

# Optique

Nathan MAILLET

## 1 Ondes lumineuses

### Intensité avec le modèle scalaire

Le vecteur de Poynting donne, avec le modèle scalaire :

$$I = \mathcal{E} \propto \langle s^2 \rangle \propto a^2$$

### Théorème de Mallus

Le théorème de Mallus est utile pour trouver la différence de marche. Il stipule que les surfaces d'onde sont orthogonales aux rayons lumineux.

## 2 Interférences

### Formule de Fresnel

En écrivant que pour deux ondes  $s_1$  et  $s_2$ ,  $I = \langle (s_1 + s_2)^2 \rangle$ , on trouve :

$$I(M) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos\left(\varphi(S_1) - \varphi(S_2) + \frac{2\pi\delta}{\lambda_0}\right)$$

Dans le cas où  $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_0$  et  $\varphi(S_1) = \varphi(S_2)$  on a donc :

$$\mathcal{E}(M) = 2\mathcal{E}_0 \left(1 + \cos\left(\frac{2\pi\delta}{\lambda_0}\right)\right)$$

### Contraste ou visibilité

On définit le contraste (ou visibilité) par :

$$C = V = \frac{\mathcal{E}_{\max} - \mathcal{E}_{\min}}{\mathcal{E}_{\max} + \mathcal{E}_{\min}}$$

### Fentes d'Young

Dans le cas des fentes d'Young on a  $\delta = \frac{ax}{D}$  avec  $a$  l'écartement entre les fentes,  $D$  la distance entre les fentes et l'écran et  $x$  la position du point sur

l'écran.

Dans ce cas, on a :  $i = \frac{\lambda_0 D}{a}$ . Si l'on ajoute une lentille avec des franges d'Young à l'infini, on a :  $\delta = \frac{ax}{f}$  et  $i = \frac{\lambda_0 f}{a}$ .

### Degré de cohérence temporelle

Dans le cas d'une onde polychromatique, on a :  $I \propto 1 + \gamma_t \cos(2\pi\delta\sigma_0)$ , avec  $\gamma_t$  le degré de cohérence temporelle.

Le degré de cohérence temporelle donne l'enveloppe de la courbe  $I(\delta)$ .

### Brouillage

Le contraste est maximal lorsque la différence des ordres  $p_1 - p_2$  est entier. Quand le contraste est nul, il y a anti-coïncidence et les brouillages sont donnés par  $p_1 - p_2 = q + \frac{1}{2}$  avec  $q \in \mathbb{Z}$ . Le premier brouillage est alors donné pour  $p_1 - p_2 = \delta\Delta\sigma = \frac{1}{2}$ .

### Finesse

On définit la finesse par :  $\mathcal{F} = \frac{\nu_0}{\Delta\nu} = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = \frac{\sigma_0}{\Delta\sigma}$

### Observation des interférences

Pour observer des interférences  $\delta$  doit vérifier :  $|\delta| < c\tau_c = l_c$ .  $l_c$  est alors la longueur de cohérence de la source lumineuse.

$\tau_c, \Delta\nu$  et  $l_c$  vérifient :

$$\tau_c \Delta\nu \sim 1 \text{ et } l_c \Delta\nu \sim c$$

### 3 Interféromètre de Michelson

#### Différence de marche

$\delta = 2ne \cos(i)$  avec  $i$  l'angle incident que fait le rayon en passant par l'image de  $(M_1)$  par la séparatrice.

Quand l'on place un verre d'indice  $n$  entre la séparatrice et un des miroirs et en notant  $\delta'$  la nouvelle différence de marche, on a  $|\delta - \delta'| = 2(n - 1)e$  car l'onde passe deux fois par le verre.

### 4 Diffraction

#### Ordres de grandeurs

La lumière diffractée est concentrée dans des directions limitées par rapport à la direction de l'onde incidente par le demi-angle  $\theta \sim \frac{\lambda}{a}$ .

Le rayon de la tache d'Airy est donné par :  $\sin(\theta) = \frac{0,61\lambda}{R}$

#### Critère de Rayleigh

Deux taches de diffraction sont séparées si le maximum central de l'une est au-delà du premier minimum de l'autre.

### 5 Réseaux de diffraction

Soit  $N$  le nombre de motifs,  $h$  le pas et  $L = Nh$  la largeur du réseau.

#### Maxima principaux

Les maxima principaux sont atteints pour un déphasage entre deux motifs successifs  $\varphi = 0[2\pi]$  ou encore  $\delta = p\lambda, p \in \mathbb{Z}$ . Sur la courbe  $I(\varphi)$ , les maxima principaux sont étroits avec :

- $N - 1$  annulations de l'Intensité
- $N - 2$  maxima secondaires (jamais observés en pratique quand  $N$  est grand)

#### Relation des réseaux

Relation des réseaux en prenant les angles dans le sens trigonométrique.  $i$  est l'angle de déviation.

Pour un réseau par transmission, on a :

$$h(\sin(\theta) - \sin(i)) = p\lambda = \delta, p \in \mathbb{Z}$$

Pour un réseau par réflexion, on a :

$$h(\sin(\theta) + \sin(i)) = p\lambda = \delta, p \in \mathbb{Z}$$

Avec d'autres conventions d'orientations pour les angles, les signes « + » et « - » sont inversés.

#### Pouvoir de résolution

Le pouvoir de résolution du réseau est défini par  $\mathcal{R} = \frac{\lambda}{\Delta\lambda_{\min}}$  On peut donc écrire :

$$\mathcal{R} = \frac{\lambda}{\Delta\lambda_{\min}} = |p| \cdot N$$

En écrivant la limite du critère de Rayleigh pour  $p > 0$ , on a :

$$\delta = \left(p + \frac{1}{N}\right) \lambda = p(\lambda + \Delta\lambda_{\min})$$

ce qui donne l'écriture finale du pouvoir de résolution.

#### Vocabulaire relatif au Michelson

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Séparatrice                 | Lame semi-réfléchissante                          |
| Division d'amplitude        | Conséquence de la séparatrice                     |
| Compensatrice               | Assure l'indépendance entre $\delta$ et $\lambda$ |
| Lame d'air                  | Espace entre $(M'_1)$ et $(M_2)$                  |
| Non localisé                | Observables dans tout l'espace                    |
| Contact optique             | Lame d'air d'épaisseur nulle                      |
| Éclairement uniforme        | $\delta(M) = 0$                                   |
| Franges d'égale inclinaison | $i = \text{cste}$                                 |
| Franges d'égale épaisseur   | Lame d'air constante                              |