TP9 : Interférences sur un film de savon

MP 2026-2027, Lycée Baimbridge

10 novembre 2026

Matériel

Grand banc optique, petit banc optique, lampe blanche, lentilles, filtres colorés, support à filtres, support d'objectif de microscope, solution savonneuse, écran, papier essuie-tout. Utilisation du chronomètre et de l'appareil photographique du téléphone portable.

Objectif

Étudier la structure d'un film de savon par interférométrie.

Compétences évaluées

- Réaliser un montage optique simple
- Observer et interpréter une figure d'interférences avec différentes sources
- Vérifier et commenter l'adéquation d'un modèle physique avec les observations

Consignes pour le compte rendu de TP :

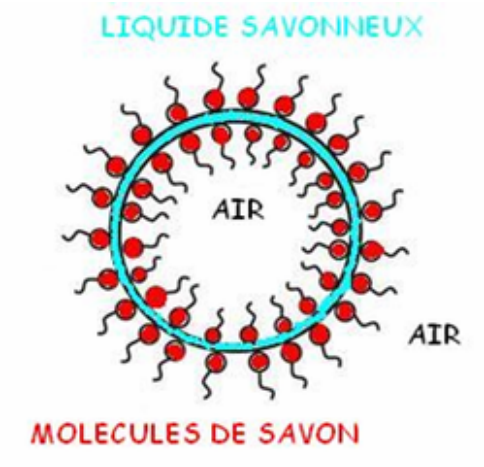
- *Décrire le protocole expérimental utilisé*
- *Utiliser un maximum de schémas*
- *Apporter un soin particulier aux chiffres significatifs et au traitement des incertitudes*
- *Si la question n'est pas aboutie, indiquer tout de même ce que vous avez fait, vos mesures, et ce que vous auriez fait si vous aviez eu plus de temps*
- *Ne pas y passer trop de temps, vous êtes avant tout là pour manipuler !*

Dans ce TP, nous allons observer les interférences sur un film de savon. Ceci va nous permettre :

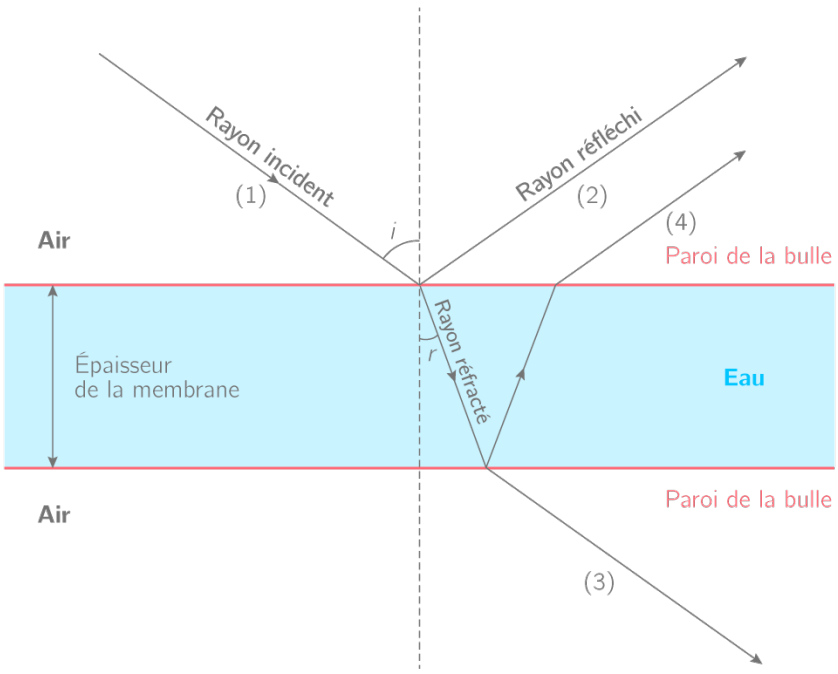
- De mieux comprendre les différents facteurs qui affectent la figure d'interférences et la notion de cohérence ;
- D'étudier la dynamique de la lame de savon.

1 Etude théorique du phénomène

Une lame de savon est constituée d'une mince couche d'eau entourée de part et d'autre par une couche de savon. Cette configuration est due aux tensio-actifs contenus dans le savon. Ces molécules sont constituées de deux parties distinctes : une tête hydrophile, généralement ionique, et une queue hydrophobe, généralement constituée d'une chaine carbonée. Cette propriété amène ainsi les tensio-actifs à se concentrer et à se fixer les uns aux autres aux interfaces entre l'eau et l'air. La figure ci-dessous montre leur disposition dans une bulle de savon (c'est-à-dire un film à géométrie sphérique) :



Le trajet d'un rayon lumineux arrivant sous incidence i sur un film de savon d'indice n et d'épaisseur locale e, doit tenir compte du phénomène de réfraction à l'intérieur de la lame. On admet que la réflexion sur un milieu plus réfringent s'accompagne d'un déphasage de π.

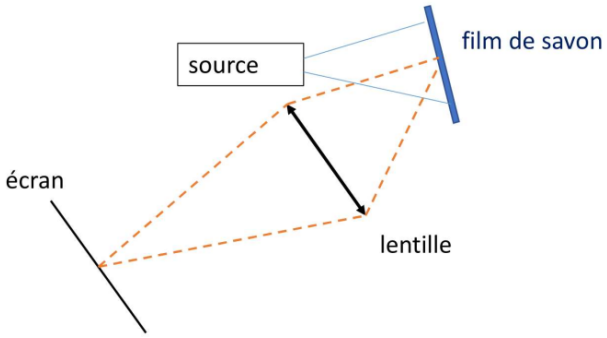


☐ **1** – Justifier que le déphasage entre les ondes qui interfèrent peut s'écrire :

$$\Delta\phi = \pi + \frac{4\pi n e \cos i}{\lambda_0}$$

2 Observation du phénomène en réflexion

Éclairer le film de savon (que l'on réalisera sur le porte-objectif de microscope) par une lampe blanche en incidence oblique (on placera la lampe sur le petit banc optique). On souhaite faire l'image du fimlm de savon en réflexion sur un écran.



☐ **2** – Comment choisir la lentille et la distance lentille-écran pour obtenir une image relativement grande et nette du film de savon ?

☐ **3** – Placer la lentille, calculer le grandissement γ associé à votre montage.

☐ **4** – Réaliser l'expérience. Commenter soigneusement les observations faites, et notamment l'évolution de la structure et de la couleur des interférences observées en fonction du temps, jusqu'à l'éclatement du film de savon. Prêter une attention particulière à ce qui se passe au tout début de l'expérience, ainsi que juste avant l'éclatement du film de savon.

☐ **5** – Reproduire l'expérience en plaçant un filtre coloré après la lentille (l'intensité lumineuse y est moindre, ce qui permet de le protéger). Commenter les différences avec la première expérience. On pourra répéter éventuellement l'expérience avec des filtres de différentes couleurs.

☐ **6** – Quelle est la nature du blanc qui était observé au début de l'expérience avec une lumière blanche ?

3 Contraste des franges d'interférence

Modifier le montage pour observer les franges en transmission, et non plus en réflexion.

Coefficients de réflexion et de transmission sur le film

On étudie le film de savon d'indice $n = 1.4$. On considère que l'indice de l'air est égal à 1 et que l'onde incidente est en incidence normale. Les coefficients de réflexion et de transmission en champs sont définis par le rapport entre l'amplitude de l'onde réfléchie ou transmise, et l'amplitude de l'onde incidente.

$$t_{a\to s} = \frac{2}{n+1} \qquad t_{s\to a} = \frac{2n}{n+1} \qquad r_{a\to s} = \frac{n-1}{n+1} \qquad r_{s\to a} = \frac{1-n}{1+n}$$

☐ **7** – Qualitativement, comment le contraste des interférences est-il modifié ? Expliquer à l'aide du document et d'un schéma des deux rayons qui interfèrent.

Pour la suite du TP, on se place à nouveau dans une configuration en réflexion.

4 Structure du film de savon

4.1 Mesure du profil d'épaisseur du film

On se place à un instant t que l'on aura pris soin de mesurer, environ quelques dizaines de secondes après la formation du film de savon. On note H la hauteur du film, et t le temps. On cherche à établir la loi $e(z,t)$ pour $0 \leq z \leq H$.

☐ **8** – Justifier à partir des observations en lumière blanche que l'épaisseur du film est quasi-nulle en $z = H$: $e(z = H, t) = 0$.

☐ **9** – Proposer et mettre en oeuvre un protocole permettant de mesurer le profil $e(z,t)$ pour l'instant t. On pourra s'aider d'une photographie. On prendra soin de choisir le type de lumière utilisée (lumière blanche ou filtre coloré).

4.2 Comparaison à la loi théorique

Au fur et à mesure de l'expérience, le film de savon s'écoule vers le bas par gravité au fur jusqu'à l'éclatement. On peut donc s'attendre à ce la loi $e(z,t)$ dépende des paramètres suivants :

- L'accélération de la pesanteur terrestre $g = 9.81\,\mathrm{m{\cdot}s^{-2}}$;
- La viscosité du savon η, qui se mesure en $\mathrm{Pa{\cdot}s}$;
- La masse volumique du savon $\rho = 1000\,\mathrm{kg{\cdot}m^{-3}}$;
- Le temps t écoulé depuis la formation du film ;
- La distance $H - z$ au sommet du film.

☐ **10** – Expliquer pourquoi il n'est pas possible de trouver la loi par analyse dimensionnelle.

En écrivant l'équilibre entre le poids et les forces de viscosité, on peut montrer (hors-programme en MP) que le film obéit à la loi suivante :

$$e(z,t) = \sqrt{\frac{2\eta(H-z)}{\rho g t}}$$

☐ **11** – Vérifier la validité de la loi ci-dessus à l'instant t à partir de vos mesures. On remarquera que l'expression implique que $e(z = H) = 0$.

☐ **12** – En déduire une estimation de la viscosité du film de savon. Comparer à celle de l'eau $\eta_{\text{eau}} = 1.0 \cdot 10^{-3}$ Pa·s.

☐ **13** – Vérifier la dépendance de l'épaisseur en fonction du temps t. On pourra pour cela répéter le protocole précédent à différents instants t_i. En déduire une nouvelle estimation plus précise de la viscosité du savon.

5 Ondes capillaires et turbulence

Un film de savon peut être le siège d'ondes capillaires telles que celles que l'on observe dans la cuve à ondes. On reprend l'expérience initiale et on éclaire le savon avec de la lumière blanche.

☐ **14** – Parler à voix basse devant le film de savon. Décrire et commenter les observations.

☐ **15** – Souffler légèrement sur le film de savon (sans le faire éclater). Admirer, puis proposer une explication à l'évolution observée des franges en fonction du temps.