

## Isolation acoustique d'une paroi

Ayant grandi entre montagnes et ville, j'ai donc pris conscience de l'importance de la qualité sonore du milieu de vie. De plus, je suis intéressée par les questions d'urbanisme et d'architecture liés au développement de nos villes. Etudier l'acoustique m'a permis d'envisager une application concrète de la physique ondulatoire.

L'urbanisation croissante présente de nombreux défis. L'augmentation du trafic routier et les travaux publics n'induisent pas seulement une pollution atmosphérique, mais aussi une pollution sonore. Celle-ci, source de stress et de mal être pour la population, est un enjeu de santé publique. Elle menace également les écosystèmes environnants.

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

**Liste des membres du groupe :**

- *PICAMAL Fanny*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Pollution sonore</i>	<i>Noise pollution</i>
<i>Isolation acoustique</i>	<i>Acoustic insulation</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 paroi, on distingue l'onde incidente, l'onde réfléchie, l'onde transmise à travers l'interface et l'onde absorbée par le matériau[1].

Les matériaux absorbants sont fibreux ou poreux tels la laine de verre. Au contraire, les matériaux denses comme le plexiglass 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.

Le facteur de transmission, qui est le rapport de l'intensité de l'onde transmise sur celle de l'onde

incidente, sert à définir l'indice d'affaiblissement acoustique (dix fois le logarithme de l'inverse du facteur de transmission, en décibels), qui sert de référence pour quantifier les propriétés isolantes d'une paroi ou d'un matériau[5]. 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]. Dans le cas d'une onde plane, l'angle d'incidence est aussi à considérer [5]. L'étude de l'indice d'affaiblissement acoustique peut être complétée par celle du coefficient d'absorption, qui représente le rapport de l'énergie absorbée sur celle transportée par l'onde incidente[3] et caractérise l'onde réfléchie[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, selon qu'on s'intéresse aux usagers des voieries ou à l'isolation phonique des habitats.

La mesure de l'isolation acoustique d'un local fait l'objet de plusieurs méthodes selon la précision souhaitée. La mesure de l'isolement acoustique normalisé prend en compte le temps de réverbération, qui peut être déterminé grâce à la formule de Sabine. Le temps de réverbération est le temps mis par les matériaux de la salle pour absorber une certaine proportion d'un son émis. La formule de Sabine permet ensuite de revenir au coefficient d'absorption des matériaux de la salle, en passant par la détermination de l'aire d'absorption équivalente[4].

On peut également s'intéresser uniquement à l'isolement acoustique brut qui est simplement la mesure du niveau sonore d'un côté et de l'autre de la paroi. Lorsqu'on cherche à caractériser un seul matériau, et non pas une paroi hétérogène multicouche, on peut mesurer directement le facteur de transmission. Pour cela, on utilise généralement 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 milieu du tube. La mesure de l'intensité sonore d'un côté et de l'autre de l'échantillon permet de quantifier l'amplitude de l'onde transmise et celle de l'onde incidente, et donc le facteur de transmission[4][1].

De plus, l'isolation d'une paroi dépend de sa fixation, de ses différentes couches modélisées par des oscillateurs, et de l'accolement éventuel d'autres parois[5]. Ainsi, une mesure fiable de l'indice d'affaiblissement acoustique ne peut être pensée qu'in situ. Notons cependant 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[6]. Ces considérations ne peuvent pas être oubliées dans une optique de santé publique.

## **Problématique retenue**

Dans le domaine de l'acoustique architecturale, nous nous demanderons comment mesurer et optimiser les propriétés acoustiques d'un matériau lors de la transmission d'un bruit nuisible à travers 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
- Mesurer l'isolement acoustique brut est fonction de la masse surfacique (différentes épaisseurs) et de la fréquence avec une boîte, un haut-parleur et un sonomètre
- Mesurer le facteur de transmission d'un échantillon avec le tube de Kundt

## 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] GÉRARD KRAUSS, FRÉDÉRIC KUZNIK, RENÉ YEZOU : Acoustique du bâtiment, Isolation des parois aux bruits aériens : , *Institut National des Sciences Appliquées de Lyon*, [docinsa.insa-lyon.fr](http://docinsa.insa-lyon.fr)
- [6] COLIN H HANSEN : Fundamentals of acoustics : 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. Tentatives d'améliorer ce protocole : 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*