

LP08: PHÉNOMÈNES DE TRANSPORT

Thibault Hiron–Bédiée

Niveau : Deuxième année de CPGE

Prérequis : Thermodynamique à l'équilibre, mécanique des fluides, notion de flux.

Bibliographie : Dunod de PC, Diu de thermo.

Extrait du programme de CPGE

Notions et contenus	Capacités exigibles
Thème 2. Thermodynamique (PC)	
2.1 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 une équation traduisant un bilan local dans le seul cas d'un problème unidimensionnel en géométrie cartésienne, éventuellement en présence de sources internes. Admettre et utiliser une généralisation en géométrie quelconque utilisant l'opérateur divergence et son expression fournie.
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 la conservation du flux sous forme locale ou globale en l'absence de source interne.
Équation de diffusion en l'absence de sources internes.	Établir une équation de la diffusion dans le seul cas d'un problème unidimensionnel en géométrie cartésienne. Utiliser une généralisation en géométrie quelconque en utilisant l'opérateur laplacien et son expression fournie. Analyser une équation de diffusion en ordre 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.
2.2 Diffusion thermique	
Vecteur densité de flux thermique \vec{j}_Q .	Exprimer le flux thermique à travers une surface en utilisant le vecteur \vec{j}_Q .
Premier principe de la thermodynamique.	Utiliser le premier principe dans le cas d'un milieu solide pour établir une équation locale dans le cas d'un problème unidimensionnel en géométrie cartésienne, éventuellement en présence de sources internes. Admettre et utiliser une généralisation en géométrie quelconque utilisant l'opérateur divergence et son expression fournie.
Loi de Fourier.	Utiliser la loi de Fourier. Citer quelques ordres de grandeur de conductivité thermique dans les conditions usuelles : air, eau, béton, acier.

Régimes stationnaires. Résistance thermique.	Utiliser la conservation du flux sous forme locale ou globale en l'absence de source interne. Définir la notion de résistance thermique par analogie avec l'électrocinétique. Exprimer une résistance thermique dans le cas d'un modèle unidimensionnel en géométrie cartésienne. Utiliser des associations de résistances thermiques.
Équation de la diffusion thermique en l'absence de sources internes.	Établir une équation de la diffusion dans le seul cas d'un problème unidimensionnel en géométrie cartésienne. Admettre et utiliser une généralisation en géométrie quelconque en utilisant l'opérateur laplacien et son expression fournie. Analyser une équation de diffusion en ordre de grandeur pour relier des échelles caractéristiques spatiale et temporelle. Utiliser la relation de Newton $\delta Q = h(T_s - T_a)dSdt$ fournie comme condition aux limites à une interface solide-fluide.

On reprend globalement la logique du programme de prépa. Opportunité d'ajouter la combinaison des deux pour les gouttes ? Du moins en parler à un moment, en parler comme exercice ou quelque chose du type.

1 Systèmes hors équilibre

Chapitre 9 du Diu de Thermo

1.1 Évolution des grandeurs conservées

1.2 Nécessité de l'équilibre thermodynamique local

1.3 Description locale des flux

2 Transports de particules

Évoquer la partie convection mais qui n'est pas le sujet de la leçon et qui sera regardée dans le chapitre mécanique des fluides.

2.1 Loi de Fick

2.2 Équation de diffusion

2.3 Diffusion sous l'effet d'une différence de potentiel

Si le temps le permet

2.4 Manip : diffusion du glycérol dans l'eau

cf poly de Philippe.

3 Transport d'énergie sous forme de transfert thermique

3.1 Modes de transport possibles

Rayonnement et convection

3.2 Loi de Fourier

3.3 Équation de la chaleur

Manip : a priori, on ne la fait pas si on fait déjà la diffusion du glycérol, mais au cas où, on peut aussi faire les barres thermostatées. Même si avec la forte canicule prévue, ça risque d'être encore plus galère que d'ordinaire (tu me diras, même problème pour la diffusion du Glycérol j'imagine...)

3.4 Cas d'une diffusion combinée de particules et de chaleur : croissance d'une goutte

On n'est pas obligé de mener le calcul etc, mais l'évoquer avec l'équation liant puits de masse et source de chaleur peut être intéressant, dire que ça peut faire un exercice en TD et voir s'il y a des questions

4 Rayonnement

Il est peu probable que le temps pour cette section soit suffisant dans la leçon, mais on peut l'avoir en tête, le préparer et voir en fonction du temps comment on veut s'y prendre.

C'est le chapitre après en prépa, on peut parler de transport d'énergie et de flux avec la loi de Stefan–Boltzmann. On peut zapper le corps noir (que l'on met en prérequis) et parler directement de la loi de Wien, de la loi de Stefan–Boltzmann, flux surfacique et faire l'application à l'étude de l'effet de serre.