

DS n° 1 de Physique-Chimie – PTSI 1 et 2

2026-2027

Durée : 1 h — Calculatrices interdites

La présentation, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des raisonnements entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte. Les candidats sont invités à encadrer les résultats de leurs calculs.

CONSIGNES :

Consignes issues de la Banque PT : les phrases en gris sont là à titre informatif et ne doivent pas être respectées pour ce DS.

- Composer lisiblement sur les copies avec un stylo à bille à encre foncée : bleue ou noire.
 - L'usage de stylo à friction, stylo plume, stylo feutre, liquide de correction et dérouleur de ruban correcteur est strictement interdit. Les surveillants et surveillantes se réservent le droit de les confisquer.
 - Remplir sur chaque copie en MAJUSCULES toutes vos informations d'identification : nom, prénom, numéro inscription, date de naissance, le libellé du concours, le libellé de l'épreuve et la session. Une feuille, dont l'entête n'a pas été intégralement renseigné, ne sera pas prise en compte.
 - Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance. La présence d'une information d'identification en dehors du cartouche donnera lieu à un point de pénalité et la page concernée pourra être soustraite de la correction.
 - Dans les copies, toutes les questions, y compris celles qui ne sont pas traitées, seront numérotées dans l'ordre croissant. Une question non traitée sera laissée en blanc à la suite de son numéro.
 - Tout résultat donné dans l'énoncé peut être admis et utilisé par la suite, même s'il n'a pas été démontré par le ou la candidat(e).
 - Les résultats numériques exprimés sans unité ou avec une unité fausse ne seront pas comptabilisés.
-

Exercice 1 : niveau d'eau dans un seuil (environ 10 minutes)

Un seuil est un petit barrage déversant (au-dessus duquel l'eau peut passer) placé en travers d'un cours d'eau (figure 1). Il permet de réguler le débit d'un cours d'eau et de le mesurer. On s'intéresse à la relation entre le débit volumique d'eau par-dessus le seuil Q (en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) et les différents paramètres du problème. On note ℓ la largeur du cours d'eau, h le niveau de l'eau au-dessus du seuil et $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ l'intensité de la pesanteur.

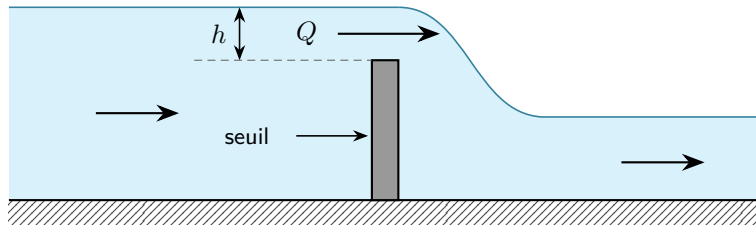


Figure 1: Schéma d'un seuil. L'eau s'écoule par-dessus la crête avec un débit volumique Q .

Dans la suite, on fait l'hypothèse que le débit volumique Q est directement proportionnel à la largeur ℓ du cours d'eau. On cherche donc Q sous la forme

$$Q = k \ell h^\alpha g^\beta,$$

où k est une constante sans dimension et α et β sont deux réels.

Aide au calcul : $\sqrt{3} \simeq 1,73$.

- 1 . Déterminer les valeurs de α et β .
- 2 . Lors d'une crue, le niveau d'eau h au-dessus du seuil est le triple de son niveau moyen. Quel est le facteur de proportionnalité entre le débit de la rivière en crue et son débit moyen ?

Exercice 2 : modélisation du halo solaire (environ 50 minutes)

Données numériques :

Indice optique de l'air : $n_a = 1,00$ Indice optique de la glace : $n_g = 1,31$

Aide aux calculs : $\arcsin\left(\frac{1}{1,31}\right) = 49,8^\circ$; $\arcsin(0,655) = 40,9^\circ$

I. La réfraction de la lumière

- 3 . On considère un milieu TLHI : transparent, linéaire, homogène et isotrope. Définir ces quatre termes.
- 4 . Exprimer l'indice optique n de ce milieu en fonction de la célérité v de la lumière dans ce milieu et de la célérité c de la lumière dans le vide.
- 5 . Rappeler les lois de la réflexion et de la réfraction de Snell-Descartes.

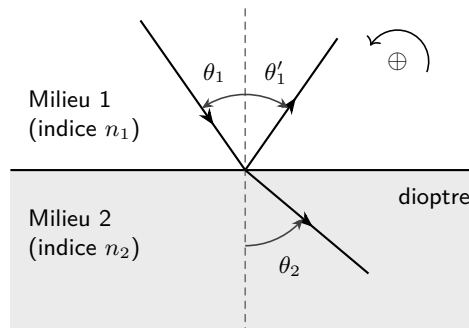


Figure 2: Réflexion et réfraction de la lumière par un dioptre.

- 6 . Montrer que, dans le cas où $n_2 < n_1$, si θ_1 est supérieur à une valeur θ_{lim} , l'énergie véhiculée par le rayon incident est totalement réfléchi par le dioptre. Exprimer θ_{lim} en fonction de n_1 et n_2 . Nommer cette situation.
- 7 . Dans le cas d'un dioptre séparant la glace d'indice n_g (milieu 1) de l'air d'indice n_a (milieu 2), donner l'expression de cet angle θ_{lim} , puis sa valeur en degrés.

II. Le halo solaire

Le halo solaire, ou anthélie, est un phénomène optique atmosphérique qui ressemble à un arc-en-ciel circulaire (figure 3 à gauche). Il apparaît sous la forme d'un cercle coloré dont le soleil occupe le centre. L'objectif de cette sous-partie est la détermination du rayon angulaire du halo (angle au sommet du cône représenté sur la figure 3 à droite).

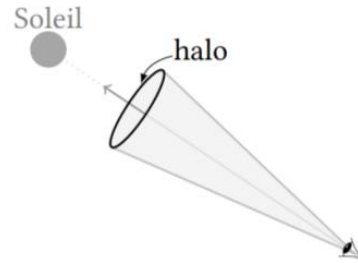


Figure 3: Halo solaire. À gauche, photographie d'un halo solaire. À droite, géométrie du halo solaire : le halo apparaît sous la forme d'un cercle lumineux intense centré sur l'axe qui relie l'œil de l'observateur au Soleil.

Le halo est dû à la réfraction de la lumière issue du soleil par de petits cristaux de glace en forme de bâtonnets. Les plus petits de ces cristaux (dont la taille peut être inférieure à $20\text{ }\mu\text{m}$) ont un mouvement erratique provoqué par le choc des molécules qui constituent l'air ; ils ont donc **toutes les orientations possibles** dans l'espace. Puisqu'on ne s'intéresse qu'à la déviation des rayons lumineux, on peut modéliser la réfraction de la lumière issue du soleil par l'ensemble de ces cristaux par la réfraction de la lumière par un seul cristal en considérant un **angle d'incidence variable**.

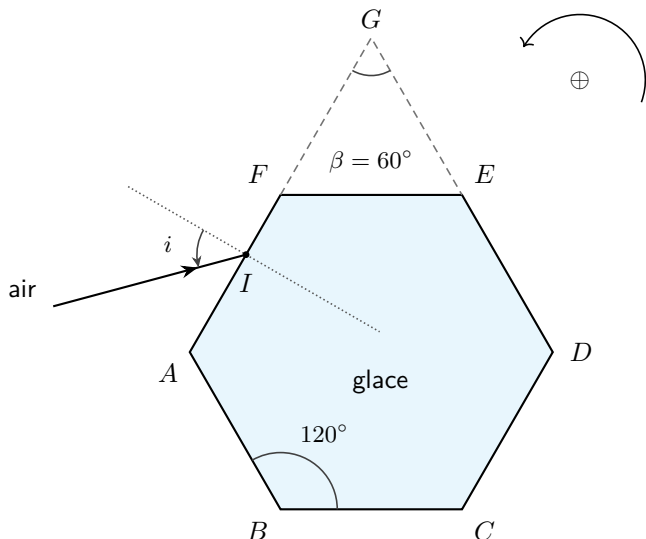


Figure 4: Représentation de la section droite d'un cristal de glace et d'un rayon lumineux incident sur la face (AF) du cristal.

La figure 4 donne la représentation de la section droite d'un cristal de glace. Cette section présente la géométrie d'un hexagone régulier (ABCDEF). Un rayon lumineux incident, contenu dans le plan de cette section, atteint la face (AF) en un point I avec un angle d'incidence variable i . On étudie la déviation de ce rayon lumineux par le cristal. Selon la valeur de cet angle d'incidence i , trois cas d'étude vont se présenter : le rayon réfracté dans le cristal de glace ira soit rencontrer la face (EF), la face (ED) ou la face (CD).

- 8 . Nous allons commencer par étudier le cas où le rayon lumineux réfracté dans le cristal a ensuite un point d'incidence sur le dioptré (FE). Compléter le **schéma n°1** en annexe en dessinant qualitativement le rayon lumineux réfracté dans ce premier cas.
- 9 . Sur le premier dioptré air-cristal au point I, donner l'intervalle possible pour l'angle de réfraction.
- 10 . Justifier que ce rayon lumineux réfracté dans le cristal ne peut pas sortir du cristal par cette face (EF).
- 11 . Nous considérons maintenant le cas où le rayon réfracté dans le cristal de glace rencontre la face (CD). Compléter le **schéma n°2** en annexe afin de dessiner qualitativement le chemin emprunté par le rayon lumineux. Justifier qu'un rayon lumineux qui émerge par la face (CD) est parallèle au rayon lumineux incident et n'est donc pas dévié par le cristal de glace.

On considère enfin le cas où le rayon réfracté dans le cristal de glace émerge (sort) par la face (DE) . Les faces (AF) et (DE) sont analogues aux faces d'un prisme de sommet G , d'angle au sommet β égal à 60° et d'indice optique égal à celui de la glace, à savoir n_g (voir figure 5).

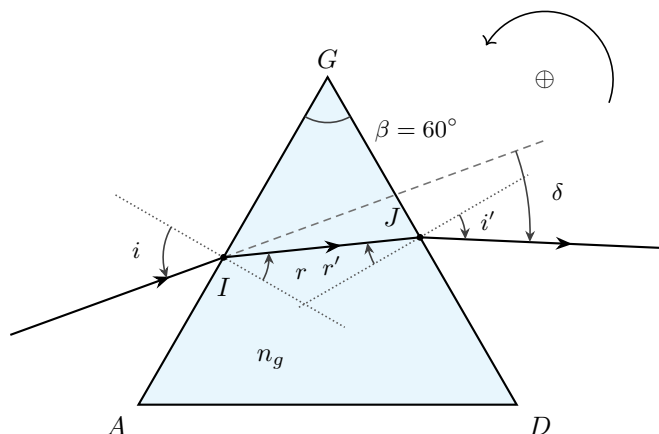


Figure 5: Déviation du rayon lumineux incident par le prisme (ADG) d'indice optique n_g .

Les différents angles sont définis sur la figure 5. On note δ l'angle qui mesure la déviation du rayon incident après sa traversée du prisme.

- 12 . Donner les relations qui lient i , r et n_g d'une part ; i' , r' et n_g d'autre part.
- 13 . Établir que : $\beta = r + r'$ et que $\delta = i - r - r' + i'$. Vous pouvez vous aider du **schéma n°3** sur l'annexe.
- 14 . La figure 6 montre les variations de la valeur absolue de la déviation $|\delta|$ en fonction de l'angle d'incidence. On constate l'existence d'une valeur minimale dont on admet qu'elle est obtenue lorsque $i = i'$. En déduire que dans cette configuration : $r = \beta/2$ et $\sin i = n_g \sin(\beta/2)$.

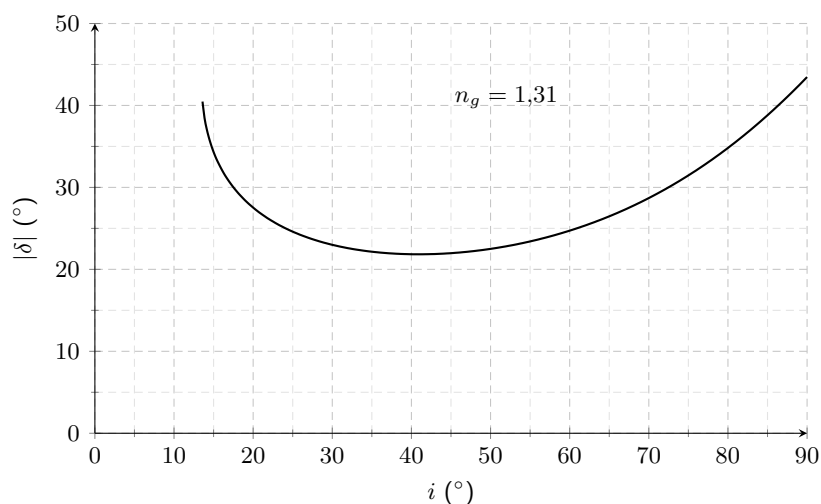


Figure 6: Valeur absolue de la déviation du rayon lumineux en fonction de l'angle d'incidence.

- 15 . Par lecture graphique, donner approximativement la valeur minimale de $|\delta|$.
- 16 . Expliquer pourquoi l'observateur observe une accumulation de lumière (le halo solaire) dans la direction qui correspond à une ouverture angulaire de 22° autour de l'axe dirigé de son œil vers le Soleil.
- 17 . L'indice optique de la glace est une fonction décroissante de la longueur d'onde (loi de Cauchy). On observe que le halo solaire est irisé (l'irisation est la production des couleurs de l'arc en ciel par décomposition de la lumière du soleil) : de l'intérieur vers l'extérieur du halo, les couleurs observées varient du rouge au bleu. Expliquer, et préciser si les résultats établis précédemment sont en accord avec cette observation.

ANNEXE – à rendre avec la copie

NOM : Prénom : Classe :

Schéma n°1
(question 8)

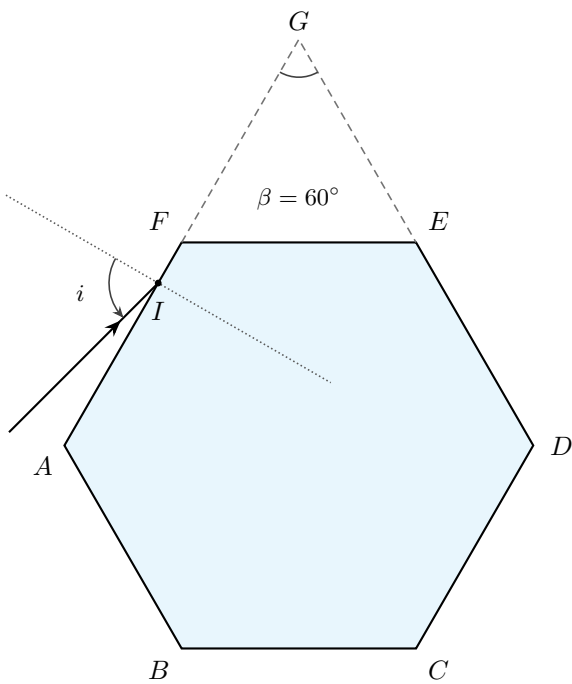


Schéma n°2
(question 11)

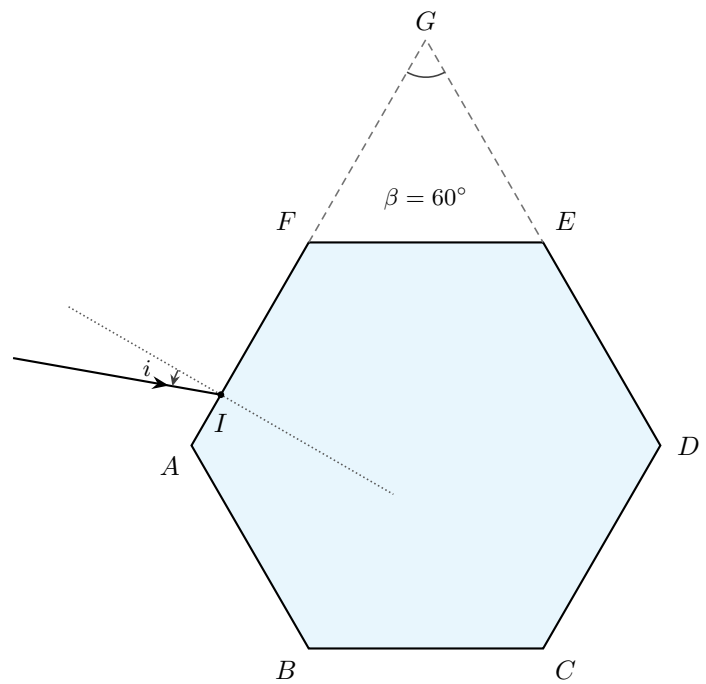


Schéma n°3 (question 13)

