

MP 30 - Acoustique

Le titre était : Ondes acoustiques

Rapports de jury

[2013] "Les phénomènes de réflexion/transmission ont aussi leur place dans ce montage. En outre, le jury apprécie qu'on ne se limite pas à la propagation dans l'air ni à une gamme de fréquences restreinte aux fréquences audibles. Le montage ne doit pas se limiter à des mesures de la célérité."

[1996] "Le montage sur les ondes sonores et ultrasonores est souvent traité sur des types trop restreints d'expériences. La notion d'impédance acoustique est souvent méconnue et les phénomènes de réflexion/transmission peu abordés."

Références

- [1] *La mécanique Tome 1*, Quaranta
- [2] *Montages de physique, Electricité, électromagnétisme, électronique, acoustique*, 2^e édition, Jean-Paul Bellier, C. Bouloy, D. Guéant, Dunod, 2000
- [3] *Expérience de physique*, Roger Duffait, Bréal, 2008
- [4] *Mécanique, Fondements et applications*, José-Philippe Pérez, Dunod, 2001

Plan

I. Propagation libre, célérité	2
1. Par temps de vol [2] p.282, [3] p.283	2
2. Par mesure de longueur d'onde [2] p.279	2
II. Ondes stationnaires	3
1. Propagation dans un tube de Kundt [1] p.283, [3] p.288	3
2. Mesure de la vitesse du son dans une tige en laiton [3] p.297	3
III. Effet Doppler [4] p.552-555	4

Introduction

Une onde acoustique est une onde mécanique qui a besoin d'un milieu matériel pour se propager. C'est de plus une onde longitudinale, c'est-à-dire que la vibration est selon la direction de propagation.

Nous nous limiterons dans ce montage aux cas des ondes sonores et ultrasonores. Nous verrons dans un premier temps, la propagation libre des ondes acoustiques et différentes méthodes pour mesurer la célérité de ces ondes, puis nous nous intéresserons aux cas des ondes stationnaires, et enfin nous étudierons l'effet Doppler.

I. Propagation libre, célérité

1. Par temps de vol [2] p.282, [3] p.283

On mesure le temps entre les deux signaux reçus par les 2 micros, et on fait cette mesure pour différentes distances qui sépare les micro. Il vaut mieux prendre des micro de même modèle, pour avoir le même type de réponse. On trace ensuite le retard entre les signaux en fonction de la distance entre les micros. On modélise avec Régressi par une droite affine, la pente donne la vitesse du son avec les incertitudes que l'on a rentré pour chaque mesure.

Incertitudes :

$$u(x_1) = u(x_2) = 0.02 \text{ m}, \quad u(\Delta x) = \sqrt{u(x_1)^2 + u(x_2)^2}$$

$$u(t_1) = u(t_2) = 0.03 \text{ ms}, \quad u(\Delta t) = \sqrt{u(t_1)^2 + u(t_2)^2}$$

$$c^{exp} = 340 \pm 27 \text{ m.s}^{-1}$$

$$c^{att} = 346.3 \text{ m.s}^{-1} \text{ (Handbook)}$$

La mesure est précise à 10%, et la valeur attendue rentre dans les barres d'incertitudes. Néanmoins nous pouvons utiliser une technique plus précise. Cette méthode est utilisée pour mesurer la distance qui nous sépare d'un orage par exemple.

2. Par mesure de longueur d'onde [2] p.279

On utilise dans ce cas des ondes ultrasonores, un émetteur envoie un signal sinusoïdal à 40 kHz, constitué d'un transducteur piézoélectrique qui transforme le signal électrique en vibration mécanique. On déplace le récepteur et on relève les positions pour lesquelles émetteur et récepteur sont en phase, ainsi on déplace d'une longueur d'onde, on peut remonter ensuite à la célérité connaissant la fréquence des ondes. On choisit la fréquence pour laquelle on a un max d'amplitude pour le récepteur. On trace les positions x en fonction de n , on modélise par une droite affine sur Régressi. On fait assez de points pour tracer une droite.

Incertitudes :

$$u(x) = 0.001 \text{ m}, \quad f = 40070 \pm 10 \text{ Hz}$$

La pente nous donne la longueur d'onde, et $c = \lambda f$ (sur Régressi, il faut mettre le test du chi 2 pour qu'il prenne en compte les incertitudes que l'on rentre), donc

$$c^{exp} = 349.2 \pm 4.4 \text{ m.s}^{-1}$$

La mesure est précise à 1 % mais on ne tombe pas dans les incertitudes.

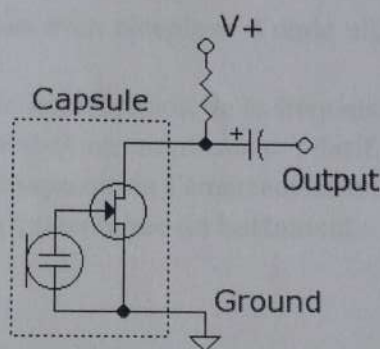
On s'intéresse maintenant au cas où le milieu de propagation est limité.

II. Ondes stationnaires

1. Propagation dans un tube de Kundt [1] p.283, [3] p.288

Le but est de mettre en évidence le phénomène d'ondes stationnaires résonantes et de mesurer la célérité du son.

Le tube est ouvert à son extrémité, il y a donc un noeud de surpression. Il y a des ondes stationnaires car l'onde incidente générée par le haut parleur se superpose à l'onde réfléchie à l'extrémité. De plus, comme il y a une deuxième condition aux limites fixée par le haut parleur, lorsque l'onde réfléchie est en phase avec l'onde émise par le haut parleur, alors il y a interférence constructive et l'amplitude est max, il y a résonance pour certaines fréquences. Le but est de repérer les différentes fréquences de résonance. Pour cela on utilise un micro à électret (une des membranes est une armature d'un condensateur et en se déplaçant elle modifie la capacité que l'on mesure, il faut faire le montage ci dessous pour qu'il fonctionne). Le micro est sensible à la surpression.



Mettre une résistance de $1k\Omega$ et une capacité de $1\mu F$, ainsi qu'une alim de 9 V. (Je ne suis pas trop sûr pour les valeurs).

$$f_n = \frac{c}{2L}$$

On trace $f_n = f(n)$, et on relève la pente $a = \frac{L}{2c}$

$$u(f_n) = 3 \text{ Hz}$$

$$L = 0.760 \pm 0.001 \text{ m}$$

$$c^{exp} = 325 \text{ m.s}^{-1}$$

La valeur n'est pas satisfaisante (cette expérience ne donne pas de bons résultats en général apparemment).

2. Mesure de la vitesse du son dans une tige en laiton [3] p.297

On excite la barre en laiton avec un chiffon imbibé d'éthanol, et on enregistre le signal avec un micro sur Latis, dont on fait la FFT. Il faut frotter la barre lentement en appuyant bien dessus, en fait on comprime la barre et c'est cela qui produit le son ensuite. On peut aussi taper sur la barre avec une tige en métal, ça marche mieux car le son est plus fort, mais dans tous les cas il faut placer le micro là où on produit le son.

On attend une fréquence de l'ordre du kHz.

Acquisition :

$$N = 50000$$

$$T_c = 100 \mu s$$

$$T_{acq} = 5 s$$

$$L = 0,600 \pm 0,001 m$$

$$f = 2843 \pm 1 Hz$$

$$c = Lf = 1705 \pm m.s^{-1}$$

? $c = 2lf$?

On peut remonter au module d'Young car $c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$. On peut mesurer la masse volumique.

Ensuite on compare E à une valeur tabulée, mais on ne connaît pas la composition exacte du laiton (cuivre+zinc, "brass" en anglais).

III. Effet Doppler [4] p.552-555

Le but est de mesurer la vitesse d'un récepteur d'onde ultrasonore (d'un mobile).

L'effet Doppler correspond à la modification de la fréquence du signal émis par un émetteur lorsque l'émetteur et le récepteur sont en mouvement relatif. Cette variation de fréquence est très faible donc on additionne les signaux de l'émetteur et du récepteur, et comme il n'ont pas la même fréquence, on va voir un phénomène de battement.

$$f_R = f_E \left(1 - \frac{v_r}{c} \right)$$

Protocole :

On considère une source émettant une onde acoustique à 40 kHz. Le récepteur est en translation rectiligne uniforme par rapport à l'émetteur, grâce à un moteur.

Le choix des résistances est fait de telle sorte que les deux signaux aient la même amplitude car le signal du récepteur s'atténue au fur et à mesure qu'il s'éloigne. Les composants du détecteur crête sont choisis afin de détecter l'enveloppe des battements.

On visualise à l'oscilloscope le signal en sortie du détecteur crête, et en mode roll pour voir le plus de battement possible, ensuite avec les curseurs, on mesure la période de N battements, on fait STOP pour mettre le signal en mémoire.

Valeur :

$$N =$$

$$T =$$

$$T_b = \frac{T}{N} =$$

$$T_b =$$

$$f_E =$$

$$v_R = \frac{cf_b}{f_E} = (1.132 \pm 0.004) \cdot 10^{-2} \text{ m.s}^{-1}$$

On compare avec la mesure directe, que l'on fait en même temps que les battements pour pouvoir comparer la même vitesse :

$$\Delta D =$$

$$\Delta t =$$

$$v_R = \frac{\Delta D}{\Delta t} = (1.15 \pm 0.4) \cdot 10^{-2} \text{ m.s}^{-1}$$

Les valeurs sont compatibles aux incertitudes près.

Conclusion

Nous avons vu dans ce montage différent types de propagation, libre et avec conditions aux limites. Nous avons vu que la vitesse de propagation dépend du milieu. Enfin, nous avons vu l'effet Doppler très utilisé en médecine pour les échographie Doppler par exemple. D'autres caractéristiques sont importantes comme l'impédance acoustique.

Questions

➤ *Pour la manip temps de vol, pourquoi vous avez choisi de mesurer après la troisième vague ?*

J'ai pris là où il me semblait que le signal était reçu, mais en fait l'incertitude est plus grande sur la position des micros, il faudrait voir si ça change quelque chose.

➤ *Pour le I-2, la valeur attendue ne rentre pas dans les barres d'incertitude ?*

C'est une barre à 1σ , à 2σ ça rentre..

➤ *Quel est le montage avec le micro ?*

Circuit RC, (il faut voir plus en détail ce que ça fait).

➤ *Structure de l'onde dans le tube ?*

C'est une onde plane, pour des ultrasons, il y aurait d'autres modes car on serait au dessus de la fréquence de coupure, on aurait des structures transverses et compliquées.

➤ *Définition et utilité de l'impédance acoustique ?*

Une onde sera peu transmise entre deux milieux d'impédance très différentes, mais elle sera réfléchi.

Remarques

Les remarques ont été intégrées en partie dans le compte-rendu.

➤ Trouver une manip d'impédance.

➤ Davantage expliquer le contexte du montage.

- On peut faire une manip avec un haut parleur car le montage est acoustique, genre diagramme de rayonnement.
- Il faut bien connaître comment fonctionnent les différents émetteurs et récepteurs.