Optique

Nathan Maillet

1 Notions générales sur les ondes lumineuses

Intensité avec le modèle scalaire

Le vecteur de Poynting donne, avec le modèle scalaire :

$$I = \mathcal{E} \propto < s^2 > \propto a^2$$

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 de deux ondes cohérentes

Formule de Fresnel

En écrivant que pour deux ondes s_1, s_2, $I =< (s_1 + s_2)^2 >$, 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 :

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

Contraste ou visiblité

On déinit le contraste (ou visiblité) 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'ondes polychromatiques, on a : $I \propto 1 + \gamma_t \cos(2\pi\delta\sigma_0)$ avec γ_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 données 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 δ 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

Remarque : Pour avoir une table du vocabulaire lié au Michelson, se référé à la fin de la fiche.

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 δ' 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 limités parrapport 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. Pour un réseau par transmission, on a : $h(\sin(\theta) - \sin(i)) = p\lambda = \delta, p \in \mathbb{Z}$ avec i l'angle de déviation Pour un réseau par réflexion, on a : $h(\sin(\theta) + \sin(i)) = p\lambda = \delta, p \in \mathbb{Z}$avec i l'angle d'incidence

---

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 $\mathcal{R} = \frac{\lambda}{\Delta\lambda_{textmin}}$ On peut donc écrire :

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

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

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

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 δ e
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 =cste
Franges d'égale épaisses	Lame d'air constante