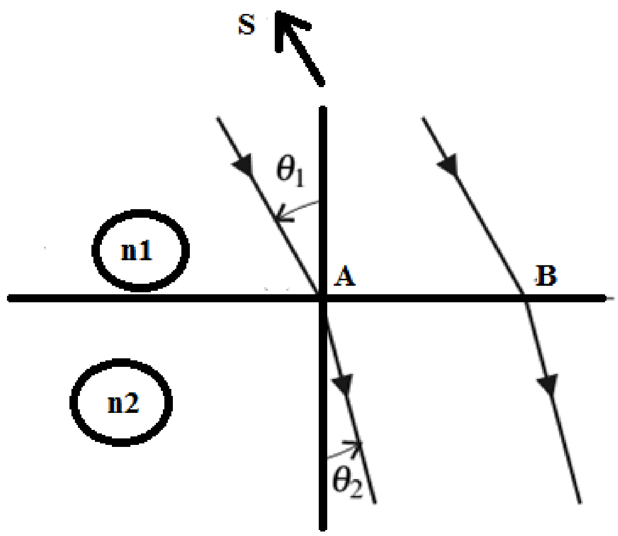
TD Optique Modèle scalaire

Exercice 1

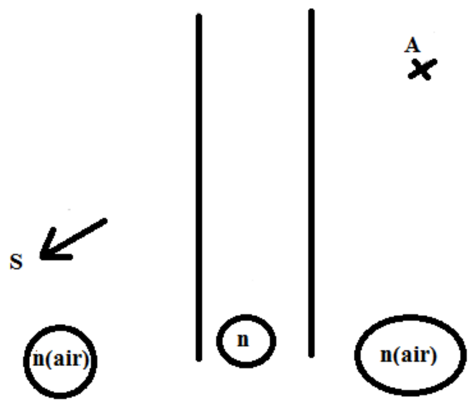
Une onde plane monochromatique émise par une source S tombe sur un dioptre plan séparant le milieu d'indice n_1 contenant la source d'un milieu d'indice n_2. On note θ_1 l'angle d'incidence sur le dioptre et θ_2 l'angle de réfraction.



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 L = AB et θ_1. Trouver de même une expression de (SB) − (SA) en fonction de L et θ_2. Montrer qu'on retrouve la loi de la réfraction liant θ_1 et θ_2.
2. On suppose que l'onde incidente et l'onde réfractée ont le même retard de phase au point A. Montrer qu'elles ont le même retard de phase en tout point M du dioptre.

Exercice 2

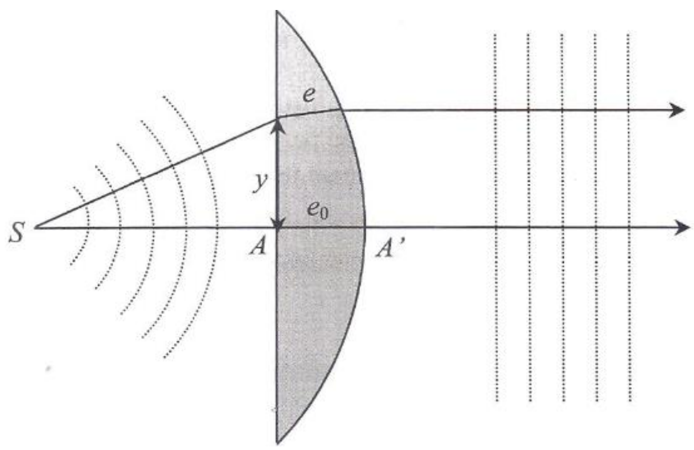
Une lame de verre à face parallèles, d'épaisseur e et d'indice n est interposée entre une source S située à l'infini dans l'air, d'indice n_{air}, et un point A situé aussi dans l'air.



1. Tracer soigneusement sur la figure précédente le rayon lumineux, issu de S, qui arriverait en A en l'absence de la lame, ainsi que le rayon qui arrive en A en présence de celle-ci.
2. On s'intéresse à la grandeur $\delta_{lame} = (SA)_{avec\ lame} - (SA)_{sans\ lame}$, différence des chemins optiques entre S et A en présence et en l'absence de la lame (ces chemins optiques sont infinis). Montrer que : $\delta = e(n \cos r - n_{air} \cos i)$ où i est l'angle d'incidence des rayons lumineux sur la lame et r l'angle de réfraction. Vérifier le résultat dans le cas où i = 0. Donner une expression de δ approchée au deuxième ordre lorsque l'angle i est très petit.

Exercice 3

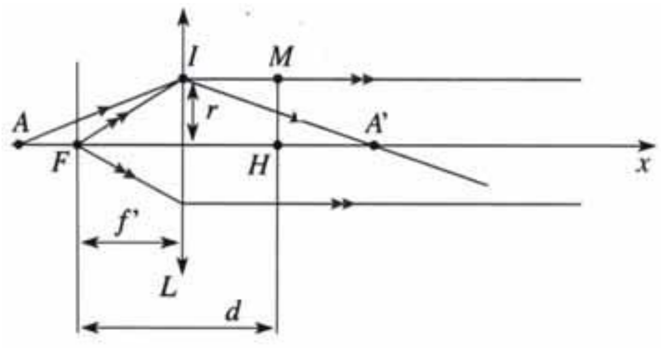
Une onde sphérique issue d'une source ponctuelle S est placée au foyer objet d'une lentille mince L plan convexe, de rayon de courbure R, d'indice de réfraction n et de distance focale f. Le milieu ambiant est l'air ($n \approx 1$). En écrivant que l'action de cette lentille est de déformer la surface d'onde de l'onde sphérique de façon à la rendre plane, on cherche à retrouver l'expression de la distance focale f de la lentille, en fonction de son indice n et de son rayon de courbure R.



1. Exprimer l'épaisseur e de verre traversée, en fonction de la distance y à l'axe de la lentille, de son rayon de courbure R et de son épaisseur maximale e_0 (voir le schéma ci-après). On supposera $y \ll R$ (rayon paraxial, dans le cadre de l'approximation de Gauss) et le rayon dans la lentille est horizontal.
2. On considère les points A et A', intersections de la surface de la lentille et de l'axe optique.
Tracer les surfaces d'ondes passant par ces deux points.
Noter B et B' les points de ces deux surfaces d'onde appartenant au rayon coupant la lentille à distance y de son axe.
3. Exprimer indépendamment les deux chemins optiques (AA') et BB'), en fonction de n, e_0, y, f et R (éliminer e en utilisant le résultat de la première question).
4. Quelle est la relation entre ces deux chemins optiques ? En déduire f en fonction de n et R.

Exercice 4 :

1) Relation de conjugaison d'une lentille mince



On considère le montage représenté ci-après. La lentille convergente L, de distance focale f', est taillée dans un verre d'indice n et son épaisseur maximale est e_0. Une source lumineuse ponctuelle est placée en son foyer F. Nous travaillons dans les conditions de Gauss.

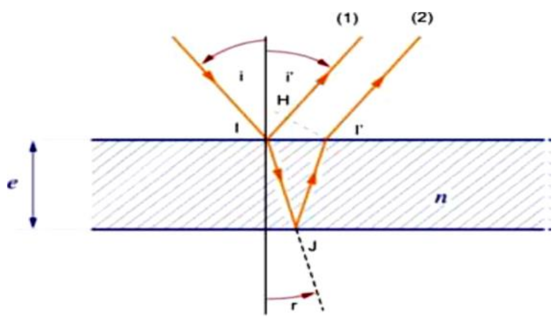
1.1) On veut déterminer l'épaisseur *e(r)* de la lentille en fonction de *r*.

1.1.1) Déterminer le chemin optique (FM) en fonction de *r, n, f', e(r)* et *d* (*e(r)* est l'épaisseur de la lentille à la distance r de l'axe optique).

1.1.2) Soit H la projection orthogonale de M sur l'axe optique. En utilisant le théorème de Malus, Déterminer le chemin optique (FM) en fonction de *n,* e_0 et *d.*

1.1.3) En déduire *e(r)* en fonction de *r, f', n,* et e_0.

1.2) Retrouver la relation de conjugaison, liant les abscisses x_A et $x_{A'}$ des deux points conjugués A et A'.



2) Soit un rayon de longueur d'onde *λ*, incliné d'un angle *i* par rapport à la normale d'une lame à faces parallèles d'épaisseur *e* et d'indice *n*. Il se réfléchit partiellement sur la première face et sur la deuxième face comme sur la figure. H est le projeté orthogonal de I' sur le rayon réfléchi 1.

Calculer, en détail, la différence de chemin optique δ_{12} en fonction de *e*, *n* et *r*.

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

3.1) Quelle est sa couleur ?

3.2) Montrer que la longueur de cohérence $l_c = \frac{\lambda_{0m}^2}{\Delta\lambda}$.

3.3) Calculer la longueur de cohérence l_c.

3.4) Calculer le temps de cohérence τ_c.

3.5) Calculer le nombre moyen N d'oscillations par train d'onde.