

Si au cours de l'épreuve un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

La calculatrice est autorisée

Consignes à suivre :

- Soigner la rédaction. Numérotter les questions (inutile d'écrire les titres).
- Soigner la présentation : aérer la copie, encadrer ou souligner les résultats.
- Toute application numérique ne comportant pas d'unité ne sera pas prise en compte.
- Lire rapidement l'ensemble du sujet en début d'épreuve : les exercices sont indépendants et peuvent être traités dans l'ordre de votre choix.
- Pour un exercice donné, traiter et rendre les questions dans l'ordre.

I - Prisme réflecteur

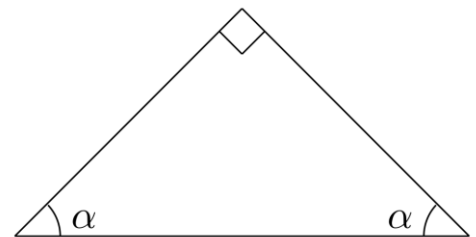
La mesure précise de distances se fait à l'aide d'un système très simple : on vise un dispositif réflecteur à l'aide d'un laser. Le laser émet une onde pulsée qui est réfléchi, il suffit alors de mesurer l'instant de réception de l'impulsion réfléchi pour connaître la durée de propagation de l'onde.

On utilise très souvent des prismes pour constituer le dispositif réflecteur, l'objet de cet exercice est d'en étudier un.

1) Énoncer les lois de Snell-Descartes pour la réflexion et la réfraction.

On étudie un prisme droit, rectangle, isocèle en verre d'indice n .

2) Quelle est la valeur de α .



I.1 - Première méthode : incidence normale

Un rayon arrive sur l'hypoténuse [AC] en incidence normale.

On tracera en pointillés les normales à chaque dioptré rencontré.

3) Tracer qualitativement, en utilisant l'annexe 1, le prolongement du rayon après avoir rencontré la face [AC].

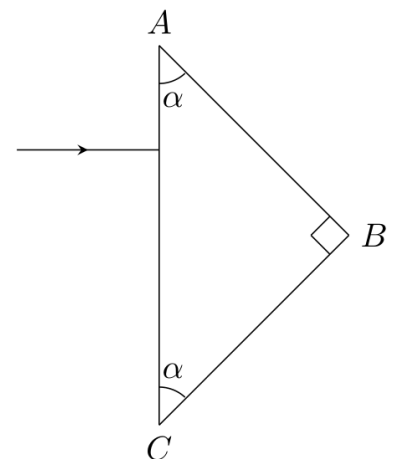
On étudie le comportement de la lumière à l'interface [AB] entre le verre (d'indice $n = 1,5$) et l'air (d'indice 1).

4) Montrer qu'une réflexion totale a lieu à condition que $n > \sqrt{2}$.

5) En cas de réflexion totale sur [AB], poursuivre sur l'annexe 1 le tracé du rayon lumineux. Justifier alors le nom de prisme « réflecteur ».

6) Montrer que la distance parcourue par le rayon lumineux dans le prisme est égale à la longueur AC de l'hypoténuse.

7) Quel doit être l'angle d'incidence sur le dioptré AC pour que le rayon traverse le dioptré AB avec un angle de réfraction de 90° ?

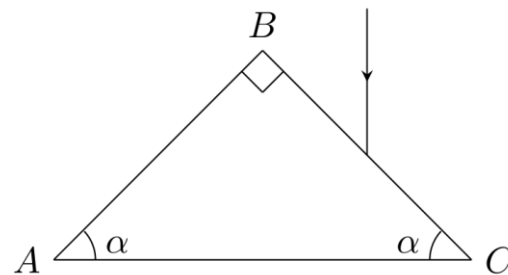


I.2 - Deuxième méthode : réflexion sur la base

On propose une deuxième méthode de positionnement du prisme :

8) Sachant que les rayons ressortent par la face AB, tracer qualitativement, sur la figure 2 de l'annexe, le prolongement du rayon après avoir rencontré la face BC. On considère que la réflexion sur la face AC est totale.

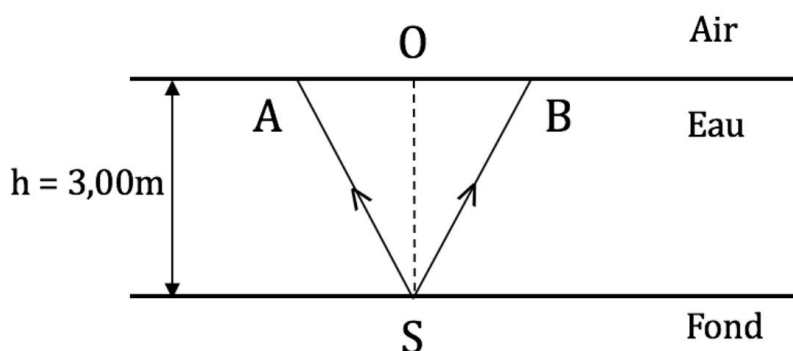
9) En prenant $n = 1,5$, la réflexion sur AC peut-elle être totale ? Et $n' = 2,5$?



----- Fin de la partie I -----

II - Profondeur d'une piscine

On se propose d'expliquer pourquoi une piscine paraît moins profonde lorsqu'elle est remplie d'eau qu'à vide. L'indice de l'air est pris égal à 1, et celui de l'eau à $n = 1,33$.



Les deux rayons SA et SB sont issus du même point S du fond de la piscine. Ils sont symétriques par rapport à la normale SO à la surface de séparation eau-air et l'angle \widehat{ASO} mesure $60,0^\circ$.

10) Représenter sur le schéma de la figure 3 de l'annexe les angles incidents formés par les rayons incidents SA et SB.

11) Calculer les angles de réfraction i_A et i_B des rayons réfractés issus respectivement des rayons incidents SA et SB.

12) Tracer qualitativement les rayons réfractés sur la figure 3 de l'annexe.

13) Calculer la distance OA.

14) À quelle profondeur sous la surface de l'eau les rayons réfractés se coupent-ils ? On notera ce point S'.

15) Ce point S' est l'image du point S observé par une personne placée au bord de la piscine et regardant le fond. Autrement dit, la personne voit le point S' au lieu du point S. En déduire pourquoi la piscine paraît moins profonde remplie d'eau qu'à vide.

----- Fin de la partie II -----

III - Étude de la déviation produite par un prisme

III.1 - Déviation

Considérons un prisme droit dont la base est un triangle équilatéral, transparent d'indice de réfraction n . L'indice optique de l'air est pris égal à 1. On note $A = 60^\circ$ l'angle du sommet et i l'angle d'incidence du rayon. Les autres notations sont définies sur le schéma ci-dessous. On travaille avec des angles non-orientés, donc tous positifs (même pour la déviation D).

16) Déterminer les relations entre : i et r ; i' et r' ; A , r et r' .

17) En déduire que : $D = i + i' - A$.

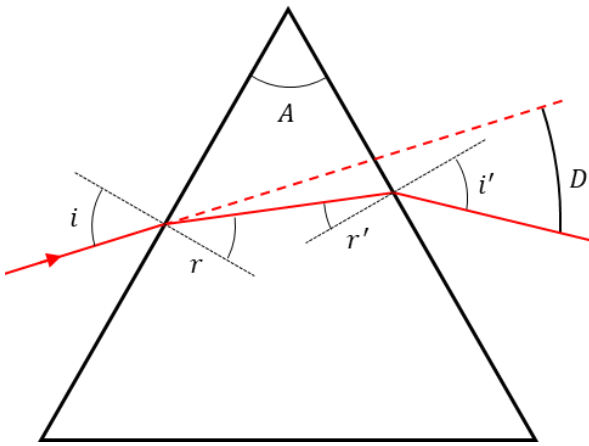
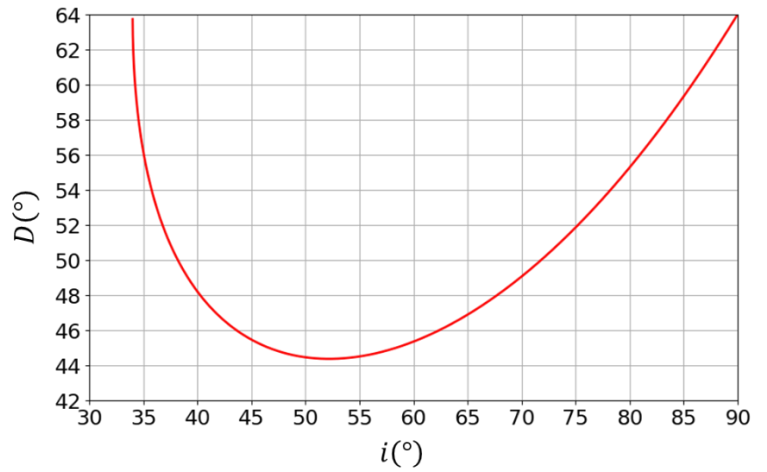


Illustration d'un prisme



Déviation D en fonction de l'angle d'incidence i

III.2 - Minimum de déviation

On donne ci-dessus un relevé expérimental de D en degré en fonction de i en degré. On remarque l'existence d'une déviation minimale notée D_m .

18) Énoncer le principe de retour inverse de la lumière. Justifier, par ce principe, qu'au minimum de déviation, on a nécessairement $i = i'$.

19) En déduire que :

$$n = \frac{\sin\left(\frac{A + D_m}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

20) Lire graphiquement la valeur de D_m et en déduire n .

III.3 - Réflexion totale

On remarque que la déviation n'existe que si l'angle d'incidence dépasse une valeur minimal noté i_{min} . En particulier, si $i < i_{min}$, on observe une réflexion totale à l'intérieur du prisme.

21) Connaissant la valeur de n (question 20), déterminer numériquement la valeur de i_{min} . Est-ce cohérent avec le graphique ?

III.4 - Loi de Cauchy

Dans le domaine visible, l'indice du prisme suit la loi de Cauchy :

$$n(\lambda) = C_1 + \frac{C_2}{\lambda^2}$$

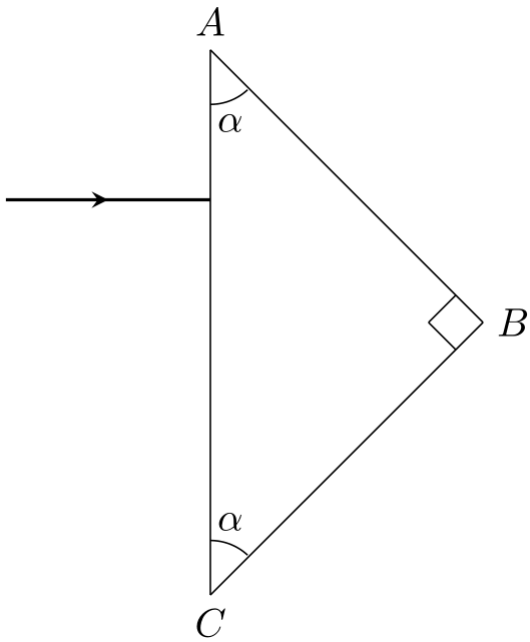
où C_1 est une constante, C_2 une constante positive et λ la longueur d'onde de la lumière dans le vide.

22) Comment qualifie-t-on un tel milieu ?

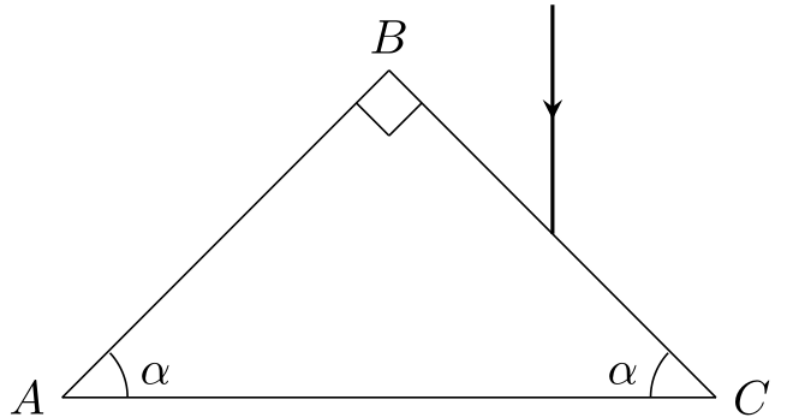
23) Dessiner ce que l'on observerait expérimentale si on envoi de la lumière blanche sur un tel prisme.

----- Fin de la partie III -----

Annexe 1



Annexe 2



Annexe 3

