

O5-TD

Phénomènes d'absorption et de dispersion

O5 – 01 Ondes sonores dans un fluide visqueux



On souhaite étudier la propagation d'une onde acoustique dans un fluide visqueux. On modélise pour cela l'air comme un fluide de masse volumique $\rho = 1,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ et de viscosité $\eta = 1,7 \times 10^{-5} \text{ Pl}$. La vitesse du son dans l'air dans les CNTP est $c_s = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

- 1) Rappeler en quoi consiste l'approximation acoustique et son intérêt.
- 2) Rappeler les trois équations posées dans le cas d'une onde acoustique dans un fluide parfait. Comme le fluide est visqueux, peut-on simplement utiliser l'équation de Navier-Stokes à la place de l'équation d'Euler ?
- 3) Pour tenir compte de la viscosité ici, on fera quand même, en première approximation, l'hypothèse que le fluide obéit à l'équation de Navier-Stokes

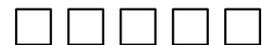
$$\rho \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \text{grad}) \vec{v} \right) = -\text{grad} P + \eta \Delta \vec{v} + \vec{f}$$

où \vec{f} sont les forces volumiques. Écrire alors les trois équations linéarisées.

- 4) Obtenir l'équation d'onde pour la surpression.
- 5) En déduire la relation de dispersion pour l'onde $\underline{p} = \underline{p}_0 e^{i(\omega t - \underline{k} x)}$.
- 6) On supposera que $\omega \ll 1/(\eta \chi_S)$ et on mènera un développement limité au premier ordre. Le milieu est-il dispersif pour l'onde sonore ?
- 7) L'onde est-elle atténuée lors de sa propagation ? Si oui, à quelle distance l'intensité sonore en décibel est-elle diminuée de 20 dB à 1 kHz ? On introduira l'impédance acoustique Z .

Données : on utilisera que $\text{div}(\Delta \vec{a}) = \Delta(\text{div} \vec{a})$ (on peut par exemple démontrer cette égalité en utilisant les expressions des opérateurs en coordonnées cartésiennes).

O5 – 02 Frottements fluides sur une corde



On propose dans cet exercice de tenir compte des frottements fluides dans la modélisation de la dynamique d'une corde. Toutes les autres hypothèses du cours restent identiques (masse linéique μ , tension T).

On suppose qu'en plus des forces de tension, un élément de corde de longueur dx subit une force de frottement fluide $d\vec{f} = -h dx \vec{v}$, avec \vec{v} la vitesse de cet élément et h un coefficient de frottement.

- 1) Rappeler les hypothèses utilisées pour la modélisation de la corde dans le cours.
- 2) Trouver la nouvelle équation d'onde.
- 3) Obtenir la relation de dispersion pour cette équation d'onde.
- 4) Cette équation est-elle dispersive ? Une onde est-elle absorbée lors de sa propagation ?
- 5) En considérant $h \ll \mu \omega$, faire un développement limité de \underline{k} à l'ordre 1 et obtenir la longueur typique d'absorption.
- 6) Le développement limité à l'ordre 1 effectué précédemment permet-il de rendre compte de la dispersion de l'onde ? Pousser le développement limité à l'ordre 2 et calculer la vitesse de phase et la vitesse de groupe.