

# TP numéro 9 : optique physique (2)

Modèle scalaire de la lumière, nécessité d'un diviseur d'ondes

PC, 16 janvier 2009

## 1 Modèle scalaire de la lumière

### 1.1 Modèle ondulatoire

- L'onde scalaire monochromatique émise par la source  $S_i$  est :

$$a_i(S_i, t) = A_i \cos(\omega_i t + \varphi_i)$$

- En un point  $M$ , l'onde issue de  $S_i$  s'écrit :

$$a_i(M, t) = \alpha_i(M) A_i \cos[\omega_i (t - \delta t_i(M)) - \varphi_i]$$

- $\alpha_i(M)$  :
- $\delta t_i(M)$  :

### 1.2 Chemin optique

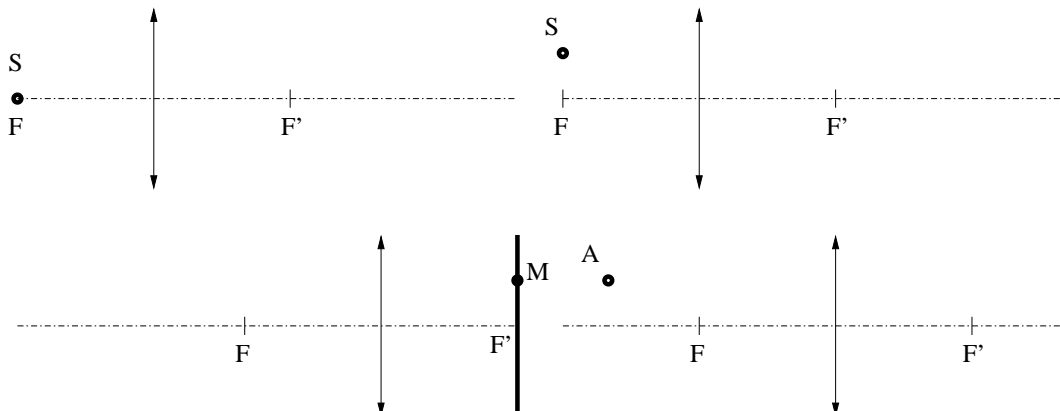
- Indice d'un milieu transparent :
- Chemin optique :

$$(A, B) = \int_A^B n(M) \cdot dl$$

- Sens physique :
- Nouvelle expression de la fonction d'onde en  $M$  issue de  $S_i$  :

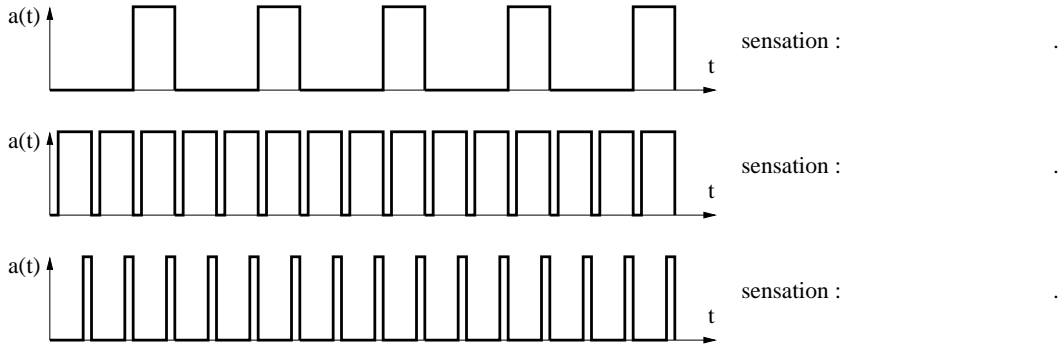
### 1.3 Surface d'onde, théorème de Malus

- Surface d'onde : ensemble de points  $M$  de l'espace où les ondes issues de  $S_i$  sont en phase.
- Théorème de Malus : les rayons lumineux sont perpendiculaires aux surfaces d'onde.
- Conséquence fondamentale, corollaire du théorème de Malus :



## 1.4 Éclairement

- Sensibilité de l'œil à une sollicitation stroboscopique :



- **Éclairement** : double de la valeur moyenne du carré de la fonction d'onde :

$$\mathcal{E}(M) = 2 \langle a^2(M, t) \rangle$$

- Dans le cas particulier de l'onde monochromatique :

$$\mathcal{E}(M) = \frac{2}{T} \int_0^T \alpha_i^2(M) A_i^2 \cos^2 [\omega_i (t - \delta t_i(M)) - \varphi_i] dt =$$

- Unité : le *candela* (cd).

## 2 Interférences à deux ondes

### 2.1 Interférences non localisées à deux ondes

- Soient  $S_1$  et  $S_2$  deux sources ponctuelles distinctes et  $M$  un point de l'espace affecté par les ondes issues de  $S_1$  et de  $S_2$ .
- L'éclairement **n'est pas la somme** des éclairements : on parle alors d'**optique ondulatoire**.  
Calcul de  $\mathcal{E}$  :

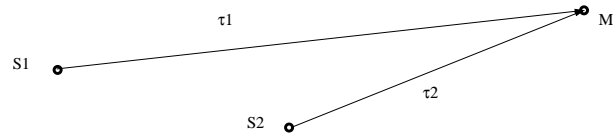
- Si  $\omega_1 \neq \omega_2$ , alors  $\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2$ .
- Si  $\omega_1 = \omega_2$ , alors

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + 2\sqrt{\mathcal{E}_1}\sqrt{\mathcal{E}_2} \cos \left( \varphi_2 - \varphi_1 + \frac{2\pi\delta}{\lambda} \right)$$

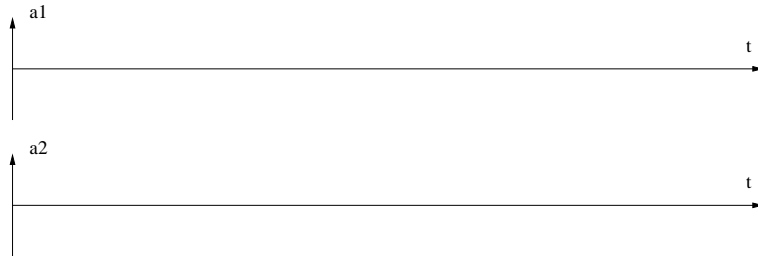
où  $\delta = (S_2M) - (S_1M)$  est la **différence de chemin optique ou différence de marche**.

### 2.2 Cohérence

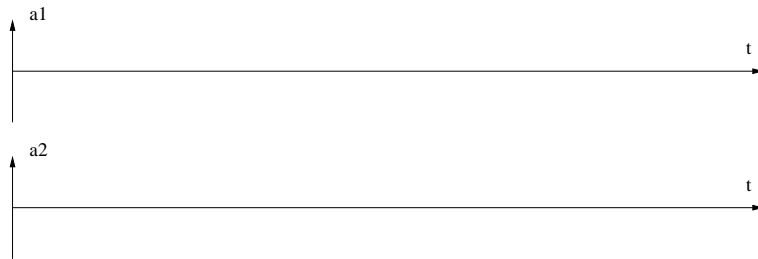
- La **durée de cohérence**  $\tau_c$  est la durée moyenne d'un train d'onde (de l'ordre de la centaine ou du millier de périodes pour une lampe à vapeur spectrale, beaucoup plus pour un LASER).
- La **longueur de cohérence** est la distance parcourue par la lumière dans le vide pendant  $\tau_c$  :  
 $\ell_c = c_0\tau_c$ .
- **Cohérence des sources** : soient  $\tau_1$  et  $\tau_2$  les délais de propagation de  $S_1$  à  $M$  et de  $S_2$  à  $M$ .



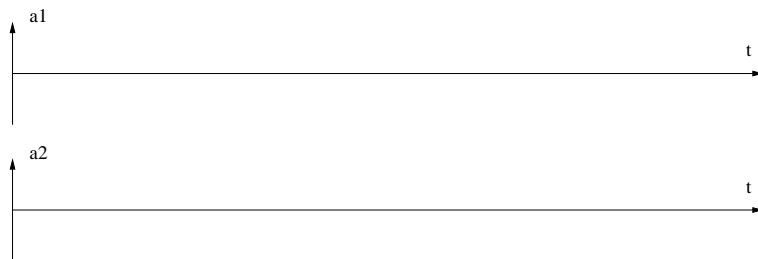
- Sources distinctes non accordées :



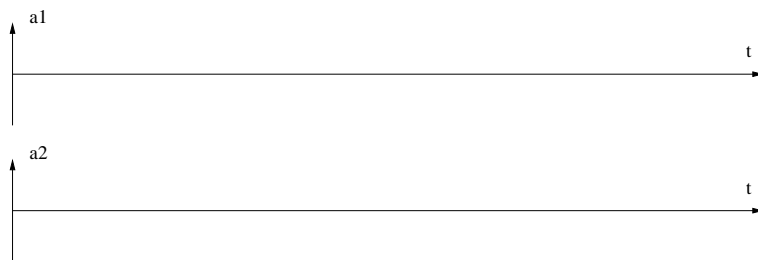
- Sources distinctes accordées : distribution aléatoire de  $\varphi_2 - \varphi_1$ .



- Source divisée avec décalage  $\tau_2 - \tau_1 > \tau_c$  ou  $\delta > \ell_c$  :



- Source divisée avec décalage  $\tau_2 - \tau_1 < \tau_c$  ou  $\delta < \ell_c$  :



### 2.3 Exemples de diviseurs d'onde

- Trous d'Young

► Lame d'air

► Coin d'air

## 2.4 Formule de Fresnel

► Cas général (lame ou coin d'air) : les deux sources divisées  $S_1$  et  $S_2$  sont en phase et cohérentes, elles ont un éclairement individuel respectif en  $M \mathcal{E}_1$  et  $\mathcal{E}_2$ . Formule de Fresnel :

$$\mathcal{E} =$$

► Cas de lames semi-réfléchissantes :  $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2$  d'où :  $\mathcal{E} =$

### 2.4.1 Figures d'interférences

► Champ d'interférences :  $\mathcal{Z}_I$

► Surface d'égal éclairement :

► Lorsqu'on visualise les éclairissements sur un écran, l'intersection des surfaces d'égal éclairement avec le plan de cet écran forme des franges.

- Franges brillantes :

- Franges sombres :

► Contraste :

$$C =$$

► Conséquence de la formule de Fresnel :

- Si  $\mathcal{E}_1$  et  $\mathcal{E}_2$  sont quelconques alors  $C =$

- Si  $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2$  alors  $C =$

► Ordre d'interférences :

► Frange centrale brillante :

► Conséquences de l'augmentation de l'ordre d'interférences :

