

Interféromètre de Michelson (1)

L'interféromètre de Michelson est l'objet des TP n°9 et n°10. Ces TP sont accompagnés de la fiche-synthèse n°4 détaillant le réglage de cet interféromètre.

Dans ce TP n°9, on démarre avec un interféromètre préalablement réglé en lame d'air.

I Préambule : étude interférométrique du doublet du sodium

I.1 Etude théorique : intensité lumineuse en configuration lame d'air

Le spectre d'émission du sodium est constitué d'un doublet de raies, de longueurs d'onde respectives tabulées à $\lambda_1 = 589.00 \text{ nm}$ et $\lambda_2 = 589.59 \text{ nm}$.

1. Justifier qu'il s'agit bien d'un doublet spectral.

Les techniques de spectroscopie par prisme ou par réseau de diffraction ne dispersent pas suffisamment la lumière pour être capable de mesurer avec précision l'écart spectral de ce doublet (ces techniques permettent en revanche de mesurer la longueur d'onde moyenne). On se propose donc d'utiliser un interféromètre de Michelson en configuration lame d'air.

On cherche l'intensité lumineuse visible au centre de l'écran en configuration lame d'air, en fonction de l'épaisseur e de la lame d'air.

2. Justifier que l'intensité totale $I(e)$ est la somme de l'intensité lumineuse $I_1(e)$ associée aux ondes de longueur d'onde λ_1 et de l'intensité $I_2(e)$ associée à λ_2 .
3. En déduire l'expression de $I(e)$. Représenter cette fonction graphiquement.

I.2 Protocole de mesure d'un faible écart spectral

Dans la suite, on considère que la longueur d'onde moyenne du doublet $\lambda_m = 589.29 \text{ nm}$ est connue avec précision et on cherche l'écart spectral $\Delta\lambda$.

- Proposer un protocole utilisant l'interféromètre de Michelson en lame d'air permettant de mesurer $\Delta\lambda$.

II Découverte de l'interféromètre de Michelson

II.1 Constitution de l'interféromètre réel

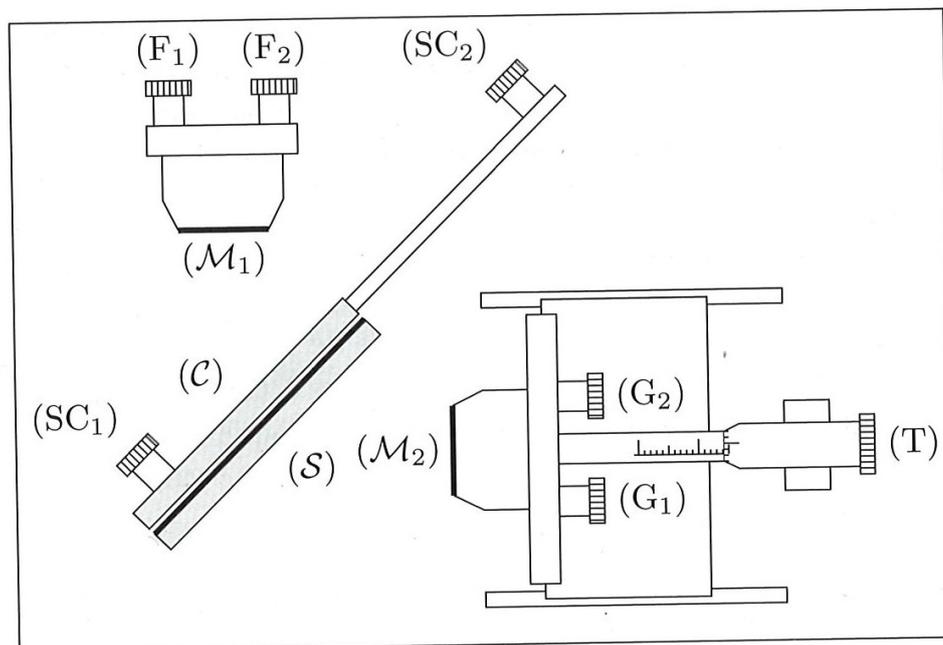


Figure 1 – Schéma d'un interféromètre de Michelson vu du dessus. On y retrouve les deux miroirs (\mathcal{M}_1) et (\mathcal{M}_2), la séparatrice (\mathcal{S}) et la compensatrice (\mathcal{C}), ainsi qu'un certain nombre de vis de réglage.

L'interféromètre expérimental de Michelson (inventé en 1887) est constitué de :

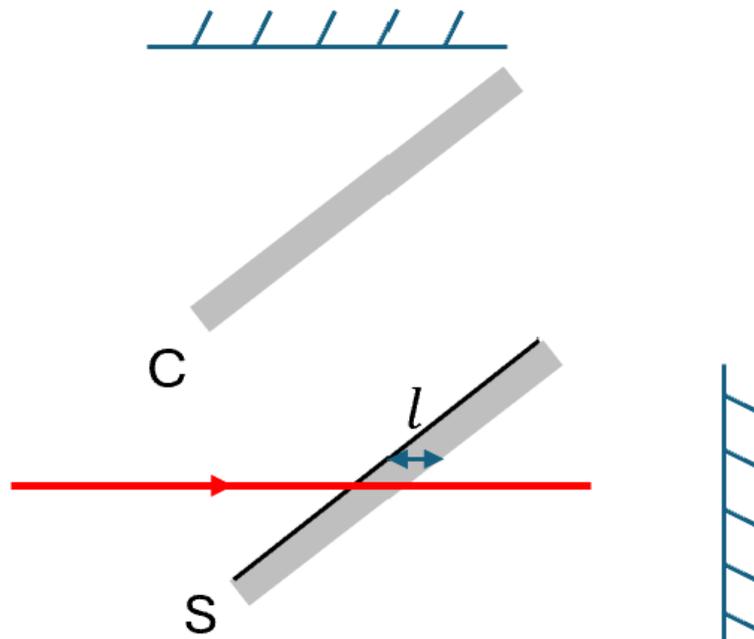
- une lame semi-réfléchissante, appelée séparatrice
- une lame compensatrice
- deux miroirs inclinables, dont l'un peut être translaté
- vis de réglage (deux vis de réglage de l'orientation de la compensatrice, 4 vis de réglage de l'orientation des miroirs (2 vis de réglage fin et 2 vis de réglage grossier), une vis de translation munie d'un vernier pour lire la position du miroir mobile)
- (dans le cas des interféromètres du lycée) un filtre anti-calorique en entrée du dispositif, dont le but est de filtrer les infrarouges. Les infrarouges émis par une lampe blanche risqueraient en effet de détériorer les miroirs taillés très précisément.
- Repérer les différents éléments sur votre interféromètre. Ne touchez pas aux différentes vis pour le moment, car votre interféromètre a été pré-réglé pour ce TP.

II.2 Intérêt de la lame compensatrice

La séparatrice est une lame de verre sur laquelle on a réalisé un traitement pour la rendre semi-réfléchissante. Ce traitement a eu lieu sur la face de la séparatrice la plus proche de la compensatrice.

La compensatrice est une lame de verre exactement identique à la séparatrice, à ceci près que l'on n'a pas réalisé un traitement pour la rendre semi-réfléchissante. Son rôle intervient lorsque l'interféromètre est éclairé en lumière polychromatique, car elle évite les problèmes de dispersion de la lumière par le verre de la séparatrice.

- Pour comprendre le souci causé par la dispersion du verre, compléter le schéma ci-dessous en représentant les rayons 1 et 2 qui interféreront à l'infini. Pour chacun des rayons, compter le nombre de fois qu'il traverse une lame de verre sur l'épaisseur ℓ .



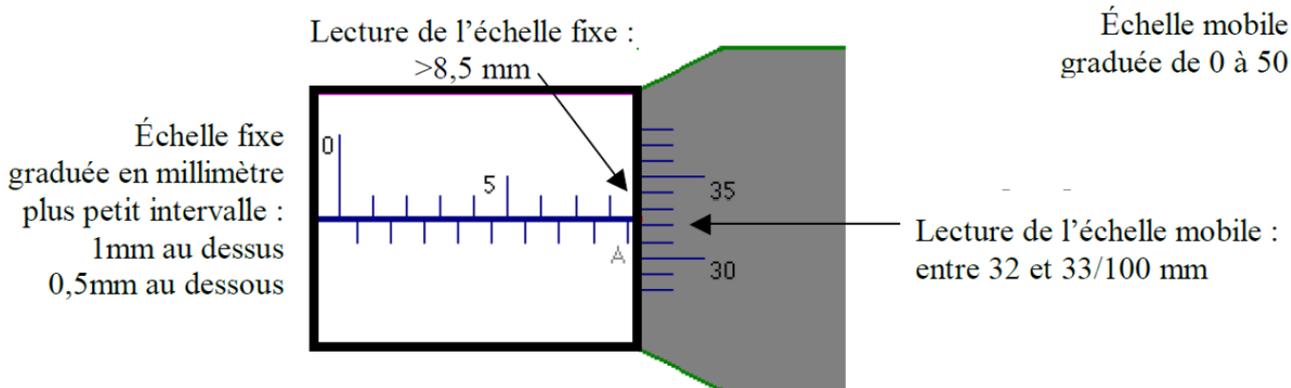
Ainsi, grâce à la compensatrice, la différence de chemins optiques entre les rayons 1 et 2 du fait de la traversée des lames de verre est nulle. Si cette compensatrice n'était pas là, la différence de chemins optiques serait de $2n\ell$. Mais alors, comme $n(\lambda)$, cette différence de chemins optiques dépendrait de la longueur d'onde, ce qui gênerait les observations en lumière polychromatique.

II.3 Lecture d'un vernier

Un vernier comporte deux échelles graduées, l'une fixe et l'autre mobile. L'échelle fixe donne l'unité (mm, degrés, etc), l'échelle mobile est une fraction de l'intervalle le plus petit entre deux graduations de l'échelle fixe.

On lit d'abord l'échelle fixe, pointée par le zéro de l'échelle mobile (en fait on regarde la valeur juste inférieure), puis l'échelle mobile, là où il y a coïncidence d'une graduation de l'échelle mobile avec une graduation de l'échelle fixe. On additionne ensuite les deux valeurs.

Exemple : Vernier d'un Michelson



Sur l'exemple, on lit la position 8.825 mm

- Lire la position indiquée actuellement par votre vernier, et demander vérification au professeur.

III Mesure de l'écart spectral du doublet du sodium

- Mettre en œuvre le protocole précédemment défini.
- Déterminer l'écart spectral du doublet du sodium. On considèrera la longueur d'onde moyenne du doublet $\lambda_m = 589.29 \text{ nm}$ connue avec précision (mesurée avec un réseau par exemple). Evaluer l'incertitude associée à l'écart spectral.

IV Observations en lumière blanche en configuration lame d'air

IV.1 Observations à l'œil

Protocole :

- Conserver pour le moment l'éclairage par la lampe spectrale de sodium. Translater le miroir mobile jusqu'à observer la teinte plate de la lampe de sodium sur l'écran (les anneaux rentrent quand on s'approche du contact optique).
- Réaliser alors les étapes de réglage décrites dans la fiche synthèse n°4, partie IV, jusqu'à observer la teinte plate de la lampe blanche.

IV.2 Observation du spectre avec un prisme à vision directe (PVD) (qualitatif)

Protocole :

- Retirer la lentille de projection en sortie de l'interféromètre.
- Placer une fente de taille réglable en sortie de l'interféromètre. Faire l'image de la fente sur l'écran à l'aide d'une lentille convergente de votre choix.

- Insérer le PVD entre la lentille et l'écran (où vous le souhaitez entre les deux).
- Jouer sur la taille de la fente pour améliorer le contraste sur votre spectre, sans trop perdre en luminosité.

Exploitation :

- Interpréter le spectre observé sur l'écran lorsque vous translatez très doucement le miroir mobile.
- Pour finir cette sous-partie, se placer dans une configuration où l'on observe un spectre cannelé avec environ 5 cannelures.

IV.3 Observation du spectre avec un spectromètre à fibre optique (quantitatif)

Protocole :

- On revient dans la situation d'observation des interférences à l'infini. Retirer la fente, le PDV et placer la fibre optique dans le plan focal image de la lentille convergente choisie dans la sous-partie précédente.
- Ouvrir le logiciel Nova Spectra et sélectionner le mode Spectromètre (le dernier en bas à gauche de l'écran).
- Mesurer alors les longueurs d'onde des différentes cannelures visibles.

Exploitation :

- En considérant que la fibre optique est placée au centre de la figure d'interférences, déterminer la relation théorique vérifiée par les longueurs d'onde des cannelures.
- Vérifier que les résultats expérimentaux sont compatibles avec cette relation.