

Correction du montage 30 « Acoustique. »
Exposé par Sépulcre Théo (Jeudi 15-02-2017)

Correcteurs : Grimaud PILLET¹
Marc VINCENT²

Extraits de rapports du jury :

2014, 2015 : « Les phénomènes de réflexion/transmission et d'impédance 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 restreintes aux fréquences audibles. Le montage ne doit pas se limiter à la mesure de la célérité du son. Signalons enfin que les mesures d'atténuation des ondes acoustiques dans l'air qui ont été proposées par les candidats n'ont pas donné de résultats probants. »

2013 : « Les phénomènes de réflexion/transmission et d'impédance 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 restreintes aux fréquences audibles. Le montage ne doit pas se limiter à la mesure de la célérité du son. »

2012 : « Le jury attend des notions plus variées que les seules mesures de célérité. On peut penser : aux phénomènes de réflexion/transmission, d'interférences, de diffraction et de modes ; aux notions d'impédance, de timbre, de hauteur, d'effet Doppler ; aux nombreuses applications : instruments de musique, sonar, échographie... »

Remarques générales :

L'ensemble du montage était correct, le choix des expériences est bon et justifié, malgré la présence de deux mesures de célérité, mais les mesures n'ont pas été menées avec soin et ont souvent été aberrantes. Il peut être préférable de prendre ce temps pour montrer d'autres notions d'acoustique (interférences, diffraction, effet Doppler, adaptation d'impédance...). Le fil conducteur de l'instrument de musique peut être une idée intéressante.

Pendant les expériences, l'étudiant n'a pas toujours pris la peine de décrire le matériel utilisé, il convient aussi de justifier la valeur de fréquence utilisé sur les GBF (bande-passante...).

Attention cependant, on relève quelques erreurs sur l'évaluation des incertitudes sur les mesures (chiffres significatifs...). Les questions ont révélé un certain manque sur les lois de physique utilisées lors de ce montage, notamment sur leur domaine de validité. Attention aussi à ne pas confondre célérité, vitesse de phase et vitesse de groupe, pour différentes expériences, ce n'est pas toujours c qui est mesuré, même si ici les trois sont confondus car on est dans un milieu non dispersif, il faut le préciser.

Commentaires détaillées.

Mesure de la célérité du son dans l'air par temps de vol et déphasage.

¹ grimaud.pillet@ens-lyon.fr

² marc.vincent@ac-lyon.fr

L'expérience a été trop rapidement menée, le protocole est mal expliqué et le choix des composants pas du tout, tout cela pour une mesure de c à 305 m/s....Il faut davantage se battre et reprendre les mesures de longueur, se poser les questions sur la mesure du temps de vol le plus pertinent (surement pas le début du paquet d'onde...) et tenir compte de toutes les sources d'erreur. C'est dommage ici car une seule incertitude a été prise en compte ce qui ne faisait pas rentrer le résultat attendu dans les barres d'erreurs.

Pour la mesure avec le déphasage, il faut mieux expliquer le protocole, pourquoi on choisit plusieurs périodes et ne pas s'arrêter sur une mesure de c à 488 m/s sans sourciller. Il faut absolument maîtriser la nature des émetteurs US, leurs caractéristiques, le choix des fréquences d'utilisation, il y aura des questions dessus.

Tube de Kundt.

Le lien avec les instruments à vent a été fait, mais la traduction en termes de conditions aux limites n'a pas été suffisamment claire. Notamment la discussion concernant la condition au bord au niveau de l'émetteur, qui a embrouillé le message à faire passer. Dans ce cas, Il faut mieux énoncer la condition limite « idéalisée » et garder lors des questions le fait que cette condition n'est pas strictement vérifiée, ce qui en pratique modifie légèrement la valeur de L . Il faut discuter de la validité des lois utilisées pour les fréquences des modes propres. Une fois la régression linéaire faite pour les modes propres, il faut surtout valider le modèle, la détermination de la longueur n'a aucun intérêt physique, encore moins l'estimation de son incertitude... Ne pas tomber dans des excès qui seront préjudiciables au moment des oraux.

Attention à l'expérience avec le tube thermostaté : elle demande des précautions de manipulation, notamment pour la thermalisation de la tige du micro et exige une très bonne gestion du temps, ce qui n'a pas été le cas lors de l'exposé...

Résonateur de Helmholtz.

Cette expérience est intéressante et assez originale, mais il faut vraiment mieux l'introduire physiquement, notamment en insistant sur les analogies avec un oscillateur mécanique ou électrique, ce qui permet de dégager l'existence d'une fréquence de résonance caractéristique de l'oscillateur acoustique. La discussion sur l'incertitude de cette fréquence aurait été ici fort judicieuse, surtout si on veut discuter de l'existence d'une longueur effective plus grande que celle du goulot du dispositif. Il pourrait être intéressant d'introduire cet écart à partir de l'expérience en faisant varier la longueur du goulot. Pour cela il est préférable de travailler avec un résonateur de dimension calculable facilement (cf [7]), un cylindre de PVC avec des goulots en PVC de plus petits diamètres (très facile à réaliser...).

Je n'insisterai pas trop sur l'existence de pics en hautes fréquences, car il s'agit cette fois d'un autre phénomène (cf [10])...

On peut même envisager un couplage de cavité de Helmholtz...

Corde vibrante : principe des instruments à corde.

Attention sur le vocabulaire ; on parle de Corde de Melde en régime forcé, et ici il s'agissait de l'étude du régime libre sans excitation. Là encore, la discussion des conditions détaillées de la manipulation n'a pas été complètement menée, notamment les paramètres de la FFT, les conditions initiales. Il faut davantage faire le lien entre les conditions initiales (corde frappée ou

pincée, et à quel endroit) et les conséquences observables sur la note notamment dans le spectre en fréquences, ce qui est un peu le fil conducteur de ce montage.

La corde de guitare utilisée n'est pas de constitution simple (présence d'un gainage hélicoïdale qui peut bien fausser les mesures et augmenter le rôle de la raideur...). Pour cette manipulation, il serait plus aisé de faire les mesures avec une corde classique ou métallique. Les mesures doivent être plus fidèles au modèle théorique.

Il manque un exemple d'illustration de l'amplification/atténuation du signal sonore, voire d'un problème d'adaptation d'impédance. Là encore on peut s'appuyer facilement sur l'exemple du pavillon des cuivres. Faire l'expérience avec un tuyau conique (plus simple à réaliser que le pavillon exponentiel), on envisager d'acheter une trompette en plastique et de faire les mesures. Voir la référence [11].

Toujours dans le thème de la musique, on peut faire une expérience simple faisant le lien entre adaptation d'impédance et timbre d'un instrument. On prend un diapason et on enregistre le signal émis lorsque le diapason est tenu par une pince, ou posé sur une caisse de résonance. On voit alors que le spectre est modifié. En particulier, les pics sont plus évasés avec la caisse de résonance car les frottements sont plus forts. C'est pourquoi lorsqu'un musicien veut avoir une référence de hauteur avec un diapason, il le colle directement contre sa tempe. On peut tenter l'expérience avec différents milieux réalisant l'adaptation d'impédance.

Questions pour approfondir :

- 1) Comment améliorer la précision des mesure dans l'expérience du temps de Vol ?
- 2) Expliquez la forme de la salve ultrasonore observée au niveau du récepteur ?
- 3) Il y a de nombreuses confusions sur les notions de base que sont la résonance, les ondes stationnaires et les modes propres, les phénomènes d'interférences. Bien clarifier tous ces points et en être conscient lors de la présentation.
- 4) Savoir expliquer le fonctionnement du micro électret utilisé notamment, connaître ses propriétés.
- 5) Connaître les validités des expressions des modes propres étudiés
- 6) Quel est le fonctionnement du thermocouple utilisé pour le tube de Kundt ?
- 7) Comment décrire le résonateur de Helmholtz avec une analogie mécanique ou électrique ?
- 8) Quel est le domaine de validité de la formule théorique donnant la vitesse des ondes acoustique ?

Bibliographie:

- [0] Fruchart, Lidon, Thibierge, Champion, Le Diffon, « Physique expérimentale. », de Boeck 2016
- [1] R. Duffait, « **Expériences de physique (Capes de Sciences Physiques)** », Ed. Bréal, 3ème édition
- [2] Jean-Marie Donnini et L. Quaranta, « **Dictionnaire de Physique Expérimentale-I, IV** », Ed. Pierron
- [3] P. Fleury, J-P. Mathieu, « Vibrations mécaniques, Acoustiques. », Eyrolles
- [4] M. Soutif, « Vibration, propagation, diffusion. » Dunod
- [5] Y. Rocard, « Dynamique générale des vibrations. », Masson
- [6] Rossi, « Electro-acoustique. »
- [7] BUP n°649, « Etude expérimentale des ondes sonores, réalisation d'un émetteur-récepteur ultrasons. »
- n°742, « Propagation guidée des ondes acoustiques dans l'air. »
- n°707, « Résonance en acoustique. »

- n°804, « Changement de fréquence, effet Doppler. »
- n°818, « Interférences ultrasonores, apports d'une acquisition informatisée. »
- n°712, « Ultrasons et lumière. »
- n°794, « Cavité acoustique, Laser... et système bouclé. »
- n°801, « Résonance aigue et auto-oscillations d'un diapason. »
- n°845, « Un archétype d'oscillateur : le résonateur acoustique de Helmholtz. »

[8] LE. Kinsler, AR. Frey, AB. Coppens, JV Sanders, « Fundamentals of acoustics. », John Wileys and Sons

[9] A.Fischetti, « Initiation à l'acoustique. Ecoles de cinéma, BTS audiovisuel. » ; Belin Sciences Sup

[10] F.S. Crawford, « Lowest modes of a bottle. » Am.J. Phys. 56(8) ; August 1988

[11] T.D. Rossing, « Experiments with an impedance tube in the acoustics laboratory. », Am.J.Phys 50 (12), Dec. 1982