

## PHY NYC – Exercice de révision pour le Chapitre 2

### « Jurassic Park » SOLUTION

(a)

$$n_1 = 1 \text{ (air)}$$

$$n_2 = ? \text{ (ambre)}$$

$$\theta_1 = 30$$

$$\theta_2 = 90 - 71,1 = 18,9$$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow 1 \times \sin 30 = n_2 \times \sin 18,9 \Rightarrow n_2 = 1,54$$

(b)

D'après le texte de la question, on a que :

$$y_o = 3 \text{ mm}$$

$$y_i = 3,9 \text{ mm}$$

$R = -3 \text{ cm}$  car la lumière part du moustique et arrive dans la caméra.

On peut premièrement obtenir une relation entre  $q$  et  $p$  :

$$g = \frac{y_i}{y_o} = -\frac{n_1 q}{n_2 p} \Rightarrow \frac{3,9}{3} = -\frac{1,54 q}{1 p} \Rightarrow q = -0,844 p$$

On peut ensuite substituer ce  $q$  dans l'équation des dioptries sphériques pour trouver  $p$  :

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{n_2 - n_1}{R} \Rightarrow \frac{1,54}{p} + \frac{1}{-0,844 p} = \frac{1 - 1,54}{-3} \Rightarrow \frac{0,36}{p} = 0,18 \Rightarrow p = 2 \text{ cm}$$

Donc le moustique est situé à 2 cm à gauche de la paroi de la sphère, donc à 1 cm à droite du centre de la sphère.

(c)

$$n_1 = 1,54$$

$$n_2 = 1$$

$$p = 4 \text{ cm}$$

$$R = -3 \text{ cm}$$

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{n_2 - n_1}{R} \Rightarrow \frac{1,54}{4} + \frac{1}{q} = \frac{1 - 1,54}{-3} \Rightarrow q = -4,88 \text{ cm}$$

Donc l'image se forme à 4,88 cm à droite de la paroi gauche de la sphère.

$$\frac{y_i}{y_o} = -\frac{n_1 q}{n_2 p} \Rightarrow \frac{y_i}{3} = -\frac{1,54}{1} \times \frac{-4,88}{4} \Rightarrow y_i = 5,63 \text{ mm}$$

L'image a une hauteur de 5,63 mm.

(d)

Si l'œil est à 20 cm de la paroi gauche de la sphère, il voit une image de 5,63 mm située à 24,88 cm de lui :

$$\alpha_i = \arctan(0,563/24,88) = 1,30^\circ$$

S'il n'y avait pas de sphère d'ambre, l'œil verrait le moustique de 3 mm de haut situé à 24 cm de lui :

$$\alpha_o = \arctan(0,3/24) = 0,716^\circ$$

On applique ensuite la formule de grandissement angulaire :

$$G = \frac{\alpha_i}{\alpha_o} = \frac{1,30^\circ}{0,716^\circ} = 1,82$$

(e)

Calculs pour la première interface :

$$n_1 = 1$$

$$n_2 = 1,54$$

$$R = +3 \text{ cm}$$

$$p = \infty$$

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{n_2 - n_1}{R} \Rightarrow \frac{1}{\infty} + \frac{1,54}{q} = \frac{1,54 - 1}{3} \Rightarrow q = 8,56 \text{ cm}$$

Donc en traversant la première interface, les rayons essaient d'aller converger à un endroit situé à 8,56 cm à droite de la première interface.

Calculs pour la deuxième interface :

$$n_1 = 1,54$$

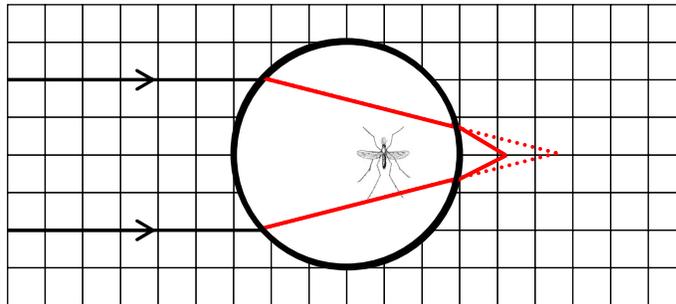
$$n_2 = 1$$

$$R = -3 \text{ cm}$$

$p = -2,56 \text{ cm}$  (\*objet virtuel car c'est un faisceau convergent qui entre dans la deuxième interface)

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{n_2 - n_1}{R} \Rightarrow \frac{1,54}{-2,56} + \frac{1}{q} = \frac{1 - 1,54}{-3} \Rightarrow q = 1,28 \text{ cm}$$

Donc en sortant de la deuxième interface, les rayons convergent sur un point situé à 1,28 cm à droite de la deuxième interface.



(f)

Comme la somme des angles d'un quadrilatère est  $360^\circ$ , l'angle d'incidence du rayon sur la face du bas est :

$$\theta_1 = (360 - 71,1 - 90 - 65) - 90 = \theta_1 = 43,9^\circ$$

L'angle critique pour des rayons qui passent de l'ambre ( $n = 1,54$ ) à l'air ( $n = 1$ ) est :

$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \sin 90 \Rightarrow 1,54 \sin \theta_c = 1 \sin 90 \Rightarrow \theta_c = 40,5^\circ$$

Donc il subit une réflexion totale interne, car  $\theta_i > \theta_c$  ;  $\theta_i = 43,9^\circ$  ;  $\theta_c = 40,5^\circ$

(g)

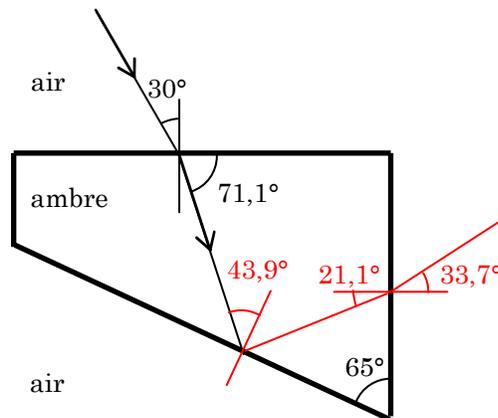
Comme la somme des angles d'un triangle est égale à  $180^\circ$ , l'angle d'incidence du rayon sur la face de droite est :

$$\theta_1 = 90 - [180 - 65 - (90 - 43,9)] = \theta_1 = 21,1^\circ$$

On applique ensuite la loi de la réfraction :

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow 1,54 \sin 21,1 = 1 \sin \theta_2 \Rightarrow \theta_2 = 33,7^\circ$$

Donc lorsque le rayon sort de la face verticale, il forme un angle de  $33,7^\circ$  avec la normale.



(h)

Le rayon initial dans l'air allait : vers la droite, à  $60$  degrés sous l'horizontale et le rayon final va maintenant : vers la droite, à  $33,7$  degrés au-dessus de l'horizontale. Donc on peut directement voir qu'il a été dévié de  $\delta_{\text{tot}} = 93,7^\circ$  dans le sens antihoraire.

OU (autre méthode) calculer chacun des 3  $\delta$  et les additionner pour avoir le  $\delta_{\text{tot}}$  :

Première réfraction :  $\delta_1 = 30 - [90 - 71,1] = 11,1^\circ$  dans le sens horaire ;

Réflexion totale interne :  $\delta_2 = 180 - 43,9 - 43,9 = 92,2^\circ$  dans le sens antihoraire ;

Deuxième réfraction :  $\delta_3 = 33,7 - 21,1 = 12,6^\circ$  dans le sens antihoraire ;

$\delta_{\text{tot}} = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = (-11,1) + 92,2 + 12,6 = \delta_{\text{tot}} = 93,7^\circ$  dans le sens antihoraire