

MP 30 – Acoustique

31 mai 2021

Clément Gidel & Pascal Wang

Niveau :

Commentaires du jury

Bibliographie

✦ *Le nom du livre, l'auteur*¹

→ Expliciter si besoin l'intérêt du livre dans la leçon et pour quelles parties il est utile.

Prérequis

➤ prérequis

Expériences

☞ Biréfringence du quartz

Table des matières

Introduction

Caractère propagatif : 1) Tube de Kundt (ondes stationnaires, dépendance de c avec T) 2) Propagation dans le dural.

Propriétés ondulatoire 1) Trombone de Koenig (interférences, battements, mesure de c) 2) Doppler

Impédance acoustique 1) Cloche à vide 2) Adaptation d'impédance avec le glycérol. 3) Mesure de l'impédance de la mousse, remonter à sa masse volumique (2013).

Kundt, conditions limites idéalisées.

Présentation : 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.

Introduction : L'acoustique est l'étude des vibrations issues d'un émetteur se propageant par des ondes élastiques dans un milieu matériel jusqu'à un récepteur (définition du Quaranta). L'émetteur d'une telle onde crée une variation locale de pression qui donne naissance à l'onde, comme par exemple la membrane d'un haut parleur. Ces ondes acoustiques sont caractérisées par deux grandeurs couplées : la vitesse et la pression.

I/ 1) Tube de Kundt. On vérifie la loi en racine de T mais on montre aussi l'application de l'acoustique comme thermomètre. Détail sur les incertitudes Curieusement, l'erreur sur la mesure de la cavité dans le tube de Kundt est non négligeable. Il est difficile de prévoir la taille exacte de la cavité à cause de la position un peu incertaine du haut parleur d'une part et de la paroi épaisse en verre à l'autre bout. Au mètre ruban, la précision n'est pas non plus exceptionnelle, et une incertitude de 2cm semble raisonnable. L'erreur sur la température est de l'ordre de 1K (pertes thermiques, microphone non collé au thermocouple, thermocouple qui donne une valeur qui fluctue légèrement, et surtout une erreur systématique ... Changez de thermocouple pour voir!). En tout et pour tout, 1K d'incertitude semble raisonnable. Enfin, il y a la précision sur l'estimation de la fréquence de résonance. Celle-ci est faible, et en général négligeable devant le reste. On laisse Regressi s'occuper du calcul d'incertitude, qui prend donc en compte l'incertitude combinée entre l'incertitude expérimentale ET l'incertitude sur l'ajustement de ces mêmes données expérimentales avec un modèle linéaire, ou affine.

Conclusion

Ouverture :

Compléments/Questions

Détection synchrone pour Doppler : justifier que pour Δf avec f 14Hz sur 40 kHz c'est du 0.1% donc pour respecter Shannon et acquérir assez longtemps pour résoudre 14Hz, il faut acquérir (faire le calcul) plus de points que la carte ne leur permet donc la détection synchrone résout ces problèmes là.

Questions

- De quoi dépend la vitesse du son dans l'air ? Expression générale et expression appliquée à l'air considéré comme GP ? Domaine de validité ? Température, densité.. $c^2 = 1/(\rho\chi_S)$ dans le cas général. $c^2 = \gamma RT/M$ pour un gaz parfait. Calcul réalisé pour un fluide parfait et pour des évolutions adiabatiques.
- Comment fonctionnent les émetteurs/récepteurs d'ultrasons ? Sont-ils réversibles ? Piézoélectriques. La piézoélectricité est la propriété que possèdent certains matériaux de se polariser électriquement sous l'action d'une contrainte mécanique et réciproquement de se déformer lorsqu'on leur applique un champ électrique.
- Comment marche un haut-parleur ? Aimant permanent + bobine donne induction, les forces de Laplace font vibrer une membrane.
- Sonar en biologie ? Baleine et chauve-souris.
- Guidage d'ondes sonore.
-

Passage : Tristan

Intro : différence ondes sonores et éom, aspect historique, Antiquité.

I) Mesure de célérité 1) Dans l'eau. On a un émetteur et un récepteur, on envoie des burst et on regarde le temps de propagation. Une régression linéaire permet de remonter à la vitesse. Mention du temps de réponse des

émetteurs/récepteurs. On trouve que $c_{eau} = 1.45 \pm 0.02 km.s^{-1}$. On rajoute ensuite un pavé de Dural (alliage), avec les mesures de temps on peut remonter à la vitesse de propagation dans le Dural. Discussion des incertitudes avec la propagation classique. On obtient $c_p = 3.75 \pm 0.08 km.s^{-1}$. La valeur théorique est de $6.2 km.s^{-1}$, on est donc assez loin, cela peut s'expliquer avec le manque de points (pas de régression linéaire)

II) Interférences acoustiques avec trombone de Koenig. On fait bien attention de changer de GBF et de manipuler un peu sur cette expérience. Condition d'interférences, la différence de marche s'exprime en fonction de D qu'on peut faire varier et ainsi repérer les noeuds et ventres. Incertitude limitante est la lecture du réglet (on a dit que l'estimation de l'annulation était assez précise ce qui est pas forcément évident). On trouve alors avec la régression linéaire que $\lambda = 3.43 \pm 0.02 cm$. L'incertitude est notablement faible! On peut aussi remonter à la célérité dans l'air.

III) Effet Doppler, On a un émetteur qui se déplace à une certaine vitesse v qu'on mesure et $\delta f = \frac{v}{c} f$. On effectue alors une détection synchrone, on multiplie par un signal de fréquence f et on obtient deux signaux, un de fréquence δf et un de fréquence $2f + \delta f$ et on fait un passe bas (circuit RC ici). Pour différentes vitesses, on peut faire une régression linéaire. Le mesure de la vitesse de l'émetteur se fait avec une mesure distance à la règle et temps via un chronocompteur. On mesure un décalage en fréquence de 12.3

Montage surprise : Comment mesurer l'intensité lumineuse d'une photodiode? Il manque sur le chariot un générateur. On énonce le montage avec une résistance, on peut aussi utiliser un ampli op. L'idée est qu'on veut mesurer une intensité, et on peut faire une conversion courant tension avec un ampli op.

Questions / remarques

- Comment on peut s'affranchir du temps de réponse des récepteurs? Utiliser les mêmes émetteurs/récepteurs, contributions s'annulent.
- Incertitudes? Difficile de bien repérer la position des émetteurs/récepteurs. En fait l'erreur passe dans l'ordonnée à l'origine du coup autant prendre ce qui est le plus facile à repérer.
- On envoie quoi comme onde? Paquet d'onde, on repère où? On repère début signal émis et reçu. En fait, on a une fonction réponse sur le signal reçu (surtout) et signal émis qui déforme le signal sinusoïdal. Comment réduire l'écart à la sinusoïde? On fait une déconvolution! Technologie émetteur / récepteur? Céramique pyzoélectrique, en fonction de la tension, on a un allongement/contraction, caractéristique résonnante et fonction de transfert différente de 1.
- Avec une sinusoïde, on peut superposer le signal émis et reçu pour voir le déphasage. L'idée est que comme ça on a accès à la vitesse de phase alors qu'avant on a la vitesse de groupe mais ici comme relation de dispersion linéaire, vitesses de groupe et de phase égales.
- Subtilité : on peut mesurer les ondes transverses si l'angle est assez important. Aussi ondes de cisaillement dans l'eau? En fait il faut un fluide assez visqueux?
- Pourquoi mettre le Dural dans le sens de la longueur (surface face au récepteur la plus petite). Minimiser l'incertitude sur le temps de propagation. Cependant on a plus d'effets de bords, ce qu'on aurait minimisé avec la plus grande surface.
- Comment mettre à profit les réflexions parasites? Déjà il faut les identifier, on peut regarder le retard correspondant, regarder la réfraction, et regarder la réflexion totale. Première onde qui disparaît? Ondes P, car indice plus grand et l'angle de réflexion totale est en $\arcsin(1/n)$.
- On peut se débarrasser de sources d'incertitudes? Si on balance la formule totale des incertitudes, c'est important de voir les termes dominants. Penser aussi à marquer les mesures brutes sur une feuille/au tableau.
- Ecart avec la vitesse dans le Dural? Alliage d'Al et Cu, proportion peut varier en fonction des types de matériau. Nature de l'Alliage à mettre en avant, peut être détérioration du fait qu'il est dans l'eau depuis longtemps.
- Changer d'oscillo ou de GBF c'est bien mais il faut quand même garder les conditions expérimentales des mesures effectuées en préparation. Si ça se passe bien OK, à la limite le faire une fois c'est cool mais très dangereux.
- Repérage de l'annulation plus précise qu'incertitude sur le réglet? En y regardant de plus près c'est quand même pas aberrant. C'est plutôt le parallaxe qui est important.
- Question sur l'obtention de c_{air} .
- Questions sur le trombone : Quelles ondes on considère? Il peut y avoir une résonance! Le guidage a une influence? On a une longueur d'onde plus grande que la longueur du tube, donc pas d'influence! Si on diminue la longueur d'onde, donc avec ultrasons, on aura plus d'absorption + absorption géométrique.

- Doppler : Approximation importante? Vitesse constante de l'émetteur! Fluctuations! On peut éventuellement vérifier que les vitesses moyennes sont égales! Le problème éventuel est l'accélération au début de l'émetteur. On aurait pu mesurer la vitesse via Dopplet et comparer avec la vitesse avec le chronocapteur. A cette étape du montage pas besoin de faire de régression linéaire. Eventuellement faire des incertitudes statistiques. L'idée est qu'avec la régression on obtient une valeur de c_{air} moins bonne qu'avant.
- D'autres notions ondulatoires observables? Ondes stationnaires, diffraction, adaptation d'impédance, battements.
- Pourquoi mettre le bloc de Dural à la masse? Il y a aussi une polarisation due aux champs électriques, donc tout mettre à la masse permet de s'affranchir de cet effet.

Commentaires