23/03/21 Optique TSI2, Lycée Jules Ferry

Nom :

Interrogation de cours

Soit deux sources secondaires S_1 et S_2 issues d'une même source S qui émettent des ondes planes monochromatiques de pulsations respectives ω_1 et ω_2. On appelle $s_1(t)$ l'amplitude scalaire émise par S_1 et I_1 son intensité et $s_2(t)$ celle émise par S_2 d'intensité I_2.

1) Donner l'expression de $s_1(M,t)$ et $s_2(M,t)$.
En déduire l'expression de l'intensité lumineuse I(t) résultant de la superposition de ces deux ondes.
Sous quelles conditions les deux sources précédentes sont-elles dites cohérentes ? Comment s'écrit alors la formule de Fresnel ?

$$\begin{cases} s_1(M,t) = s_{1m}\cos\left(\omega_1 t - \frac{2\pi}{\lambda_1}(S_1M) + \varphi_{01}\right) = s_{1m}\cos\big(\omega_1 t - \varphi_1(M)\big) \\ s_2(M,t) = s_{2m}\cos\left(\omega_2 t - \frac{2\pi}{\lambda_2}(S_2M) + \varphi_{02}\right) = s_{2m}\cos\big(\omega_2 t - \varphi_2(M)\big) \end{cases}$$

La lumière étant une onde électromagnétique, on peut utiliser le théorème de superposition, l'onde résultante en M est donc : $s(M,t) = s_1(M,t) + s_2(M,t)$

$$I(M) = \langle s^2(M,t)\rangle = \langle (s_1(M,t) + s_2(M,t)^2)\rangle = \langle s_1^2(M,t) + s_2^2(M,t) + 2s_1(M,t)s_2(M,t)\rangle$$
$$= \langle s_1^2(M,t)\rangle + \langle s_2^2(M,t)\rangle + 2\langle s_1(M,t)s_2(M,t)\rangle = I_1(M) + I_2(M) + 2\langle s_1(M,t)s_2(M,t)\rangle$$

Avec :

$$\langle s_1s_2\rangle = \underbrace{\langle\frac{s_{1m}s_{2m}}{2}\cos\Big((\omega_1+\omega_2)t - \big(\varphi_1(M)+\varphi_2(M)\big)\Big)\rangle}_{=0} + \langle\frac{s_{1m}s_{2m}}{2}\cos\Big((\omega_1-\omega_2)t - \big(\varphi_2(M)-\varphi_1(M)\big)\Big)\rangle$$

$$\langle s_1s_2\rangle = \frac{s_{1m}s_{2m}}{2}\langle\cos\Big((\omega_1-\omega_2)t - \big(\varphi_2(M)-\varphi_1(M)\big)\Big)\rangle = \sqrt{I_1(M)I_2(M)}\langle\cos\big((\omega_1-\omega_2)t + \varphi(M)\big)\rangle$$

L'intensité lumineuse résultante se met alors sous la forme :

$$I(M) = I_1(M) + I_2(M) + 2\sqrt{I_1(M)I_2(M)}\big\langle\cos\big((\omega_1-\omega_2)t + \varphi(M)\big)\big\rangle \; avec \quad \varphi(M) = \varphi_2(M) - \varphi_1(M)$$

Deux sources sont dites **cohérentes**, lorsque l'intensité lumineuse résultante n'est pas la somme de leurs deux intensités, I_1 et I_2, il y a en plus un terme d'interférence.

$$I(M) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1I_2}\cos\big(\varphi(M)\big)$$

Deux sources cohérentes sont nécessairement **synchrones** : elles ont même pulsation.
Deux sources cohérentes doivent avoir un déphasage constant dans le temps.

2) Définir la notion de chemin optique (SM). Comment se simplifie-t-elle dans un milieu d'indice n constant ?
Exprimer l'amplitude lumineuse en fonction du chemin optique entre la source S_1 et le point M.
Exprimer l'intensité lumineuse I(t) résultant de la superposition de deux ondes en fonction de (S_1M) et (S_2M) et d'autres grandeurs pertinentes.

Le chemin optique (SM) représente la distance parcourue dans le vide pendant la durée réelle mise pour aller de S à M dans le milieu d'indice $n(M)$.
Dans le cas particulier d'un milieu homogène, le chemin optique de S à M est égal à : $(SM) = nSM$

$$s_1(M,t) = s_{1m}\cos\left(\omega_1 t - \frac{2\pi}{\lambda_1}(S_1M) + \varphi_{01}\right)$$
$$I(M) = I_1(M) + I_2(M) + 2\sqrt{I_1(M)I_2(M)}\big\langle\cos\big((\omega_1-\omega_2)t + \varphi(M)\big)\big\rangle$$
$$avec \quad \varphi(M) = \varphi_2(M) - \varphi_1(M) = \frac{2\pi}{\lambda_2}(S_2M) - \frac{2\pi}{\lambda_1}(S_1M) - \varphi_{02} + \varphi_{01}$$

3) Expliquer le modèle d'émission d'une source. Comment peut-on relier le temps de cohérence Δt et la largeur spectrale d'une source ? Deux formules sont attendues.

Pour modéliser les conditions microscopiques et expérimentales nécessaires à l'émission d'un rayonnement lumineux. On considère que le rayonnement émis par la source est constitué par la superposition de **trains d'onde**.
On peut relier la durée des trains d'onde à la largeur spectrale d'une source par :

$$\Delta f\Delta t \sim 1 \quad ou \quad \Delta\lambda\Delta t \sim \frac{\lambda^2}{c}$$