

# MP34 – PHÉNOMÈNES DE TRANSPORT

12 juin 2021

Nicolas Barros & Abel Feuvrier

*Oui*  
MR C

Je me livre en aveugle au transport qui m'entraîne

---

*Oreste, Andromaque*

## Niveau : L2

## Commentaires du jury

## Bibliographie

↗ *Poly TP divers*, **Ferrand**

↗ *Jolidon bleu*, **Jolidon**

↗ *BUP 827*, **Des gens avec du temps**

→ billes

→ diffusion du glycérol dans l'eau

→ Stefan

## Points à faire en préparation

- Billes dans le glycérol
- Diffusion de glycérol dans l'eau
- Ampoule

## Expériences

- ☞ Caractérisation de la diffusion de quantité de mouvement d'une bille dans du glycérol
- ☞ Mesure du coefficient de diffusion du glycérol dans l'eau
- ☞ Vérification de la loi de Stefan

## Table des matières

1	Diffusion de quantité de mouvement : frottements visqueux	2
2	Diffusion particulaire : mesure du coefficient de diffusion du glycérol dans l'eau	2
3	Transport d'énergie par rayonnement : vérification de la loi de Stefan	4

LANCER LE GLYCÉROL EN PRIORITÉ  
Il prend des plombs.

## Introduction

Transport par convection, conduction, rayonnement, y a de quoi faire. Attention au vocabulaire : propagation  $\neq$  diffusion.

Notre définition de transport est ici assez large (bien qu'étymologiquement rigoureuse) : y a un truc qui passe d'un point A à un point B dans le temps. Au cas où pour les questions, on appelle *équation de transport* l'équation aux dérivées partielles  $\partial_x A = \pm \frac{1}{c} \partial_t A$ .

## 1 Diffusion de quantité de mouvement : frottements visqueux

⚡ MP03 Dynamique des Fluides, Guyon Hulin Petit sur le pourquoi c'est de la diffusion.

## 2 Diffusion particulière : mesure du coefficient de diffusion du glycérol dans l'eau

⚡ Jolidon bleu

On va mesurer le coefficient de diffusion  $D$  du glycérol dans l'eau. Ce coefficient est défini par l'équation de diffusion vérifiée par la densité  $n$  de molécules de glycérol dans de la flotte :

$$\partial_t n = D \Delta n \quad (1)$$

Pour le mesurer, on va mettre du glycérol au fond d'une cuve d'eau et suivre la diffusion au cours du temps grâce à une méthode optique.



### Mesure du coef de diffusion $D$ du glycérol dans l'eau

⚡ Jolidon bleu

⊖ 10 minutes ez

Matos : laser, lentille cylindrique, cuve à spectrophotomètre, eau distillée, glycérol pur, seringue très fine, bécher, écran, papier (millimétré si possible) + scotch, potence + noix + pince

Mesure préliminaire : mesurer l'épaisseur de l'intérieur de la cuve  $e$  au pied à coulisse.

Préparation de la cuve :

- D'une part, on remplit au deux tiers une cuve à spectro d'eau distillée.
- D'autre part, on fait un mélange (à peu près 50/50 en volume) d'eau et de glycérol dans un bécher. On touille vigoureusement et longtemps jusqu'à homogénéiser le mélange.
- Avec la seringue, on prend un peu de mélange eau/glycérol, qu'on introduit au fond de la cuve à spectro. On retire lentement la seringue pour ne pas créer de mouvement de convection.

Il se crée un dioptré au fond de la cuve. C'est ce dioptré qui nous intéresse.

Acquisition des données :

- On crée une nappe laser en éclairant une lentille cylindrique (orientée de travers comme sur la photo de la figure ) avec un laser.
- On éclaire le dioptré avec cette nappe laser. On fait l'image du dioptré sur un écran situé à distance connue  $d$  de la cuve, sur lequel on a scotché du papier (millimétré si possible).
- L'image du dioptré donne un creux comme sur la photo de la figure 1. On relève la hauteur de ce creux **par rapport à la nappe laser**, à la règle **pas en métal** ou au mètre ruban, en fonction du temps écoulé, tous les quelques millimètres, pendant une bonne heure ou deux ou trois. On obtient  $h$  en fonction de  $t$ .

Finalement, on trace  $f(t) = \frac{(n_{\text{glycérol}} - n_{\text{eau}} d e)^2}{4\pi} \frac{1}{h(t)^2}$  en fonction du temps  $t$  : on obtient une fonction linéaire dont le coefficient directeur est  $D$ .

Plusieurs remarques :

- Pour les valeurs tabulées, voir le tableau 2 qui vient de [cet article](#). On a  $n_{\text{glycérol}} = 1,4746$  d'après google mais ça mériterait un double check si on a le temps.
- Est-ce bien l'indice optique du glycérol ou celui du mélange dans l'équation? A priori ce serait plus celui du mélange... On fait le mélange parce qu'il faut avoir un indice optique relativement proche de celui de l'eau, et parce qu'avec du glycérol pur c'est trop galère de seringuer.
- Attention à bien mettre la cuve en bout de support boy, comme sur la photo 1 ; le dioptre envoie le faisceau vers le bas, si la cuve est mal placée y aura que le boy qui verra la déviation intéressante.
- Pour la distance  $d$ , la seule limite est l'intensité de l'image : prendre de la place!
- Relever les hauteurs toujours sur la même droite verticale, même si cette dernière ne contient plus le minimum de hauteur.



FIGURE 1 – Dispositif expérimental pour la mesure de  $D$

**Table 1. Mutual Diffusion Data for the System Glycerol (2) + Water (1) at 25 °C<sup>a</sup>**

$x_2$	$10^9 D_{12}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$	$B$	$10^9 D_T/\text{m}^2\text{s}^{-1}$
0.0000	1.025 <sup>b</sup>	1.000	1.025
0.0213	0.865 <sup>c</sup>	1.069	0.799
0.0773	0.604 <sup>c</sup>	1.197	0.505
0.1636	0.395 <sup>c</sup>	1.280	0.309
0.3134	0.214 <sup>c</sup>	1.267	0.169
0.6377	0.0779 <sup>c</sup>	1.252	0.0622
1.0000	0.014 <sup>d</sup>	1.000	0.014

FIGURE 2 – Coef de diffusion en fonction de la fraction en glycérol

### 3 Transport d'énergie par rayonnement : vérification de la loi de Stefan

➤ BUP 827

La loi de Stefan relie le flux surfacique de puissance électromagnétique rayonnée par un corps noir  $p$  à sa température de surface  $T$  :  $p = \sigma T^4$ , avec  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$  la constante de Stefan. On va vérifier cette loi avec un corps noir approximatif : une ampoule de tungstène.

La résistance d'une ampoule de tungstène est liée à sa température (par une relation quadratique) : on peut donc déduire la température du fil en fonction de sa résistance, par la loi :

$$T = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4a\frac{R}{K}}}{2a} \quad (2)$$

avec, pour notre ampoule,  $a = 2.54 \cdot 10^{-14} \text{ m/K}^2$ ,  $b = 23.0 \cdot 10^{-11} \text{ m/K}$  et  $K = 8.6 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$  ( $K$  est déterminé à partir d'une valeur connue de résistance, voir BUP ou Marc).

En sachant ça, on va pouvoir mesurer la température du fil en mesurant sa résistance ; de l'autre côté, mesurer la puissance n'est pas vraiment un problème. On va donc pouvoir vérifier la loi de Stefan.



#### Vérification de la loi de Stefan

➤ Marc



On alimente l'ampoule au GBF. On mesure l'intensité  $i$  dans le circuit et la tension  $U$  aux bornes de l'ampoule aux Flukes idoines.

On relève  $U$  et  $i$  en balayant le régime nominal de l'ampoule. On peut en déduire  $P = UI$  la puissance dissipée par l'ampoule e  $R = U/I$  sa résistance. Sa température est donnée par la loi donnée dans le BUP 827.

On peut même dépasser un peu du régime nominal non ? Le truc c'est que si on plot un log-log il faut balayer dans l'idéal plusieurs décades. Donc je pense que c'est rentable de pousser un peu l'ampoule.

On a utilisé une ampoule avec écrit dessus max 6V 100 mA, mais elle a tenu le coup facile jusqu'à 150 mA.

#### Autre Manips possibles

La diffusion thermique avec la barre en cuivre.