

## RÉFRACTION - exercices

### A. EXERCICES DE BASE

#### I. Pêche au harpon

• Un pêcheur désire harponner un poisson nageant à 20 cm de profondeur, dans une rivière dont la hauteur d'eau est de 50 cm.

- À cause de la réfraction, à quelles profondeurs respectives le pêcheur voit-il le poisson et le fond ?
- Comment doit-il modifier le lancer de son harpon pour en tenir compte ?

Donnée : l'indice de l'eau (par rapport à l'air) est :  $n = 1,33$ .

#### II. Thermomètre à mercure

• Un thermomètre à mercure comporte un tube cylindrique en verre d'indice  $n = 1,5$  et de rayon extérieur est  $R$ . Quel doit être le rayon intérieur  $r$  pour que le mercure paraisse remplir tout le diamètre du tube ?

♦ remarque : pour simplifier les calculs, on peut raisonner pour un observateur regardant le thermomètre à une distance beaucoup plus grande que son rayon.

### B. EXERCICES D'APPROFONDISSEMENT

#### III. Échelle dans un aquarium

• Un amateur de poissons verts observe un aquarium rempli d'une hauteur d'eau de 20 cm ; son œil est situé 10 cm plus haut que la surface de l'eau et à 50 cm en avant de la paroi arrière de l'aquarium (ce qui correspond à 30 cm de la paroi avant).

- La paroi arrière de l'aquarium est décorée d'une échelle comportant 9 barreaux : un tous les 2 cm.

1. • Compte tenu de la réfraction, on veut étudier comment l'individu voit les barreaux à travers la surface de l'eau ; peut-on raisonner dans l'approximation des petits angles ?

♦ remarque : on n'étudie pas ici la façon dont il voit les barreaux à travers la face avant de l'aquarium.

2. • En supposant que les barreaux sont vus dans le même plan vertical que celui dans lequel ils se trouvent réellement (c'est vrai dans l'approximation des petits angles), à quelles profondeurs respectives l'individu voit-il les barreaux à travers la surface de l'eau ?

☞ indication : il peut être judicieux de résoudre certaines équations par des méthodes numériques.

3. a) Madame Xlbtz regarde l'échelle en se tenant debout, donc les deux yeux à la même hauteur. Voit-elle effectivement les barreaux dans le même plan vertical que celui dans lequel ils se trouvent réellement ?

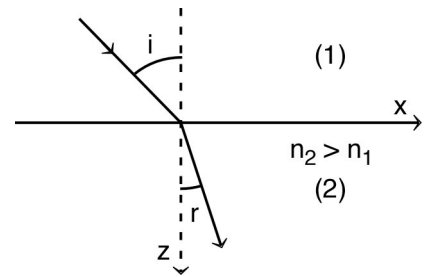
b) Monsieur Xlbtz regarde l'échelle en se tenant allongé horizontalement sur un divan, donc les deux yeux à la verticale l'un de l'autre. Voit-il effectivement les barreaux dans le même plan vertical que celui dans lequel ils se trouvent réellement ?

Donnée : l'indice de l'eau (par rapport à l'air) est :  $n = 1,33$ .

#### IV. Interprétation corpusculaire de la lumière

• Avant la réalisation d'expériences d'interférences (décisives pour confirmer la nature ondulatoire de la lumière) et en particulier à l'époque de Newton, de nombreux physiciens considéraient que la lumière consistait en une "pluie" de particules de lumière (photons), de masse trop petite pour être mesurée.

• Dans ce modèle, on décrit le passage des photons d'un milieu (1) vers un milieu (2) d'indice optique plus grand (au sens de la théorie ondulatoire) comme associé à une variation de leur vitesse causée par une force au niveau de la surface limite, où se produit également une déviation (réfraction).



1. a) D'après la symétrie du milieu de propagation (indépendamment des photons réfractés), quelle direction peut-on mettre en évidence ?

b) Si on suppose qu'une force de cette direction agit sur les photons traversant la surface, la diminution de l'angle ( $r < i$ ) dans le cas  $n_2 > n_1$  correspond-elle à une augmentation ou une diminution de la vitesse ?

2. a) En supposant une force  $\vec{F}$  normale constante, agissant pendant une durée  $\delta t$  lors de la traversée d'une épaisseur  $\delta z$  très petite au voisinage de la surface, écrire la relation fondamentale de la dynamique exprimant la force en fonction du changement de vitesse ?

b) Du théorème de l'énergie cinétique, déduire une autre relation entre force et variation de vitesse.

c) Montrer que cela correspond à considérer que l'épaisseur  $\delta z$  est traversée à la vitesse "moyenne"

(en projection) :  $\langle v_z \rangle = \frac{1}{2}(v_{1z} + v_{2z})$ .

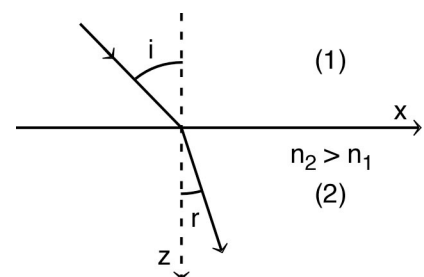
d) Dans cette théorie, l'indice optique était interprété comme un nombre proportionnel à la vitesse de propagation des photons selon le milieu considéré, c'est-à-dire que la relation caractéristique de la réfraction est écrite sous la forme :  $v_1 \sin(i) = v_2 \sin(r)$ . En déduire une expression de la force en fonction de  $m$ ,  $\delta z$ ,  $v_1$  et de l'indice relatif  $n = \frac{n_2}{n_1}$ .

e) Quelle propriété en déduit-on pour l'épaisseur  $\delta z$  si on suppose que la force ne dépend que des propriétés relatives des milieux (décrites par l'indice relatif  $n$ ) ?

#### V. Interprétation corpusculaire de la lumière

• Avant la réalisation d'expériences d'interférences (décisives pour confirmer la nature ondulatoire de la lumière) et en particulier à l'époque de Newton, de nombreux physiciens considéraient que la lumière consistait en une "pluie" de particules de lumière (photons), de masse trop petite pour être mesurée.

• Dans ce modèle, on décrit le passage des photons d'un milieu (1) vers un milieu (2) d'indice optique plus grand (au sens de la théorie ondulatoire) comme associé à une variation de leur vitesse causée par une force au niveau de la surface limite, où se produit également une déviation (réfraction).



1. a) D'après la symétrie de l'expérience (le milieu de propagation et les photons réfractés), quelle direction peut-on mettre en évidence ?

b) Si on suppose qu'une force parallèle à la surface de séparation agit sur les photons traversant cette surface, la diminution de l'angle ( $r < i$ ) dans le cas  $n_2 > n_1$  correspond-elle à une augmentation ou une diminution de la vitesse ?

2. a) En supposant une force  $\vec{F}$  constante, parallèle à la surface, agissant pendant une durée  $\delta t$  lors de la traversée d'une épaisseur  $\delta z$  très petite au voisinage de la surface, écrire la relation fondamentale de la dynamique exprimant la force en fonction du changement de vitesse ?

b) Peut-on proposer une expression vectorielle, construite à partir du vecteur unitaire normal  $\vec{u}_z$  et de la vitesse  $\vec{v}_1$ , pour essayer de justifier un tel type de force ?