

## Programme de colle

Semaine 19 (du 09/02 au 13/02)

Les colles se déroulent en trois parties : une (au moins, il peut y en avoir plusieurs) question de cours tirée de la liste ci-dessous, puis un exercice imposé parmi ceux listés et enfin, si le temps le permet, un exercice au choix du collé.

### Partie 1 – Questions de cours

#### Interférométrie par division du front d'onde : fentes d'Young

- Définir et identifier le champ d'interférences, ainsi que la localisation des interférences
- Établir la différence de marche, le déphasage et l'ordre d'interférence
- Décrire la figure d'interférence : forme, paramètres (interfrange à exprimer)
- Perte de contraste par élargissement spatial de la source : établir le critère portant sur l'ordre d'interférence permettant de conserver une bonne cohérence spatiale
- Perte de contraste par élargissement spectral de la source : établir le critère portant sur l'ordre d'interférence permettant de conserver une bonne cohérence temporelle
- Interférences à  $N$  ondes :
  - Établir la formule fondamentale des réseaux
  - Exprimer l'intensité résultante
  - Déterminer la largeur des pics en fonction du nombre  $N$  d'ondes mises en jeu

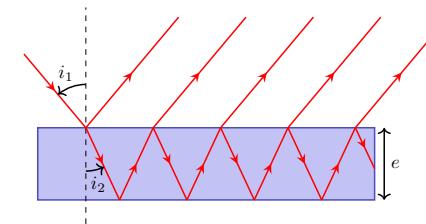
#### Interférométrie par division d'amplitude : Michelson

- Présenter le Michelson : rôle de la séparatrice-compensatrice, schémas, différentes configurations
- Présenter la configuration en lame d'air :
  - Conditions d'éclairage et d'observations
  - Calcul de la différence de marche
  - Intensité résultante, ordre d'interférence
  - Forme de la figure, rayon des anneaux
- Présenter la configuration en coin d'air :
  - Conditions d'éclairage et d'observations
  - Intensité résultante (différence de marche admise), ordre d'interférence
  - Forme de la figure, interfrange

### Partie 2 – Exercices imposés

#### Exercice 1 Couleurs des ailes des papillons

Certains papillons exotiques ont des couleurs iridescentes, c'est-à-dire qu'elles changent avec l'angle sous lequel on les observe. Cela est dû à un phénomène d'interférences se produisant sur une couche mince à la surface de leurs ailes. On modélise la surface de l'aile du papillon par une lame transparente d'épaisseur  $e = 190 \text{ nm}$  et d'indice de réfraction  $n = 1,5$  (supposé indépendant de la longueur d'onde  $\lambda$ ). Un rayon lumineux arrive avec un angle d'incidence  $i_1$  sur l'aile du papillon. On observe un ensemble de rayons réfléchis par l'aile, parallèles entre eux, à cause des réflexions multiples dans la lame (voir ci-dessous). On note  $\delta$  la différence de marche à l'infini entre deux rayons réfléchis successifs (par exemple les rayons 1 et 2).



1. Déterminer  $\delta$ .
2. Rappeler la condition générale d'interférences constructives portant sur  $\delta$ .
3. En incidence normale, quelle est la (ou les) longueur d'onde du domaine visible d'intensité non nulle après réflexions sur l'aile du papillon ?
4. Qu'en est-il sous l'incidence  $i_1 = 60^\circ$ ? Commenter.

#### Exercice 2 Anneaux d'égale inclinaison

On considère un interféromètre de Michelson réglé en lame d'air, à une distance  $e = 100 \mu\text{m}$  du contact optique. La source lumineuse est monochromatique de longueur d'onde  $\lambda = 550 \text{ nm}$  et éclaire l'interféromètre avec un angle d'ouverture  $\theta_{max} = 10^\circ$ .

1. Faire un schéma du montage.
2. Où sont localisées les interférences? Comment les observer?
3. Exprimer le nombre  $N$  d'anneaux visibles dans ces conditions, en fonction de  $e$ ,  $\lambda$  et  $\theta_{max}$ .
4. Calculer la valeur numérique de  $N$  ainsi que la valeur des ordres d'interférences correspondant à chaque anneau visible.
5. Déterminer le rayon du plus grand anneau visible.

#### Exercice 3 Michelson en coin d'air

Considérons un interféromètre de Michelson réglé de telle sorte que l'on observe des franges rectilignes avec une source étendue monochromatique ( $\lambda = 600 \text{ nm}$ ). On souhaite observer ces anneaux sur un écran placé à 1,80 m des miroirs en utilisant une lentille convergente placée à la sortie de l'interféromètre.

On rappelle qu'en configuration coin d'air, la différence de marche sur la surface de localisation est donnée par  $\delta = 2\alpha x$  avec  $\alpha$  l'angle entre les miroirs et  $x$  l'abscisse mesurée le long des miroirs à partir de l'arête du coin d'air.

1. Quelle est la valeur maximale de la focale utilisable?
2. On désire que l'interfrange sur l'écran soit dix fois plus grand que celui obtenu sur le miroir. Déterminer la distance focale à utiliser.
3. On mesure sur l'écran un interfrange de 1 cm. En déduire la valeur de  $\alpha$ .

**Exercice 4] Doublet jaune du mercure**

Le spectre d'émission du mercure contient de nombreuses raies, dont un doublet jaune de longueurs d'onde  $\lambda_1 = 577,0 \text{ nm}$  et  $\lambda_2 = 579,1 \text{ nm}$ . On note  $\lambda_m = (\lambda_1 + \lambda_2)/2$  la longueur d'onde moyenne et  $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$  l'écart spectral du doublet. Une lampe à vapeur de mercure suivie d'un filtre jaune approprié pour isoler le doublet jaune éclaire un interféromètre de Michelson réglé en lame d'air d'épaisseur  $e$ .

1. Exprimer l'intensité lumineuse au centre des anneaux sous la forme :

$$I = I_{moy} \left[ 1 + C(e) \cos \left( \frac{4\pi e}{\lambda_m} \right) \right]$$

que représente  $C(e)$  ?

2. Déterminer les épaisseurs  $e$  de la lame d'air donnant des interférences constructives au centre de l'écran.
3. Déterminer les épaisseurs  $e$  de la lame d'air donnant lieu à des anticoïncidences ( $C(e) = 0$ ) sur l'écran.
4. En déduire le nombre de fois où des interférences constructives sont observées au centre de l'écran entre deux anticoïncidences.

**Partie 3 – Exercices supplémentaires****Interférométrie par division du front d'onde**

- Interféromètres par division du front d'onde et applications
- Étude de réseaux optiques et applications

**Interférométrie par division d'amplitude : Michelson**

- Applications à la spectrométrie
- Applications à l'analyse d'objets (planéité d'un miroir, indice de lame, ...)