TD n°17
Modèle scalaire des ondes lumineuses

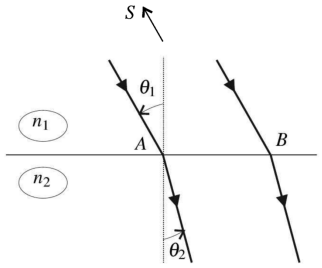
Exercice 1 : Action d'une lentille sur les surfaces d'ondes ⋆ | ⚓

Pour les questions suivantes, indiquer quel type de lentille utiliser, et le cas échéant où se trouve le centre de l'onde sphérique. Tracer un schéma sur lequel apparaissent les rayons lumineux et les surfaces d'onde.

1. Comment transformer une onde sphérique divergente en une onde plane ?
2. Une onde plane en une onde sphérique convergente ?
3. Une onde sphérique divergente en une onde sphérique convergente ?
4. Une onde plane en une onde sphérique divergente ?

Exercice 2 : 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 θ_1 l'angle d'incidence sur le dioptre et θ_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 θ_1.
2. Trouver de même une expression de $(AS') - (BS')$ en fonction de n_2, ℓ et θ_2.
3. En déduire une relation entre θ_1 et θ_2 (mystère...).

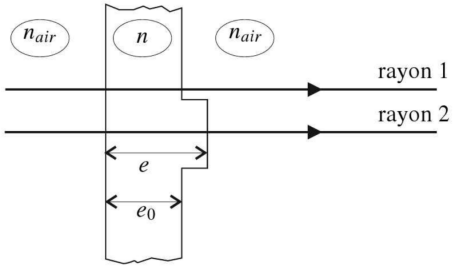
Exercice 3 : Raie quasi-monochromatique ⋆ | ⚓

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 ℓ_c, le temps de cohérence τ_c ainsi que le nombre moyen d'oscillations par train d'onde.

Exercice 4 : Défaut sur une lame de verre ⋆ | ⚓ ⛲

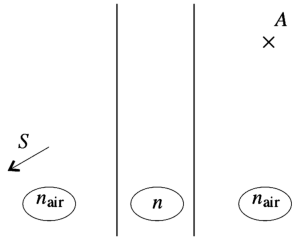
Une lame de verre, parfaitement transparente, à faces parallèles, d'indice de réfraction n et de faible épaisseur e_0 présente un petit défaut ou l'épaisseur devient e. Cette lame est éclairée par un faisceau de lumière parallèle issu d'une source monochromatique de longueur d'onde dans le vide λ_0.



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 5 : 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_{air} et un point A situé aussi dans l'air.



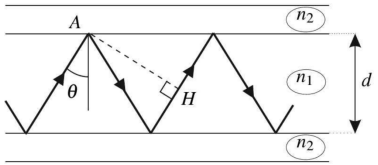
1. Tracer soigneusement sur la figure précédente :
   - le rayon lumineux issu de S et qui arriverait sur A en absence de la lame ;
   - le rayon lumineux issu de S et qui arrive sur A en présence de la lame.

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

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

Exercice 6 : 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 λ_0.



1. Sous quelle condition portant sur l'angle θ, le rayon est-il confiné dans la lame d'indice n_1 ?
2. 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 θ.
3. Chaque valeur de θ 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 $n_2 = 1{,}4$.