de la population concernée. La pollution sonore a aussi de l'influence sur l'environnement, car elle perturbe les écosystèmes.

**Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.**

**Liste des membres du groupe :**

- CHATELAIN Esther

### **Positionnement thématique (ETAPE 1)**

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

### **Mots-clés (ETAPE 1)**

<b>Mots-Clés (en français)</b>	<b>Mots-Clés (en anglais)</b>
<i>Pollution sonore</i>	<i>Noise pollution</i>
<i>Coefficient d'absorption</i>	<i>Absorption coefficient</i>
<i>Onde plane</i>	<i>Plane wave</i>
<i>Tube de Kundt</i>	<i>Kundt's tube</i>
<i>Acoustique architecturale</i>	<i>Architectural acoustics</i>

### **Bibliographie commentée**

La limite du bruit ambiant commence par une étude des modes de transport du son. Dans un milieu ouvert, une onde sonore émise par une source se propage comme une onde sphérique longitudinale. Elle consiste à la superposition d'une onde de compression locale et d'une onde de vitesse des particules. Par conséquent, elle ne peut exister qu'en présence d'un milieu matériel, et dépend sous de nombreux aspects de ce milieu [1].

A l'arrivée d'une onde sonore sur une interface entre deux milieux de propagation, on définit trois types d'ondes : l'onde incidente, l'onde réfléchie qui ne pénètre pas dans le second milieu et l'onde absorbée par le matériau[1].

Les matériaux communément admis comme absorbants sont fibreux ou poreux tels la laine de verre. Au contraire, les matériaux denses comme le plexiglass ou le métal réfléchissent l'énergie sonore[1]. Les propriétés géométriques microscopiques du matériau, comme la taille de ses fibres, ont un impact sur l'absorption en favorisant ou non les déformations et les frottements, propres à

dissiper l'énergie[2].

Un autre phénomène dû à la géométrie des systèmes étudiés est la résonance, qui consiste à l'établissement d'onde stationnaire d'amplitude supérieure à celle de l'onde incidente au sein du matériau.

Ainsi, pour quantifier les propriétés d'absorption ou de transmission sonore, les ingénieurs utilisent différents coefficients propres aux matériaux et à leur géométrie.

Le coefficient d'absorption sert de référence pour quantifier l'absorption de l'énergie sonore d'une onde incidente par un matériau. Il est égal au rapport de l'énergie absorbée, sur celle transportée par l'onde incidente[3] et caractérise l'onde réfléchie. Des études ont montré qu'il dépendait de nombreux paramètres du matériau, comme son épaisseur, sa densité, sa porosité, ainsi que de la fréquence de l'onde incidente [4],[3]...

L'étude du coefficient d'absorption peut être complété par celle du coefficient d'affaiblissement, qui représente la perte de puissance sonore après la traversée par l'onde d'une paroi. Il caractérise l'onde transmise par le matériau [4].

Ainsi, la réduction de la pollution sonore peut prendre deux aspects : la réduction des réflexions sur les parois, ou celle de la transmission à travers la paroi.

La mesure du coefficient d'absorption fait l'objet de nombreux protocoles expérimentaux. On retiendra deux procédés principaux. Le premier est l'utilisation d'une salle réverbérante, ou le temps de réverbération, temps mis par les matériaux de la salle pour absorber une certaine proportion d'un son émis est mesuré. La formule de Sabine permet ensuite de revenir au coefficient d'absorption des matériaux de la salle [4]

Le second utilise un tube de Kundt. Des ondes stationnaires planes sont établies par un haut-parleur situé au fond d'un tube fermé par une surface réfléchissante. L'échantillon de matériau à tester est placé au fond du tube contre la surface réfléchissante. La mesure de l'intensité sonore en différents points du tube permet de quantifier l'amplitude de l'onde réfléchie et celle de l'onde incidente, et donc le coefficient d'absorption [4][1]

Bien que proposant des résultats semblables, les deux expérimentations ne s'accordent pas parfaitement. L'une des principales raisons est que l'expérience en salle réverbérante se fait avec une onde sphérique là ou celle en tube de Kundt se fait avec une onde plane, d'incidence normale.[4]

Ces deux méthodes font l'objet de procédures industrielles. Elles nécessitent toutes deux des expériences en laboratoire, aussi d'autres méthodes de mesures du coefficient d'absorption in situ ont été développées. Notons la volonté d'adapter ces méthodes à des fins pédagogiques en réduisant

le coût du matériel nécessaire [1]

Enfin, l'étude de la propagation d'un bruit ne peut se faire sans l'étude de la perception par l'humain des ondes sonores. En effet, l'oreille humaine est davantage gênée par les hautes fréquences que les basses [5]. Ces considérations ne peuvent pas être oubliées dans une optique de santé publique.

## Problématique retenue

Dans le domaine de l'acoustique architecturale, nous étudierons les facteurs influençant l'absorption d'un bruit nuisible lors de la transmission ou de la réflexion sur une paroi.

## Objectifs du TIPE

- Modéliser la réflexion d'un bruit sur une paroi
- Mesurer le coefficient d'absorption de matériaux pour une onde plane en fonction de la fréquence, de la nature du matériau, de l'épaisseur, de la présence d'un film en surface par la méthode du tube de Kundt
- Identifier les paramètres principaux influant sur le coefficient d'absorption
- Relier les variations observées à une réduction du bruit ambiant

## Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] MR. SATYAJEET P DESHPANDE, DR. MOHAN D. RAO : Development of a low cost impedance tube to measure acoustic absorption and transmission loss of materials : 2014, <https://www.asee.org/public/conferences/32/papers/8776/download>
- [2] HODA S. SEDDEQ : Factors Influencing Acoustic Performance of Sound Absorptive Materials : *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4): 4610-4617, 2009, ISSN 1991-8178
- [3] S AMARES : Characteristics of Noise Absorption Material : 2017, *J. Phys.: Conf. Ser.* 908 012005, [https://www.researchgate.net/publication/320706645\\_A\\_Review\\_Characteristics\\_of\\_Noise\\_Absorption\\_Material](https://www.researchgate.net/publication/320706645_A_Review_Characteristics_of_Noise_Absorption_Material)
- [4] PAULE RIETY ET LUCE OTTIE : Mesures en acoustique : 1986, *Technique de l'ingénieur*, référence : R3110 V1, <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/archives-th12/archives-mesures-mecaniques-et-dimensionnelles-tiard/archive-1/mesures-en-acoustique-r3110/>
- [5] FUNDAMENTALS OF ACOUSTICS : Colin H Hansen : 1951, [https://www.researchgate.net/publication/228726743\\_Fundamentals\\_of\\_acoustics](https://www.researchgate.net/publication/228726743_Fundamentals_of_acoustics)

## DOT

- [1] *Fin 2020 : Recherche d'un coefficient propre à caractériser l'intérêt acoustique d'un matériau, mise en place du protocole de mesure du coefficient d'absorption par la méthode du tube de Kundt*,

*premières mesures infructueuses, identification des perturbations (espace entre le fond du tube et le matériau, utilisation d'un voltmètre de mesure)*

**[2]** *Novembre-janvier : Mesures de coefficient d'absorption pour les matériaux plâtres, bois, polystyrène, laine de roche en fonction de l'épaisseur et de la fréquence*

**[3]** *Janvier-Avril : Mise en place d'un protocole permettant de mesurer la transmission d'une onde sonore par un matériau, infructueux : la transmission de l'onde sonore dépendait hautement et aléatoirement de la fréquence malgré nos tentatives de perturber les possibles résonances.*

**[4]** *Fin d'année : étude des limites du coefficient d'absorption à travers celle de sa haute dépendance de l'état de surface du matériau*