6. Physique des ondes

Ondes2 Ondes acoustiques dans les fluides

Approximation acoustique. Équation de d'Alembert pour la surpression acoustique.	Classer les ondes acoustiques par domaines fréquentiels. Valider l'approximation acoustique. Établir, par une approche eulérienne, l'équation de propagation de la surpression acoustique dans une situation unidimensionnelle en coordonnées cartésiennes. Utiliser l'opérateur laplacien pour généraliser l'équation d'onde.
Célérité des ondes acoustiques.	Exprimer la célérité des ondes acoustiques en fonction de la température pour un gaz parfait.
Ondes planes progressives harmoniques : caractère longitudinal, impédance acoustique.	Exploiter la notion d'impédance acoustique pour faire le lien entre les champs de surpression et de vitesse d'une onde plane progressive harmonique. Utiliser le principe de superposition des ondes planes progressives harmoniques.
Densité volumique d'énergie acoustique, vecteur densité de courant énergétique. Intensité sonore. Niveau d'intensité sonore.	Utiliser les expressions admises du vecteur densité de courant énergétique et de la densité volumique d'énergie associés à la propagation de l'onde. Citer quelques ordres de grandeur de niveaux d'intensité sonore.
Ondes acoustiques sphériques harmoniques.	Utiliser une expression fournie de la surpression pour interpréter par un argument énergétique la décroissance en 1/r de l'amplitude.
Réflexion et transmission d'une onde acoustique plane progressive sous incidence normale sur une interface plane infinie entre deux fluides : coefficients de réflexion et de transmission en amplitude des vitesses, des surpressions et des puissances acoustiques surfaciques moyennes.	Expliciter des conditions aux limites à une interface. Établir les expressions des coefficients de transmission et de réflexion. Associer l'adaptation des impédances au transfert maximum de puissance.

3. Thermodynamique

TH01 Systèmes ouverts en régime stationnaire

Premier et deuxième principes de la thermodynamique pour un système ouvert en régime stationnaire, dans le seul cas d'un écoulement unidimensionnel au niveau de la section d'entrée et de la section de sortie	Établir les relations $\Delta h + \Delta e = w_u + q$ et $\Delta s = s_e + s_c$ et les utiliser pour étudier des machines thermiques réelles à l'aide de diagrammes thermodynamiques (T, s) et (P, h)

- Premier principe sous forme infinitésimale,

$$\mathrm{d}U + \mathrm{d}E_c = \delta Q + \delta W$$

- Second principe sous forme infinitésimale,

$$\mathrm{d}S = \delta S_{\text{ech}} + \delta S_{\text{creee}}$$

avec $\delta S_{ech} = \dfrac{\delta Q}{T_{\text{therm}}}$ et $\delta S_{\text{creee}} \geq 0$

- Identités thermodynamique $\mathrm{d}U = T\mathrm{d}S - P\mathrm{d}V$ et $\mathrm{d}H = T\mathrm{d}S + V\mathrm{d}P$. Elles ne figurent pas au programme de physique et les examinateurs devraient, en toute rigueur, les rappeler aux étudiants (si besoin). Cependant, elles figurent au programme de chimie et il vaut mieux les connaître.
- Système ouvert, débit massique, définition
- Construction d'un système fermé englobant le système ouvert et ses échanges pendant une fenêtre temporelle limitée,
- Passage d'un système ouvert à un système fermé : bilan sur une grandeur G extensive en régime stationnaire

$$\mathrm{d}G = D_m \mathrm{d}t(g_s - g_e)$$

- Premier principe et second principe pour un système ouvert en régime stationnaire (ou premier principe industriel), en massique

$$[h + e_c + e_p]_e^s = q + w_u$$

$$[s]_e^s = s_{ech} + s_{cr}$$

- Premier principe industriel en puissance

$$D_m\,[h + e_c + e_p]_e^s = P_{th} + P_u$$

- Diagramme entropique (T, s), description, utilisation
- Diagramme du frigoriste (p, h), description, utilisation.

TH02 Diffusion de particules

Vecteur densité de flux de particules $\overrightarrow{j_N}$	Exprimer le flux de particules traversant une surface orientée en utilisant le vecteur $\overrightarrow{j_N}$
Bilan de particules	Utiliser la notion de flux pour traduire un bilan global de particules. Établir l'équation locale traduisant un bilan de particules dans le cas d'un problème ne dépendant qu'une d'une seule coordonnée d'espace en coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphériques, éventuellement en présence de sources internes. Utiliser l'opérateur divergence et son expression fournie pour exprimer le bilan local de particules dans le cas d'une géométrie quelconque.
Loi de Fick	Utiliser la loi de Fick Citer l'ordre de grandeur d'un coefficient de diffusion dans un gaz dans les conditions usuelles
Équation de diffusion en l'absence de sources internes	Établir l'équation de la diffusion en l'absence de sources internes. Utiliser l'opérateur laplacien et son expression fournie pour écrire l'équation de diffusion dans le cas d'une géométrie quelconque.

- Flux de particules à travers une surface fermée orientée :

$$\Phi_{\mathcal{S}} = \frac{\delta N}{\mathrm{d}t}$$

- Vecteur densité de flux de particules $\vec{j}_N$:

$$\Phi_{\mathcal{S}}(t) = \iint_{M\in\mathcal{S}} \overrightarrow{j_N}(M,t)\cdot\overrightarrow{\mathrm{d}S_M}$$

- Bilans de particules : établir un bilan global de particules dans le cas d'un problème ne dépendant que d'une seule variable spatiale en géométrie cartésienne, cylindriqque et sphérique, éventuellement en présence de sources internes.

  En repère cartésien :
  $$\frac{\partial\, n(x,t)}{\partial\, t} + \frac{\partial\, j_N(x,t)}{\partial\, x} = \begin{cases} 0 \\ p(x,t) \end{cases}$$

  En repère cylindrique :
  $$\frac{\partial\, n(r,t)}{\partial\, t} + \frac{1}{r}\frac{\partial\, (r j_N(r,t))}{\partial\, r} = \begin{cases} 0 \\ p(r,t) \end{cases}$$

  En repère sphérique :
  $$\frac{\partial\, n(r,t)}{\partial\, t} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial\, r^2 j_N(r,t)}{\partial\, r} = \begin{cases} 0 \\ p(r,t) \end{cases}$$
- Loi de Fick : $\overrightarrow{j_N} = -D\,\overrightarrow{\mathrm{grad}}\, n$
- Équation de diffusion en l'absence de sources internes : savoir l'établir.

$$\frac{\partial\, n}{\partial\, t} = D\Delta n$$

Outils mathématiques

Fonctions de plusieurs variables à valeurs réelles. Dérivées partielles. Différentielle. Théorème de Schwarz.	Relier la différentielle et les dérivées partielles premières. Utiliser le théorème de Schwarz (admis).
Gradient	Relier le gradient à la différentielle d'un champ scalaire à une date fixée. Exprimer les composantes du gradient en coordonnées cartésiennes.
Divergence	Citer et utiliser le théorème d'Ostrogradski. Exprimer la divergence en coordonnées cartésiennes.
Laplacien d'un champ scalaire	Définir le laplacien à l'aide de la divergence et du gradient. Exprimer le laplacien en coordonnées cartésiennes.