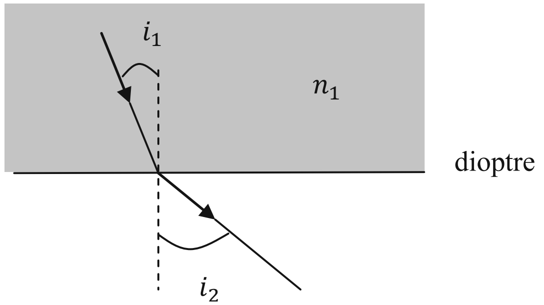
Jour n°1

Exercice 1.1

On rappelle la loi de Snell-Descartes pour le passage d'un rayon lumineux à travers un dioptre séparant deux milieux d'indices respectifs n_1 et n_2 avec i_1 l'angle d'incidence et i_2 l'angle de réfraction :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2.$$



1) Dans le cas de la figure, quel est l'indice le plus grand ? Que se passe-t-il si $i_1 = 0$?

2) Le milieu 1 est constitué d'eau dont l'indice vaut $n_1 = 1{,}33$ et le milieu 2 est constitué de gaz dont l'indice vaut $n_2 = 1$. Déterminer l'angle de réfraction pour un angle d'incidence de $i_1 = 5°$. Est-ce en accord avec le schéma ?

3) Définir le phénomène de réflexion totale. Quelle est la condition sur l'angle d'incidence i_1 pour que ce phénomène se produise ? On appelle cet angle i_{1L}. Le déterminer.

4) Reproduire le schéma et ajouter le rayon noté (a) qui donne un rayon réfracté avec un angle de $i_2 = \frac{\pi}{2}$.

5) Que se passe-t-il si l'angle d'incidence est supérieur à i_{1L} ?

6) Pourquoi faut-il utiliser une source monochromatique ?

Exercice 1.2

Cathy décide de fêter l'anniversaire de sa grande sœur Myriam. Pour cela, elle décide d'ouvrir une bouteille de champagne. Elle enlève délicatement le muselet et attend que le bouchon de liège saute. Y-a-t-il un risque pour son plafond ?

À la température ambiante de $20°\mathrm{C}$, la pression dans la bouteille est de l'ordre de 6 bars. La masse du bouchon est égale à 10 g.

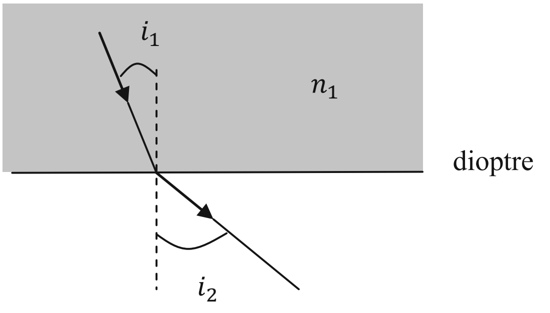
On donne :

$1\ \mathrm{Pa} = 1\ \mathrm{N.m^{-2}}$ et l'intensité du champ de pesanteur $g = 9{,}81\ \mathrm{m.s^{-2}}$.

Énoncé

On rappelle la loi de Snell-Descartes pour le passage d'un rayon lumineux à travers un dioptre séparant deux milieux d'indices respectifs n_1 et n_2 avec i_1 l'angle d'incidence et i_2 l'angle de réfraction :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2.$$



1) Dans le cas de la figure, quel est l'indice le plus grand ? Que se passe-t-il si $i_1 = 0$?

2) Le milieu 1 est constitué d'eau dont l'indice vaut $n_1 = 1{,}33$ et le milieu 2 est constitué de gaz dont l'indice vaut $n_2 = 1$. Déterminer l'angle de réfraction pour un angle d'incidence de $i_1 = 5°$. Est-ce en accord avec le schéma ?

3) Définir le phénomène de réflexion totale. Quelle est la condition sur l'angle d'incidence i_1 pour que ce phénomène se produise ? On appelle cet angle i_{1L}. Le déterminer.

4) Reproduire le schéma et ajouter le rayon noté (a) qui donne un rayon réfracté avec un angle de $i_2 = \frac{\pi}{2}$.

5) Que se passe-t-il si l'angle d'incidence est supérieur à i_{1L} ?

6) Pourquoi faut-il utiliser une source monochromatique ?

Analyse stratégique de l'énoncé

L'exercice porte sur l'optique géométrique. Cette partie est vue en première année de prépa. Les lois de Snell-Descartes rappelées dans cet exercice seront à connaître en prépa.

1) Cette question demande d'observer le schéma et l'utilisation de la loi donnée.

↪ Bien comprendre le schéma et trouver le lien entre les angles et les indices.

2) Cette question est relativement simple et consiste uniquement en une application numérique.

↪ Attention aux angles qui sont donnés en °. En prépa, on utilise le radian. Penser à convertir et à bien utiliser la calculatrice.

3) Il faut se poser la question de l'existence du rayon réfracté. Le sinus est une fonction qui varie entre -1 et 1.

↪ Si le rayon réfracté n'existe pas, il y a réflexion totale.

4) Il faut compléter le schéma avec le rayon limite.

↪ Utiliser la valeur numérique calculée précédemment.

5) C'est une question de réflexion.

↪ Pas très difficile si l'on a compris l'utilité des questions précédentes.

6) Il faut se rappeler que l'indice du milieu dépend de la longueur d'onde.

↪ Question simple donc ne pas chercher à compliquer.

Corrigé

1) La relation entre l'angle d'incidence et l'angle de réfraction est donnée par :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2.$$

Cette relation est à connaître par cœur en classe prépa.

On constate sur la figure que $i_2 > i_1$ ce qui implique que $\sin i_2 > \sin i_1$ car les angles sont compris entre [0,90°] ou $\left[0, \frac{\pi}{2}\right]$ en radians.

De la relation donnée, on déduit que :

$$\sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin i_1.$$

On en déduit donc que :

$$\frac{n_1}{n_2} > 1$$

$$\boxed{n_1 > n_2.}$$

Dans le cas de l'incidence normale, c'est-à-dire $i_1 = 0$, on trouve aussi $i_2 = 0$.

Ce résultat est indépendant des indices.

2) L'angle i_2 est donné par la relation suivante :

$$\sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin i_1.$$

Il s'agit maintenant de passer à l'application numérique. On prend les valeurs suivantes $n_1 = 1{,}33$ et $n_2 = 1$. Pour un angle d'incidence $i_1 = 5°$, on a donc :

$$\sin i_2 = \frac{1{,}33}{1} \sin 5° = 0{,}116.$$

La calculatrice donne en prenant la fonction inverse :

$$i_2 = \arcsin(0{,}116) = 6{,}65°.$$

Attention à utiliser la calculatrice en degrés. En prépa, on préfère utiliser les radians. Il faut donc convertir les degrés en radians soit :

$$1° = \frac{\pi}{180}\ \text{rad}.$$

On reprend le calcul en radians. On a donc :

$$\sin i_2 = \frac{1{,}33}{1}\sin\left(\frac{5\times\pi}{180}\right) = 1{,}33\sin(0{,}087) = 0{,}116.$$

La calculatrice donne en prenant la fonction inverse :

$$i_2 = \arcsin(0{,}116) = 0{,}116.$$

Les résultats sont bien en accord avec le schéma. On trouve bien $i_2 > i_1$.

On peut aussi remarquer que pour $5°$ *ce qui est un petit angle* $0{,}116\,rad$*, on a* $sin(0{,}116) = 0{,}116$*. C'est une approximation que l'on utilise très souvent en physique pour les petits angles exprimés en radians.*

On a donc pour x *petit en radians :*

$$\sin x \approx x.$$

3) On a un phénomène de réflexion totale lorsque que rayon incident se réfléchi sans se réfracté. Dans ce cas le dioptre se comporte comme un miroir.

Pour avoir une réflexion totale, l'angle i_2 ne doit pas être défini. On doit donc avoir la condition suivante :

$$\frac{n_1}{n_2}\sin i_1 > 1.$$

On a donc :

$$\sin i_1 > \frac{n_2}{n_1}.$$

Comme la fonction sinus est croissante pour les valeurs des angles, on a la condition de réflexion totale qui est :

$$\boxed{i_1 > \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right).}$$

L'angle limite est donc défini par :

$$\boxed{i_{1\mathrm{L}} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right).}$$

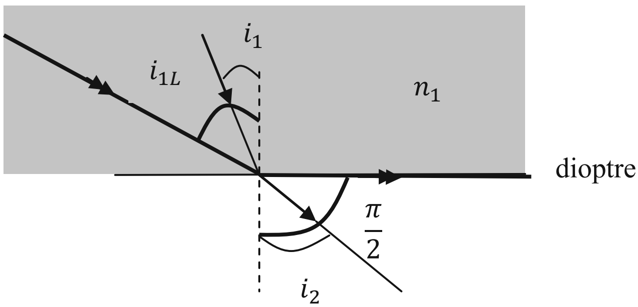
L'application numérique donne :

$$i_{1\mathrm{L}} = \arcsin\left(\frac{1}{1{,}33}\right).$$

On obtient donc à l'aide de la calculatrice :

$$i_{1\mathrm{L}} = 48{,}75° = 0{,}85 \text{ rad}.$$

4) On reprend le schéma et on ajoute l'angle de réfraction limite soit :



5) Dans le cas où $i_1 > i_{1L}$, il n'y a plus de rayon transmis et on a uniquement un phénomène de réflexion totale.

Si $i_1 \leq i_{1L}$, on a un rayon réfléchi et un rayon transmis.

6) Il faut utiliser une source monochromatique car l'indice de réfraction du milieu dépend de la longueur d'onde. L'angle de réfraction limite dépend donc de la longueur d'onde.

Une des applications de la réflexion totale est le guidage des ondes lumineuses par fibre optique.

Techniques à mémoriser

♡ Il faut se souvenir de la loi de réfraction.

> Commentaire du professeur
>
> La formule est à connaître en classes préparatoires. Elle ne sera pas forcément rappelée dans l'énoncé.

♡ Il faut se souvenir de bien contrôler les résultats et de bien regarder s'ils sont cohérents.

> Commentaire du professeur
>
> Il est souvent possible de corriger les erreurs en contrôlant la pertinence du résultat.

♡ Il faut se souvenir de faire les calculs soit en degrés soit en radians.

> Commentaire du professeur
>
> Commencez à vous habituer à travailler en radians. Il faut tout de même savoir convertir les angles. Sur les appareils de mesures comme le goniomètre, les graduations des angles sont en degrés, minutes et secondes.

♡ Il faut se souvenir qu'il faut interpréter les résultats.

> Commentaire du professeur
>
> L'interprétation du résultat permet de montrer que vous avez compris le sujet.

Formulaire

- Deuxième loi de Descartes pour la réfraction :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2.$$

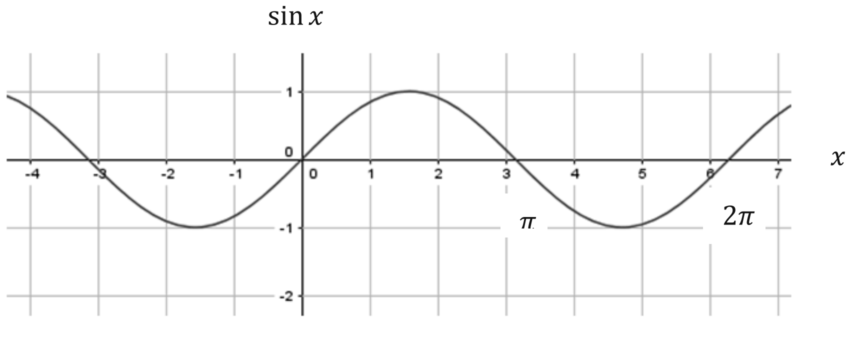
- Conversion des angles :

$$1° = \frac{\pi}{180} \text{ rad.}$$

- Approximation pour x petit en radians :

$$sin\, x \approx x.$$

- La fonction sinus en radians :



- La fonction cosinus en radians :