

Figure 1: cuve utilisée et lentille cylindrique

## 1.2 Matériel

- laser, lentille cylindrique, boy, écran
- cuve : elle doit être haute et fine, celle qu'on a utilisé faisait 1 cm d'épaisseur
- burette ou pipette jaugée (20mL suffisent largement) qui rentre dans la cuve jusqu'au fond, potence, noix et pinces pour la fixer pendant qu'on verse le mélange eau-glycérol
- eau distillée, glycérol, pipette, bécher et baguette en verre pour mélanger
- réfractomètre

## 1.3 Protocole

Aligner le laser, la lentille cylindrique, la cuve (posée sur le boy) et l'écran. Tourner la lentille cylindrique pour faire une nappe laser inclinée à  $45^\circ$  environ. Préparer un mélange 50/50 en volume de glycérol et d'eau distillée, et mesurer son indice au réfractomètre. Remplir la cuve avec un peu plus d' $1/3$  d'eau distillée. Remplir la pipette avec le mélange, la fixer sur la potence. Faire rentrer la pipette dans la cuve, elle doit quasiment toucher le fond et être collée à l'un des bords de la cuve. Une fois que vous êtes sûrs d'être prêt à commencer les mesures, verser doucement le mélange eau-glycérol au fond de la cuve, en évitant au maximum les mouvements de convection. Il doit y avoir à peu près autant d'eau que de

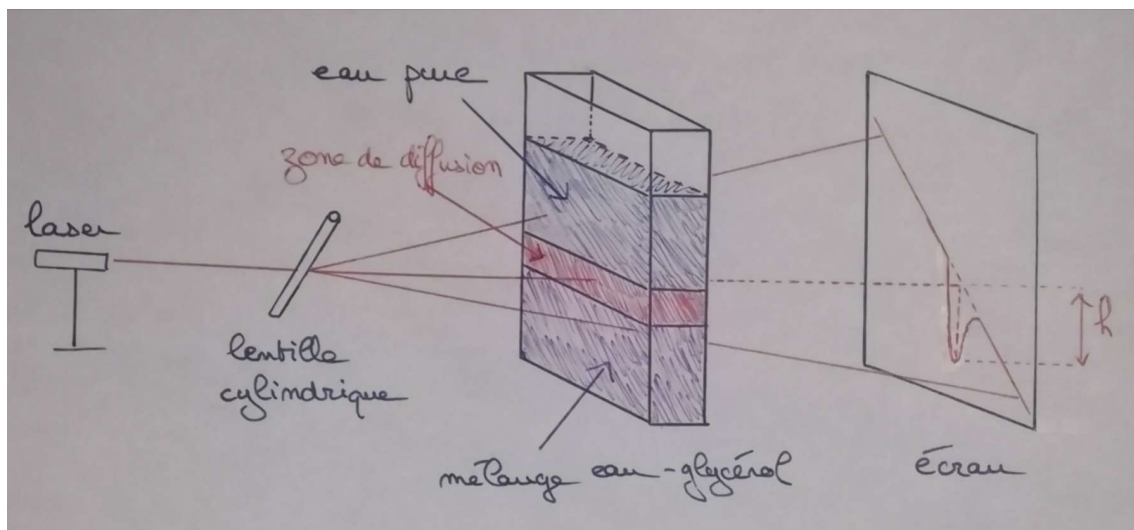


Figure 2: Déviation des rayons dans la zone de diffusion

mélange. Idéalement, on ne retire pas la pipette, mais la cuve n'étant pas très large, j'ai préféré l'enlever délicatement pour laisser plus de place à la nappe laser, et ça a quand même marché. La nappe laser doit traverser les trois zones : eau pure, zone de diffusion, mélange eau-glycérol. Les rayons qui traversent la zone de diffusion sont déviés à cause du gradient d'indice optique.

On va tracer la courbe  $\frac{1}{h^2}$  en fonction du temps  $t$ , où  $h$  est la profondeur du pic inversé formé par la nappe laser sur l'écran, profondeur prise par rapport à la nappe non déviée. Lancer un chronomètre une fois le mélange eau-glycérol versé dans la cuve. L'instant  $t = 0$  n'a pas d'importance, il y aura de toute façon une ordonnée à l'origine dans la courbe qu'on va tracer (cf les questions). Pour mesurer  $h$ , on a utilisé la méthode suivante :

- poser une règle sur l'écran, à la verticale en partant du bas du pic inversé
- prolonger avec une autre règle ou une feuille la nappe non déviée
- lire la profondeur  $h$  sur l'intersection entre la règle et la nappe prolongée

Je conseille de verser le mélange eau-glycérol dans la cuve environ 1h30 avant le début du montage, de faire une mesure toutes les 10-15 minutes environ et une dernière devant le jury.

Une dernière remarque : prendre un écran assez grand et le mettre plutôt loin pour limiter l'incertitude relative sur la mesure de  $h$ . Une astuce possible est de commencer les mesures avec un écran relativement proche de la cuve, puis dès qu'on peut doubler la distance cuve écran et mesurer  $2h$ .

## 1.4 Résultat et interprétations

D'après les calculs théoriques,  $\frac{1}{h^2}$  en fonction du temps est une droite de pente  $\frac{4\pi D}{(dl\Delta n)^2}$  où  $d$  est la distance cuve écran,  $l$  la largeur de la cuve et  $\Delta n = n_{\text{mélange}} - n_{\text{eau}}$  la différence entre l'indice du mélange eau-glycérol et l'indice de l'eau. On remonte alors au coefficient de diffusion  $D$  du glycérol. Il n'y a pas de valeur tabulée. L'ordre de grandeur à trouver est

autour de  $5.10^{-10} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$  d'après les différents compte-rendus qu'on peut trouver sur cette expérience. On a trouvé  $(6.7 \pm 0.8).10^{-10} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$ .

Ce qui pose problème, c'est quel coefficient de diffusion mesure-t-on, ou autrement dit quel milieu support considère-t-on pour la diffusion du glycérol. En effet, la concentration en glycérol dans l'eau étant ici très élevée,  $D$  dépend de cette concentration en glycérol. D'après le correcteur, Frédéric Restagno, on mesure donc une sorte de coefficient de diffusion moyenné sur une certaine gamme de concentration en glycérol, sans pouvoir en dire beaucoup plus. Frédéric Restagno dit aussi que la dépendance du coefficient de diffusion avec la concentration en glycérol se comprend bien grâce à la formule de Stokes-Einstein,  $D = \frac{k_B T}{6\pi\eta a}$  où  $a$  est le rayon de la particule diffusante. La viscosité  $\eta$  du milieu dépend bien de la concentration en glycérol, puisqu'il y a un facteur 1000 entre la viscosité de l'eau et celle du glycérol pur.

Il faut aussi avoir conscience que la mesure de l'indice  $n_{\text{mélange}}$  du mélange eau-glycérol avec le réfractomètre donne la valeur de l'indice à 589nm, le doublet jaune du sodium. Qu'on utilise un laser rouge ou un laser vert, l'indice sera légèrement différent.

Enfin, cette manip est très classique, mais c'est la seule dont on dispose pour une mesure quantitative sur de la diffusion de particules. Le jury le sait donc pas d'inquiétude pour le manque d'originalité, mais il faut s'appliquer lors de la manip pour se distinguer des autres candidats.

## 1.5 Questions

D'où vient l'ordonnée à l'origine de la courbe  $\frac{1}{h^2}$  en fonction du temps ? *Une fois le glycérol déposé au fond de la cuve, il y a eu un peu de convection, ce qui fait qu'on s'est déjà éloigné de la condition initiale utilisée pour le calcul théorique. Donc l'instant initial est impossible à repérer.*

Conditions de validité de la loi de Fick ? *Variations temporelles et spatiales de la concentration suffisamment faibles, milieu isotrope. Lorsque la concentration est élevée, le coefficient de diffusion dépend de cette concentration.*

Comment fonctionne un réfractomètre ? *Voir le poly de geste.*

Pourquoi les rayons sont déviés vers le bas ? *Le gradient d'indice est orienté vers le bas.*

Peut-on ne pas faire l'approximation des petits angles lors du calcul de l'angle de déviation du rayon lumineux ? *Peut-être, mais déjà que le calcul est chiant la formule va être bien dégueu.*

Qu'est-ce que la lentille cylindrique ? *C'est un tube de verre cylindrique, qui fonctionne en gros comme une lentille épaisse convergente.*