

LP29. Phénomènes de transport

Valentin

| Élément imposé – Cellule de Rayleigh Bénard

Niveau : BCPST 2

Pré-requis :

- Thermodynamique (énergie interne, enthalpie, premier principe)
- Mathématiques (Résolution d'équation diff, gradient)
- Mécanique (Energie cinétique, potentielle, travail des forces de pression)

Difficultés :

- Notion de flux abstraite
- Il faut être rigoureux pour établir des bilans

Activité :

- TD : Résolution de l'équation de diffusion
- TD : Utilisation du premier principe industriel

Biblio :

- Ce que disent les fluides Guyon
- Sanz PC/PC*
- Côte, Physique Chimie, BCPST 2

Plan proposé

1	Diffusion	2
	1.1 Diffusion de particules	2
	1.2 Diffusion thermique	2
2	Convection	3
	2.1 Bilan de matière	3
1	Description de transport	5
	1.1 Flux	5
	1.2 Origine	5
2	Bilans	5
	2.1 Bilan de masse/énergie sur les exemples choisis (élec, diff, therm)	5
	2.2 Régime permanent	5
3	Résistances	5

Intro pédagogique

BCPST 2 : Grande partie du programme = phénomène de transport

Leçon

Intro

Transport de fluide, particules, énergie

1 Diffusion

1.1 Diffusion de particules

[Homogénéise le colorant dans le becher]

Diffusion de particules : Transport de matière qui tend à uniformiser les distributions de particules **sans mouvement macroscopique**.

On va établir l'équation de diffusion $x, x+dx$ de surface dS , N particules ($n = N/d\tau$)

On introduit le vecteur **densité de courant** \vec{j}_N tq $\Phi_N = \int \int_S \vec{j}_N \cdot d\vec{S} dt$

La conservation de la matière dit que la variation interne c'est ce qui rentre moins ce qui sort (on établit la conservation de matière :) $\frac{\partial n}{\partial t} = -\frac{\partial j_N}{\partial x}$

+ Loi de Fick : loi phénoménologique qui caractérise le sens de \vec{j}_N : $\vec{j}_N = -D \text{grad}(n)$

DONC équation de Diffusion : $\frac{\partial n}{\partial t} = D \frac{\partial^2 n}{\partial x^2}$

On peut résoudre avec des infos supplémentaires, comme CLL

— gaz-gaz : $10^{-1} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

— liquide - liquide : $10^{-9} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

— solide - solide : $10^{-30} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (logique moins libre)

[Manip diffusion ammoniac]

Analyse en ODG : $\frac{n}{\tau} = \frac{Dn}{\delta^2}$ donc $D = \frac{\delta^2}{\tau}$: $\delta = \sqrt{D \times \tau}$

On trouve $D = 1.29 \pm 0.08 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (plus grand mais logique car entrainement au début, + diffusion unidirectionnelle)

1.2 Diffusion thermique

Diffusion thermique : transport d'énergie dans un support matériel **sans mouvement macroscopique**

Même bilan de matière avec énergie interne volumique : $u = \frac{U}{d\tau}$, et un flux thermique tel que $\Phi_{th} = \int \int_S \vec{j}_{th} \cdot d\vec{S} dt$

Bilan en énergie : $\rho c \frac{\partial T}{\partial t} + \text{div}(\vec{j}_{th}) = 0$

Loi de Fourier donc diffusion : $\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{\rho c} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$

2 Convection

2.1 Bilan de matière

Démo du premier pp industriel

Nuage en rangées dans le ciel = cellule de Rayleigh Bénard, différence de température
[ce que disent les fluides]

En général on néglige la convection ou la diffusion

Conclusion

Questions/Réponses

Questions	Réponses
<i>Rayleigh Bénard = compétition convection diffusion</i>	Nombre de Rayleigh
<i>instabilité ?</i>	casserole en chauffant l'eau
<i>TP ?</i>	Diffusion de chaleur, barre de cuivre chauffée à une extrémité
<i>3me mode ?</i>	Rayonnement d'énergie, pas besoin d'un support physique
<i>Comment le colorant s'étale ?</i>	Linéaire
<i>Fick</i>	1850, après Fourier (30 ans après)
<i>Justification de Fick ?</i>	Equilibre quand les potentiels chimiques sont égaux, maximisation d'entropie, dérivée impaire car irréversible, juste première car approximation linéaire
<i>En 3D</i>	Laplacien, pas de préférence de direction
<i>Comment on mesure la diffusion dans un solide ?</i>	Ecoulement du glacier
<i>CHI2 regressi ??</i>	Ecart quadratique relatif à l'incertitude à chacun de tes points, =1 bien, >1 trop éloigné, <1 incertitudes trop grandes donc tout marche , possible de désafficher
<i>Comment on voit la convection sur le graph ?</i>	ordonnée à l'origine
<i>VP : élève a peur de son père</i>	CPE

Debrief

BCPST 1??

Voir site Naia : I. Transport par conduction thermique / II. transport par convection (1er pp industriel, équation de la chaleur et (ilan de masse, qui amène à l'équation de diffusion) // III. Applications Grecias p220 ou 243

Attention Capillarité papier pH sur la manip

Discuter de la compétition entre les modes, parler du nombre de Reyleigh pour comparer tout ça

Trop long!!

Temps caractéristiques de diffusion thermique?

1 Description de transport

1.1 Flux

Electrique, thermique, particule ?

1.2 Origine

Gradient, ohm fourier fick et comparaison des grandeurs

2 Bilans

2.1 Bilan de masse/énergie sur les exeemples choisis (élec, diff, therm)

2.2 Régime permanent

3 Résistances