

# MP08 : Interférences lumineuses

## Matériel

- laser
- fentes d'Young
- écran
- lampe QI
- filtre AC
- fente source
- 2 lentilles
- CCD
- filtre interférentiel
- Michelson
- objectif de microscope

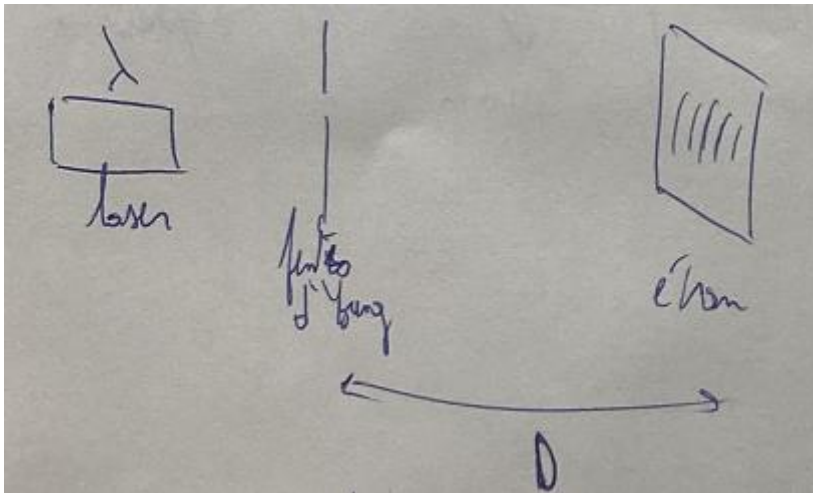
## Introduction

Le principe d'interférences lumineuses est né en même temps que la conception d'optique ondulatoire. Les premières lois de l'optique géométrique sont connues depuis l'antiquité, mais ce n'est qu'en 1801 que Young présente pour la première fois un dispositif d'interférences lumineuses basé sur une analogie avec les interférences sonores. Il tentait alors d'expliquer les irisations observées sur des surfaces striées. On observe aussi le phénomène sur des bulles de savons qui paraissent colorées. Dans la nature, la couleur de nombreux insectes est due à un phénomène d'interférences lumineuses : les ailes du papillon morpho sont recouvertes d'écailles transparentes et pourtant c'est une couleur bleu-vert de ses ailes que nous percevons.

Dans ce montage, nous allons illustrer le phénomène d'interférences lumineuses pour comprendre le phénomène physique observé dans les exemples cités juste avant.

## I Division du front d'onde

### 1) Observation sur un écran

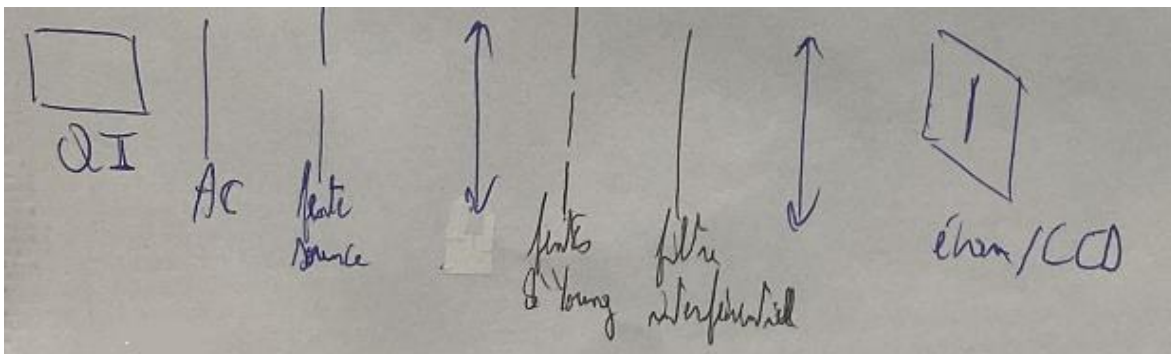


$$\text{Interfrange } i = \frac{\lambda D}{a}$$

On mesure  $D$  et  $i$ , on en déduit  $a$ .

Rappel autocollimation : placer un miroir après la lentille, on est à l'infini si l'image n'est pas modifiée en bougeant le miroir

## 2) Influence de la longueur d'onde



Utiliser CCD Ovio et mesurer l'interfrange (logiciel sur ordi) pour différentes longueurs d'onde

On trace  $i$  en fonction de  $\lambda$  (utiliser le carrousel de filtres interférentiels), la pente est  $\frac{f_2'}{a}$

A l'écran : on observe une irisation due à une mauvaise cohérence temporelle

Avec le filtre interférentiel, on peut dire que la cohérence temporelle est bonne, mais si on le retire, on observe un brouillage de l'image → superposition des figures d'interférences de toutes les longueurs d'onde → incohérence temporelle.

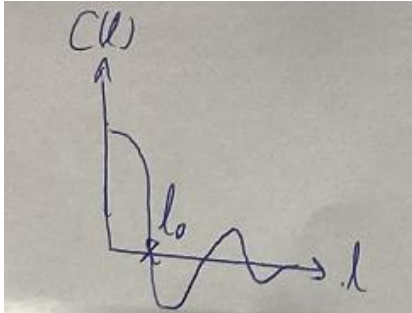
En prenant une fente source très fine, on observe un brouillage de la figure d'interférences → incohérence spatiale.

### 3) Cohérence spatiale

$I(M) = 2I_0(1 + \text{sinc}\left(\frac{\pi al}{\lambda f_1}\right) \cos\left(\frac{2\pi ax}{\lambda f_2}\right))$ , avec  $l$  la longueur de la fente source.

1<sup>er</sup> zéro de  $C(l)$  (inversion de visibilité) correspond à  $l_0$  : longueur de cohérence spatiale

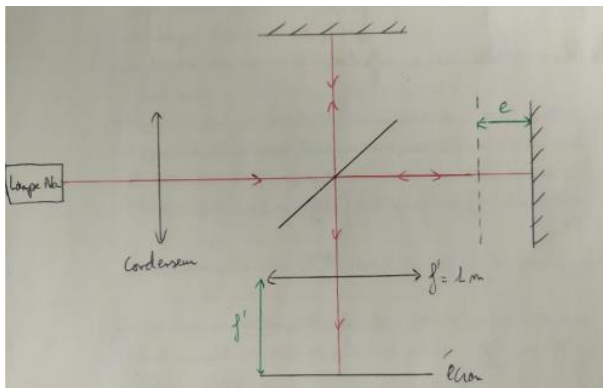
$$l_0 = \frac{\lambda f_1}{a}$$



$$C = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

## II Division d'amplitude : Michelson

On va donc utiliser l'interféromètre de Michelson réglé en lame d'air pour mesurer l'écart entre les deux raies du sodium. Avec l'interféromètre, on s'affranchit de la cohérence spatiale.

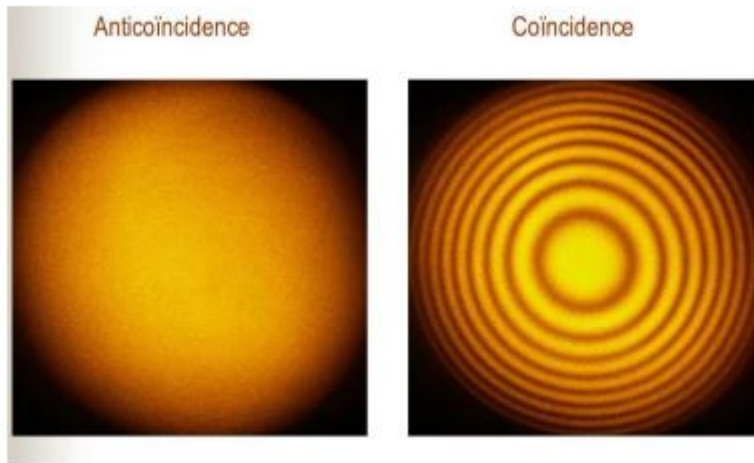


La longueur d'onde moyenne du doublet est  $\lambda_0 = 589,294 \text{ nm}$ .

On considère que l'on a deux ondes monochromatiques de longueur d'onde  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$  incohérentes entre elles. L'expression de l'éclairement est donc la suivante :

$$E(M) = 2E_0(1 + \cos\left(\frac{2\pi e \Delta \lambda}{\lambda_0^2}\right) \cos\left(\frac{4\pi e}{\lambda_0}\right))$$

On va donc observer un enchainement de coïncidences (terme de contraste vaut 1 donc on observe très bien les figures d'interférence) et d'anti-coïncidences (terme de contraste vaut 0 donc l'image est uniforme).



On choisit d'observer les anti-coïncidences car elles sont plus simples à repérer que les coïncidences.

Il y a anti-coïncidence quand  $C(e) = 0$ , c'est-à-dire  $x_p = \frac{\lambda_0^2}{2\Delta\lambda} p + cste$ ,  $x_p$  est la position du miroir mobile à l'ordre d'interférence  $p$ .

Pour régler le Michelson :

- Éclairer l'interféromètre avec un laser en incidence normale sur la séparatrice et placer l'écran parallèlement à la compensatrice : on observe de multiples taches, il faut les faire se recouvrir du mieux possible à l'aide des deux vis de la séparatrice/compensatrice

- Placer le laser en entrée de l'interféromètre (incidence normale sur le miroir M2), placer l'écran en sortie de l'interféromètre (à environ 1m) : on observe de multiples taches, il faut les faire se recouvrir au mieux à l'aide des vis grossières (miroir M2).

- Pour faciliter la suite du réglage, placer un objectif de microscope sur le laser : faire rentrer les anneaux jusqu'à n'en voir plus qu'un ou deux, retirer le laser et éclairer avec une lampe QI, placer un condenseur devant la lampe pour avoir le maximum d'anneaux (angle d'incidence assez grand).

Ensuite on se place au contact optique (anti-coïncidence) et on s'en éloigne petit à petit en repérant les anti-coïncidences successives (positions  $x_p$ ), ainsi on peut remonter à  $\Delta\lambda$ .

La résolution de l'interféromètre est limitée par le déplacement du miroir mobile car au bout d'un moment, on ne plus distinguer précisément où sont les anti-coïncidences.

## Conclusion

La couleur du morpho a été un débat entre Michelson partisan d'une couleur pigmentaire et Rayleigh qui proposait une couleur interférentielle, théorie qui l'a finalement emporté avec l'apparition des microscopes électroniques. Dans chaque situation on a vu que la nature de la source conditionnait l'observation d'interférences. Notre œil n'étant pas capable de séparer les couleurs d'un blanc d'ordre supérieur, il faut travailler avec une source monochromatique pour bien les observer, c'est ce qu'on a appelé la cohérence temporelle. De même une source étendue localise les interférences, pour bien les observer on a vu qu'une source ponctuelle était préférable, c'est ce que l'on a appelé la cohérence spatiale.

# Bibliographie

-Physique expérimentale, De Boeck

## Questions

- Quel est l'intérêt de la compensatrice (Michelson) ?
  - ➔ lame de même indice de réfraction et de même épaisseur que la séparatrice qui compense la différence de marche entre les rayons de longueurs d'onde différentes.
- La position de la CCD doit-elle être à la focale de la deuxième lentille ?
  - ➔ Oui car meilleur contraste
- Pourquoi utiliser des doublets ?
  - ➔ Pour ne pas avoir d'aberrations