PROPAGATION DE LA LUMIERE

Prof-TC

www.prof-tc.fr

Sources de lumière

Les sources lumineuses chaudes produisent à la fois de la lumière et de la chaleur. On peut citer par exemple:

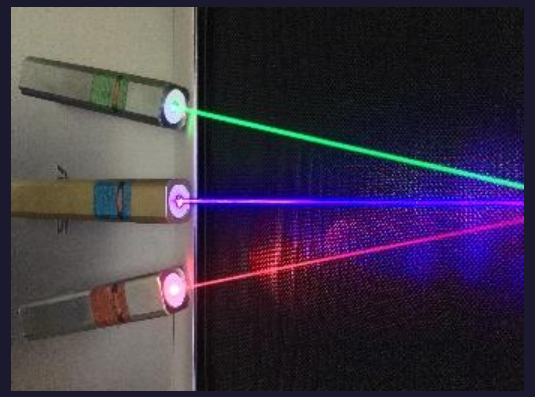
- Les lampes à incandescence (mauvais rendement donc progressivement abandonnées)
- Les étoiles
- Le feu etc..

Les sources lumineuses froides produisent essentiellement de la lumière. On peut citer par exemple:

- Le néon (gaz qui, excité par une tension électrique, produit de la lumière).
- Les diodes électroluminescentes (D.E.L) utilisées comme témoin lumineux d'appareils électrique ou comme phares de voiture.

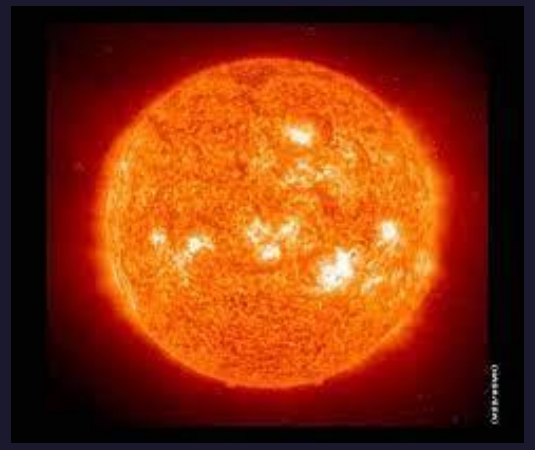
Une source lumineuse peut être:

- Monochromatique si elle n'est constituée que d'une seule radiation lumineuse (laser par exemple).
- Polychromatique si elle est constituée de plusieurs radiations lumineuses (lampes spectrales, soleil etc..).



Les sources primaires de lumières produisent leurs propres lumières.

- Le soleil (lumière du jour), le feu, les flammes.
- Les lampes, un tube au néon (néon), laser, téléviseur, les étoiles, les éclairs, les lucioles et le vers luisants, etc...



Les objets diffusants sont des objets éclairés qui renvoient dans toutes les directions, une partie de la lumière qu'ils reçoivent. On dit qu'ils diffusent la lumière.

- La lune diffuse une partie de la lumière qu'elle reçoit du soleil.
- Les planètes du système solaire.
- Un écran de cinéma.

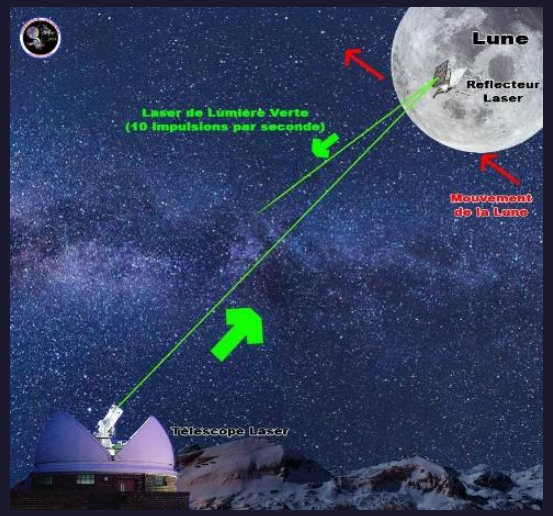
Caractéristiques de la lumière

La lumière a à la fois le comportement d'un corpuscule (photon) et d'une onde (OEM).

Dans un milieu transparent, homogène et isotrope, la lumière se propage en ligne droite.

La vitesse de la lumière dans le vide, que l'on notera c pour célérité, est une constante physique universelle:

$$C = 3.10^8 \text{ m/s} = 300\ 000 \text{ km/s}$$

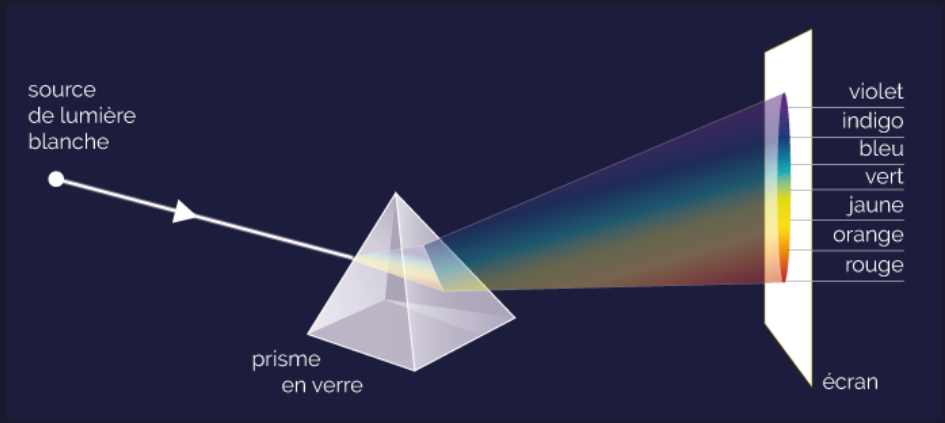


***Remarque**: La lumière des étoiles a quitté ces astres depuis fort longtemps, de sorte que l'on peut étudier l'histoire de l'univers par l'observation de ces objets distants: "plus l'on regarde loin, plus l'on regarde dans le passé".*

La lumière blanche

La lumière blanche est composée de lumières colorées appelées radiations:

- Les couleurs fondamentales: Rouge, Vert et Bleu.
- Les couleurs secondaires: Jaune, Cyan et Magenta.



Le spectre lumineux est l'ensemble des lumières colorées observées. Il y a deux couleurs non visibles, l'ultraviolet et l'infrarouge. L'analyse de la lumière solaire distingue plusieurs couleurs dont les 7 principales sont:

Violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge

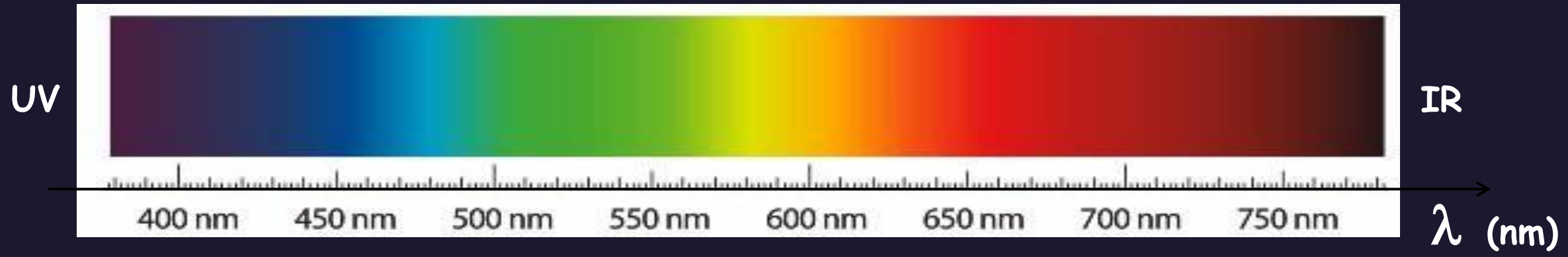
Le spectre de la lumière blanche comporte une infinité de couleur, c'est un spectre continu.

Dans le vide les radiations lumineuses visibles par l'œil humain sont comprises entre 400nm et 800nm environ.

Longueur d'onde d'une radiation

A Chaque radiation est associée, dans l'air ou dans le vide, une grandeur appelée longueur d'onde et noté λ. Elle s'exprime en mètre.

La longueur d'onde des radiations visibles s'exprime plutôt en nanomètres ($1nm=10^{-9}m$), puisqu'il s'agit d'un domaine de radiations électromagnétiques dont la longueur d'onde est comprise entre 380nm (violet) et 780nm (rouge).



Le domaine des radiations lumineuses est encadré par le domaine des radiations IR (infra rouge), et celui des radiations UV (ultraviolettes).

La lumière monochromatique

Une source de lumière est monochromatique si le spectre de la lumière qu'elle émet ne présente qu'une seule raie. Elle est donc caractérisée par une seule fréquence, donc une seule longueur d'onde dans le vide.

Le laser est une source de lumière monochromatique c'est-à-dire composée d'une seule radiation.

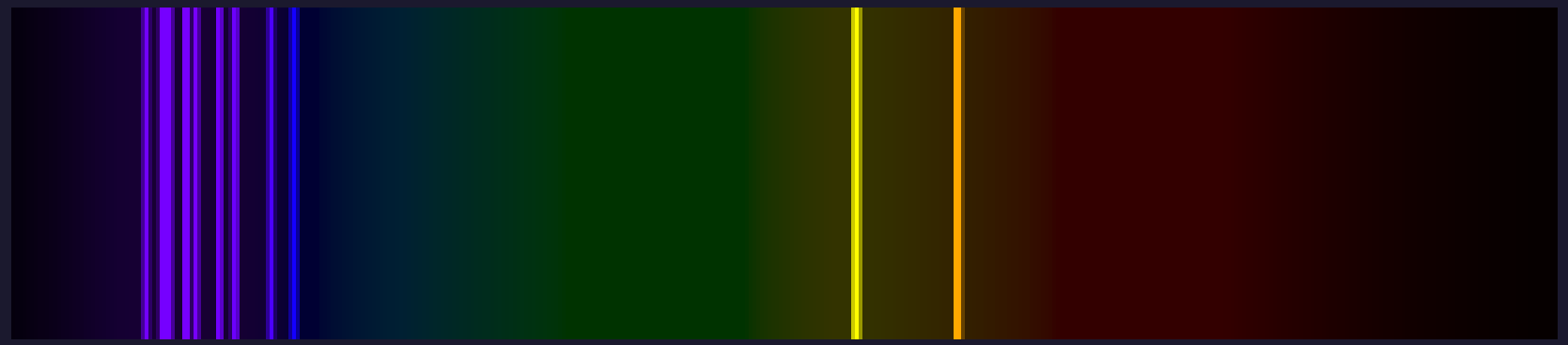
Une lumière monochromatique ne peut pas être décomposée elle n'est constituée que d'une seule radiation (couleur), à laquelle on associe une longueur d'onde λ (m).

La lumière polychromatique

Une source de lumière est polychromatique si le spectre de la lumière qu'elle émet présente plusieurs raies. Elle est donc caractérisée par plusieurs fréquences, donc plusieurs longueurs d'onde dans le vide.

Une lampe à vapeur de sodium ou de mercure sont des sources de lumière polychromatiques c'est à dire composée de plusieurs radiations.

Une lumière polychromatique peut être décomposée en plusieurs radiations (couleurs), auxquelles on associe différentes longueurs d'onde λ_n (m).

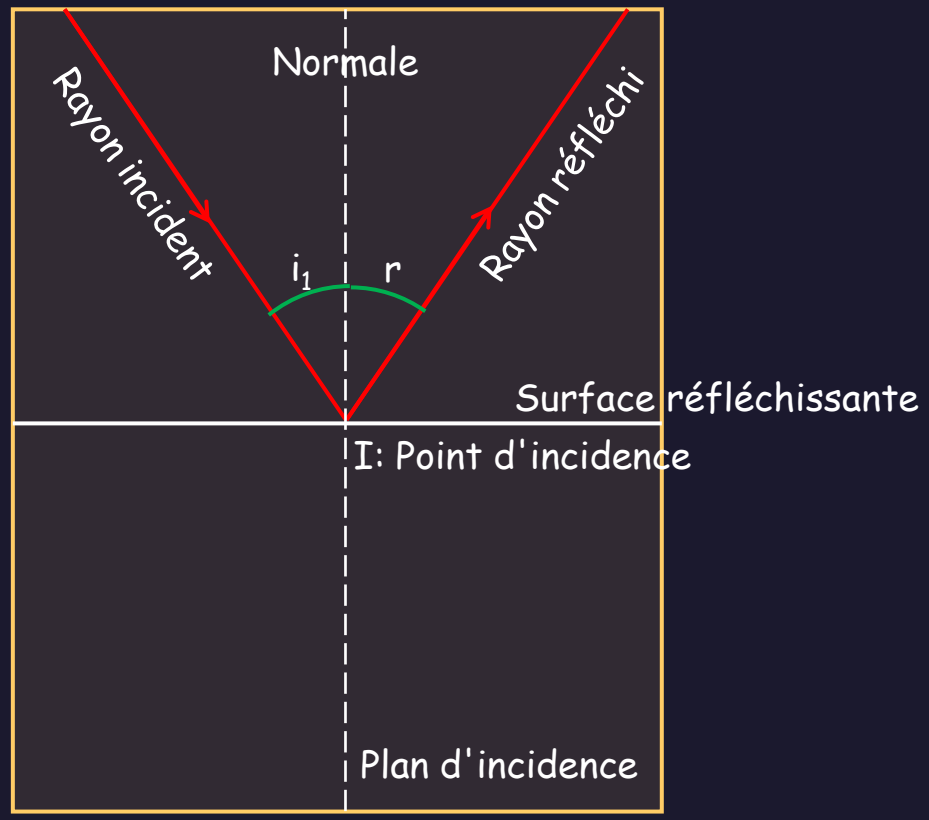


Réflexion de la lumière

Les rayons lumineux se propagent en ligne droite dans les milieux transparents. Mais ils peuvent changer de direction dans deux cas.

Quand des rayons lumineux atteignent un milieu réfléchissant les rayons changent de direction: c'est la réflexion.

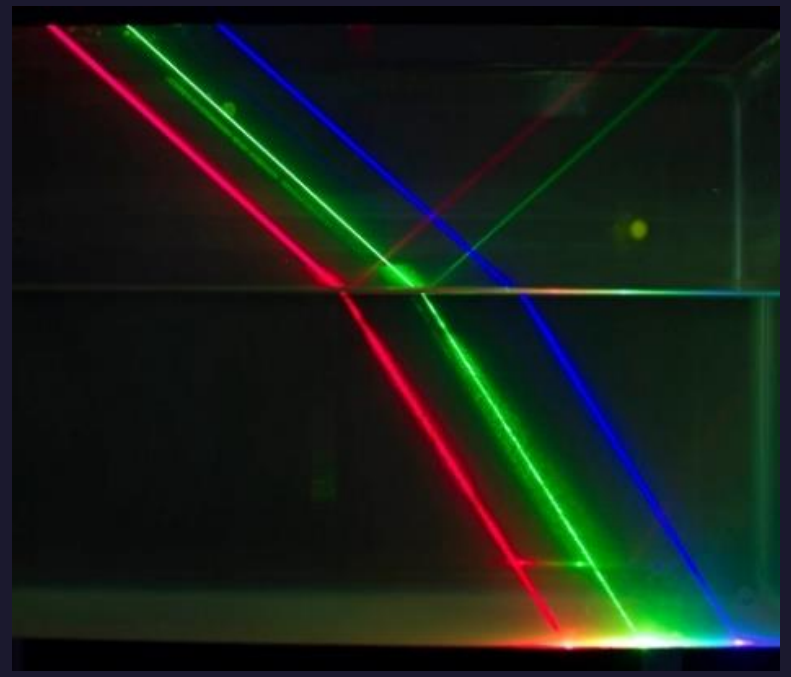
Quand un rayon lumineux incident arrive au niveau du point d'incidence I avec un angle d'incidence i_1 le rayon réfléchit repart avec un angle de réflexion r.



Réfraction de la lumière

Si on pose un objet au fond d'un bol et si on s'éloigne jusqu'à ce que l'objet en question ne se voie plus, on le verra réapparaitre à cette distance dès que l'on remplira le bol.

Le phénomène observé est dû à la réfraction de la lumière lors du changement de milieu eau-air. Il y a alors déviation des rayons lumineux ce qui permet de voir la pièce dans le bol en présence d'eau.

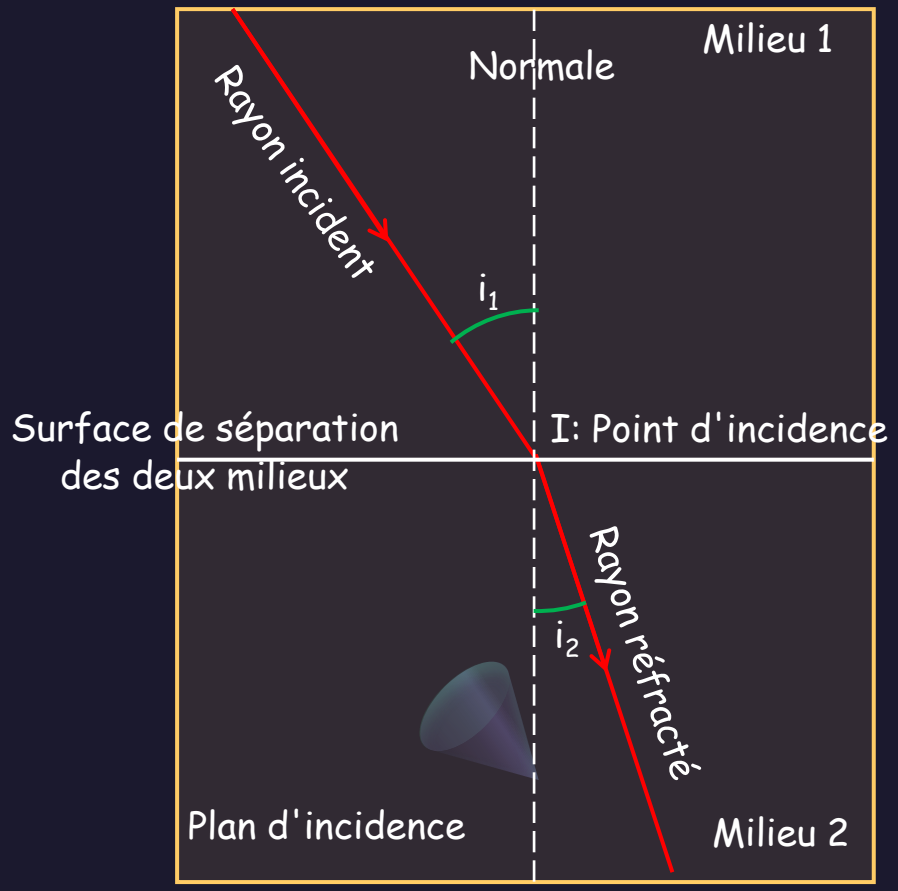


Lorsqu'on envoie des rayons lumineux monochromatiques (Lasers) sur la surface libre de l'eau colorée avec de la fluorescéine, on constate que:

- Une petite partie de la lumière est réfléchie.
- Une majeure partie du faisceau pénètre dans l'eau avec un changement de direction: le faisceau semble brisé

Le phénomène pour lequel la lumière change de direction lorsqu'elle passe d'un milieu transparent à un autre, s'appelle la réfraction.

Quand un rayon lumineux incident arrive au niveau du point d'incidence I avec un angle d'incidence i_1 le rayon traverse la surface de séparation entre les deux milieux et le rayon réfracté repart avec un angle de réfraction i_2.



Les lois de la lumière

Les phénomènes de réflexion et de réfraction sont régis par les lois de Snell-Descartes.

- 1ère loi: Les rayons réfléchi et réfracté appartient au plan défini par le rayon incident et la normale à la surface de séparation (dioptre).

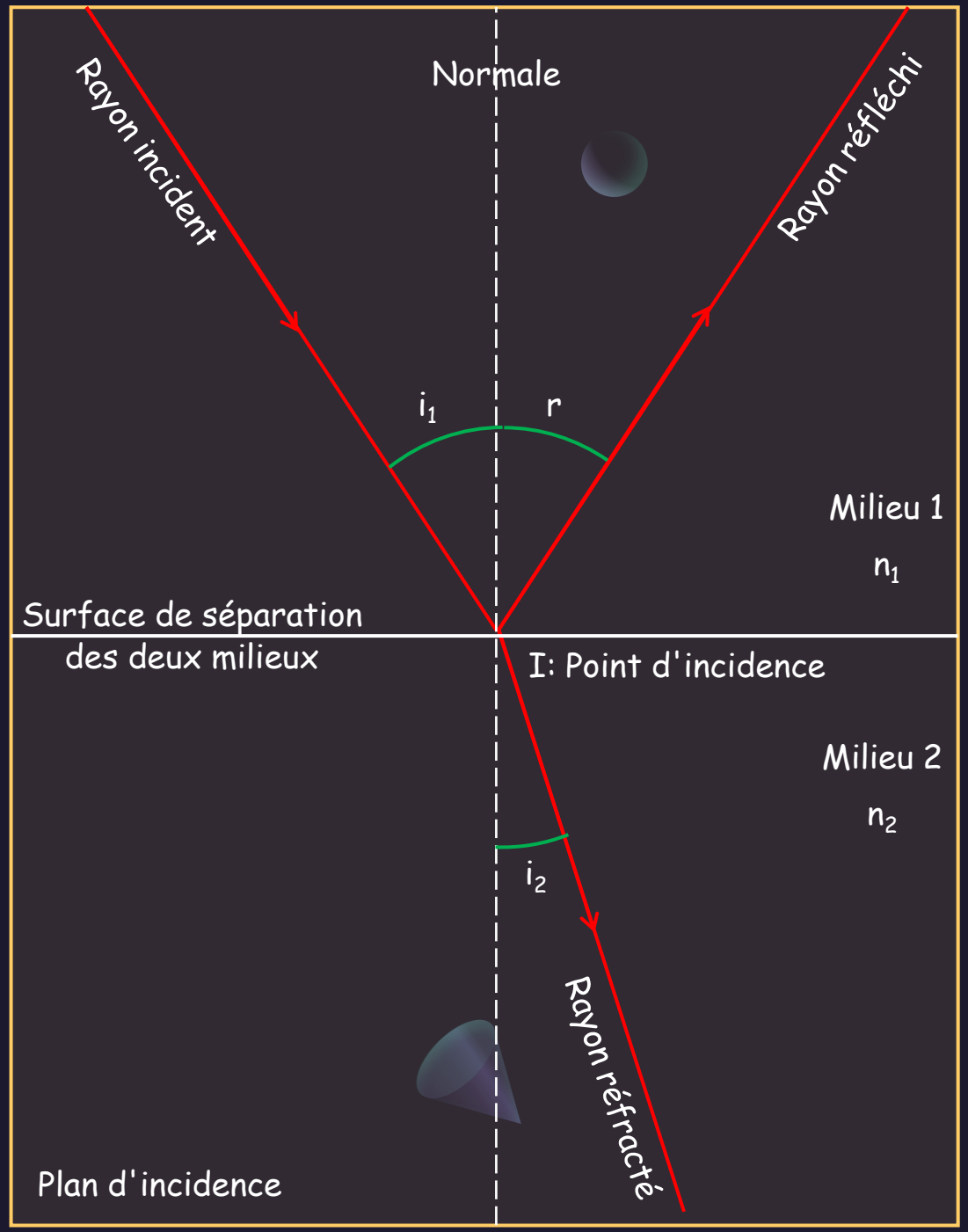
- 2ème loi: Les angles d'incidence i_1 et de réflexion r ont des valeurs identiques:

$$i_1 = r$$

- 3ème loi: Les angles d'incidence i_1 et de réfraction i_2 sont liés par la relation

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

où n_1 et n_2 sont des nombres sans unité appelés indices de réfraction, qui caractérisent les milieux d'incidence et de réfraction.


Normale
Rayon incident
Rayon réfléchi
i_1
r
Milieu 1
n_1
Surface de séparation
des deux milieux
I: Point d'incidence
Milieu 2
n_2
i_2
Rayon réfracté
Plan d'incidence

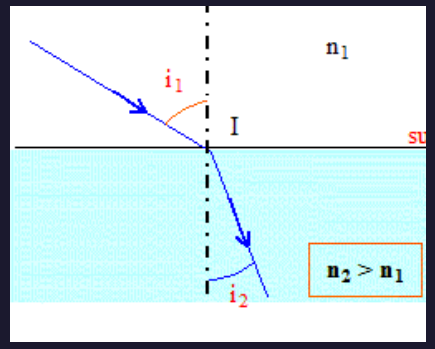
Indice de réfraction d'un milieu

L'indice de réfraction n représente en réalité le rapport de la vitesse de la lumière dans le vide c ($c=3{,}00.10^8 m.s^{-1}$) par sa vitesse v ($m.s^{-1}$) dans le milieu:

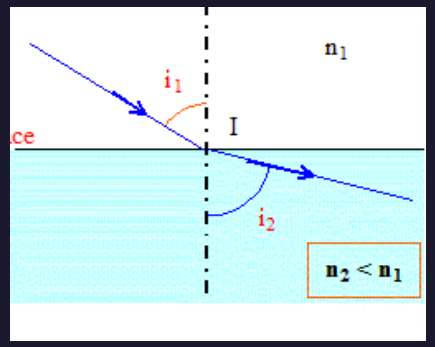
$$n = \frac{c}{v}$$

L'indice de réfraction étant défini comme le rapport de deux grandeurs de même unité, il ne possède pas d'unité. Dans un milieu matériel, la vitesse de la lumière ne peut être supérieure à celle possédée dans le vide donc un indice de réfraction est toujours supérieur ou égal à 1.

Si le milieu d'incidence est moins réfringent que le milieu de réfraction ($n_1 < n_2$) alors l'angle de réfraction est inférieur à l'angle d'incidence ($i_2 < i_1$). Le rayon réfracté se rapproche de la normale.



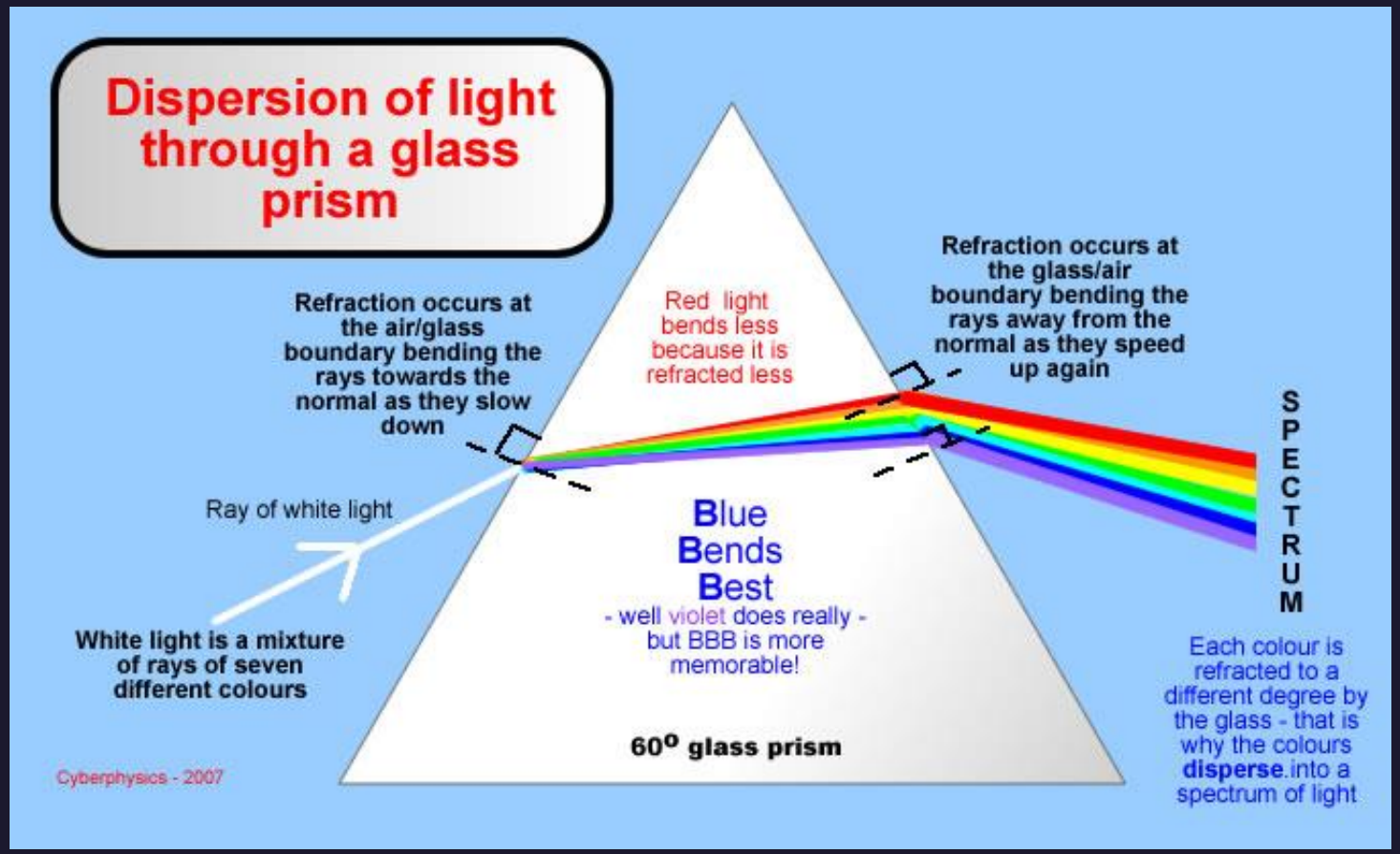
Si le milieu d'incidence est plus réfringent que le milieu de réfraction ($n_1 > n_2$) alors l'angle de réfraction est supérieur à l'angle d'incidence ($i_2 > i_1$). Le rayon réfracté se rapproche de la normale.



Décomposition de la lumière blanche

La lumière "blanche" peut être décomposée, à l'aide d'un prisme ou d'un réseau, en une infinité de lumières (ou radiations) colorées que l'on voit apparaître sur une figure qu'on appelle spectre de la lumière blanche.

La décomposition de la lumière est dû au phénomène de réfraction de la lumière dans un prisme.



Réfraction de la lumière dans l'atmosphère

La formation de l'arc-en-ciel s'interprète par la dispersion de la lumière solaire dans les gouttes de pluie.

En été, sur les routes chauffées par le Soleil, on peut avoir l'impression de voir des flaques d'eau au loin. Cela s'explique par le fait que l'indice de réfraction de l'air diminue lorsque la température augmente.

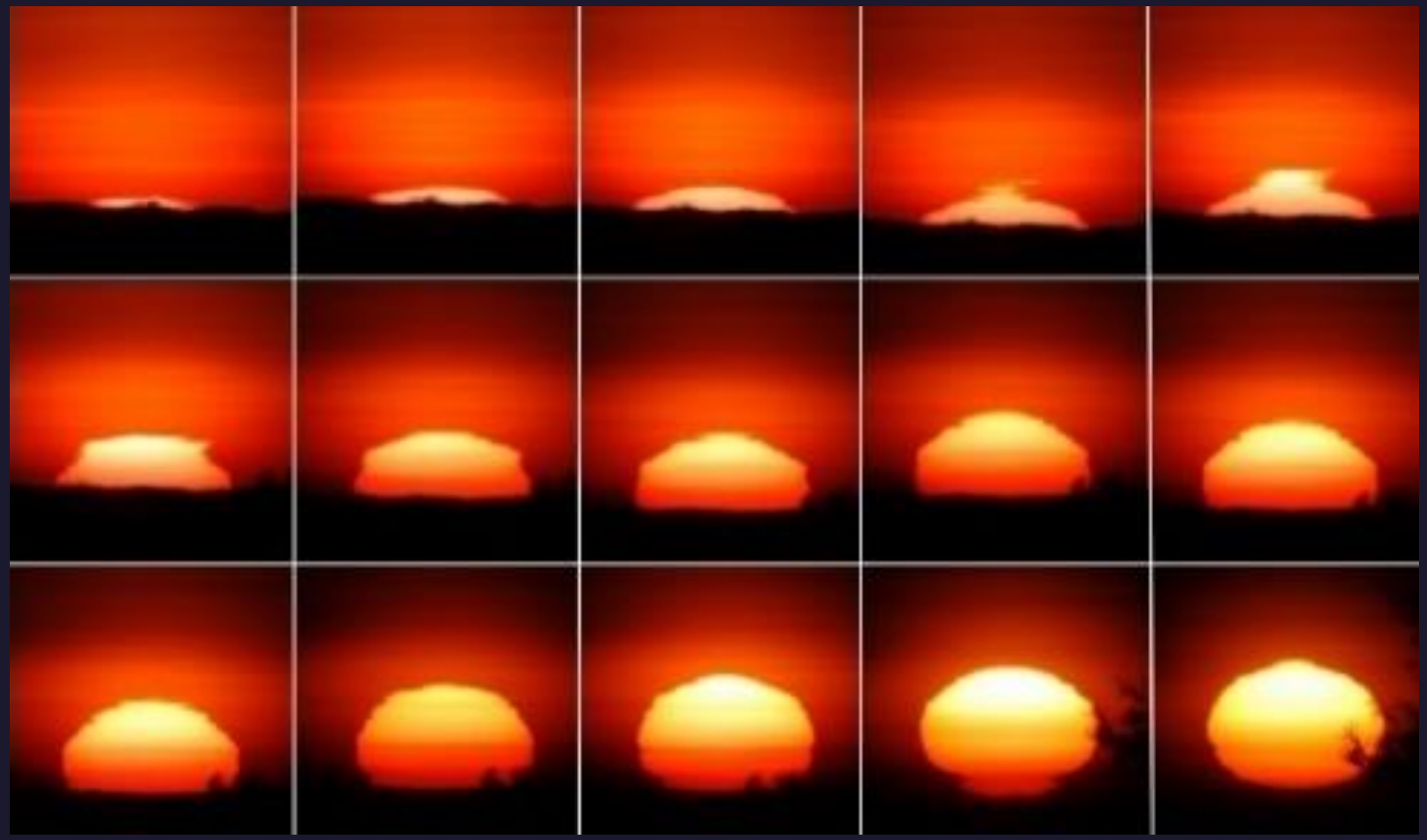
Le mirage inférieur ou "mirage chaud" s'observe lorsque la température et l'indice de réfraction diminue avec l'altitude. L'observateur a la sensation de voir l'image du paysage à travers un miroir d'eau.

Le mirage supérieur ou "mirage froid" s'observe lorsque la température et l'indice de réfraction augmente avec l'altitude. L'observateur a la sensation de voir l'image du paysage flotter dans l'air.

La réfraction de la lumière dans l’atmosphère donne du Soleil une image aplatie lorsqu’il est proche de l’horizon.

Lorsqu'il se couche, le Soleil peut montrer une palette de couleurs très variées et souvent flamboyantes.

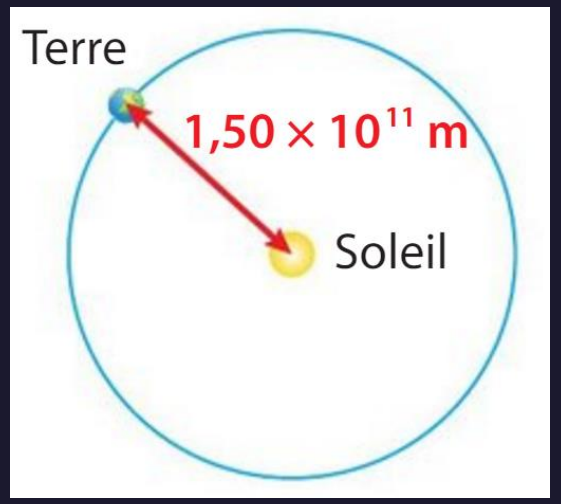
Lors d'un coucher de soleil, on peut voir apparaitre des lumières vertes au sommet du disque solaire,



Exercices d'application

Exercice 1

La Terre est la troisième planète du système solaire. Sachant que la célérité de la lumière dans le vide est $c=3{,}00.10^{8} m.s^{-1}$, déterminer la durée mise par le soleil pour nous parvenir.



Exercice 2

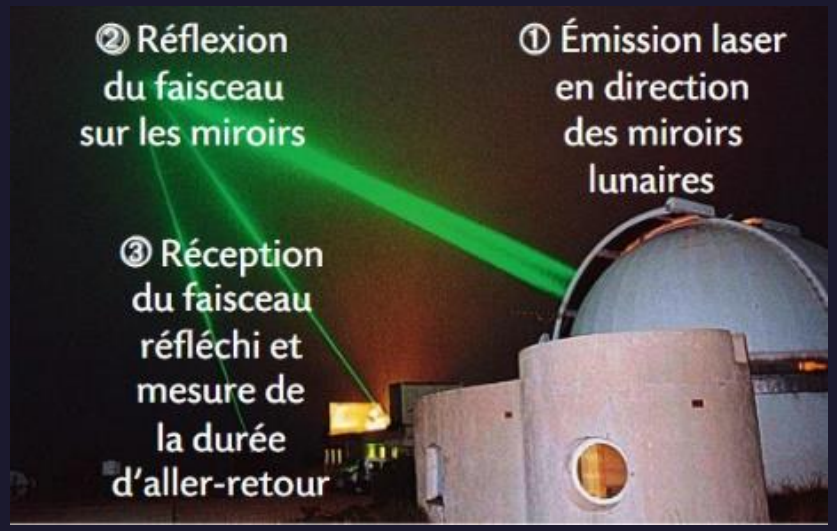
L'exoplanète Proxima B est située à 4,24 années-lumière de la Terre. La célérité de la lumière dans le vide est $c=3{,}00.10^{8} m.s^{-1}$. Après avoir déterminé la distance parcourue par la lumière en une année, calculer la distance à laquelle se trouve Proxima β de la Terre.

Exercice 3

Pour mesurer la distance Terr Lune, on utilise un faisceau LASER. Ce LASER qui se trouve au CERGA envoie une émission LASER en direction de miroirs déposés sur la Lune par les missions Apollo.

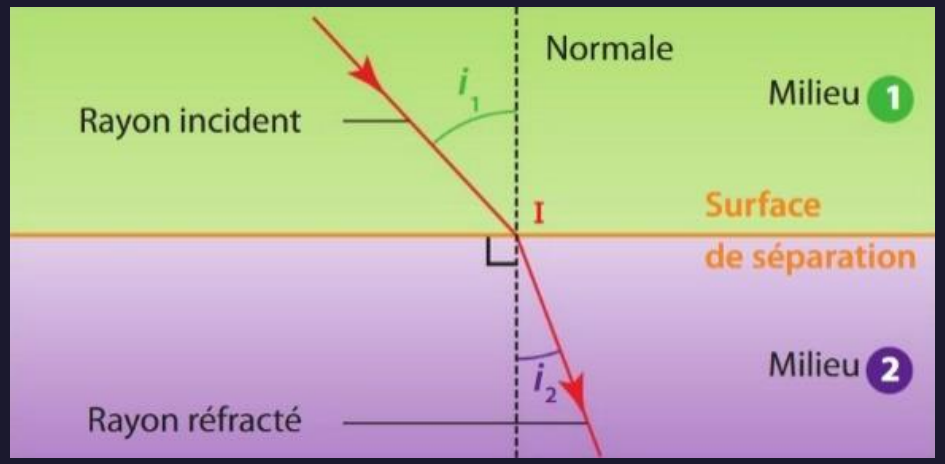
Une mesure a donné pour l'aller-retour de la lumière une durée $\Delta t=2,4292278641s$ avec une précision de $3.10^{-10}s$. La célérité de la lumière dans le vide est $c=299792458,00m.s^{-1}$.

Après avoir schématisé le trajet de la lumière, calculer la distance $D_{Terre-Lune}$ ainsi que la précision de la mesure sur cette distance.



Exercice 4

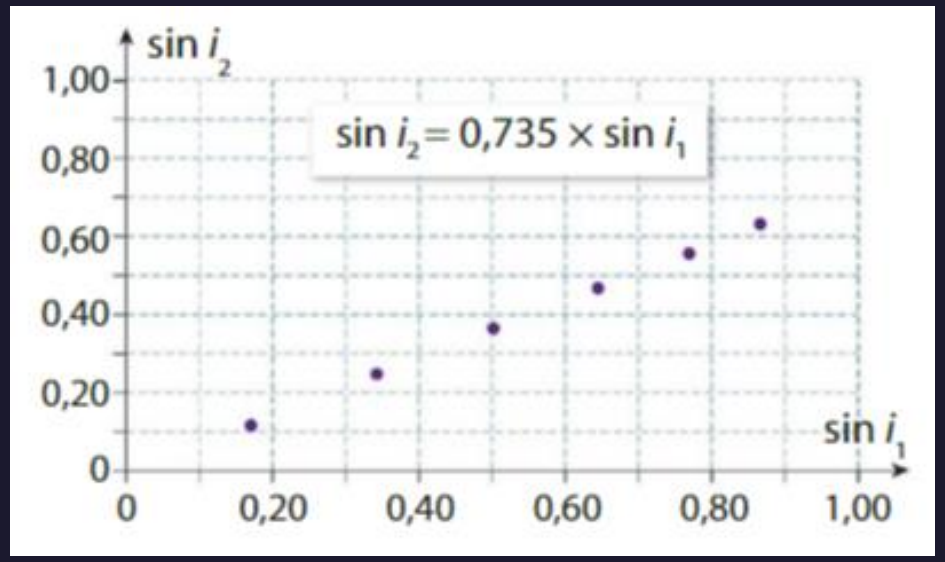
A l'aide de la loi de Snell Descartes relative à la réfraction, calculer l'angle de réfraction i_2 pour un angle d'incidence i_1=25,0° et des indices de réfraction n_1=1,00 et n_2=1,39.



Exercice 5

Lors d'une séance de travail expérimental, un élève réalise l'étude de la réfraction d'un rayon, lumineux passant de l'air d'indice de réfraction n_1=1,00 dans une cuve remplie d'éthanol.

Il obtient la représentation graphique du sinus de l'angle de réfraction i_2 en fonction du sinus de l'angle d'incidence i_1 ci contre.



Le logiciel affiche également l'équation de la relation entre sin i_1 et sin i_2.

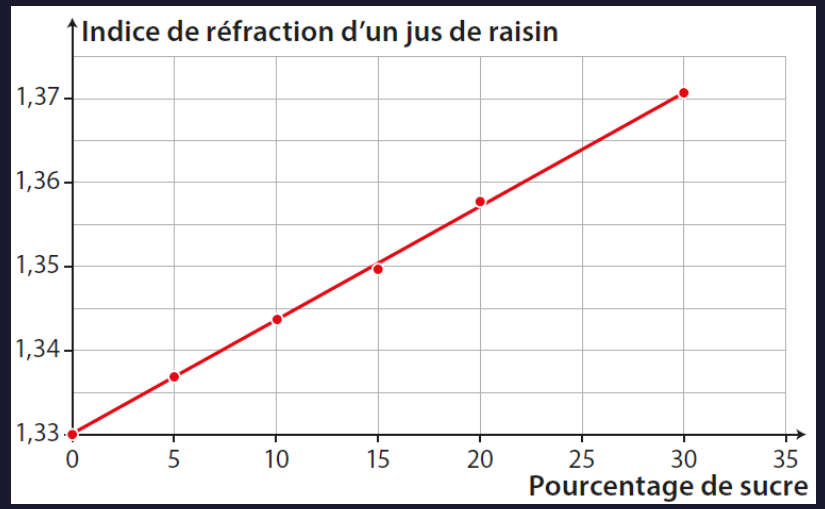
Calculer l'indice de réfraction n_2 de l'éthanol.

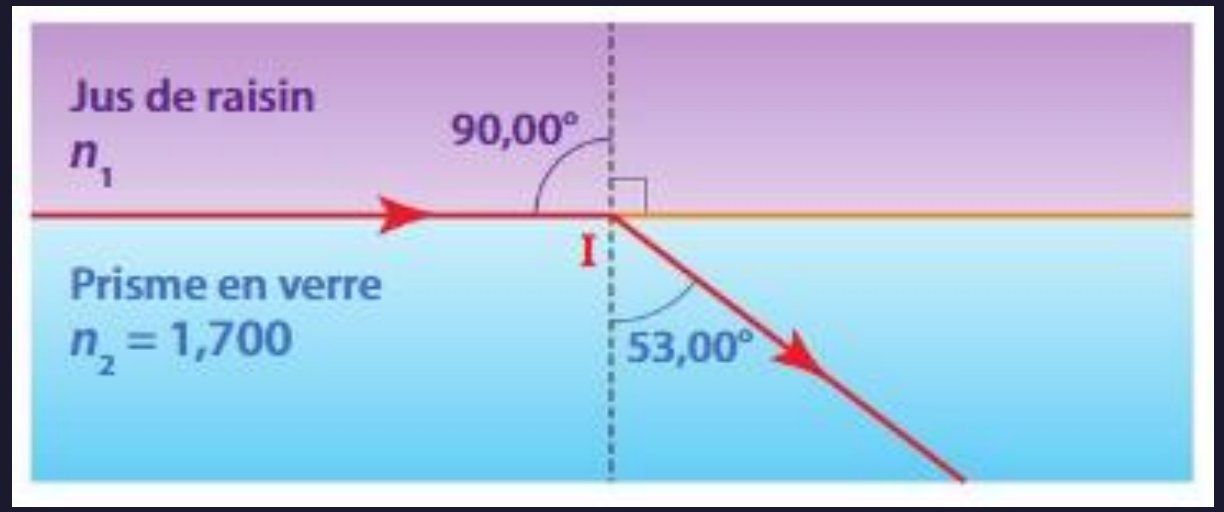
Exercice 6

Avant de réaliser les vendanges, on vérifie le taux de sucre du jus de raisin en mesurant l'indice de réfraction de celui ci à l'aide d'un réfractomètre. Pour être vendangé, le raisin doit contenir 21,50% de sucre, c'est à dire que 100,0g de jus de raisin doit contenir 21,50g de sucre.

On réalise la mesure de l'indice de réfraction pour des solutions de pourcentage massique connu en sucre. On obtient le graphique ci-dessous.

La mesure est effectuée en incidence rasante, c'est à dire que l'angle d'incidence i_1 est de 90,0°.



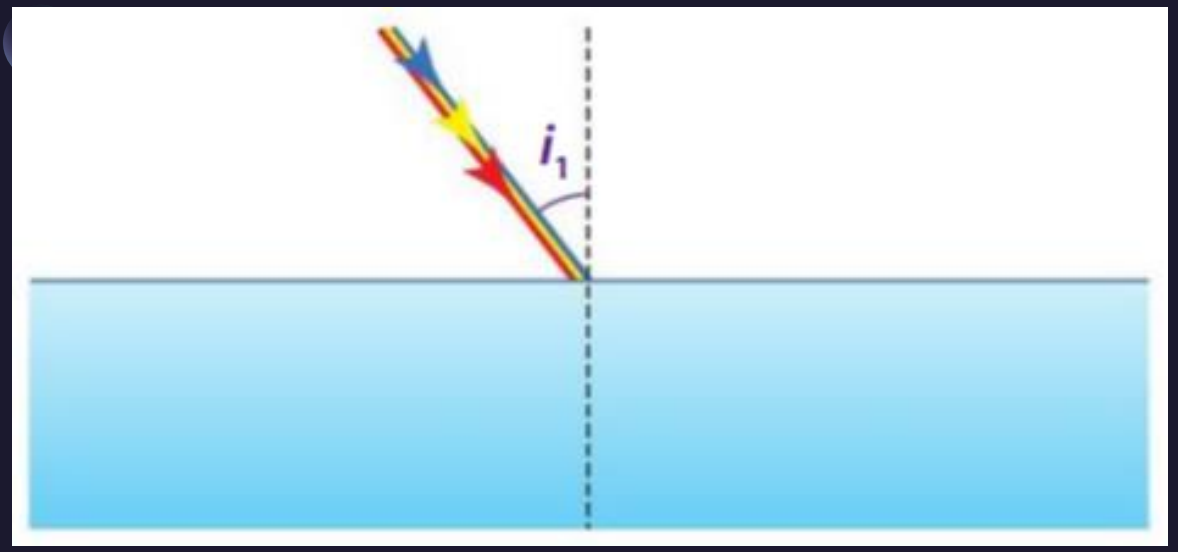


Le raisin est-il suffisamment mur pour être vendangé?

Exercice 7

Une lumière polychromatique est constituée de trois radiations bleue, jaune et rouge de longueurs d'onde respectives:

$\lambda_{bleu} = 486$ nm , $\lambda_{jaune} = 589$ nm , $\lambda_{rouge} = 650$ nm



Elle atteint un bloc de verre sous un angle d'incidence $i_1 = 40{,}00°$ comme indiqué sur le schéma ci-contre.

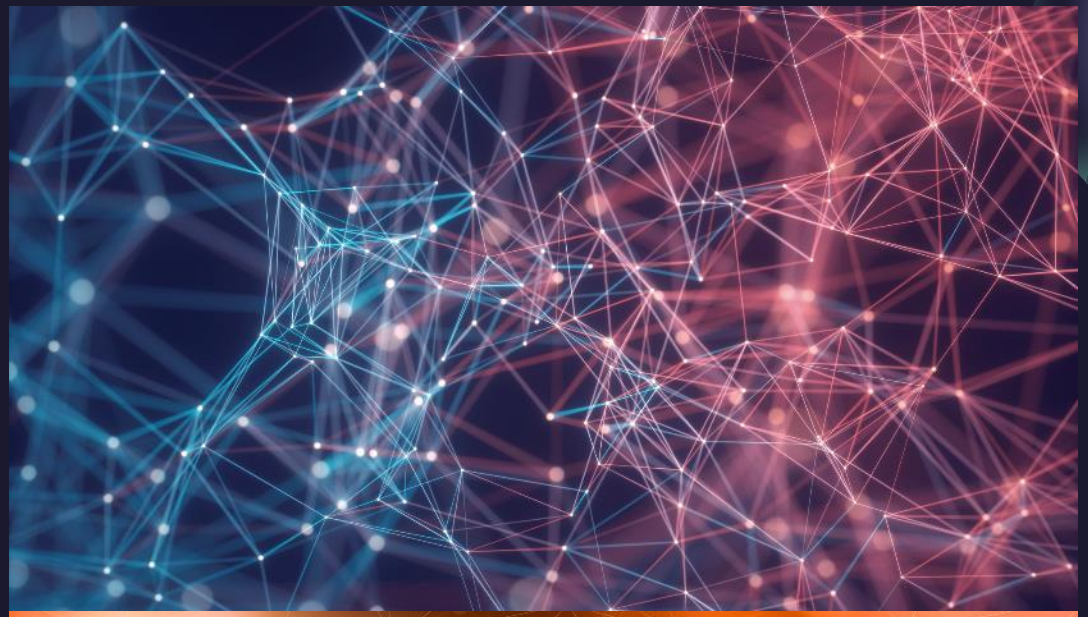
On donne les indices de réfractions:

$$n_{air} = 1{,}000 \; n_{bleu} = 1{,}516 \; , \; n_{jaune} = 1{,}510, \; n_{rouge} = 1{,}505$$

Calculer l'angle de réfraction i_2 pour chacune de ces radiations, puis représenter ces trois radiations déviées en respectant leurs positions relatives.

Conclure en citant la propriété du verre mise en évidence.

PROPAGATION DE LA LUMIERE



Prof-TC

www.prof-tc.fr