Interrogation

O4 : Ondes sonores dans les fluides

Questions

1) Donner les trois équations linéarisées de l'acoustique, et les nommer.

$$\frac{\partial \mu_1}{\partial t} + \mu_0 \operatorname{div} \overrightarrow{v_1} = 0 \qquad \textbf{Conservation de la masse linéarisée}$$

$$\mu_0 \frac{\partial \overrightarrow{v_1}}{\partial t} = -\overrightarrow{\text{grad}}\, p_1 \qquad \textbf{Équation d'Euler linéarisée}$$

$$\mu_1 = \mu_0\, \chi_S\, p_1 \qquad \textbf{Équation thermodynamique linéarisée}$$

2) Quelle est la célérité des ondes sonores dans un milieu de compressibilité χ_S et de masse volumique μ_0 ?

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\, \chi_S}}$$

3) Quelle loi utilise-t-on pour calculer le coefficient de compressibilité isentropique χ_S d'un gaz parfait ? `[calcul non demandé]`

On utilise une équation de Laplace (car gaz parfait en évolution isentropique)

$$P\, V^\gamma = \text{Cste}$$

4) On donne une onde de surpression

$$p_1(\overrightarrow{r}, t) = p_m \cos(\omega\, t + k\, x)$$

Comment appelle-t-on une telle onde ? Donner l'onde de vitesse $\overrightarrow{v_1}$ associée, en utilisant l'impédance acoustique, que vous définirez en fonction de μ_0 et c.

C'est une **onde plane progressive harmonique**, qui se propage vers les x décroissants. Étant une OPPH, on peut directement écrire

$$\overrightarrow{v_1} = \frac{p_1}{Z}\, \overrightarrow{u} = -\frac{p_1}{Z}\, \overrightarrow{e_x} \qquad (*)$$

où $Z = \mu_0\, c$ est l'impédance acoustique. Attention $(*)$ est uniquement vrai pour une OPPH.

5) Définir la puissance acoustique surfacique $\overrightarrow{\pi}$ dans le cas général, puis calculer $\langle \overrightarrow{\pi} \rangle$ pour l'onde de la question précédente.

$$\overrightarrow{\pi} \equiv p_1\, \overrightarrow{v_1} = -\frac{p_1^2}{Z}\, \overrightarrow{e_x}$$

puis

$$\langle \overrightarrow{\pi} \rangle = -\frac{p_m^2}{Z}\, \langle \cos^2(\omega\, t + k\, x) \rangle\, \overrightarrow{e_x} = -\frac{p_m^2}{2\, Z}\, \overrightarrow{e_x}$$

car $\langle \cos^2() \rangle = 1\,/\,2$.