

Prélabo: QII Thermo.

GARING Oudes Nea & Diffusion

PLAN:

I. Transport de q.té de matière: Diffusion glycerol-eau

II. Transport n.rj

1. Par diffusion / Conduction thermique
2. Par rayonnement: le CN

III. Transp. de q.té de mv

INTRO: D'une façon générale, un phénomène de transport est un phénomène irréversible qui se produit dans un système hors équilibre.

Origine des phénomènes de transports = inhomogénéité d'une grandeur intensive. Ainsi, le système tend à évoluer de façon à rendre uniforme la grandeur en question.

Dans ce montage on va étudier le transport de 4 grandeurs:

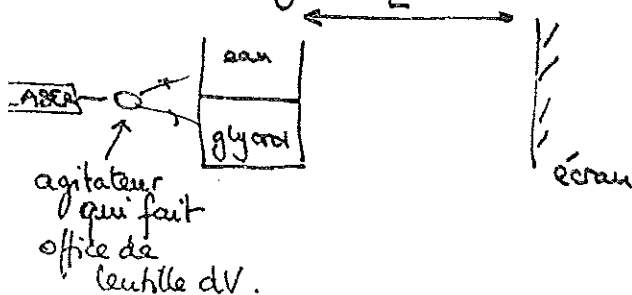
- q.té de matière
- énergie
- q.té de mv

et on parlera de 2 types de transport: diffusion et rayonnement.

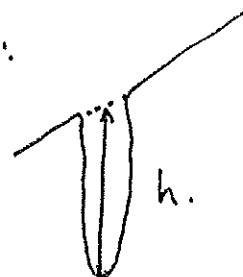
I. Trans. de particules: Diffusion du glycerol de l'eau:

(cf QII)

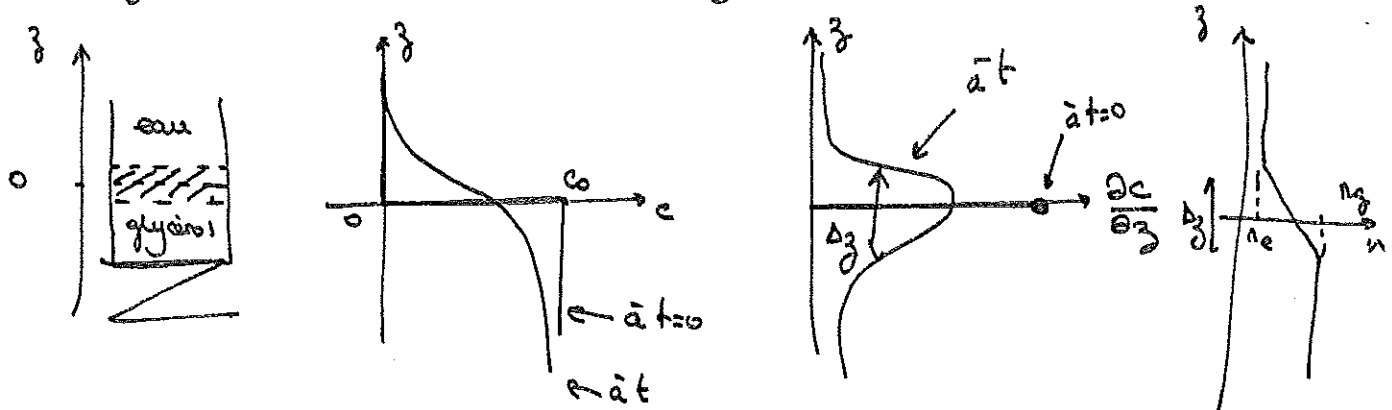
Etude de la gaussiane de diffusion.



Sur l'écran:



Du fait du gradient de concentraⁿ, on a un gradient d'indice $\Rightarrow$ 'laser dévié'.



Évoluⁿ de la concentraⁿ en glycérol donnée par : $\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial z^2}$

Dont la soluⁿ s'écrit $\frac{\partial c}{\partial z} = \frac{1}{\sqrt{4\pi Dt}} e^{-z^2/4Dt}$

→ Gaussienne caractérisée par la largeur à mi-hauteur $\Delta z = 4\sqrt{\ln 2 Dt}$

Évoluⁿ de Δz c^o $\sqrt{Dt}$.

définie par z_1, z_2 tq
 $\frac{\partial c}{\partial z}(z_1, z_2) = \frac{1}{2} \frac{\partial c}{\partial z}(\max) = \frac{1}{2\sqrt{4\pi Dt}}$
 d'où $\Delta z = |z_1 - z_2|$

→ C^o il y a un gradient de $[c]$, milieu non homogène et évoluⁿ de l'indice optiq est fcⁿ de celle de c .

On a l'équⁿ des rayons lumineux ds un milieu d'indice variable:

$\frac{d\vec{n}}{ds} = \text{grad } n$ qu'on réécrit c^o $\frac{n}{R} \vec{N} = \text{grad } n$ avec R = rayon de courbure
 $\vec{N}$ = normale au rayon au pt considéré.

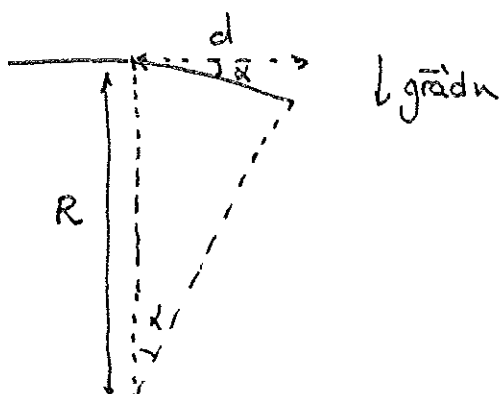
$\Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{n} \vec{N} \cdot \text{grad } n$

$\frac{1}{R} = \frac{1}{n} \frac{\partial n}{\partial z} = \frac{1}{n} \frac{\Delta n}{\Delta z} = \frac{1}{n} \frac{\Delta n}{4\sqrt{\ln 2 Dt}}$

$\Delta n = n_{\text{glycérol}} - n_{\text{eau}} = 1,47 - 1,33 = 0,14$

$n = n_{\text{moyen}} = \frac{n_1 + n_2}{2} = 1,4$

Si on fait un schéma :



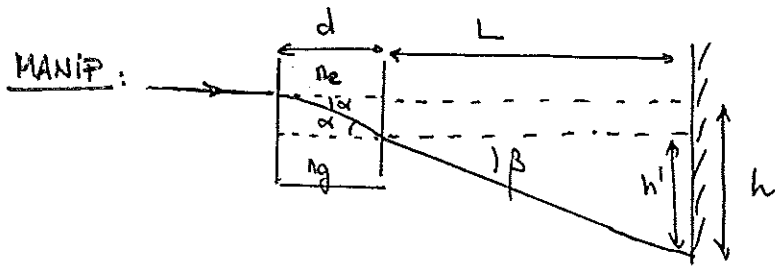
Rayon assimilé à un rayon courbure et angle α petit $\Rightarrow$

la déviation vaut $\tan \alpha \approx \alpha = \frac{d}{R} = \frac{d}{n} \frac{\Delta n}{\Delta z}$

i.e on voit que la déviation est proportionnelle à $\frac{1}{\sqrt{t}}$.

Le but de la manip, c'est de voir l'évolution - de la longueur Δz de la gaussienne
- de la déviation du faisceau

en fct. du tps. Au bout d'1 tps so, $\Delta z \rightarrow \infty$
 $\alpha \rightarrow 0$



Loi de Descartes pour réfraction: $n \sin \alpha \approx n \alpha = \sin \beta$ avec $\tan \beta \approx \frac{h'}{L} \approx \frac{h}{L}$ ou va dire.

$$\alpha = \frac{1}{n} \sin \beta = \frac{1}{n} \sin \left(\arctan \frac{h}{L} \right) = \frac{d}{R}$$

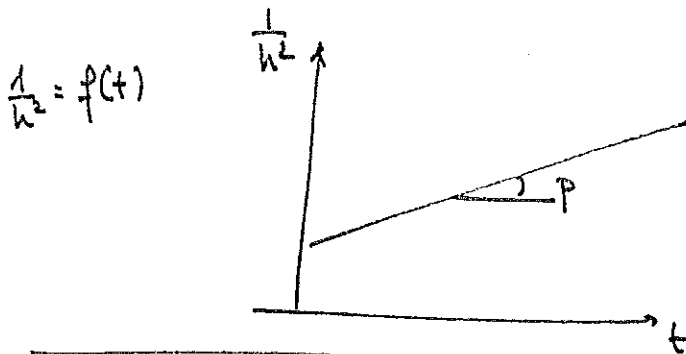
$$\Rightarrow A = \sin \left(\arctan \frac{h}{L} \right) = \frac{d \Delta n}{4 \sqrt{L \mu 2 D t}}$$

mais Au vu des angles et des valeurs (on a $h \approx 20 \text{ cm}$ au +)
 $L \approx 60 \text{ cm}$, on peut dire que

$$\tan \beta = \frac{h}{L} \approx \beta \text{ et } \sin \beta \approx \beta. \text{ Alors } \alpha \approx \beta = \frac{h}{L}$$

$$\Rightarrow \boxed{h = \frac{d L \Delta n}{4 \sqrt{L \mu 2 D t}}}$$

On peut tracer alors h en fct. de $\frac{1}{\sqrt{t}}$ ou $\frac{1}{h^2}$ en fct. de t .



$$\text{avec } \boxed{p = \frac{16 L \mu 2 D}{(d L \Delta n)^2}}$$

$$\Rightarrow \boxed{D = \frac{(d L \Delta n)^2 p}{16 L \mu 2}}$$

Lors d'1 des manip's on a trouvé:

$$p = 6,26 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{On avait } d = 2,5 \text{ cm} \\ L = 56 \text{ cm}$$

$$\left. \begin{array}{l} p = 6,26 \cdot 10^{-3} \\ \text{On avait } d = 2,5 \text{ cm} \\ L = 56 \text{ cm} \end{array} \right\} \boxed{D = 2,1 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}}$$

Deuxième blague, le glycérol utilisé c'est un mélange à 50% en volume de glycérol
de de l'eau. Et la valeur tabulée du coef de diffusion est bien... j'ai trouvé sur le

net: pour $w_{\text{glycérol}} = 0,4$
 $w_{\text{glycérol}} = 0,6$

$$D = 6,15 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

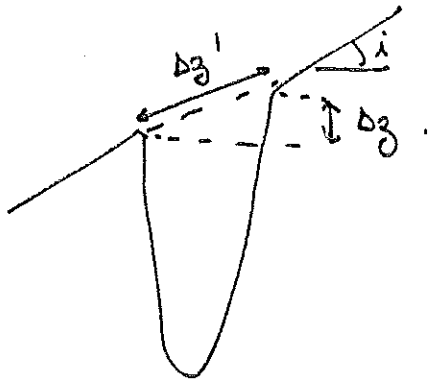
$$D = 4,24 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

w : frac. massiq glycérol

Du coup, on ne rentre pas tp ds les choux ... Par contre on a la bonne loi d'évolu°.

NB: En traçant $\frac{1}{A^2} = f(t)$ ie sans assimiler p à sa tangente, je trouve la même valeur de D .

→ Si maintenant on essaie de tracer l'évolu° de Δz en f° du tps :



(cf QII pr explicat°.)

On a une estima° de $\Delta z = \frac{\Delta z' \sin i}{\gamma}$

avec γ : grandissement du dispositif.

i = angle d'inclinaison du faisceau laser.

Puis on trace $\Delta z = f(t)$.

Là, ça donne une droite si on a les yeux de la fris ... Si la modélisa° affine pr remonter à un OdG de D , ça donne un truc ds les choux pr D ...

cc: c'est pas tip-top (merci, ça us avance bien).

Mais si, la dév° en f° de $\frac{1}{\sqrt{E}}$ c'est pas si pire.

Bref pour le montage du jour on a :

$t =$	$\pm 20 \text{ s.}$
$\Delta z' =$	$\pm 1 \text{ mm}$
$h =$	$\pm 2 \text{ mm.}$

On en déduit $D = \pm \text{ } m^2.s^{-1}$

Incertitudes: $D = \frac{(dL\Delta n)^2 p}{16 \mu z^2}$ $\frac{\Delta D}{D} = 2 \left(\frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta L}{L} \right) + \frac{\Delta p}{p}$

$d = 2,5 \text{ cm}$
 $\Delta d = \pm 0,1 \text{ cm}$ $\frac{\Delta d}{d} = 0,04$

$h = \text{ } \text{cm}$
 $\Delta h = \pm 0,5 \text{ cm}$ $\frac{\Delta h}{h} = \text{ }$

$p =$

$\Delta p =$

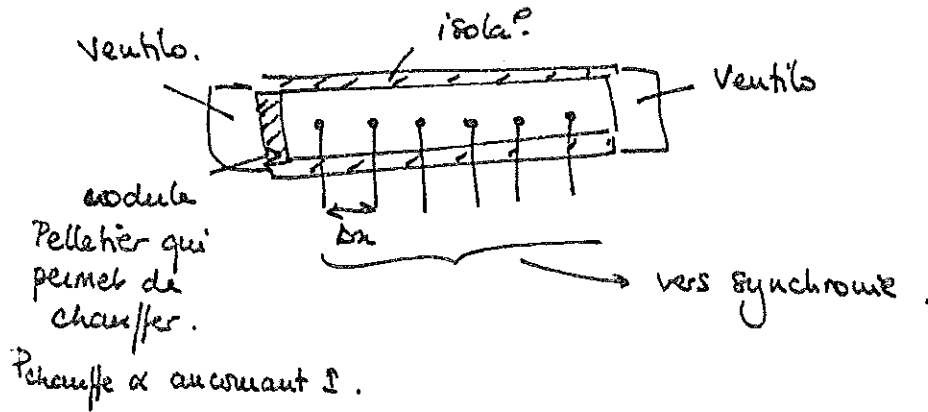
$\Rightarrow \frac{\Delta D}{D} =$

Temps caractéristique de diffusion $\tau \sim \frac{h^2}{D}$

II. Transport d'énergie :

1. Perte diffusion thermique : (cf QII)

- Barre de Cuivre ou d'Alu.
- Etude de la propagation d'une onde thermique de barre de cuivre.



$$\Delta x = 5 \text{ cm}$$

Alimentation du module pelletier : GBF $f = 10 \text{ MHz}$, $T = 100 \text{ s}$
 Amplitude telle qu'après l'ampli KEPCO on ne dépasse pas 6 A (cf barre de cuivre 6 A max)
 (18.9 V)
 + Ampli KEPCO. On envoie sortie du GBF à l'entrée Current input. Puis sortie Ampli à alim pelletier sur barre de cuivre.

Aquisition sous synchrone une fois que le régime permanent est atteint pour faire les mesures.

Equaⁿ de Diffusion de la chaleur : $\frac{\partial T}{\partial t} = D \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$ dt les solⁿ st, on suppose 1 température $\sim$:

$$T(x,t) = T_0 e^{-x/\delta} \cos\left(\omega t - \frac{x}{\delta}\right)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{2D}{\omega}}$$

épaisseur de Peau.

On veut pouvoir considérer la barre c^o etant $\infty \Rightarrow$ le capteur G ne doit pas voir de variaⁿ de T .

On regarde l'évoluⁿ de l'amplitude des capteurs en fcⁿ de la distance

- le déphasage et 2 capteurs

$\Rightarrow$ on remonte à δ puis D .

Encl^e. amplitude: $T(x) = T_0 e^{-x/\delta}$

$$\ln T_{\max} = \ln T_0 - \frac{x}{\delta}$$

Tracer $\ln T_{\max} = f(x)$

$T_{\max}$					
x (cm)	5	10	15	20	25

On trouve une pente

$$p =$$

$$\Delta p =$$

$$p = -\frac{1}{\delta} = -\sqrt{\frac{\omega}{2D}}$$

$$\Rightarrow D = \frac{\omega}{2p^2}$$

$$D = \pm$$

$$\frac{\Delta D}{D} = 2 \frac{\Delta p}{p}$$

$D_{\text{tab}} = 114 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ pour le cuivre.

2^e méthode possible : étude du déphasage.

On calcule le déphasage $< >$ et 2 capteurs en prenant sur plus périodes et e/ capteur 1 et 3 par ex.

$$\omega t - \frac{x}{\delta} = \text{cte}$$

$$\omega \Delta t - \frac{\Delta x}{\delta} = 0 \Rightarrow$$

$$\delta = \frac{\Delta x}{\omega \Delta t_{\text{moy}}}$$

$$\Rightarrow D = \frac{\omega \delta^2}{2} = \frac{\Delta x^2}{2 \omega \Delta t_{\text{moy}}^2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta x = 5 \text{ cm} \\ \Delta t_{\text{moy}} = \\ \omega = 2\pi \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 62,8 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow D = \pm \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

Incertitudes max sur $\Delta t_{\text{moy}} \Rightarrow \frac{\Delta D}{D} = \frac{2 \Delta t_{\text{moy}}}{\Delta t_{\text{moy}}}$

On en tire un fps k de diffusion pour diffusion de particules.

$$\tau = \frac{L^2}{D}$$

bien + gd que

2. Par rayonnement:

2 autre mode de transport d'én sans support matériel : rayonnement.

loi de Stefan

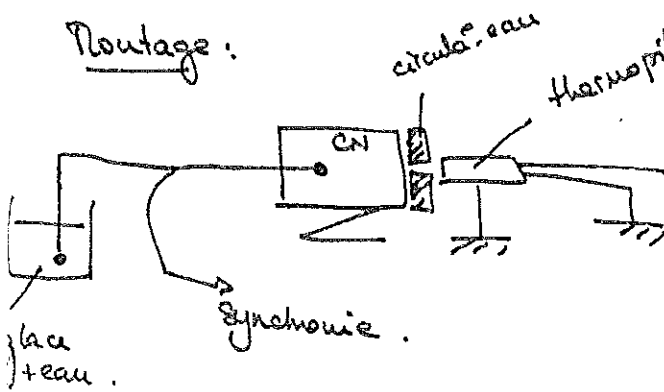
$$P = \sigma T^4$$

$$\sigma = 5,671 \cdot 10^{-8} \text{ W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$$

But: vérifier ça (oui, oui, oui).

P = puissance totale ray.
par unité de surface d'ext chauffe.

Montage:



synchrone.

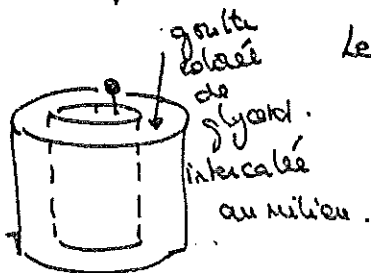
Chauffage pd $1^h \approx$.

- Thermopile permet de mesurer la puissance reçue. On a le facteur de conversion $0,004 \mu\text{V}/\mu\text{W}$.
- thermocouple de four us donne la T° . (cf étalonnage du thermocouple pour avoir $T(^{\circ}\text{C})$ en fct. de la ddp (μV)).

On trace $\text{LOG}(P) \neq \text{LOG}(T)$ et on espère obtenir une dt pente 4...

On trouve 4,2 en squizzant les faibles valeurs de T .

III. Transport de qité de mat



Le cylindre interne est mobile
ext est fixe.

On voit que la goutte s'étale

$\Rightarrow$ diffusion de qité de mat et les molécules de glycérol depuis l'int vers l'ext

qui tend à mettre en mixt le fluide pr homogénéiser.