

Table des matières

1	Objectifs et messages forts de la LP (aspect disciplinaire)	1
2	Prérequis	1
3	Introduction générale de la leçon	1
4	Plan	2
4.1	Vue d'ensemble sur les phénomènes de transport	2
4.2	Équations de diffusion	2
5	Ouvertures possibles, prolongements et conclusion de la leçon	2
6	Expérience illustrative pour la leçon	2
7	Questions posées à l'issue de la présentation	2
8	Remarques	3

1 Objectifs et messages forts de la LP (aspect disciplinaire)

- ▷ comprendre que les phénomènes de transport existent dans de nombreux domaines de la physique (thermodynamique, mécanique des fluides, électrocinétique, électromagnétisme, ...);
- ▷ Savoir établir une équation de diffusion dans un cas simple comme le barreau métallique;
- ▷ interpréter une équation de diffusion (irréversibilité, coefficient de diffusion et temps caractéristique).

2 Prérequis

- ▷ thermodynamique (équilibre thermodynamique, premier et deuxième principes);
- ▷ particule de fluide, viscosité, équation de Navier-Stokes;
- ▷ notions de théorie cinétique des gaz (théorème d'équipartition de l'énergie, libre parcours moyen);
- ▷ développement de Taylor;
- ▷ opérateurs vectoriels.

3 Introduction générale de la leçon

Il vous est peut-être déjà arrivé de vous brûler en touchant l'anse d'un pic à brochette lors d'un barbecue alors que celle-ci n'est pas en contact avec la source chaude : il y a eu un transport de chaleur dans le matériau par conduction.

4 Plan

4.1 Vue d'ensemble sur les phénomènes de transport

► Définition

Phénomène irréversible de transfert d'une grandeur physique (charge, énergie, quantité de mouvement) initialement inhomogène dans un milieu : il y a apparition d'un flux pour pallier cette homogénéité et revenir à l'équilibre.

Deux hypothèses (cf cours de Jean-Baptiste Manneville) : équilibre thermodynamique local et réponse linéaire.

► Différents modes de transport

Conduction, convection, rayonnement

Dans cette leçon on met surtout l'accent sur la conduction/diffusion.

► Lois phénoménologiques, origine microscopique

Présentation des différentes lois (Fck, Fourier, Newton, Ohm) Origine microscopique : agitation thermique

4.2 Équations de diffusion

► Conduction dans un barreau métallique

Démonstration de l'obtention de l'équation de la chaleur dans un barreau cylindrique (réutiliser k'exemple introductif du barbecue pour les ordres de grandeur)

Remarques sur l'équation de diffusion : linéarité, irréversibilité, ordres de grandeur de D (montrer que les ordres de grandeurs sont très divers!!!)

Analogie avec le circuit RC pour la résolution en régime permanent

► Écoulement de Couette plan

Démonstration à partir de l'équation de Navier-Stokes, ordres de grandeur de viscosité cinématique

► Résolution en régime sinusoïdal forcé

Utilisation du circuit RC comme outil pédagogique pour exploiter la forme de la solution

5 Ouvertures possibles, prolongements et conclusion de la leçon

Ouverture sur le chapitre d'électromagnétisme dans lequel on retrouvera une équation de diffusion (effet de peau).

6 Expérience illustrative pour la leçon

Diffusion de charge (analogie à la diffusion thermique)

7 Questions posées à l'issue de la présentation

- ▷ Pourquoi a-t-on besoin de l'hypothèse d'isotropie dans le calcul de I_3 ?
- ▷ Quelles grandeurs sont fixées dans l'ensemble microcanonique? La température peut-elle fluctuer?
- ▷ Les équations de diffusion présentées sont-elles les plus générales possibles? *Non, on aurait pu ajouter un terme source!!*

- ▷ Ordre de grandeur pour un coefficient ? *Cela dépend de plein de choses, on peut trouver des écarts à 10 ordres de grandeur pour des gaz vs des solides*
- ▷ Un bon conducteur thermique est-il un bon conducteur électrique ? *Non, cf le diamant, mauvais conducteur électrique mais très bon conducteur thermique grâce aux phonons. La loi de Wiedemann-Franz est rarement vérifiée donc à éviter (ou juste citer).*
- ▷ La loi d'Ohm est associée à une dissipation d'énergie, peut-on généraliser ? *Cas à part car c'est un phénomène de dérive et non de diffusion.*
- ▷ Que pouvez-vous me dire sur les coefficients d'Onsager ? *cf poly de JBM.*
- ▷ Pour accélérer l'homogénéisation de l'encre dans l'eau on agite (comme par exemple un sucre dans un café), cela permet d'accélérer le processus, sinon il faudrait attendre plusieurs jours !!
- ▷ À quoi ressemblerait les équations qui régissent le transport d'une grandeur dans un écoulement ? *Navier-Stokes mais avec une concentration à la place de la vitesse, importance des termes advectif et diffusif.*
- ▷ Si l'on effectuait un bilan pour déterminer la température de la Terre, que faudrait-il prendre en compte ? *Rayonnement, conducto-convection, mais aussi terme source avec la radioactivité par exemple*
- ▷ Comment modélise-t-on les transferts par rayonnement ? *Question assez vague, j'ai parlé de loi de Stefan, loi de Planck, corps gris, absorption par les molécules de l'atmosphère dans l'infrarouge (effet de serre) ce qui a amené le correcteur sur la diffusion.*
- ▷ Exemples de diffusion ? Comment définit-on la diffusion dans ce cas-là ? Que vaut la section efficace de diffusion ? *Diffusion Compton, Rayleigh, Thomson. Dans le cadre du modèle de l'électron élastiquement lié, on peut déterminer une expression de σ et étudier les cas limite Rayleigh et Thomson) :*

$$\sigma = \frac{8}{3} \pi r_e^2 \frac{1}{\left(\frac{\Omega}{\omega} - 1\right)^2 + \left(\frac{\Gamma}{\omega}\right)^2} \quad (7.1)$$

avec r_e le rayon classique de l'électron, ω la pulsation du rayonnement, Ω la pulsation caractéristique de l'oscillateur harmonique, Γ l'inverse d'un temps caractéristique d'atténuation qui rend compte des pertes d'énergie de la charge qui rayonne.

8 Remarques

- ▷ manip très intéressante et assez rare dans les leçons donc à garder
- ▷ revoir la partie origine microscopique, on doit pouvoir trouver un modèle 3D un peu plus propre, sinon consacrer moins de temps à cette partie pour vraiment exploiter la manip

- BONNE PRÉPARATION -