

Systemes ouverts

Diffusion de particules

Chapitres au programme (cours & exercices)

- Application des lois de la dynamique à un système ouvert (exercices uniquement)
- Thermodynamique industrielle (exercices uniquement)
- Diffusion de particules

Valeurs numériques & Ordres de grandeur utiles

À connaître par cœur : en plus de tous les ordres de grandeur des semaines 1 à 4

- Diffusivité particulaire dans un gaz $D \sim 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
- Diffusivité particulaire dans un liquide : $D \sim 10^{-10} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
- Diffusivité particulaire dans un solide : $D \sim 10^{-20} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
- Constante de Boltzmann : $k_B = \mathcal{R}/\mathcal{N}_A = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
- Vitesse quadratique moyenne des molécules d'un gaz dans les conditions usuelles : $u^* \approx 5 \cdot 10^2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- Libre parcours moyen dans un gaz pour des conditions usuelles : $\ell^* \approx 0,1 \text{ } \mu\text{m}$
- Diamètre des molécules d'un gaz assimilées à des sphères rigides : $d \approx 1 \text{ } \text{Å}$

À savoir estimer rapidement : temps caractéristique d'une expérience de diffusion de particules, densité moléculaire de l'air, densité moléculaire de l'eau, volume molaire d'un gaz dans les conditions usuelles, vitesse quadratique moyenne des molécules d'un gaz dans les conditions usuelles (en admettant le théorème d'équipartition de l'énergie), durée moyenne entre deux collisions consécutives pour une molécule dans un gaz...

Détails sur le contenu des chapitres

Application des lois de la dynamique à un système ouvert

Bilans de masse.	Établir un bilan de masse en raisonnant sur un système ouvert et fixe ou sur un système fermé et mobile.
Bilans de quantité de mouvement ou d'énergie cinétique pour un écoulement stationnaire unidimensionnel à une entrée et une sortie.	Associer un système fermé à un système ouvert pour faire un bilan. Utiliser le théorème de la quantité de mouvement et le théorème de l'énergie cinétique pour réaliser un bilan. Exploiter la nullité (admise) de la puissance des forces intérieures dans un écoulement parfait et incompressible.

Thermodynamique industrielle

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 $\Delta s = s_{ech} + s_{cr}$ et les utiliser pour étudier des machines thermiques réelles à l'aide de diagrammes thermodynamiques (T, s) et (P, h) .
--	--

Diffusion de particules

Vecteur densité de flux de particules \vec{j}_N .	Exprimer le nombre de particules traversant une surface en utilisant le vecteur \vec{j}_N .
Bilans 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 que 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.
Régimes stationnaires.	Utiliser, en régime stationnaire, la conservation du flux sous forme locale ou globale en l'absence de sources internes.
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. Analyser une équation de diffusion en ordres de grandeur pour relier des échelles caractéristiques spatiale et temporelle.
Approche microscopique du phénomène de diffusion.	Mettre en place un modèle probabiliste discret à une dimension de la diffusion (marche au hasard) et évaluer le coefficient de diffusion associé en fonction du libre parcours moyen et de la vitesse quadratique moyenne. <u>Capacité numérique</u> : à l'aide d'un langage de programmation, simuler la marche au hasard d'un grand nombre de particules à partir d'un centre et caractériser l'étalement spatial de cet ensemble de particules au cours du temps.