



TD 3 - Bases de l'optique géométrique

Notions et capacités mises en œuvre dans ce TD

- ✓ Utiliser l'expression reliant l'énergie d'un photon à la fréquence
- ✓ Etablir la relation entre longueur d'onde dans le vide et longueur d'onde dans le milieu
- ✓ Relier la longueur d'onde dans le vide et la couleur
- ✓ Lois de Descartes
- ✓ Etablir la condition de réflexion totale
- ✓ Etablir les expressions du cône d'acceptance et de la dispersion intermodale d'une fibre à saut d'indice

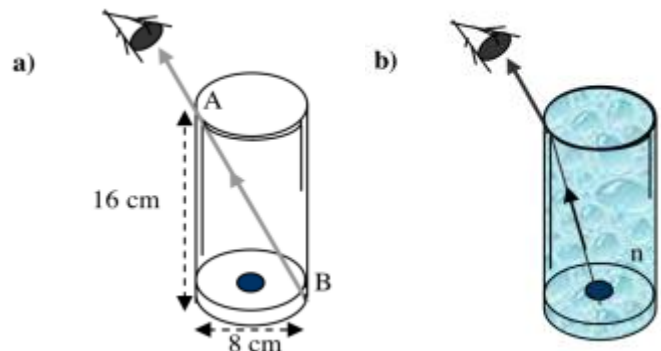
Exercices

Exercice n° 1 : Rayons réfractés (★)

Vous êtes placé près d'un verre opaque de telle façon que pour votre œil, le bord supérieur du verre A et le bord inférieur B opposé soient alignés (a). Vous ne pouvez donc pas voir directement le centre du fond du verre. Le verre est un cylindre à bords fins de 16 cm de hauteur et de 8 cm de diamètre.

Alors que vous gardez l'œil dans la même position, un ami le remplit à ras bord avec un liquide transparent. Vous voyez alors une pièce centrée au fond du verre (b).

Quel est, au minimum, l'indice de réfraction du liquide ?



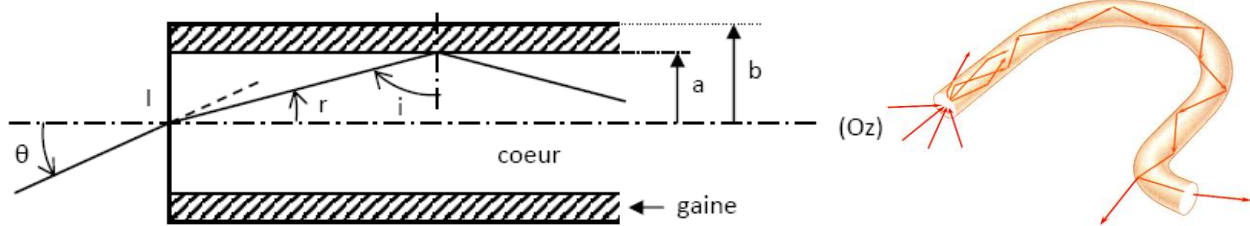
Exercice n° 2 : La grenouille invisible (★★)

Pour se cacher des prédateurs, une grenouille s'est cachée sous un nénuphar qui flotte sur l'étang. La grenouille a une hauteur $h = 8$ cm et sa tête touche le nénuphar. Le nénuphar est un disque de rayon R et d'épaisseur négligeable.

- 1) La grenouille est supposée centrée sur le nénuphar. Faire un schéma de la situation en plaçant la grenouille (représentée par un trait vertical) et le nénuphar (représenté par un trait horizontal).
- 2) A l'aide d'un schéma, expliquer pourquoi la grenouille peut ne pas être vue quelle que soit la position du prédateur.
- 3) Quel est le rayon minimal R_0 du nénuphar pour la grenouille ne soit pas visible par un prédateur situé en-dehors de l'eau ? On prendra $n_{\text{eau}} = 1.33$.

Exercice n° 3 : Fibre optique à saut d'indice (★★★)

On considère une fibre optique à saut d'indice, formée d'un cœur cylindrique d'axe (Oz) , de rayon a , d'indice uniforme n_1 , entouré d'une gaine d'axe (Oz) , de rayon extérieur b et d'indice $n_2 < n_1$. Le milieu extérieur est l'air. Un rayon pénètre dans la fibre avec une incidence θ .



- 1) Montrer que le rayon lumineux est guidé dans le cœur si l'angle i d'incidence entre le cœur et la gaine est supérieur à une valeur critique i_c que l'on exprimera en fonction de n_1 et n_2 .
- 2) Calculer i_c pour $n_1 = 1,456$ (silice) et $n_2 = 1,410$ (silicone).
- 3) Exprimer en fonction de n_1 et n_2 , l'angle limite θ_0 d'incidence du rayon sur la face d'entrée de la fibre optique, correspondant à une propagation possible dans la fibre.

Lorsqu'on émet une impulsion lumineuse extrêmement brève au niveau de la face d'entrée de la fibre, des rayons lumineux sont émis dans toutes les directions de propagation possible. Il se pose alors le problème de l'élargissement temporel au niveau de la face de sortie, puisque tous les rayons n'arrivent pas en même temps : certains ont un trajet plus long à parcourir que d'autres.

On note L la longueur totale de la fibre et c la vitesse de la lumière dans le vide.

- 4) Exprimer en fonction de L , c et n_1 la durée de propagation τ d'un rayon qui suit l'axe (Oz) sur toute la longueur de la fibre.
- 5) On considère le rayon d'angle d'incidence maximale θ_0 qui « zigzague » dans la fibre sur toute la longueur de la fibre. Exprimer la longueur L' du trajet qu'il suit en fonction de L et de l'angle de i_c .
- 6) Soit τ' la durée de propagation de ce rayon zigzaguant. Montrer que : $\tau' = (n_1/n_2) \tau$
- 7) Calculer la différence $\Delta\tau$ des durées de propagation des deux rayons particuliers envisagés.
Données : $L = 1,0$ km, $n_1 = 1,456$, $n_2 = 1,410$, et $c = 3,0 \cdot 10^8$ m. s⁻¹.
- 8) On envoie en entrée de la fibre des impulsions lumineuses très brèves avec une période T (cf. figure). Dessiner de la même manière l'allure des impulsions reçues en sortie de la fibre. (En supposant que celles-ci ne se recouvrent pas).



- 9) À quelle fréquence maximale f peut-on émettre des impulsions lumineuses en entrée qui soient « séparées » en sortie ? Calculer la valeur numérique de f .

Exercice n° 4 : Plongée sous-marine (Résolution de problème)

Les plongeurs, lorsqu'ils relèvent la tête vers la surface de l'eau, ont l'impression de voir un « gouffre lumineux » appelé fenêtre de Snell, c'est-à-dire un disque lumineux entouré d'obscurité.

Expliquez le phénomène observé et estimez la profondeur à laquelle se trouve le plongeur ayant pris la photo ci-dessous.

Données :

Une tortue marine mesure en moyenne 90 cm de long.

Indice optique de l'eau : $n = 1,33$

