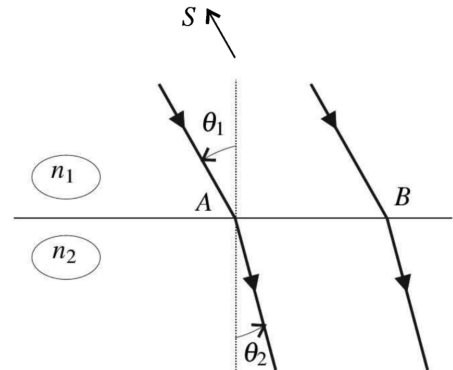


## TD n°17

### *Modèle scalaire des ondes lumineuses*

#### Exercice 1 : Accord de phase sur un dioptre

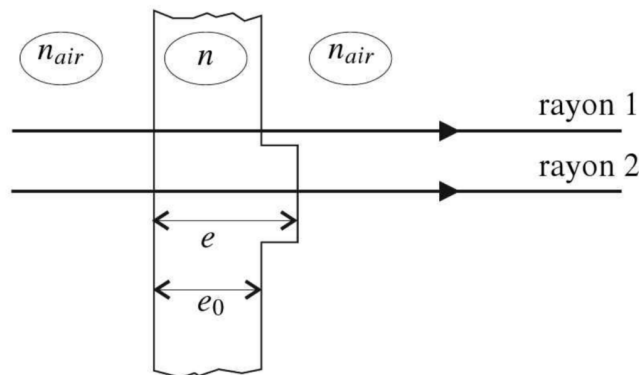
Une onde plane monochromatique émise par une source  $S$  arrive sur un dioptre plan séparant le milieu d'indice  $n_1$  (contenant la source) et le milieu d'indice  $n_2$ . On note  $\theta_1$  l'angle d'incidence sur le dioptre et  $\theta_2$  l'angle de réfraction. L'image de  $S$  et notée  $S'$ .



1. En faisant apparaître le point  $H$  situé sur le rayon passant par  $B$  tel que  $(SA) = (SH)$ , trouver une expression de  $(SB) - (SA)$  en fonction de  $n_1$ ,  $\ell = AB$  et  $\theta_1$ .
2. Trouver de même une expression de  $(AS') - (BS')$  en fonction de  $n_2$ ,  $\ell$  et  $\theta_2$ .
3. En déduire une relation entre  $\theta_1$  et  $\theta_2$  (mystère...).

#### Exercice 2 : Défaut sur une lame de verre

Une lame de verre, parfaitement transparente, à faces parallèles, d'indice de réfraction  $n$  et de faible épaisseur  $e_0$  présente un petit défaut où l'épaisseur devient  $e$ . Cette lame est éclairée par un faisceau de lumière parallèle issu d'une source monochromatique de longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0$ .



1. Déterminer le déphasage introduit entre les rayons 1 et 2 par la traversée de la lame.
2. Représenter sur la figure une surface d'onde avant la traversée de la lame et une surface d'onde après la traversée de la lame.

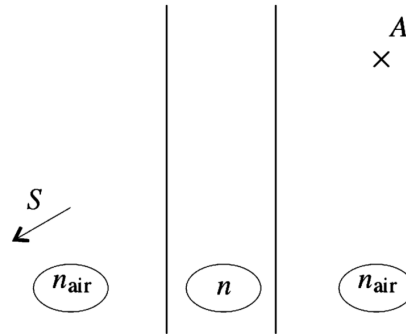
#### Exercice 3 : Raie quasi-monochromatique

Une raie spectrale d'une lampe au cadmium a pour caractéristiques : longueur d'onde moyenne  $\lambda_{0m} = 643,8 \text{ nm}$  et largeur en longueur d'onde  $\Delta\lambda = 1,3 \text{ pm}$ .

1. Quelle est sa couleur ?
2. Calculer la longueur de cohérence  $\ell_c$ , le temps de cohérence  $\tau_c$  ainsi que le nombre moyen d'oscillations par train d'onde.

### Exercice 4 : lame à faces parallèles

Une lame de verre à faces parallèles, d'épaisseur  $e$  et d'indice  $n$  est interposée entre une source  $S$  située à l'infini dans l'air d'indice  $n_{\text{air}}$  et un point  $A$  situé aussi dans l'air.



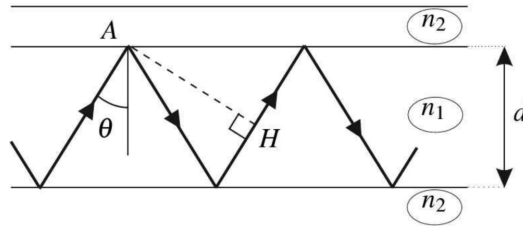
- Tracer soigneusement sur la figure précédente :
  - le rayon lumineux issu de  $S$  et qui arriverait sur  $A$  en absence de la lame ;
  - le rayon lumineux issu de  $S$  et qui arrive sur  $A$  en présence de la lame.

On s'intéresse à la grandeur  $\delta_l = (SA)_{\text{avec}} - (SA)_{\text{sans}}$ , différence des chemins optiques entre  $S$  et  $A$  en présence et en absence de la lame.

- Montrer que  $\delta_l = e(n \cos r - n_{\text{air}} \cos i)$  avec  $i$  et  $r$  respectivement les angles d'incidence et de réfraction des rayons lumineux sur la lame.
- Vérifier le résultat dans le cas où  $i = 0$  et donner une expression approchée de  $\delta_l$  au deuxième ordre lorsque  $i$  est très petit.

### Exercice 5 : Fibre optique à saut d'indice

Une fibre optique est modélisée par une lame de verre d'épaisseur  $d$  et d'indice  $n_1$  placée entre deux couches de verre d'indice  $n_2 < n_1$ . Les rayons lumineux suivent des trajets compris dans un plan perpendiculaire à la lame, du type de celui représenté sur la figure ci-dessous. La longueur d'onde des rayons lumineux est notée  $\lambda_0$ .



- Sous quelle condition portant sur l'angle  $\theta$ , le rayon est-il confiné dans la lame d'indice  $n_1$  ?
- Pour qu'il y ait propagation de l'énergie, l'onde doit être en phase aux points  $A$  et  $H$  de la figure. En déduire une nouvelle condition portant sur l'angle  $\theta$ .
- Chaque valeur de  $\theta$  correspond à un mode de propagation. Calculer le nombre de modes possibles si  $d = 50 \mu\text{m}$ ,  $\lambda_0 = 0,5 \mu\text{m}$ ,  $n_1 = 1,5$  et  $n_2 = 1,4$ .