

Diffusion du glycérol dans l'eau

Biblio : Jolidon p400

1 Matériel :

- cuve parallélépipédique
- Laser pinceau
- Lentille cylindrique
- écran
- Papier millimétré
- glycérol, eau distillée
- metre ruban, pied à coulisse

2 Description de l'expérience : Méthode optique réfractométrique

La Fig. 1 schématise l'expérience proposée. Une cuve parallélépipédique contient initialement deux liquides homogènes déposés l'un sur l'autre, le moins dense au-dessus. Le liquide surnageant est de l'eau distillée, tandis que le liquide de fond est un mélange eau-glycérol. Nous exposons en Sec. 2.3 les critères de choix, d'une part, du glycérol comme additif, et d'autre part, de la proportion en glycérol du mélange.

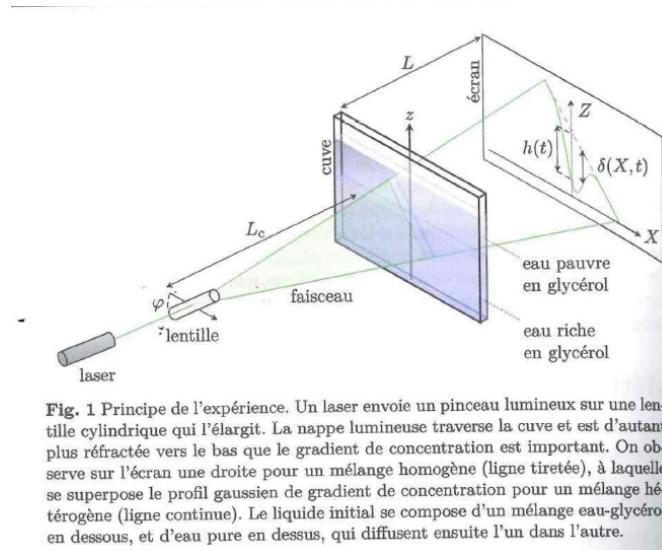


Figure 1: schéma du dispositif expérimental

Une nappe lumineuse, inclinée d'un angle $\phi \simeq 45$ par rapport à l'horizontale, éclaire la face d'entrée de la cuve en incidence quasi normale. La valeur précise de l'angle d'inclinaison importe peu, tant que la cuve est illuminée sur toute sa hauteur, et que la nappe s'étale suffisamment dans sa largeur. On place en sortie de cuve un écran à une distance L de l'ordre du mètre, sur lequel on projette la nappe lumineuse réfractée. Si la cuve contient un liquide homogène, la nappe lumineuse a préservé sa forme et sa trace est donc une droite inclinée (ligne tiretée de la Fig. 1) ; mais dans un liquide inhomogène, les rayons sont déviés vers les forts indices (voir l'Éq. (8)), c'est-à-dire vers le bas, l'indice du glycérol et donc du mélange au fond de la cuve étant supérieur à celui de l'eau. On observe alors une trace lumineuse similaire à celle de la Fig. 1 (ligne continue). L'évolution temporelle d'un point particulier du profil le long de l'axe vertical (par exemple le point le plus bas à l'instant initial, situé sur l'axe Z) permet d'obtenir le coefficient de diffusion.

2.1 Nappe lumineuse

Deux méthodes existent pour produire une nappe lumineuse. La première consiste à diaphragmer au passage d'une fente oblique l'onde plane produite par une source ponctuelle placée au foyer objet d'une lentille convergente, l'ensemble formant ainsi un collimateur. La seconde consiste à diriger un pinceau laser à travers une lentille cylindrique, c'est à dire un cylindre transparent dont la partie bombée fait face au pinceau incident, et dont le faisceau en sortie se trouve étalé dans la direction orthogonale à l'axe du cylindre et à la direction de propagation. Cette méthode donne plus de lumière.

3 Protocole

- Préparer un mélange eau -glycérol de fraction massique en glycérol d'environ 50%, puis homogénéiser le mélange. Si l'on dispose d'un réfractomètre, mesurer son indice de réfraction n_m . Dans le cas contraire, on prendra les valeurs tabulés.
- Placer une mince cuve en verre sur un support élévateur, après avoir mesuré l'épaisseur interne e au pied à coulisse. La remplir à moitié avec de l'eau distillée.
- Éclairer la cuve avec un laser dont le faisceau, initialement horizontal, s'étale en une nappe oblique au passage d'une lentille cylindrique (simple cylindre allongé de Plexiglas ou de verre), inclinée d'environ 45° par rapport à l'horizontale (Fig. 1).
- Disposer un écran après la cuve, et mesurer la distance L le séparant de la face de sortie de la cuve. La hauteur $h(t)$ augmente avec L , en vertu de l'Éq. (15) : on choisira donc une distance de l'ordre du mètre, ce qui donne une déviation sur l'écran d'une dizaine de centimètres.
- Fixer une feuille de papier millimétré sur l'écran et y tracer à la règle la droite matérialisant la trace de la nappe laser non déviée.
- À l'aide d'une seringue terminée par un tuyau souple, ajouter délicatement le mélange eau -glycérol au fond de la cuve. Pour assurer l'incidence normale des rayons de déviation maximale, on veillera à ce que l'interface soit à la même hauteur que la lentille cylindrique. La trace du faisceau se déforme fortement près de l'interface. Attendre quelques minutes que l'interface se stabilise et que la trace du faisceau redevienne nette
- Déclencher le chronomètre, et tracer la droite verticale passant par le point le plus bas du profil.
- Relever régulièrement la position de l'intersection entre le profil sur l'écran et la droite verticale, toutes les 10min la première heure et toutes les 20min au-delà.

4 Interprétation :

Le point de la trace issu du rayon de déviation maximale est celui qui évolue selon la loi la plus simple. L'écran se situe à une distance L de la face de sortie de la cuve. La distance verticale maximale $h(t)$ entre la trace réelle et la trace non déformée est donnée par :

$$h(t) = \frac{eL(n_m - n_e)}{\sqrt{4\pi Dt}}$$

Hypothèses pour établir cette relation :

- On néglige la pesanteur car les liquides sont miscibles
- L'indice de réfraction $n(z,t)$ est réel et varie selon une loi affine avec la concentration locale :

$$n(z, t) = [1 - c(z, t)]n_e + c(z, t)n_m$$

(linéarisation de l'équation de Lorentz Lorenz pour une faible concentration)

- Les angles de déviation sont faibles, on restera alors dans l'approximation de