TR4 : CONCLUSION DE L'ÉTUDE DES PHÉNOMÈNES DE TRANSPORT

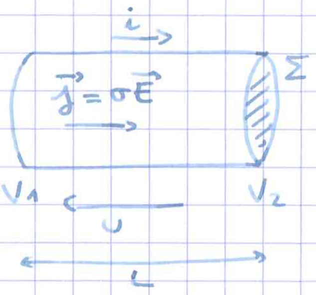
I – Les 4 lois phénoménologiques de transport

1 – Lois locales ; Ohm, Fick, Fourier, Newton

	OHM	FICK	FOURIER	NEWTON
Grandeur ext transportée	CHARGE $[C] = [A.s]$	PARTICULES (nombre) $[\emptyset]$	ENERGIE $[J] = [W.s]$	QUANTITÉ DE MVMT $[kg.m.s^{-1}]$
Densité de courant	$\vec{j}$ $[A.m^{-2}]$	$\vec{j}_N$ $[m^{-2}.s^{-1}]$	$\vec{j}_Q$ $[W.m^{-2}]$	$\vec{j}_{\vec{p}}^{\,diff} = \frac{\delta \vec{F}_{//}}{dS}$ contrainte de cisaillement $[N.m^{-2}] = [Pa]$
Grandeur intensive associée	ρ $[C.m^{-3}]$	m $[m^{-3}]$	u_{vol} $[J.m^{-3}]$ ou $T[K]$ ($du_{vol} = \mu c\, dT$)	$\mu \vec{v}$ $[kg.m^{-2}.s^{-1}]$
Cause du transport	$\vec{E} = -\overrightarrow{grad}\, V$	$\overrightarrow{grad}\, m$	$\overrightarrow{grad}\, T$	Couette : $\frac{\partial \vec{v}}{\partial y} = \frac{\partial v_x}{\partial y} \vec{u}_x$
Coefficient de transport	σ $[\Omega^{-1}.m^{-1}]$	D $[m^2.s^{-1}]$	λ $[W.m^{-1}.K^{-1}]$	η $[Pa.s] = [kg.m^{-1}.s^{-1}]$
Loi de transport	$\vec{j} = \sigma \vec{E} = -\sigma \overrightarrow{grad}\, V$	$\vec{j}_N = -D \overrightarrow{grad}\, n$	$\vec{j}_Q = -\lambda \overrightarrow{grad}\, T$	$\frac{\delta \vec{F}_{//}}{dS} = \eta \frac{\partial \vec{v}}{\partial y}$

2 - Entropie créée par conduction ohmique

Hypos : $\left[\begin{array}{l} - 1D \\ - RP \end{array}\right.$



$R = \dfrac{L}{\sigma \Sigma}$

- 1^{er} ppe au conducteur :

$$0 = dU = \delta W^{ext} + \delta Q^{ext} \Rightarrow \delta Q^{ext} = -\delta W^{ext} = -Ri^2 dt$$

- 2nd principe : $0 = dS = \delta S_e + \delta S_c$

$$\Rightarrow \delta S_c = -\delta S_e = -\frac{\delta Q^{ext}}{T_0} = +\frac{Ri^2 dt}{T_0} > 0$$

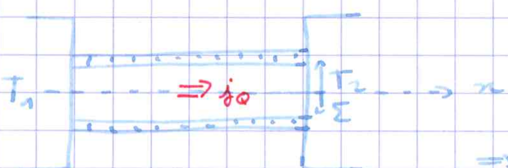
$\Rightarrow \sigma > 0$ est une conduction nécessaire

II – Les 3 phénomènes de diffusion

	OHM	FICK	FOURIER	NEWTON
Loi de transport locale	$\vec{j} = \sigma \vec{E} = -\sigma \overrightarrow{grad}\, V$	$\vec{j_N} = -D \overrightarrow{grad}\, n$	$\vec{j_Q} = -\lambda \overrightarrow{grad}\, T$	$\frac{\delta \vec{F_{//}}}{dS} = \eta \frac{\partial \vec{v}}{\partial y}$ (Couette)
Equation locale de conservation	$\frac{\partial \rho}{\partial t} + div\, \vec{j} = 0$ cons. charge	$\frac{\partial n}{\partial t} + div\, \vec{j_N} = 0$ cons. du nb de part	$\mu c \frac{\partial T}{\partial t} + div\, \vec{j_Q} = 0$ cons. de l'énergie	$\delta m \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = \delta \vec{F_{//}}(y+dy) - \delta \vec{F_{//}}(y)$ cons. qté de mvm^t
Equation de diffusion	/	$\frac{\partial n}{\partial t} = D \Delta n$	$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{\mu c} \Delta T$	$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = \frac{\eta}{\mu} \frac{\partial^2 \vec{v}}{\partial y^2}$
Coeff^t de diffusion	/	$D\, [m^2.s^{-1}]$	$D_{th} = \frac{\lambda}{\mu c}\, [m^2.s^{-1}]$	$\nu = \frac{\eta}{\mu}\, [m^2.s^{-1}]$

III – Diffusion – conduction et irréversibilité : création d'entropie en RP

1 – Ex. 1 : Diffusion thermique 1D en RP



Hypo : • $T_1 > T_2$ • RP : $T(x) = T_1 + \frac{T_2 - T_1}{L} x$

$\vec{j_Q} = \lambda \frac{T_1 - T_2}{L} \vec{u_x} = cste$

• 2nd ppe au barreau : $dS = 0 = \delta S_c + \delta S_{ech}$

$\delta S_{ech} = \frac{j_Q \times \Sigma}{T_1} dt - \frac{j_Q \Sigma dt}{T_2}$

$\Rightarrow \delta S_c = - \delta S_{ech} = j_Q \Sigma dt \left[\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right]$

$= \frac{\lambda \Sigma}{L} dt . \frac{(T_1 - T_2)^2}{T_1 T_2} > 0$

1.2 - Résistances

	OHM	FICK	FOURIER	HAGEN-POISEUILLE
"Potentiel"	V $[V]$	n $[m^{-3}]$	T $[K]$	P $[Pa]$
"Tension"	$V_1 - V_2$	$n_1 - n_2$ n_1 n_2	$T_1 - T_2$	$P_1 - P_2$
Débit	$i = \iint_S \vec{j}.\vec{dS}$ $[A]$	$\Phi_N = \iint_S \vec{j_N}.\vec{dS}$ $[s^{-1}]$	$\Phi_{th} = \iint_S \vec{j_Q}.\vec{dS}$ $[W]$	$D_v = \iint_S \vec{v}.\vec{dS}$ $[m^3.s^{-1}]$
Loi de transport intégrale	$V_1 - V_2 = Ri$	$n_1 - n_2 = R_{diff}\,\Phi_N$	$T_1 - T_2 = R_{th}\,\Phi_{th}$	$P_1 - P_2 = R_h D_v$
Résistance	$R = \frac{L}{\sigma S}$ $[\Omega]$	$R_{diff} = \frac{L}{DS}$ $[m^{-3}.s]$	$R_{th} = \frac{L}{\lambda S}$ $[K.W^{-1}]$	$R_h = \frac{8\eta L}{\pi a^4} = \frac{8\pi\eta L}{S^2}$