

TP8 : Atténuation des Ultrasons

TP INFO

En lien avec le chapitre 17

MOTS CLES:

Son – Atténuation -dB

PREREQUIS

Onde sonore, intensité sonore, niveau d'intensité sonore
Onde mécanique, double périodicité spatiale et temporelle

OBJECTIFS

Illustrer l'atténuation géométrique et l'atténuation par absorption d'une onde sonore.

Introduction

Les ondes sonores qui sont des ondes qui nécessitent un milieu de propagation, elles s'atténuent aux cours de leur propagation.

Quels sont les phénomènes physiques responsables de cette atténuation ?

I. Atténuation des ondes sonores

Document 1 : Niveau d'intensité sonore et atténuation

L'intensité sonore I et la puissance de la source P sont dans l'hypothèse d'une propagation sphérique liés par la formule :

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

avec r la distance à la source et rayon de la sphère en m, P en W et I en $W \cdot m^{-2}$.

Le **niveau d'intensité** L sonore est défini comme suit :

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

Avec :

- L niveau d'intensité sonore en dB
- I : intensité sonore en $W \cdot m^{-2}$
- I_0 : intensité sonore de référence à 1000 Hz

L'atténuation A est définie¹ comme la différence entre les niveaux d'intensité sonore de deux points de propagation de l'onde.

$$A_{geo} = L_{proche} - L_{éloigné}$$

Document 2 : Pression acoustique

Les signaux acoustiques que l'oreille humaine perçoit comme un son ou une pression acoustique sont de petites fluctuations de la pression de l'air qui s'ajoutent à la pression atmosphérique (pression barométrique).

La pression acoustique décrit la variation de la pression en présence d'une onde acoustique.

La pression acoustique² p et l'intensité sonore I sont liés par la relation suivante :

$$I = \frac{p^2}{Z} \quad (1)$$

Avec $Z = \rho c$ impédance acoustique (ρ masse volumique du milieu de propagation et c vitesse de propagation du son). Dans l'air : $\rho = 1,176 \text{ kg/m}^3$ et $c = 340 \text{ m.s}^{-1}$ on a $Z \approx 400 \text{ kg.m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

¹ Parfois l'atténuation est définie comme l'opposé : $A = L_{éloigné} - L_{proche}$, dans ce cas l'atténuation sera négative : -20 dB par exemple.

² Ne pas confondre p pression acoustique et P puissance de la source.

Document 2 : Les capteurs Piezoélectrique

Un capteur piézoélectrique est constitué d'un cristal de quartz qui a la propriété lorsqu'il est soumis à une contrainte mécanique de générer un champ électrique \vec{E} et donc comme dans le cas du condensateur d'avoir une différence de potentiel U (tension) entre ses faces. De même lorsqu'il est soumis à une tension il peut générer une force.

Les récepteurs ultrason sont sensibles à la pression acoustique qui soumettent le capteur à une force.

On a la relation suivante :

$$U = kp \quad (2)$$

Avec k constante de proportionnalité qui dépend du capteur (surface, type de cristal...)

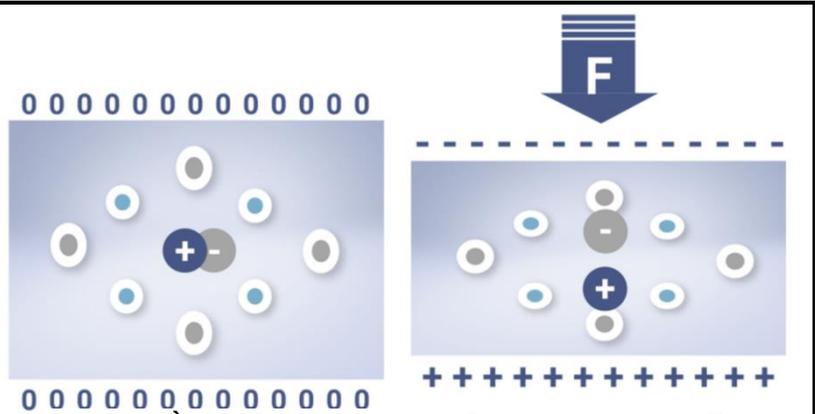


Figure 1: À gauche, nous voyons la structure cristalline moléculaire non soumise à une contrainte (au centre, il y a la charge, qui est équilibrée dans ce cas). À droite, le cristal est soumis à une contrainte mécanique : les centres de symétrie des charges s'écartent et la charge peut être mesurée en haut et en bas du cristal.

Source hbm.com

Document 4 : Adressage absolu avec Excel Source : excel-malin.com

Les adresses absolues comportent le signe "\$" devant les lettres et les chiffres (comme \$A\$1). Lorsque vous copiez une formule contenant une telle adresse, elle ne s'adapte pas.

Par exemple, si vous copiez la formule =A1+\$B\$1 de la cellule C1 dans la cellule C2, la formule restera =A2+\$B\$1. Les colonnes ne s'adaptent pas non plus. Ainsi, si vous copiez la formule =A1+\$B\$1 de la cellule C1 dans la cellule D2, la formule se transformera en =B2+\$B\$1.

II. Travail à réaliser

a. Prise en main du matériel et caractéristiques des ultrasons

Nous allons utiliser des générateurs et récepteurs ultrason ainsi qu'un oscilloscope pour effectuer les mesures.

1. Suivre le protocole suivant :

- Placer le générateur et le récepteur ultrason face à face
 - Brancher le récepteur sur la voie 1 de l'oscilloscope et observer le signal reçu.
2. A l'aide de l'outil mesure ou des curseurs déterminer la période T du signal et en déduire sa fréquence f .
 3. Proposer une expérience simple permettant de mettre en évidence qualitativement l'atténuation géométrique.
 4. Proposer une expérience simple permettant de mettre en évidence qualitativement l'atténuation par absorption.
 5. Suivre le protocole suivant de façon à déterminer la période spatiale λ des ultrasons.
- Placer le générateur et les deux récepteurs ultrason face à face
 - Brancher le récepteur 1 sur la voie 1 et le 2 sur la voie 2 de l'oscilloscope et observer le signal reçu.
 - Le premier émetteur restant fixe, éloigner le deuxième jusqu'à ce que les signaux soient de nouveau en phase.
 - Faire la même chose N fois et mesurer la distance d_N entre les deux récepteurs.
6. Pourquoi les signaux sont déphasés et reviennent-ils en phase ?
 7. Quelle relation y'a-t-il entre N , d_N et λ ?
 8. Pourquoi compter N fois une remise en phase des signaux ?
 9. *Calculer la vitesse des ultrasons c à partir de λ et f .

b. L'atténuation géométrique

- Reprendre l'expérience sur l'atténuation géométrique
- Mesurer l'amplitude U du signal reçu pour plusieurs distances en partant d'une distance d_{ref} d'environ 1 cm jusqu'à $d=1$ m environ.

Attention il faudra, pour plus de précision, légèrement tourner la tête du récepteur ultrason pour faire la mesure lorsque le signal est d'amplitude maximale

10. *Montrer que l'atténuation géométrique est égale à :

$$A_{geo} = 10 \log \left(\frac{U_{ref}^2}{U^2} \right) = 20 \log \left(\frac{U_{ref}}{U} \right)$$

11. A l'aide d'un tableur, calculer l'atténuation géométrique pour toutes les valeurs.

12. *Montrer que dans le cas d'une propagation sphérique, l'atténuation entre une distance d_{ref} et une distance d peut se mettre sous la forme

$$A_{géo\ sphérique} = 10 \log \left(\frac{d^2}{d_{ref}^2} \right) = 20 \log \left(\frac{d}{d_{ref}} \right)$$

13. A l'aide d'un tableur, calculer l'atténuation géométrique pour toutes les distances d .

14. Quel type de courbe devrait-on obtenir si on trace A_{geo} en fonction de $A_{géo\ sphérique}$?

15. Est-ce que le modèle de propagation sphérique est validé ?

Références

[1] U. Delabre, Smartphonique, Dunod.