

TD S1– Propagation de la lumière

D.Malka – MPSI 2021-2022 – Lycée Jeanne d'Albret

S1.1 – Illustration du principe de Fermat App Re Va

Cet exercice vise à illustrer, sur un exemple simple, le principe de Fermat dont voici l'énoncé historique : *la lumière se propage d'un point à un autre en empruntant une trajectoire telle que la durée du parcours est minimale.* (1657)

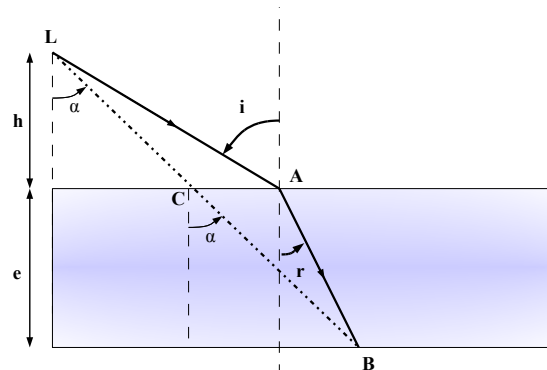


FIGURE 1 – Quel trajet pour la lumière ?

Données : $LC = 8,0 \text{ cm}$; $i = 60,0^\circ$; $h = 5,0 \text{ cm}$; $e = 6,0 \text{ cm}$; $n_{\text{air}} = 1$; $n = 1,5$.

Un rayon lumineux, issu d'une source laser L, se propage de L à B en passant par un bloc de verre d'indice n . On envisage le parcours de la lumière en présence et en l'absence de réfraction (fig.1).

- Parcours de la lumière en ligne droite** : exprimer puis calculer la durée Δt_1 de propagation de la lumière de L à B en passant par C.
- Parcours de la lumière avec réfraction** : exprimer puis calculer la durée Δt_2 de propagation de la lumière de L à B en passant par A.

- Quel est le trajet emprunté effectivement par la lumière pour aller de L à B ? Commenter.

S1.2 – Couleur de la lumière ? An Ea

On considère un faisceau lumineux rectiligne monochromatique de longueur d'onde $\lambda_0 = 650 \text{ nm}$ traversant se propageant dans l'air. Ce faisceau arrive en incidence normale un récipient rempli d'eau. Des petites particules en suspensions, que ce soit dans l'air ou dans l'eau, diffuse la lumière du faisceau dans toutes directions ce qui le « matérialise » (fig.2).

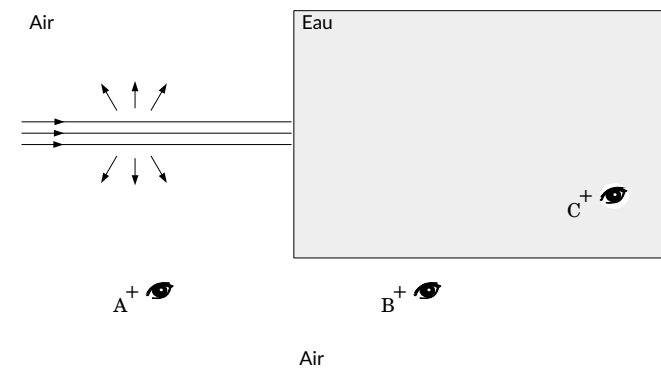


FIGURE 2 – Faisceau lumineux observé depuis différentes positions

- Représenter le trajet du faisceau lumineux.
- Calculer la longueur d'onde de la lumière dans l'eau.

3. Quel est la couleur de la lumière perçue par un observateur respectivement aux positions A, B et C ?

S1.3 – Incidence de Brewster An App Com Re

La figure 3 fournit des courbes relatives à la réflexion de la lumière à l'interface air/verre et à l'interface verre/air. *Aucune connaissance sur la polarisation de la lumière n'est nécessaire pour traiter cet exercice.*

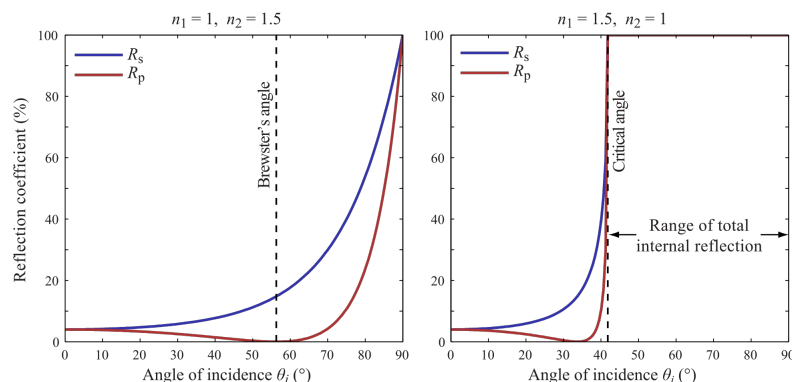


FIGURE 3 – La lumière naturelle peut-être décrite comme la superposition d'une onde lumineuse polarisée R_s et d'une onde lumineuse polarisée R_p .

1. **Réflexion verre/air.** Commenter la courbe correspondant à ce cas. Interpréter et retrouver le phénomène qui se produit pour $\theta_i = 42^\circ$.
2. **Réflexion air/verre.**
 - 2.1 On appelle incidence de Brewster θ_b , l'angle d'incidence pour lequel le rayon réfléchi est orthogonal au rayon réfracté. Déterminer numériquement θ_b à l'interface air/verre.
 - 2.2 Proposer une méthode pour engendrer un faisceau lumineux totalement polarisé R_s .

S1.4 – Thermomètre à mercure An App Re

On considère un thermomètre à colonne de mercure, de rayon a , dont l'enveloppe est un cylindre en verre de rayon R et d'indice n (fig.4). On cherche une

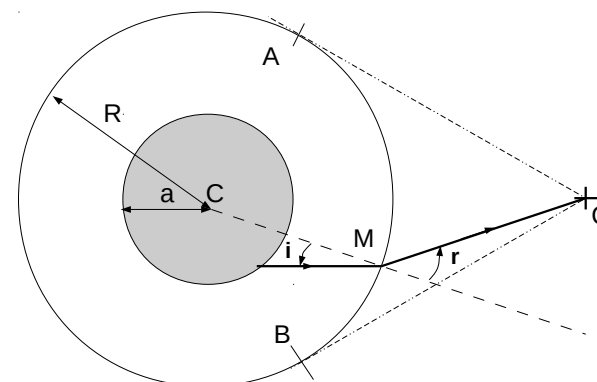


FIGURE 4 – Thermomètre à mercure vu de dessus

condition sur a , R et n tel que vu de l'extérieur (observateur en O) le cylindre semble entièrement rempli de mercure.

1. On considère le rayon incident issu du mercure et formant un angle r avec la normale en M après réfraction. On note i l'angle d'incidence.
 - 1.1 Donner une relation liant les angles i et r .
 - 1.2 Quelle est la plus grande valeur i_M autorisée pour i ?
2. En déduire que l'observateur voit le thermomètre entièrement rempli de mercure à condition que :

$$a > \frac{R}{n}$$

S1.5 – Mirages App An Re

Cet exercice est une introduction à la propagation de la lumière dans un milieu non homogène. Le but est d'interpréter qualitativement les phénomènes de mirages (froid et chaud). Ces illusions d'optiques apparaissent lorsque l'indice de l'air varie assez rapidement avec l'altitude.

1. **Mirages chauds**



FIGURE 5 – Un mirage chaud

Lorsque le sol est très chaud, la température de l'air est d'autant plus élevée qu'il est proche du sol. Plus l'air est chaud moins son indice optique est élevé. L'indice optique augmente donc avec l'altitude.

On décompose l'atmosphère en couches planes isothermes. C'est le modèle de l'atmosphère stratifiée (fig.6).

- 1.1 Montrer que, $n_k \sin(i_k) = \text{cste}$, où k désigne la $k^{\text{ième}}$ couche atmosphérique.
 - 1.2 Tracer les rayons réfractés par les couches d'air successives en faisant apparaître les angles d'incidence et de réfraction puis montrer que pour un angle d'incidence initial suffisamment grand, une réflexion totale se produit.
 - 1.3 Pour une variation continue de l'indice n , tracer qualitativement le trajet d'un rayon lumineux issu du ciel. Dans quel sens et dans quelle direction sa trajectoire est-elle courbée ?
 - 1.4 Interpréter alors le mirage chaud observé sur la photo fig.5. Faire un schéma.
2. **Mirages froids**
- Il arrive que la mer soit nettement plus froide que l'atmosphère. La température de l'air augmente alors avec l'altitude. Que peut-on observer si on regarde un bateau ou une île au loin ? Interpréter le mirage froid fig.7. Justifier par un schéma.

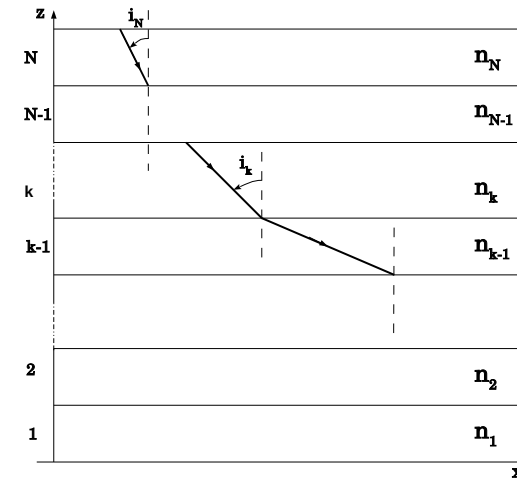


FIGURE 6 – Modèle de l'atmosphère stratifiée

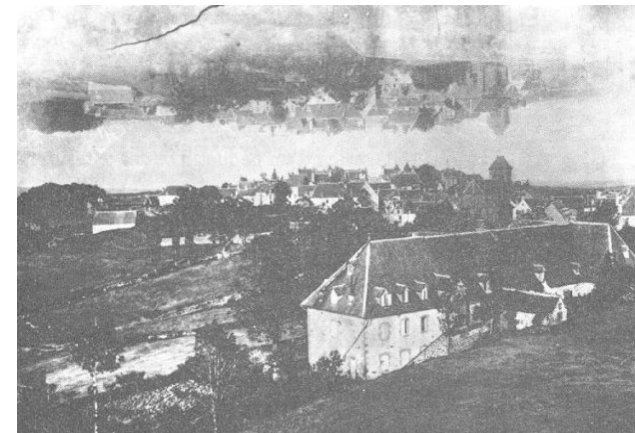


FIGURE 7 – Un mirage froid