

LP 23: Phénomènes de diffusion

Niveau: Supérieur

- Prérequis :
- Conduction électrique : flux, densité de courant, loi d'Ohm (L2)
 - équations différentielles (L1)
 - thermodynamique (L2)

Intro péda : → Dans le thème phénomène de transport
→ Vu avant : la conduction électrique mais seulement d'un point de vue électrostatique.

→ Diffusion de matière abordée en premier car plus visuel et intuitif.

Puis diffusion de température par analogie.

→ Difficulté : notion de flux ⇒ bien expliciter sa signification.

Objectif : construire par analogie l'ensemble des phénomènes diffusifs.

TD : conduction thermique en coordonnées sphériques
étude des systèmes d'isolation double vitrage.

TP : ceux fait dans la leçon.

Intro: → Expérience goutte de colorant dans l'eau

⇒ La solution tend à s'homogénéiser

Phénomènes à l'origine : convection et diffusion.

→ Def des 2 phénomènes

→ Aujourd'hui étudie seulement du phénomène de diffusion

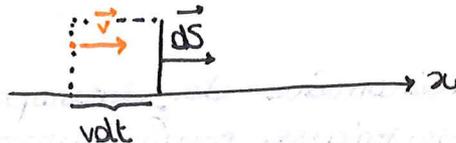
Objectifs : - comprendre les caractéristiques importantes des phénomènes diffusifs

- Démontrer et résoudre dans le cas stationnaire l'équation de diffusion.

1 - Diffusion de la matière

A) Énoncé de la loi de Fick.

→ Schéma :



→ Nombre de molécule traversant dS pendant dt : $\delta^2 N = n^* v dt dS$
densité particulaire n^*

→ Flux de particule = nbre total de particule traversant S par unité

de temps : $\phi = \iint_S n^* \vec{v} \cdot d\vec{S}$

\vec{j} le vecteur densité de courant de particules.

→ loi de Fick (1855) : loi phénoménologique (en accord avec l'exp. et la théorie mais n'en découle pas)

$$\vec{j} = -D \text{grad } n^* + \text{unités}$$

↳ s'oppose au gradient

⇒ cas unidimensionnel : $\vec{j} = -D \frac{\partial n^*}{\partial x}$

Tr: Outils pour faire des bilans à travers une surface.

B) Equation de diffusion de la matière

→ Bilan entre x et $x+dx$ (cas unidimensionnel)

+ conservation de la matière

$$\Rightarrow -\frac{\partial j}{\partial x} = \frac{\partial n^*}{\partial t}$$

→ + loi de Fick : $D \frac{\partial^2 n^*}{\partial x^2} = \frac{\partial n^*}{\partial t} \Rightarrow$ phénomène irréversible

Analyse en OdG : $D \frac{N^*}{L^2} = \frac{N^*}{\tau} \quad (\Rightarrow) \quad D = \frac{L^2}{\tau} \quad (\Rightarrow) \quad L = \sqrt{D\tau}$

Expérience : Diffusion de l'ammoniac dans un tube avec papier phénolphthaleïne (réparti en \sqrt{x}).

Tr : Les phénomènes diffusifs tendent à homogénéiser les concentrations en particule. Mais on peut remarquer aussi la même chose avec la température

II - Diffusion de la température

A) Analogie avec la diffusion de matière

→ Loi de Fick \leftrightarrow loi de Fourier

$\Rightarrow d$: conductivité thermique ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)

→ Bilan à partir du premier principe

$$\Rightarrow D_{th} = \frac{d}{\rho c} \quad \text{et} \quad \frac{dT}{dt} = D_{th} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

Tr : La résolution de cette équation n'est pas aisée. On va se limiter à l'étude en régime permanent.

B) Résolution en régime permanent.

→ Régime permanent $\Rightarrow \frac{\partial}{\partial t} = 0$

→ conditions aux limites : $T(0) = T_1$ et $T(L) = T_2$

→ Résolution : $T(x) = T_1 + \frac{T_2 - T_1}{L} x$

Expérience: Barre de cuivre (utiliser celle avec ventilateur et chauffage). Tracer $T=f(x)$ FRUCHART p. 384

→ Analogie avec la conduction électrique :

$$\left. \begin{array}{l} \Delta T \leftrightarrow \Delta U \\ \phi \leftrightarrow I \end{array} \right\} \Rightarrow R_{th} = \frac{\Delta T}{\phi} = \frac{\Delta T}{d \frac{\Delta U}{S}} = \frac{1}{d} \frac{\ell}{S}$$

Conclusion: On a vu que la diffusion se faisait par ses particules et la température

→ Tableau récap analogie

Ouverture: ce n'est pas le seul phénomène de transport, on étudiera la convection dans un prochain cours.

Biblio:

- FRUCHART
- GRECIAS BCPST 2
- J'INTEGRE PC/PC*