

Compte rendu de TP Acoustique

Baptiste Fanget - Léo Pezard
06/05/2025

Table des matières

1	Introduction	2
1.1	Contexte et Objectif	2
1.2	Notions Clefs	2
1.3	Dispositif Expérimental	3
2	Expériences	3
2.1	Mesure de la vitesse du son dans l'air	3
2.1.1	Calcul de la vitesse du son	3
2.1.2	Echantillon intercalé entre l'émetteur et le récepteur . . .	4
2.2	Niveaux acoustiques, atténuation, traitement du signal	5
2.2.1	Démarrage / Calibration	5
2.2.2	Effet du caisson	5
2.2.3	Effet d'une paroi isolante	5
2.2.4	Effet d'une paroi composée	6
3	Conclusion	7

1 Introduction

Ce TP vise à étudier les phénomènes acoustiques à travers des expériences concrètes de mesure, d'analyse et de modélisation du son, en lien avec les notions physiques et numériques abordées en cours.

1.1 Contexte et Objectif

L'acoustique joue un rôle essentiel dans de nombreux domaines, notamment l'ingénierie du son, l'architecture, les télécommunications et le traitement du signal.

Dans ce contexte, ce TP a pour objectif :

- De comprendre les bases de la propagation des ondes sonores dans différents milieux,
- De mesurer et analyser des signaux acoustiques à l'aide de capteurs et d'outils numériques,
- De modéliser des phénomènes comme la réverbération, les interférences ou l'effet Doppler,
- De mettre en œuvre un protocole expérimental pour valider des hypothèses acoustiques.

1.2 Notions Clefs

- **Onde sonore** : vibration mécanique se propageant dans un milieu (air, solide, liquide) sous forme de variation de pression.
- **Fréquence** : nombre d'oscillations d'une onde par seconde, mesurée en hertz (Hz), perçue comme la hauteur d'un son.
- **Spectre** : représentation fréquentielle d'un signal, utilisée pour analyser les composantes harmoniques d'un son.

- **Réverbération** : persistance d'un son dans un espace fermé due aux réflexions successives sur les parois.
- **Effet Doppler** : variation apparente de la fréquence d'une onde sonore perçue par un observateur en mouvement relatif par rapport à la source.

1.3 Dispositif Expérimental

Le dispositif expérimental mis en place pour ce TP d'acoustique comprend les éléments suivants :

- **Source sonore** : un haut-parleur émettant des signaux sinusoïdaux ou complexes à différentes fréquences.
- **Capteurs** : microphones calibrés permettant de capter les ondes sonores avec précision.
- **Carte d'acquisition** : interface permettant de numériser les signaux analogiques enregistrés par les microphones.
- **Logiciel d'analyse** : utilisé pour visualiser les formes d'ondes, effectuer des transformées de Fourier, et extraire des caractéristiques comme la fréquence fondamentale ou les harmoniques.
- **Environnement contrôlé** : expérience réalisée dans une enceinte réduisant les interférences extérieures.

L'ensemble du montage permet de générer, capter, et analyser les ondes sonores afin d'en étudier les propriétés physiques et spectrales.

2 Expériences

2.1 Mesure de la vitesse du son dans l'air

2.1.1 Calcul de la vitesse du son

Le montage réalisé est composé d'un générateur 40kHz, d'un émetteur et récepteur (transducteurs ultrasonores) et enfin d'un oscilloscope pour visualiser les signaux d'émission et de réception.

Ainsi on peut observer l'évolution du signal d'émission en fonction de la distance.

On observe une courbe affine, le coefficient directeur de cette droite permet de calculer la vitesse expérimentale du son dans l'air.

On a donc dans notre cas une vitesse du son d'environ $324,11 \text{ m/sec}$

On note ici que la température de la pièce est de $20,5^\circ\text{C}$

On sait que la vitesse du son dans l'air pour une température de 20°C est de 340 m/s . On a donc un erreur relative de $\frac{|324-340|}{340} = 0.047$ Soit 4,7% d'erreur.

Cette erreur peut provenir de la température de la pièce qui n'est pas exactement à 20°C mais également de l'interprétation graphique de Δt en fonction de la distance ainsi que de la précision des curseurs sur l'oscilloscope.

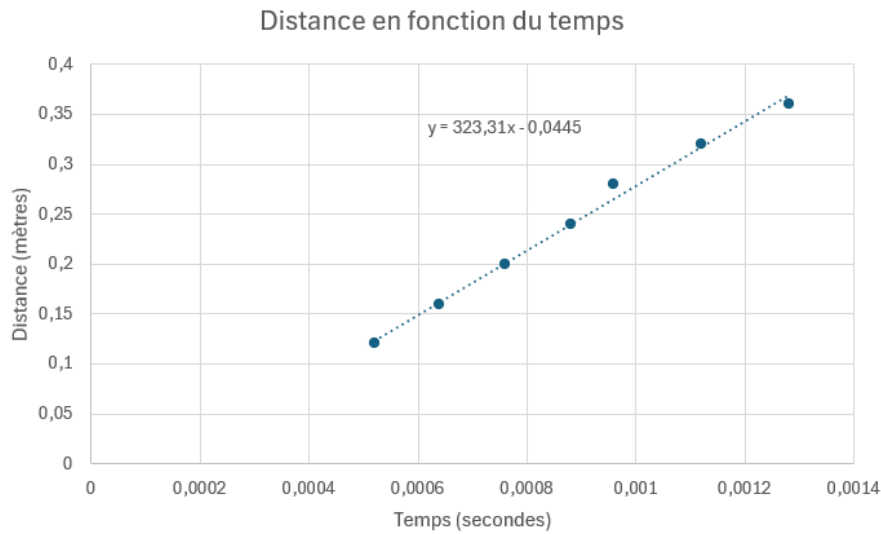


Figure 1: Distance en fonction du temps

2.1.2 Echantillon intercalé entre l'émetteur et le récepteur

Lorsqu'on intercale des échantillons entre l'émetteur et le récepteur, on observe une diminution de l'amplitude du signal reçu.

En effet lorsqu'il n'y a pas d'objet entre l'émetteur et le récepteur, l'intensité du signal reçu est différente de lorsqu'il y a un échantillon :

Echantillon	$\Delta E(V)$	Atténuation (%)
Sans échantillon	136	0
Faux plafond	36	73,5
MDF	30	77,9
Mousse absorbante	38	72,1
MDF + mousse absorbante	12	91,2

L'atténuation du signal peut être due à l'absorption, la réflexion, la diffusion, ou la transmission partielle à travers les matériaux.

Les matériaux comme le MDF (panneau de fibres de bois) ont probablement une forte capacité à bloquer ou réfléchir les ondes.

La mousse absorbante est conçue pour absorber les ondes, notamment dans les domaines acoustiques ou électromagnétiques.

Ensemble, MDF + mousse absorbante combinent leurs propriétés, ce qui explique la très faible amplitude du signal reçu. C'est donc le moyen le plus efficace pour atténuer le son.

2.2 Niveaux acoustiques, atténuation, traitement du signal

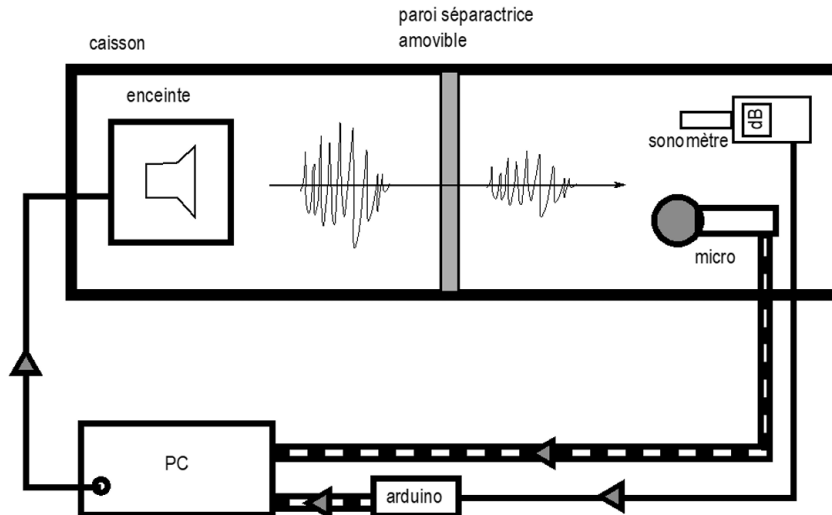


Figure 2: Schéma simplifié du montage du TP

2.2.1 Démarrage / Calibration

Grâce au fichier calibration sur python le bruit blanc est d'amplitude 80 dB. Nous pourrions par la suite étudier l'effet de différents matériaux pour atténuer ce son.

2.2.2 Effet du caisson

Nous pouvons interpréter l'effet du caisson sur le bruit blanc. On observe une amplitude de 68,8 dB donc une réduction de l'amplitude de 11,2 dB par rapport au bruit blanc "normal". On sait que tous les 3dB le son est perçu deux fois plus fort ou inversement. Avec le caisson, le son est donc perçu 4 fois moins fort que sans les parois.

Ainsi le caisson est très efficace car il réduit très fortement le niveau sonore perçu à l'extérieur, cela s'explique également par la présence de mousse absorbante sur l'ensemble des parois.

2.2.3 Effet d'une paroi isolante

On place différents matériaux entre l'enceinte et le micro.

Matériau	Niveau sonore (dB)	Atténuation (dB)
white noise - caisson	68,8	—
faux plafond	63,2	5,6
laine de roche	65,8	3

Matériau	Niveau sonore (dB)	Atténuation (dB)
MDF	61,8	7
MDF - mousse	58,4	10,4
mousse - MDF	61,5	7,3
plexiglass	58,8	10

Ces mesures montrent que tous les matériaux testés atténuent le niveau sonore par rapport à la référence sans obstacle (68,8 dB), mais avec des degrés d'efficacité variables. Les combinaisons de matériaux, notamment MDF - mousse (10,4 dB) et plexiglas (10 dB), offrent les meilleures performances d'atténuation, soulignant l'intérêt de combiner absorption (mousse) et réflexion (matériau dense). L'ordre des couches a aussi un impact : placer la mousse du côté de la source sonore améliore l'efficacité. En revanche, des matériaux comme la laine de roche ou le faux plafond sont moins performants seuls, ce qui peut s'expliquer par leur moindre densité ou leur capacité d'absorption limitée dans cette configuration.

2.2.4 Effet d'une paroi copposée

Matériau	Niveau sonore (dB)	Atténuation (dB)
MDF gris	57,4	11,4
MDF gris + porte	65,8	3
MDF gris sans porte	65,0	3,8

On sait que les dimensions de la porte sont de 10,5cm par 19cm soit $0,02m^2$ et que la surface de la plaque est de $0,27m^2$.

On peut calculer la résistance acoustique du matériau avec la formule :

$$\sum_i S_i \cdot 10^{-R_i/10} = S_T \cdot 10^{-R/10}$$

où R_i est la résistance acoustique du matériau, S_T est la surface totale des matériaux, et S_i est la surface d'un matériau.

On a donc ici $S_T = 0,27m^2$, $S_{porte} = 0,02m^2$, $S_{sansporte} = 0,25m^2$, $R_{MDF+porte} = 3dB$, $R_{MDF} = 11,4dB$ et $R_{MDFsansporte} = 3,8dB$

Ainsi :

$$0,27 \cdot 10^{-3/10} = 0,25 \cdot 10^{-3,8/10} + 0,02 \cdot 10^{-R_{bois}/10}$$

$$\Rightarrow R_{bois} = -10 \cdot \log\left(\frac{0,27 \cdot 10^{-3/10} - 0,25 \cdot 10^{-3,8/10}}{0,02}\right) \approx -1,9dB$$

On prend 1,9 dB car ce n'est pas cohérent d'avoir une valeur négative.

3 Conclusion

Ce TP a permis d'explorer de manière expérimentale les propriétés physiques des ondes sonores et les phénomènes associés à leur propagation, leur atténuation et leur analyse spectrale. À travers différentes expériences, nous avons mesuré la vitesse du son dans l'air avec une bonne précision (4,7 % d'erreur), puis étudié comment divers matériaux influencent l'intensité du signal reçu.

Nous avons montré que certains matériaux comme le MDF ou le plexiglas, seuls ou combinés à de la mousse absorbante, atténuent fortement les ondes sonores, notamment grâce à leurs propriétés de réflexion et d'absorption. L'ordre des couches dans une paroi composite s'est révélé déterminant dans l'efficacité de l'atténuation. Enfin, l'analyse d'un caisson insonorisé a confirmé l'impact significatif d'une bonne isolation acoustique. Ce TP met ainsi en évidence l'importance du choix des matériaux et de leur agencement pour le contrôle des nuisances sonores.