Problème de révision : Gustave le plongeur

Un masque de plongée est constitué d'une visière de 1 cm d'épaisseur en verre ($n = 1{,}5$) dont le côté intérieur est situé à 10 cm des yeux du plongeur. L'intérieur du masque est rempli d'air ($n = 1$). Si le masque de plongée est ordinaire, la visière est parfaitement plane.

Gustave peut voir clairement lorsqu'il fait de la plongée dans l'eau ($n = 1{,}33$) avec un masque ordinaire jusqu'à une distance de 1,80 m. Évaluez la courbure extérieure de la visière d'un masque de plongée qui permettrait à Gustave de voir à l'infini lorsque celui-ci effectue de la plongée dans l'eau sachant que la courbure intérieure de la visière demeure plane.

P.S. Gardez 4 chiffres significatifs dans vos calculs.

Solution : Gustave le plongeur

Évaluons la position de l'objet (objet initiale) par rapport au dioptre 1 (eau-verre) :

$$p = 180 - d_{masque} - e_{visière} \quad \Rightarrow \quad p = 180 - (10) - (1)$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{p = 169 \text{ cm}}$$

Évaluons la position de l'image après la déviation sur le dioptre 1 (eau-air) :

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{n_2 - n_1}{R} \quad \Rightarrow \quad \frac{(1{,}33)}{(169)} + \frac{(1{,}5)}{q} = \frac{(1{,}5) - (1{,}33)}{(\infty)}$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{q = -190{,}6 \text{ cm}}$$

Évaluons la position de l'objet (image intermédiaire) par rapport au dioptre 2 (verre-air) :

$$p = |q| + e_{visière} \quad \Rightarrow \quad p = |-190{,}6| + (1)$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{p = 191{,}6 \text{ cm}}$$

Évaluons la position de l'image après la déviation sur le dioptre 2 (verre-air) :

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{n_2 - n_1}{R} \quad \Rightarrow \quad \frac{(1{,}5)}{(191{,}6)} + \frac{(1)}{q} = \frac{(1) - (1{,}5)}{(\infty)}$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{q = -127{,}7 \text{ cm}}$$

<u>Remarque :</u> Un objet situé à 180 cm des yeux de Gustave produit une image après déviation sur la visière à 127,7 cm du côté intérieur de la visière dans l'eau. Puisque le côté intérieur de la visière est à 10 cm des yeux de Gustave, on peut affirmer que le PR air-yeux de Gustave est de 137,7 cm.

Afin de corriger la vue de Gustave, celui-ci doit voir clairement un objet situé à l'infini. Pour ce faire, évaluons la position de l'image après déviation sur le dioptre 1 (eau-air) de rayon R associée à un objet situé à l'infini :

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{n_2 - n_1}{R} \quad \Rightarrow \quad \frac{(1{,}33)}{(\infty)} + \frac{(1{,}5)}{q} = \frac{(1{,}5) - (1{,}33)}{(R)}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{1{,}5}{q} = \frac{0{,}17}{R}$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{q = 8{,}8235R} \qquad (q < 0, R < 0)$$

<u>Remarque :</u> Puisque Gustave souffre de myopie, la visière en verre doit être équivalente à une lentille divergente. Ainsi, la courbure du dioptre 1 (eau-verre) doit être concave ($R < 0$), car la lumière passe de l'eau au verre ($n_1 < n_2$). Puisque les rayons vont diverger, il y aura formation d'une image virtuelle. Alors $q < 0$ et $R < 0$ selon notre équation.

Évaluons la position de l'objet (image intermédiaire) par rapport au dioptre 2 (verre-air) :

$$p = |q| + e_{visière} \quad \Rightarrow \quad p = |8{,}8235R| + (1)$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{p = 8{,}8235|R| + 1} \qquad (|aX| = a|X| \text{ si } a > 0)$$

Afin que l'image après la deuxième déviation soit vue clairement par Gustave, celle-ci doit être située au PR de Gustave. Par rapport au dioptre 2, l'image doit être virtuelle et être située à 127,7 cm du dioptre. Évaluons la courbure de la visière qui permettrait de réaliser ces critères :

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} = \frac{n_2 - n_1}{R} \quad \Rightarrow \quad \frac{(1{,}5)}{p} + \frac{(1)}{(-127{,}7)} = \frac{(1)-(1{,}5)}{(\infty)}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{1{,}5}{(8{,}8235|R|+1)} - \frac{1}{127{,}7} = 0$$

$$\Rightarrow \quad \frac{1{,}5}{(8{,}8235|R|+1)} = \frac{1}{127{,}7}$$

$$\Rightarrow \quad 191{,}55 = 8{,}8235|R| + 1$$

$$\Rightarrow \quad 190{,}55 = 8{,}8235|R|$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{|R| = 21{,}60 \text{ cm}}$$

À l'aide de la dernière remarque, nous pouvons affirmer que le rayon de courbure extérieur de la visière est de :

$$\boxed{R = -21{,}60 \text{ cm}}$$