

TD 1 - Réflexion, réfraction - Corrigé

1 Détecteur de pluie sur un pare brise - II

Dans cet exercice on va s'intéresser à un modèle simplifié de détecteur de pluie sur le pare brise d'une voiture (figure 1). Un bloc de plexiglas biseauté est collé au verre du pare brise. Une diode électroluminescente (DEL) envoie un faisceau infrarouge en incidence normale sur le biseau, un capteur mesure l'intensité du faisceau en sortie du plexiglas : plus il y a d'eau sur la vitre, plus elle est faible. La vitesse de balayage des essuies-glace est alors choisie en fonction.

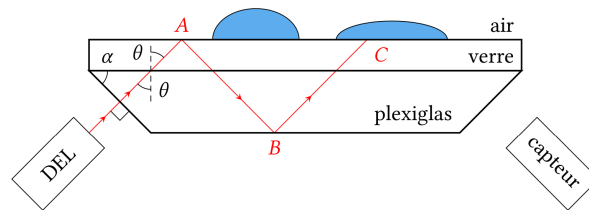


FIGURE 1 – Schéma simplifié d'un détecteur de pluie

Données :

- Angle du biseau $\alpha = 50^\circ$
- Indices optiques : verre $n_v = 1,5$; eau $n_e = 1,33$

L'indice optique du plexiglas étant très proche de celui du verre, on considère qu'ils sont égaux et on néglige tout phénomène de réflexion/réfraction à l'interface verre-plexiglas.

1. Pourquoi utilise-t-on un rayonnement infrarouge ?

Réponse

Un rayonnement infrarouge est invisible et non dangereux et ne gêne ainsi ni les passagers ni les autres conducteurs.

2. Montrer que $\theta = \alpha$

Réponse

On appelle β l'angle tel que $\beta + \theta = \pi/2$. Géométriquement, on montre que

$$\alpha + \beta = \pi/2 \quad (1)$$

et ainsi

$$\alpha = \theta \quad (2)$$

3. En l'absence de pluie, justifier qu'il y a réflexion totale aux points A et C. Comment est alors l'intensité en sortie ?

Réponse

Il faut calculer l'angle limite de réflexion totale à l'interface verre-air. Cet angle est

$$i_{\text{lim}} = \arcsin(1/n_v) = 42^\circ \quad (3)$$

L'angle d'incidence à l'interface est $\theta = \alpha = 50^\circ > i_{\text{lim}}$. Il y a donc bien réflexion totale en A , donc en C car la situation est la même. Aucune énergie n'est perdue au cours des réflexions, l'intensité en sortie est donc maximale.

4. En présence de pluie, comme sur la figure 1, y a-t-il toujours réflexion totale en C ? Justifier.

Réponse

En présence de pluie, l'angle limite de réflexion totale change, il devient

$$i'_{\text{lim}} = \arcsin\left(\frac{n_e}{n_v}\right) = 42^\circ \quad (4)$$

Or l'angle d'incidence est toujours $\theta = 50^\circ$, on a donc ici $\theta < i'_{\text{lim}}$, il n'y a plus réflexion totale.

5. Expliquer pourquoi plus il y aura de pluie sur le pare-brise plus l'intensité en sortie sera faible.

Réponse

Plus il y a de pluie, plus il y a de gouttes d'eau présentes aux zones où le faisceau se réfléchit et donc plus il y a de perte d'intensité du faisceau par réflexion.

2 Distance apparente et poisson - III

Un pêcheur, les pieds dans l'eau, désire harponner un poisson nageant à 20 cm sous l'eau (indice de réfraction de $n = 1,33$) dans une rivière de 50 cm de profondeur. On suppose qu'il se trouve en O , proche de la verticale du poisson P et de son image P' (figure 2). On considère que l'indice optique de l'air est 1.

On donne l'approximation suivante, dite des "petits angles", valable pour un angle θ en radians, avec $\theta \ll \pi$

$$\tan \theta \simeq \theta \quad ; \quad \sin \theta \simeq \theta \quad ; \quad \cos \theta \simeq 1 \quad (5)$$

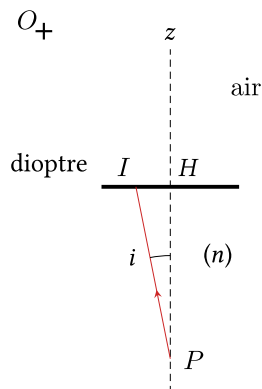


FIGURE 2 – Schéma de la situation

1. Reproduire le schéma et le compléter. Construire l'image P' du poisson par le dioptre, point d'intersection des rayons issus de P et passant par le dioptre. On notera i' l'angle réfracté.

Réponse

Schéma complété sur la figure 3. L'image du poisson est donc virtuelle.

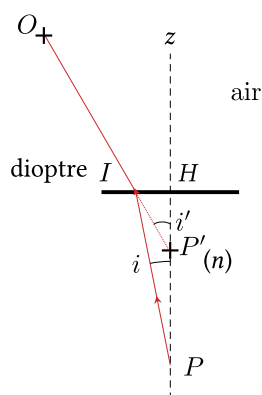


FIGURE 3 – Schéma complété

2. Donner la relation reliant l'angle i' , la distance HI et la profondeur apparente du poisson HP' . De même, donner une relation entre i , HI et la profondeur du poisson HP .

Réponse

On raisonne dans le triangle $P'IH$:

$$\tan i' = \frac{IH}{HP'} \quad (6)$$

et de même dans le triangle PIH

$$\tan i = \frac{IH}{HP} \quad (7)$$

3. En déduire une relation entre i , i' , HP et HP' .

Réponse

On a ainsi

$$IH = HP \tan i = HP' \tan i' \quad (8)$$

4. Quelle approximation peut-on faire sur l'angle d'incidence i et sur l'angle de réfraction i' ?

Réponse

Le plongeur étant proche de la verticale du poisson, on fait l'approximation des petits angles et ainsi

$$\tan i \simeq i \quad ; \quad \tan i' \simeq i' \quad (9)$$

5. En déduire l'expression de HP' en fonction de HP et n . Calculer la profondeur apparente du poisson.

Réponse

De plus, en utilisant la loi de la réfraction de Snell-Descartes

$$n \sin i = \sin i' \quad (10)$$

et dans l'approximation des petits angles

$$ni \simeq i' \implies \frac{i'}{i} \simeq n \quad (11)$$

D'où

$$HP' = HP \frac{i}{i'} = \frac{HP}{n} \quad (12)$$

Or $n > 1$ donc $HP' < HP$, c'est bien ce qu'on observait sur le schéma, c'est cohérent. L'application numérique donne

$$HP' = 38 \text{ cm.} \quad (13)$$

6. Quel est le meilleur moyen pour le pêcheur de réussir son coup ?

Réponse

Le plus efficace est se placer à la verticale du poisson ($i = 0$), il voit alors correctement sa position.

3 Réfractomètre à fil - III

Un réfractomètre est un dispositif de mesure d'indice de réfraction. Deux fils horizontaux et parallèles A_1 et A_2 , distantes de a , sont maintenus à la surface d'un liquide d'indice optique n . Le liquide est placé dans une cuve de hauteur H réglable, dont le fond est un miroir plan.

On observe le fil A_2 sous une incidence i_0 donnée, la hauteur H est réglée pour que l'image du fil A_1 par le miroir se superpose au fil A_2 .

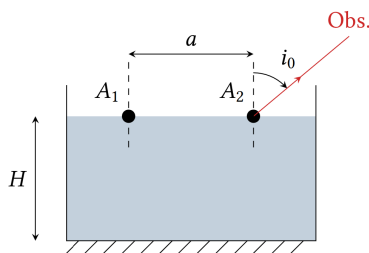


FIGURE 4 – Schéma du réfractomètre

1. Reproduire le schéma, et le compléter.

Réponse

Schéma complété sur la figure 5. Pour que l'image de A_1 réfléchi dans le miroir se superpose à celle d' A_2 , il faut que l'angle i (défini sur le schéma) soit tel que

$$n \sin i = \sin i_0 \quad (14)$$

le rayon issu de A_2 et le rayon réfractés sont alors bien superposés.

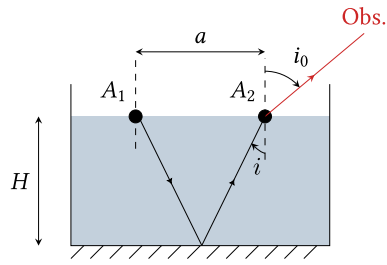


FIGURE 5 – Schéma complété

2. Exprimer l'indice n en fonction de i_0 , a et H .

Réponse

On utilise notre schéma complété (ainsi que le théorème de Pythagore) pour exprimer $\sin i$

$$\sin i = \frac{a/2}{\sqrt{H^2 + a^2/4}} \quad (15)$$

Et ainsi

$$n = \frac{\sin i_0}{\sin i} = \frac{2 \sin i_0 \sqrt{H^2 + a^2/4}}{a} \quad (16)$$

qu'on peut réécrire

$$n = \sin i_0 \sqrt{1 + \frac{4H^2}{a^2}} \quad (17)$$