

Programme des colles de physique

Semaine 12 : du 29 novembre au 03 décembre.

O4 - Ondes sonores dans les fluides

- **définition de l'approximation acoustique** ;
- **linéarisation de l'équation de conservation de la masse, de l'équation d'Euler et de l'équation thermodynamique** ;
- **obtention de l'équation d'onde à 1D** ;
- **obtention de l'équation d'onde à 3D, équation de d'Alembert 3D** ;
- **comparaison des célérités du son dans les gaz/liquides, célérité du son dans un gaz parfait** ;
- onde plane, onde plane progressive harmonique, notation complexe, relation de dispersion de l'équation de d'Alembert 3D ;
- impédance acoustique ;
- **définition du vecteur densité de puissance acoustique $\vec{\pi}$, définition de la densité volumique d'énergie acoustique e , calcul de $\vec{\pi}$ et e pour une OPPH** ;
- intensité sonore, intensité sonore en décibels ;
- phénomènes d'interface : continuité de la pression et de la vitesse normale ;
- **réflexion et transmission sur une interface, conditions aux limites (à savoir justifier), obtention des coefficients de réflexion et de transmission en amplitude pour une OPPH de surpression** ;
- **obtention des coefficients de réflexion et de transmission pour une OPPH en énergie, conservation de l'énergie acoustique $R + T = 1$, application à l'interface air \rightarrow eau.**

O5 - Phénomènes d'absorption et de dispersion

- savoir que la partie réelle de \underline{k} est associée au phénomène de dispersion (les OPPH ne voyagent pas toutes à la même vitesse), définir la vitesse de phase et la vitesse de groupe ;
- savoir que la partie imaginaire de \underline{k} est associée au phénomène d'absorption, définir la longueur d'atténuation ;

Tous les points en gras peuvent constituer une question de cours, à savoir restituer en autonomie au tableau. Les autres points ont été abordés en cours et peuvent être utilisés dans les exercices.

Applications directes du cours

À préparer pour la colle. Le travail ne sera pas vérifié, mais vous êtes fortement encouragés à le faire avec sérieux, pour améliorer votre apprentissage du cours. Vous pouvez bien sûr me poser des questions si vous bloquez.

O4 - Ondes sonores dans les fluides

- 1) Quelle est la pression standard P_0 dans l'air? Quelle est la masse volumique μ_0 de l'air à température ambiante? Quelle est sa masse molaire M ? Que vaut le coefficient adiabatique γ de l'air?
- 2) Le coefficient de compressibilité isentropique χ_S pour un gaz parfait est $\chi_S = 1 / (\gamma P)$. Calculer alors la célérité des ondes sonores dans l'air $c = 1 / \sqrt{\mu_0 \chi_S}$, et l'impédance acoustique de l'air $Z = \mu_0 c$.
- 3) Calculer numériquement la célérité des ondes sonores dans l'air à 0°C .
- 4) À pression constante, quelle est la dépendance en température de l'impédance acoustique d'un gaz parfait?
- 5) Que vaut en joules (en utilisant les relations valables pour les OPPH) l'énergie acoustique présente dans une pièce de 100 m^3 dans laquelle règne un bruit ambiant de 60 dB? On cherchera dans le cours l'expression de la densité volumique d'énergie acoustique, qui n'est pas à connaître par cœur.
- 6) L'impédance acoustique du verre est de l'ordre de $Z_{\text{verre}} \approx 10^7 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Calculer numériquement les facteurs de réflexion et de transmission en énergie pour une interface air \rightarrow verre et eau \rightarrow verre.

O5 - Phénomènes d'absorption et de dispersion

- 1) **[Exercice fait en cours]** On considère la relation de dispersion de l'équation de Klein-Gordon

$$\omega^2 - \omega_p^2 = c^2 k^2 \quad \text{avec} \quad \omega_p \text{ une constante.}$$

Dans le cas où $\omega > \omega_p$, montrer que la propagation de l'onde est dispersive et calculer la vitesse de phase et la vitesse de groupe.

- 2) Dans le cas où $\omega < \omega_p$, montrer qu'une OPPH complexe est en fait une onde stationnaire exponentiellement amortie (on parle d'onde « évanescence ») et calculer la longueur typique d'atténuation.