

TP 4 : Interféromètre de Michelson : spectrométrie

1. Introduction

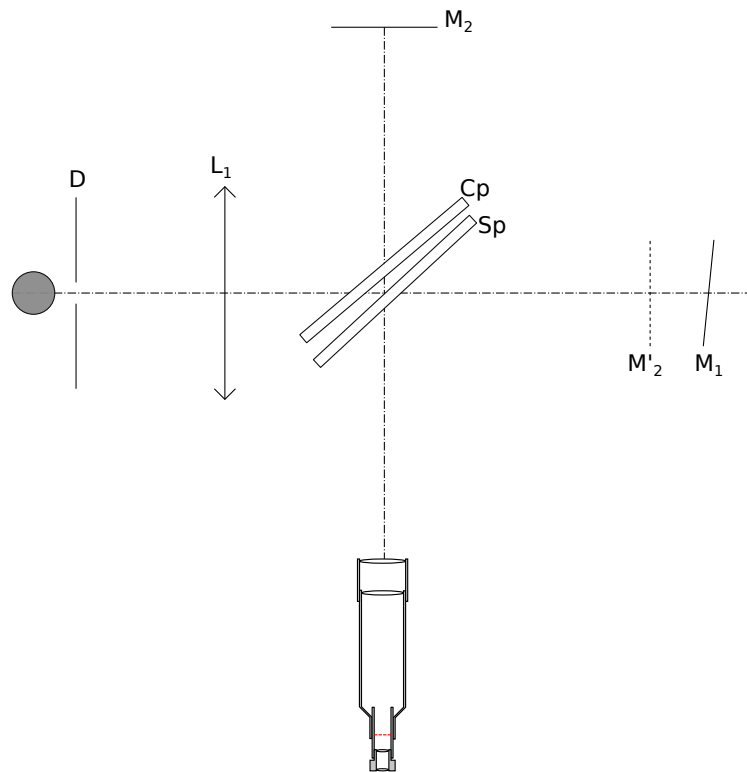
L'objectif est d'utiliser l'interféromètre de Michelson pour mesurer la longueur d'onde d'une lumière quasi monochromatique .

Matériel :

- ▷ Interféromètre de Michelson.
- ▷ Lampe Na.
- ▷ Lampe blanche LED.
- ▷ Diode laser avec objectif de microscope.
- ▷ Diaphragme à iris.
- ▷ Miroir plan pour l'autocollimation.
- ▷ Condenseur.
- ▷ Lunette de visée.
- ▷ Lentilles convergentes de focale 200 mm, 100 mm et 1000 mm.
- ▷ Écran blanc.
- ▷ Filtre anti-calorique avec support.
- ▷ Photodiode avec amplificateur/filtre.
- ▷ Carte Sysam SP5.
- ▷ 5 pieds.

2. Réglage de l'interféromètre

On doit commencer par régler le parallélisme de la lame compensatrice (C_p) avec la lame séparatrice (S_p) et le parallélisme approximatif des miroirs M_1 et M_2' (faces de la lame d'air). Pour ce faire, un diaphragme à iris D ajusté à sa plus petite ouverture est placé devant la lampe spectrale à vapeur de sodium. Une lentille convergente L_1 de focale 200 mm permet de faire de ce diaphragme une image à l'infini. La lentille est positionnée par la méthode d'*autocollimation* au moyen d'un miroir plan. En sortie de l'interféromètre, on observe au moyen d'une lunette de visée réglée à l'infini. On voit plusieurs images du diaphragme, réparties en deux groupes, chacun correspondant à la réflexion sur l'un des miroirs. Dans chaque groupe, les réflexions multiples de la lumière sur les faces des lames séparatrice et compensatrice donnent des images distinctes du diaphragme lorsque les deux lames ne sont pas parallèles.



On commence par agir sur les deux vis de réglage de la lame compensatrice (Cp) afin d'obtenir seulement deux images du diaphragme. On agit ensuite sur les deux vis d'inclinaison de M_1 afin de superposer ces deux images.

[1] Vérifier que les vis de M_2 sont à mi-course. Vérifier que la distance entre M_1 et la lame séparatrice est à peu près égale à celle entre M_2 et la lame séparatrice.

[2] Effectuer le réglage décrit ci-dessus puis ouvrir le diaphragme et remplacer la lentille L_1 par le condenseur. Observer à l'œil nu en se servant du papier calque pour atténuer l'intensité de la lumière. Des franges d'interférences doivent être visibles. Dans le cas contraire, éclairer avec le laser muni d'un objectif de microscope, observer les franges sur l'écran, puis s'approcher du contact optique avant de revenir à la lampe Na pour une observation visuelle directe.

[3] S'approcher du contact optique. L'œil étant bien dans l'axe, obtenir le contact optique apparent. Pour s'en assurer déplacer légèrement la tête latéralement.

[4] Placer en sortie la lentille convergente de focale $f' = 1000$ m et l'écran de projection. Observer les anneaux et augmenter l'épaisseur de la lame d'air afin d'en voir au moins une dizaine. Bien ajuster la position de la lampe et du condenseur : l'image du diaphragme doit se former sur les miroirs. Améliorer le contraste en agissant sur les vis d'inclinaison de M_2 .

[5] Translater le miroir M_1 afin de parvenir au plus proche du contact optique. Noter la position du chariot sur la vis micrométrique.

[6] Au moyen d'une lentille convergente, obtenir sur l'écran les interférences de coin d'air. Régler l'inclinaison de M_1 afin qu'il y ait une dizaine de franges visible.

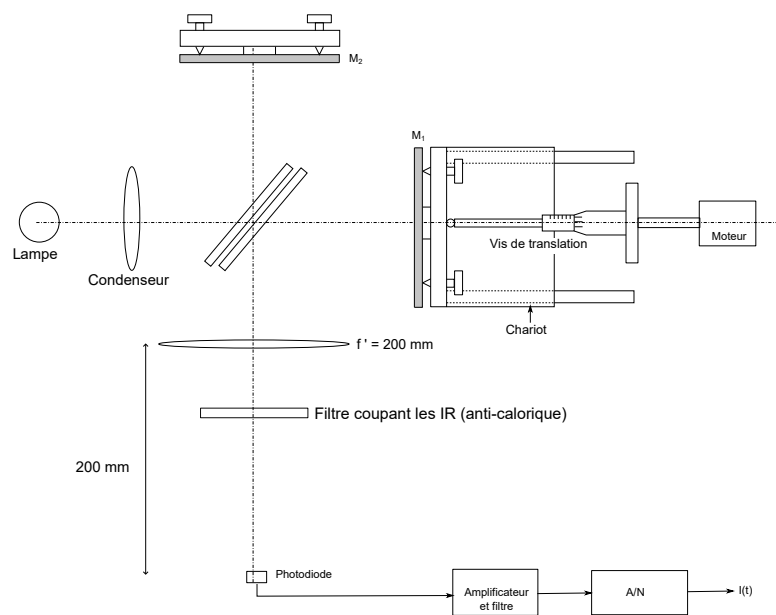
[7] Mettre en place la lampe LED (lumière blanche) et obtenir les franges d'interférences. Observer la frange centrale. Est-elle blanche ou noire ?

[8] Revenir au contact optique puis aux anneaux avec la lampe Na. Vérifier que les anneaux restent bien contrastés lorsqu'on translate M_1 sur une distance d'un demi millimètre. Si ce n'est

pas le cas, réduire l'ouverture du diaphragme.

3. Mesure d'une longueur d'onde

L'interféromètre est réglé en configuration lame d'air. Le moteur permet d'effectuer la translation du miroir M_1 à la vitesse de 500 micromètres par 15 minutes. Une photodiode placée au foyer d'une lentille convergente de focale $f' = 200$ mm permet d'enregistrer l'interférogramme (intensité lumineuse en fonction du temps). La lumière émise par la lampe Na comporte principalement un doublet jaune et une raie dans l'infrarouge, que l'on élimine au moyen d'un filtre anti-calorique.



Le circuit électronique associé à la photodiode comporte un amplificateur et un filtre passe-bas permettant d'éliminer les oscillations à 100 Hz présentes dans la lumière émise par les lampes à décharge (la fréquence des décharges est 100 Hz).

[9] Réaliser le dispositif et placer la photodiode au centre des anneaux. Régler l'amplificateur de la photodiode au maximum de sensibilité (bascule 1 enfoncée, les autres levées). Brancher la sortie filtrée sur la voie EA0 de la carte Sysam SP5. Configurer l'enregistrement dans le logiciel Latis Pro : fréquence d'échantillonnage 100 Hz, durée 15 minutes, calibre +/- 10 V.

[10] Demander le serrage de l'accouplement entre le moteur et la vis du chariot. Faire un test d'enregistrement de courte durée (moins d'une minute). Vérifier que la tension oscille de manière quasi sinusoïdale, sans saturation à 9 V.

[11] Faire l'enregistrement de durée 15 minutes. Exporter les données sous la forme d'un fichier texte avec des points comme séparateurs décimaux.

[12] Dans un script Python, importer les données (temps et tension) avec la fonction `numpy.loadtxt`. Calculer un tableau D_x contenant la variation de différence de marche depuis le début de l'enregistrement (en utilisant le temps et la vitesse).

[13] Télécharger le script [comptage.py](#), qui contient une fonction permettant de compter les franges dans l'interférogramme :

```
def comptage(Dx, J, eps=0):
    """ Comptage des franges dans un interférogramme sinsusoïdal
    Paramètres :
    Dx (numpy.ndarray) : tableau de la variation de différence de marche
    J (numpy.ndarray) : tableau contenant l'interférogramme
    eps (float) : tolérance pour le comparateur à hystérésis
    Renvois :
    d (numpy.ndarray) : tableau contenant les variations de différence de marche
    periode (numpy.ndarray) : tableau contenant les périodes
    indices (numpy.ndarray) : tableau contenant les indices où se produisent les changements
    """
    J -= J.mean()
    d = []
    indices = []
    if J[0] > 0 :
        signe = 1
    else:
        signe = -1
    for i in range(1, len(Dx)):
        if signe > 0 and J[i] < -eps:
            signe = -1
        elif signe < 0 and J[i] > eps:
            signe = 1
            d.append((Dx[i]+Dx[i-1])/2)
            indices.append(i)
    Np = len(d)-1
    periode = np.zeros(Np)
    for i in range(1, len(d)):
        periode[i-1] = d[i]-d[i-1]
    return np.array(d), np.array(periode), np.array(indices)
```

Le nombre de franges est $\text{len}(d)$.

[14] Compter les franges et en déduire la longueur d'onde avec son incertitude.