



Exercices de la séquence 7

Mesurer à l'aide de la réfraction de la lumière

EXERCICE 1 : identifier les milieux de propagation



Cet exercice est aussi proposé en version **interactive** et traitable en ligne

Chacune des figures suivantes représente un rayon de lumière que change de milieu. L'un de ces milieux est l'eau, d'indice de réfraction 1,33 et l'autre est l'air, dont l'indice de réfraction est voisin de 1. La ligne en pointillés représente la surface de séparation entre l'eau et l'air. Compléter chacune de ces figures en précisant de quel côté se trouve l'eau et de quel côté se trouve l'air.

Figure 1

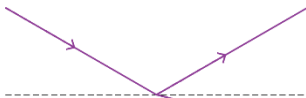


Figure 2

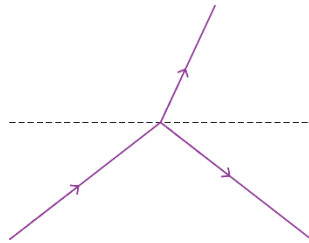


Figure 3

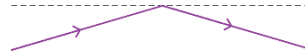
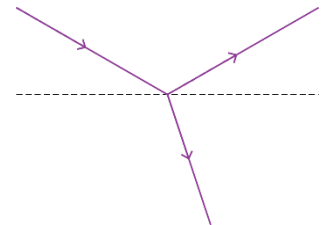


Figure 4



EXERCICE 2 : identifier les situations impossibles



Cet exercice est aussi proposé en version **interactive** et traitable en ligne

Ces quatre figures représentent chacune une situation dans laquelle un rayon de lumière passe de l'air au verre ou du verre à l'air. Le verre est représenté en bleu clair.

Deux de ces situations sont impossibles : rayer les figures correspondantes et justifier en indiquant quelle loi de la réfraction ou de la réflexion n'est pas respectée.

Figure 1

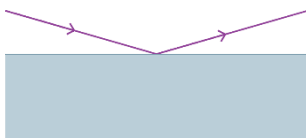


Figure 2

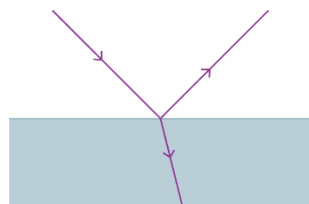


Figure 3

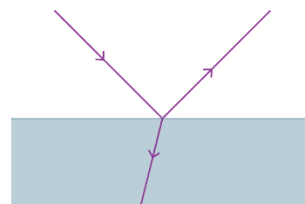
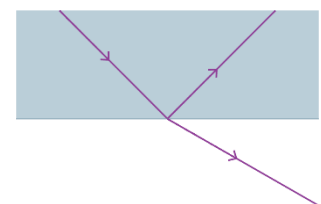


Figure 4





EXERCICE 3 : QCM sur la réfraction et la réflexion de la lumière



Cet exercice est aussi proposé en version **interactive** et traitable en ligne

Dans chacune des quatre situations décrites ci-dessous, une ou plusieurs affirmations sont justes : les identifier en cochant les cases correspondantes.

Situation 1 :

Deux milieux matériels différents sont accolés. Un faisceau de lumière traverse le milieu 1 et atteint le milieu 2. Le faisceau réfléchi :

- existe forcément, quel que soit l'angle d'incidence et quels que soient les indices des deux milieux ;
- existe pour tous les angles d'incidence mais à condition que le milieu 1 ait un indice supérieur à celui du milieu 2 ;
- existe si le milieu 1 a un indice supérieur à celui du milieu 1 et si l'angle d'incidence est en deçà d'une certaine valeur limite ;
- est le symétrique du rayon incident par rapport à la normale.

Situation 2 :

Un rayon de lumière atteint la surface de séparation entre deux milieux avec un angle d'incidence i . Il est réfracté avec un angle de réfraction $r < i$. On peut en déduire :

- que le second milieu est non réfléchissant ;
- que le second milieu a un indice plus élevé que le premier
- que la réflexion totale est possible si on augmente l'angle d'incidence i .

Situation 3 :

Un faisceau de lumière atteint la surface de séparation entre deux milieux avec un angle d'incidence i . On constate que si i dépasse la valeur de 81° , il n'y a plus de rayon réfracté.

- Lorsque $i > 81^\circ$, toute la puissance lumineuse est transportée par le faisceau réfléchi.
- Si l'angle d'incidence diminue, le faisceau réfléchi disparaît.
- Si l'angle d'incidence diminue, le faisceau réfracté est incliné d'un angle $r < i$ par rapport à la normale ;
- L'indice du milieu 1 est plus élevé que celui du milieu 2.

Situation 4 :

Un faisceau laser est émis dans l'air (indice $n_{air} \approx 1,0$) et pénètre dans l'eau ($n_{eau} = 1,3$) avec un angle d'incidence $i = 30^\circ$.

- Il est réfracté avec un angle de 23°
- Il est réfracté avec un angle de 26°
- Il est réfléchi avec un angle de 30°
- Il est réfléchi avec un angle de 23°

EXERCICE 4 : mesure de l'indice d'un liquide



Cet exercice est aussi proposé en version **interactive** et traitable en ligne

Un rayon de lumière est émis par une source plongée dans un liquide d'indice n , en direction de la surface de séparation avec l'air. L'indice de l'air vaut $n_{\text{air}} \approx 1,0$.

1. Laquelle de ces deux figures illustre correctement cette situation (attention, aucune échelle n'est respectée) ?

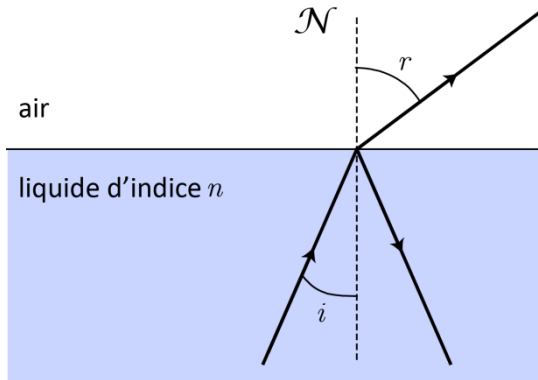


figure 1

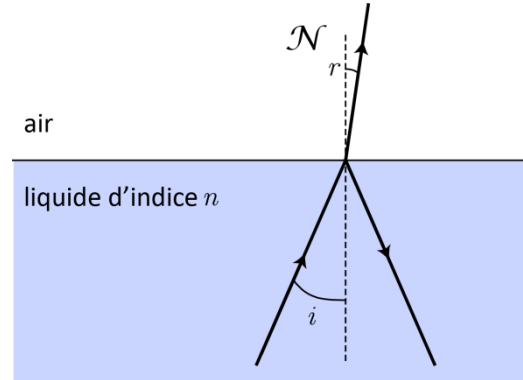


figure 2

2. On augmente l'angle d'incidence jusqu'à ce que le rayon réfracté (sortant du liquide) disparaisse. Comment appelle-t-on le phénomène alors obtenu ?
3. On mesure l'angle d'incidence obtenu lorsque le rayon réfracté a disparu : il vaut $i = 50^\circ$. Que vaut l'indice du liquide dans lequel se trouve la source ?

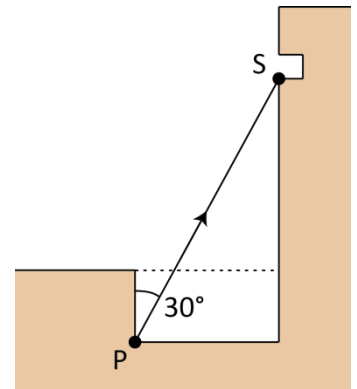
EXERCICE 5 : À la fête des lumières

Chaque 8 décembre, de nombreux monuments lyonnais sont éclairés par les artistes à l'occasion de la fête des lumières.

Au pied d'un mur vertical se trouve un bassin. Sur le fond du bassin on installe un projecteur pour éclairer une petite statuette, représentée par un point S sur la figure ci-dessous. Le faisceau de lumière est supposé assez fin pour n'éclairer que la statuette ; on le représente donc par un unique rayon de lumière.

Le bassin étant vide d'eau, on règle l'orientation du projecteur pour qu'il éclaire la statuette, le rayon faisant alors un angle de 30° avec le bord du bassin (voir figure ci-contre).

On remplit alors, jusqu'au ras du sol, le bassin avec de l'eau (en pointillés sur la figure). L'indice de réfraction de l'eau vaut $n_{\text{eau}} = 1,33$. Celui de l'air vaut $n_{\text{air}} = 1,00$.



1. Pourquoi la statuette ne sera-t-elle plus éclairée une fois le bassin rempli d'eau ?
2. Indiquer sur le schéma l'angle d'incidence i du rayon de lumière à la surface de séparation eau/air. Quelle est la valeur de i ?
3. Prévoir, sans calcul, si le projecteur va éclairer au-dessus ou en-dessous de la statuette une fois qu'on aura rempli d'eau le bassin. Schématiser la situation, une fois l'eau présente dans le bassin.
4. Calculer la valeur de i permettant d'éclairer effectivement la statuette une fois le bassin rempli d'eau.
5. En réalité l'indice de l'eau dépend de la longueur d'onde de la lumière incidente :

$$n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

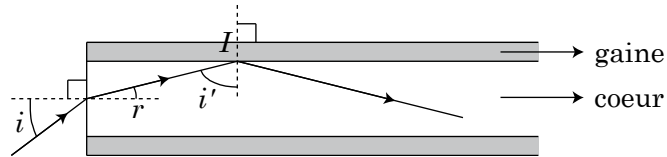
Une fois le faisceau orienté correctement, expliquer pourquoi, si on éclaire la statuette avec de la lumière blanche, on risque de voir apparaître des couleurs sur la statuette. Indiquer quelle couleur éclairera le haut de la statuette et laquelle éclairera le bas de la statuette.



EXERCICE 6 : fibres optiques

Les fibres optiques remplacent peu à peu les câbles électriques pour la transmission des données sur Internet. Dans ces fibres ce sont des signaux lumineux ou infrarouges qui assurent le transport de l'information.

Une fibre optique à saut d'indice est constituée d'un cœur cylindrique entouré d'une gaine :



Le cœur a un indice de réfraction $n_C = 1,48$ et la gaine un indice de réfraction de valeur $n_G = 1,46$.

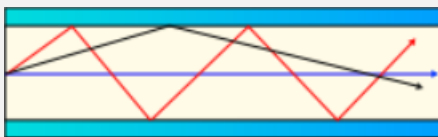
1. Pour que la lumière puisse se propager correctement dans la fibre optique, il faut avoir réflexion totale en I . Pourquoi ?
2. À quelle condition sur l'angle i' a-t-on réflexion totale en I ?
3. En déduire la condition sur r .
4. En déduire la condition sur l'angle d'incidence i .
5. On appelle ouverture numérique ON de la fibre, le sinus de l'angle d'incidence maximal pour lequel les rayons qui pénètrent dans le cœur sont transmis jusqu'à la sortie. Quel est l'intérêt d'avoir l' ON la plus élevée possible ?
6. Calculer la valeur de l' ON de la fibre étudiée.
7. Comment faut-il modifier la gaine pour augmenter l'ouverture numérique de cette fibre ?

DOCUMENT : fibres optiques

Une fibre optique est un fil en verre ou en plastique très fin qui a la propriété d'être un conducteur de la lumière et sert dans la transmission de données. Elle offre un débit d'information nettement supérieur à celui des câbles coaxiaux et supporte un réseau « large bande » par lequel peuvent transiter aussi bien la télévision, le téléphone, la visioconférence ou les données informatiques. Le principe de la fibre optique a été développé au cours des années 1970 dans les laboratoires de l'entreprise américaine Corning Glass Works (actuelle Corning Incorporated).

Fibres monomode et multimode :

Les deux schémas ci-dessous illustrent la différence entre la fibre monomode et la fibre multimode :



fibre multimode



fibre monomode

Par Mrzeon — self-made, based on Image:Tipos_fibra.jpg, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2790879>



EXERCICE 7 : la fermentation est-elle terminée ?

La teneur en sucre du jus de raisin est déterminante dans le processus de fermentation du vin. Cette teneur en sucre dépend de la maturation du raisin. Plus il est mûr, plus il sera sucré. Trop mûr, il détériore le goût du futur vin. Il est primordial pour le viticulteur de pouvoir contrôler la quantité de sucre contenue dans son raisin avant de le ramasser et de le faire fermenter au bon moment.

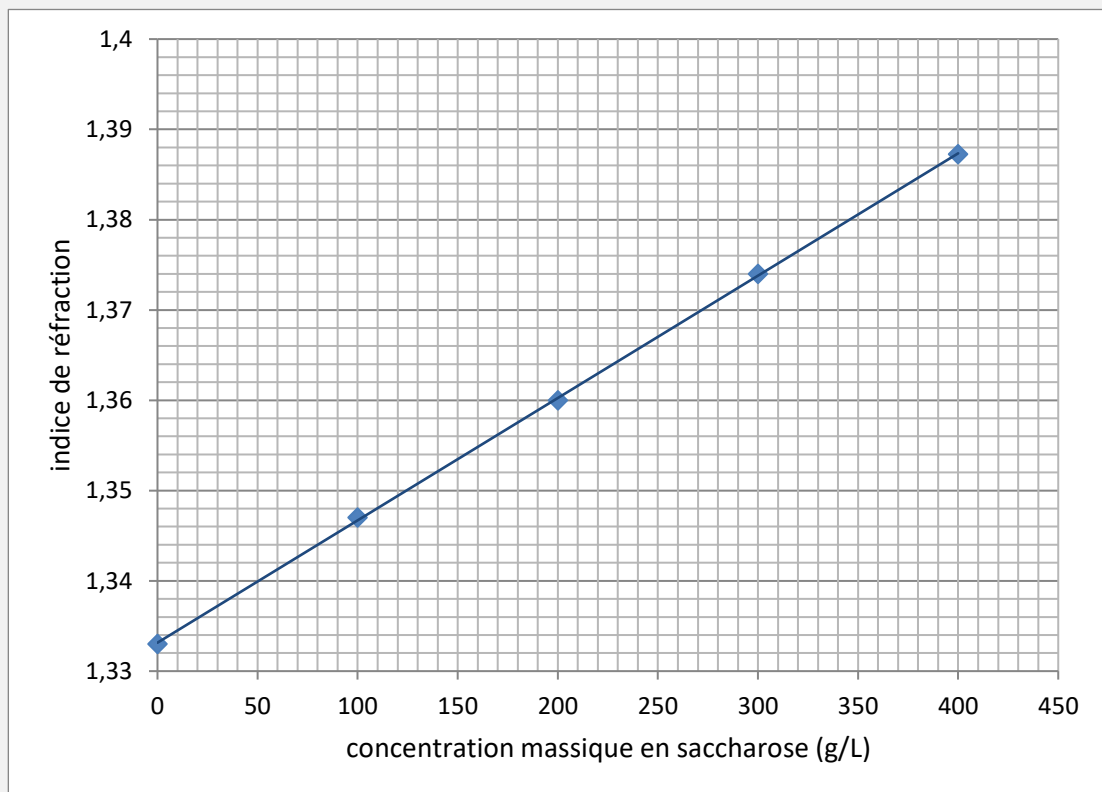
DOCUMENT 1 : la relation empirique utilisée par les viticulteurs

Il existe une relation empirique établie par les viticulteurs entre la concentration massique en sucre d'un raisin et le degré d'alcool qui permet d'obtenir.

« 17 g de sucre par litre de jus de raisin ($c_m = 17 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) permettent d'obtenir 1° d'alcool ($^\circ\text{D}$) dans le vin après fermentation. »

Les vins français ont un degré d'alcool ($^\circ\text{D}$) compris généralement entre $11,5^\circ$ et 14°

DOCUMENT 2 : variation de l'indice de réfraction en fonction de la concentration massique



Problème scientifique à résoudre :

Le viticulteur prélève quelques raisins de sa parcelle. Il en récupère le jus et en mesure l'indice de réfraction. Il obtient un indice de réfraction $n = 1,36541$.

Est-il temps pour lui de récolter ou doit-il encore attendre un peu ?