



TD O1 | Optique

**Spectres et signaux**

exercice sera corrigé en TD ;



exercice classique / important ; à maîtriser pour les concours ;



niveau de difficulté de l'exercice.

Parcours d'entraînement :

Je suis à l'aise avec le chapitre	Exercices 1, 5, 6, 7 et 8
Je ne suis pas à l'aise	Exercices 1, 2, 3, 4, 5, 6

Maîtriser son cours**Exercice 1 : Célérité et longueur d'onde dans milieu matériel ?***d'après A. Laffrique*

L'indice de l'eau étant de 1,33 et celui du verre étant de 1,46, calculer :

- ① la célérité de l'onde dans ces deux milieux ;
- ② la longueur d'onde du rayonnement émis par un laser hélium-néon, de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 632,8 \text{ nm}$, dans ces deux milieux. Quelle est la couleur du laser dans chacun des milieux ?

Exercice 2 : Passage d'un rayon lumineux de l'air au verre*d'après A. Laffrique*On considère un rayon lumineux passant de l'air d'indice $n_1 = 1,0$ vers un verre d'indice $n_2 = 1,5$.

- ① Que vaut l'angle de réfraction pour un angle d'incidence de 30° ?
- ② Existe-t-il un angle de réfraction limite ? Si oui, calculer sa valeur.

Exercice 3 : Passage d'un rayon lumineux du verre vers l'air*d'après A. Laffrique*On considère un rayon lumineux passant d'un verre d'indice $n_1 = 1,5$ vers l'air d'indice $n_2 = 1,0$.

- ① Que vaut l'angle de réfraction pour un angle d'incidence de 30° ?
- ② Existe-t-il un angle de réfraction limite ? Si oui, calculer sa valeur.

Exercice 4 : Fréquence longueur, longueur d'onde et célérité



d'après A. Laffrique

- ① Rappeler à quel intervalle de longueurs d'onde dans le vide correspond la lumière visible. Quel est l'intervalle correspondant en fréquence ?
- ② Quelle est la période d'une onde monochromatique de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 589 \text{ nm}$ (raie jaune du sodium) ?
- ③ On considère un faisceau laser rouge, sa longueur d'onde dans le vide valant $\lambda_1 = 632 \text{ nm}$. Le faisceau pénètre dans l'eau d'indice $n = 1,3$. Que deviennent la période et la longueur d'onde de l'onde lumineuse ? Quelle est la couleur du faisceau laser dans l'eau ?
- ④ Déterminer la vitesse de propagation de la lumière dans le diamant d'indice $n = 2,4$.

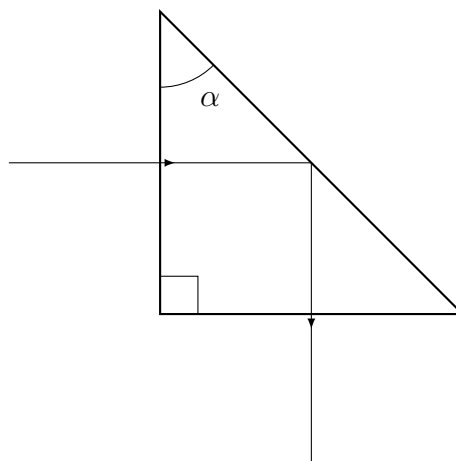
Approfondir son cours

Exercice 5 : Prisme à réflexion totale



d'après A. Laffrique

On souhaite que le trajet des rayons lumineux dans un prisme à $\alpha = 45^\circ$ soit celui reproduit dans la figure ci-dessous. Le prisme, d'indice n , est placé dans l'air d'indice $n_a = 1,00 < n$.



- ① Expliquer pourquoi le rayon n'est pas dévié à l'entrée du prisme.
- ② Que vaut l'angle d'incidence sur l'hypoténuse ?
- ③ À quelle condition sur l'indice du prisme la réflexion totale est-elle possible ? Commenter.

Exercice 6 : Fibre optique à saut d'indice



d'après J.P Perez

Une fibre optique cylindrique se compose de deux milieux coaxiaux transparents, homogènes et isotrope de telle sorte que l'indice optique du cœur n_1 soit supérieur à l'indice optique de la gaine n_2 .

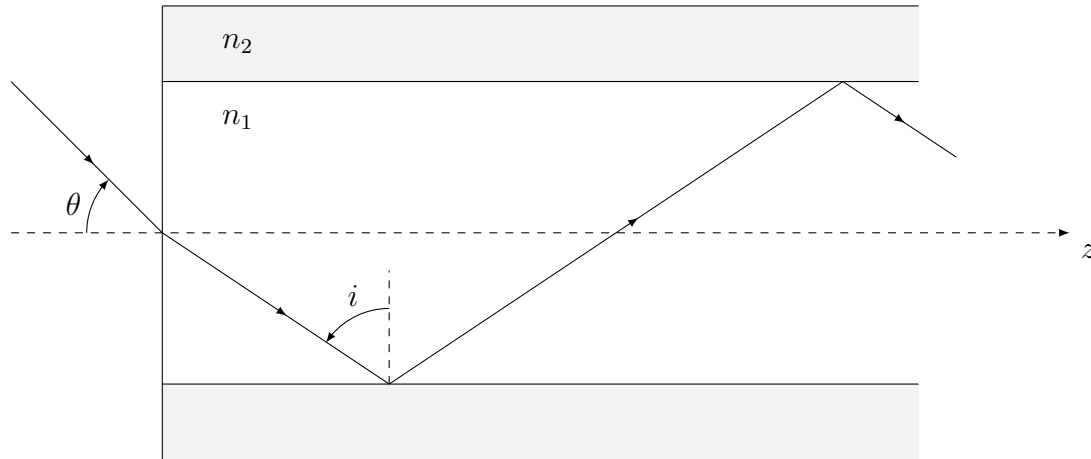


FIGURE 1 – Fibre à saut d'indice

- ① Montrer que le rayon ne peut se propager dans la fibre que si l'angle d'incidence i est supérieur à un angle i_0 que l'on exprimera en fonction de n_1 et n_2 .
- ② La face d'entrée de la fibre est plane et normale à Oz . Soit θ l'angle que fait, dans l'air d'indice $n_a = 1,0$, le rayon avec la normale à la face d'entrée. Déterminer, en fonction de n_1 et n_2 l'angle d'acceptance θ_0 correspondant à i_0 .
- ③ Faire l'application pour i_0 et θ_0 numérique pour $n_1 = 1,5$ et $n_2/n_1 = 0,99$.

Aller plus loin

Exercice 7 : Réfractomètre d'Abbe



E. Thibierge, J.P. Pérez

Un réfractomètre d'Abbe est un appareil servant à mesurer des indices optiques, très utilisé notamment à des fins de caractérisation rapide d'échantillons. Ce réfractomètre est composé de deux prismes identiques, d'indice $n_0 = 1,732$, à base en forme de triangle rectangle. L'angle au sommet β vaut 60° . Entre ces prismes est intercalé un film de liquide d'indice n que l'on cherche à déterminer. Pour ce faire, le réfractomètre est éclairé par la face de gauche par un rayon d'angle d'incidence i réglable.

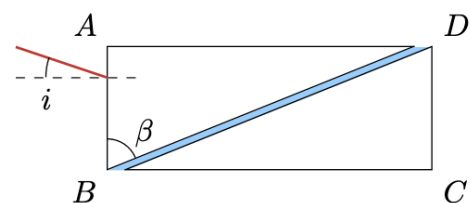


FIGURE 2 – Réfractomètre d'Abbe

- ① Si le rayon sort par la face de droite, quelle sera sa direction ? Répondre par un argument physique sans calcul, éventuellement à confirmer (ou deviner !) par un schéma propre.
- ② Expliquer comment la mesure de l'angle d'incidence pour laquelle le rayon transmis ne sort plus par la face de droite mais par la face supérieure permet d'en déduire la valeur de l'indice du liquide.
- ③ Que vaut cet indice si l'angle d'incidence critique vaut $18,0^\circ$?
- ④ Quelles sont les limites d'utilisation du dispositif ?

Exercice 8 : Détecteur de pluie sur un pare-brise



E. Thibierge, A. Laffrique

Cet exercice propose de s'intéresser à un modèle simplifié du système de détection automatique de pluie qui commande la mise en route des essuies-glaces d'une voiture.

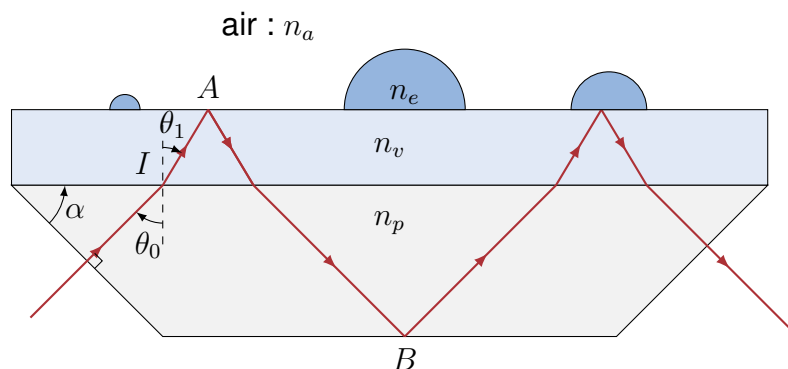


FIGURE 3 – Principe de fonctionnement d'un détecteur de pluie

De plus en plus fréquent pour finalement devenir un équipement généralisé sur presque toutes les gammes de véhicules, le système d'essuie-glace automatique est aujourd'hui un accessoire banal. Cependant, si la grande majorité des gens a compris que cet ensemble était composé d'un capteur couplé à de l'électronique, peu de monde sait réellement comment le capteur fonctionne. Voici l'explication d'un des procédés les plus utilisés.

Comme indiqué sur le schéma, un bloc de plexiglas biseauté situé à l'intérieur du bloc rétroviseur est collé au verre du pare-brise. Une diode électroluminescente (DEL) envoie un pinceau lumineux infrarouge en incidence normale sur le biseau.

Un capteur lumineux mesure en permanence l'intensité de la lumière en sortie de la pièce biseautée : plus il y a d'eau sur la vitre, plus elle est faible. Le capteur de pluie pilote ainsi l'essuie-glace en fonction de la quantité d'eau détectée et sélectionne automatiquement la vitesse de balayage la plus efficace.

Données :

↪ angle du biseau : $\alpha = 50^\circ$;

↪ indices optiques :

- ▶ plexiglas $n_p = 1,50$;
- ▶ verre du pare-brise $n_v = 1,55$;
- ▶ eau $n_e = 1,33$.

- ① Pourquoi utilise-t-on un rayonnement infrarouge ?
- ② Montrer qu'à l'interface entre le plexiglas et le verre $\theta_0 = \alpha$. Aide :  le biseau ne fait pas un angle de 45° .
- ③ En déduire la valeur de θ_1 . Commenter.
On suppose pour toute la suite que la différence d'indice entre le plexiglas et le verre est suffisamment faible pour pouvoir négliger tous les phénomènes de réflexion et réfraction à cette interface. En particulier, l'angle d'incidence en A est égal à θ_0 .
- ④ En l'absence de pluie, existe-t-il un rayon réfracté au point A ou au point C ? Justifier.
- ⑤ En présence de gouttes de pluie sur le pare-brise, placées comme sur la figure, existe-t-il un rayon réfracté au point C ? Justifier.
- ⑥ Expliquer pourquoi, plus il y aura de gouttes sur le pare-brise, moins l'intensité lumineuse reçue par le capteur sera importante.

Éléments de réponse

Exercice 6

$$i_0 = 81,9^\circ$$

$$\theta_0 = 12,1^\circ$$

Exercice 7

$$n = 1,32$$

Exercice 8

Angles limites de réfraction : $40,2^\circ$ et $51,9^\circ$