Sujet de Physique BCPST banque Agro-Véto 2023

1. Modélisation du halo solaire.

I. La réfraction de la lumière.

1..L'indice du milieu : $n = \frac{c}{v}$

2. On travaille ici sur des angles orientés :

le rayon incident, le rayon réfléchi, le rayon réfracté et la normale au dioptre au point d'incidence sont coplanaires.

- Loi de la réflexion : $\theta_1 = -\theta'_1$
- Loi de la réfraction : $n_1 sin(\theta_1) = n_2 sin(\theta_2)$

3. Réfraction limite dans la situation où le milieu 2 est moins réfringeant que le milieu 1 ($n_2 < n_1$).

$$sin(\theta_1) = \frac{n_2}{n_1} sin(\theta_2) < \frac{n_2}{n_1} \quad soit \quad \theta_1 < \theta_l = Arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

Si $\theta_1 > \theta_l$ il ne peut y avoir de réfraction, la réflexion est alors totale sur le dioptre.

4. $\theta_l = Arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$

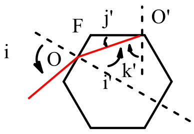
5. Application : $\theta_l = Arcsin\left(\frac{1}{1{,}31}\right) = 49{,}8°$

II. Le halo solaire.

6. La somme des angles dans un triangle est égale à 180°.

Triangle OFO' : $90 - i' + 120 + j' = 180$ soit $j' = 30 - i'$

$$k' = -90 + j' = -90 + 30 - i' = -60 - i'$$



L'angle orienté k' est négatif et l'angle orienté i' est positif.

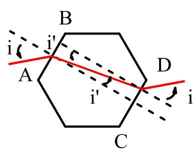
$$|k'| = |-60 - i'| > 60° > \theta_l$$

La réflexion sur le segment EF est alors totale.

7. On envisage la situation simple sans réflexion interne sur le segment EF.

D'après les propriétés de l'hexagone régulier, les segments AB et CD sont parallèles. L'angle i' est alors conservé sur la face de sortie CD et la relation de Descartes donne l'angle i identique en sortie.

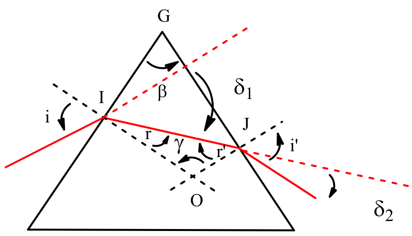
Les rayons incidents et émergeants sont parallèles, la déviation est nulle.



8. Relations de Descartes :

$sin(i) = n_g sin(r)$ et $sin(i') = n_g sin(r')$

9. Relations angulaires dans le prisme.



La somme des angles dans un quadrilatère est égale à 360°.

Quadrilatère $IGJO$: $90 + \beta + 90 + \gamma = 360$

Soit $\gamma = 180 - \beta$

Triangle OIJ : $r - r' + \gamma = 180 \quad soit \quad r - r' = 180 - \gamma$

$$\boxed{r - r' = \beta}$$

Rotations successives : $\boxed{\delta = \delta_1 + \delta_2 = -i + r - r' + i'}$

10. On reprend les expressions précédentes avec la condition $i = -i'$

- Lois de Descartes :

$$\begin{aligned} sin(r) &= \frac{sin(i)}{n_g} \\ sin(r') &= \frac{sin(i')}{n_g} \end{aligned} \quad \text{soit} \quad \begin{aligned} r &= -r' \\ 2r &= \beta \end{aligned} \quad \text{et} \quad \boxed{\begin{aligned} r &= \frac{\beta}{2} \\ sin(i) &= n_g sin\left(\frac{\beta}{2}\right) \end{aligned}}$$

11. On utilise les relations précédentes :

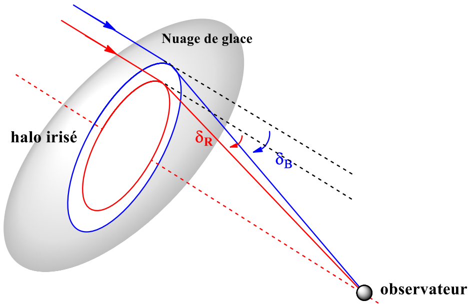
$$r = \frac{60}{2} = 30° \; et \; i = arcsin(1{,}31 \times \sin(30)) = 41°$$

$\delta = -41 + 30 + 30 - 41 = -22° \;\; soit \;\; \boxed{|\delta| = 22°}$

12. Il y a concentration des rayons autour de la valeur $|\delta| = 22°$ car c'est un minimum de déviation. Pratiquement, tous les rayons dont l'incidence i est comprise entre 30° et 50° ont la même déviation.

13. Avant le nuage de glace, les rayons incidents du soleil sont parallèles.

- Pour recevoir les rayons lumineux, de l'intérieur vers l'extérieur du halo, la déviation minimum augmente en valeur absolue ($|\delta_R| < |\delta_B|$).



Les relations précédentes donnent : $\delta = -2i + \beta < 0$

$$|\delta| = +2i - \beta \nearrow \quad soit \;\; i \nearrow \quad soit \; n_g \nearrow \quad \lambda \searrow$$

On passe bien de l'intérieur à l'extérieur du halo en diminuant la longueur d'onde et donc du rouge au bleu.

2. La fonte des inlandsis.

I. Équilibre hydrostatique d'un glaçon dans l'eau liquide.

14. On ne tient compte que du volume d'eau déplacé. On considère un axe Oz ascendant.

$$\vec{\pi} = -\rho_l V_i \vec{g} = \rho_l V_i g \, \vec{u}_z$$

15. La poussée d'Archimède correspond à la résultante des forces de pression (air et eau) qui s'exercent sur la surface du glaçon exposée aux fluides. Avec l'hypothèse où le fluide déplacé est à l'équilibre, elle s'identifie à l'opposé du poids des fluides déplacés.

16. La poussée d'Archimède exercée par l'air sur le glaçon est une force ascendante. Elle est ici négligeable.

17. À l'équilibre du glaçon : $\vec{\pi} + \vec{P} = \vec{0}$

On réalise une projection de la relation sur l'axe Oz.

$\rho_l V_i g - \rho_g (V_i + V_e) g = 0 \quad$ soit $\quad \boxed{V_e = V_i \frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_g}}$