

Les diamants et la réfraction de la lumière

Loi de Descartes pour la réfraction :

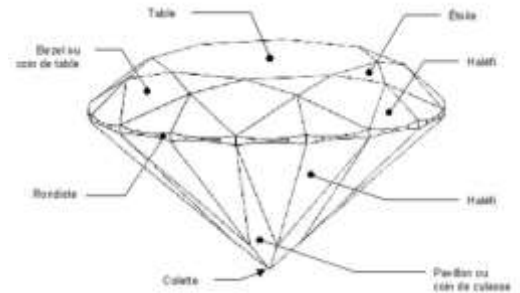
Lorsqu'un rayon de lumière passe d'un milieu transparent 1, d'indice n_1 , à un milieu transparent 2, d'indice n_2 , l'angle d'incidence i et l'angle de réfraction r sont liés par la relation suivante :

$$n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$$

Document

Le diamant est transparent, translucide ou opaque. Son indice de réfraction est particulièrement élevé et varie en fonction de la longueur d'onde. Cet indice varie de : 2,407 pour la lumière rouge (687 nm) et 2,451 pour la lumière bleue (431 nm).

En pénétrant, les rayons de lumière sont réfléchis à l'intérieur de la pierre à l'infini et la lumière blanche se disperse, retourne à l'intérieur transformée en un éventail de couleurs.



I. Passage d'un rayon de l'air au diamant :

On considère un rayon de lumière qui passe de l'air au diamant.

Il arrive avec un angle d'incidence $i=20^\circ$ sur l'interface air/diamant. On donne : $n_{\text{air}}=1$

1. Dans quel milieu la vitesse de la lumière est-elle la plus élevée ?

Calcul de la vitesse de la lumière dans l'air :

$$v_{\text{air}} = \frac{v_{\text{vide}}}{n_{\text{air}}} \quad \text{A.N.}$$

$$v_{\text{air}} = \frac{3,00 \times 10^8}{1,0} = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

Calcul de la vitesse de la lumière dans le diamant :

$$v_{\text{verre}} = \frac{v_{\text{vide}}}{n_{\text{verre}}} \quad \text{A.N.} \quad v_{\text{verre}} = \frac{3,00 \times 10^8}{2,4} = 1,3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

La vitesse de la lumière dans l'air est donc plus grande que dans le diamant.

La lumière se propage donc plus rapidement dans l'air que dans le diamant.

2. Quel est le milieu 1 par lequel la lumière arrive ? Quel est le milieu 2 dans lequel la lumière est réfractée ?

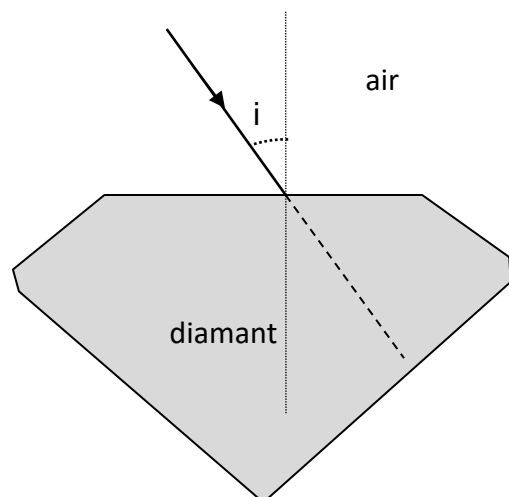
Le milieu 1 est l'air ; le milieu 2 est le diamant.

3. Calculer l'angle de réfraction r avec lequel les rayons rouges passent dans le diamant.

Loi de Descartes :

$$n_{\text{air}} \cdot \sin i = n_d \cdot \sin r$$

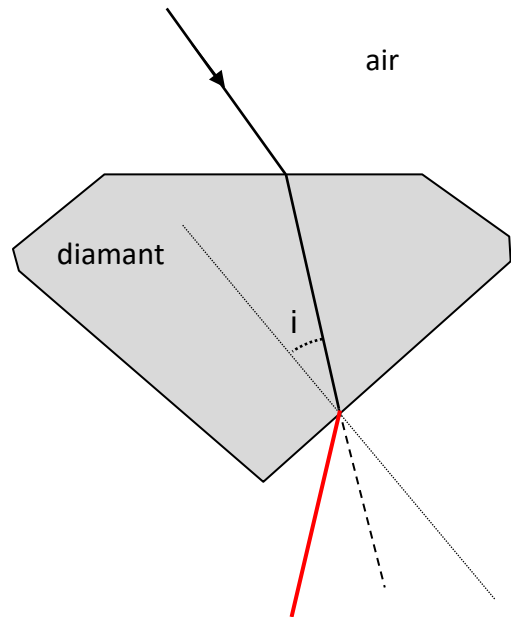
$$\text{soit} \quad \sin r = \frac{n_{\text{air}} \cdot \sin i}{n_d}$$



A.N. $\sin r = \frac{1,0 \times \sin 20}{2,407} = 0,14$ pour la lumière rouge

D'où $r = \text{Arcsin}(0,14) = 8,2^\circ$ pour la lumière rouge

4. Compléter le schéma, sans respecter la valeur de l'angle, en indiquant si le rayon s'écarte ou s'éloigne de la normale.



II. Passage du diamant à l'air :

On considère un rayon de lumière qui passe du diamant à l'air. Il arrive avec un angle d'incidence $i=15^\circ$ sur l'interface diamant/air.

1. Calculer l'angle de réfraction r avec lequel les rayons rouge repassent dans l'air.

Loi de Descartes :

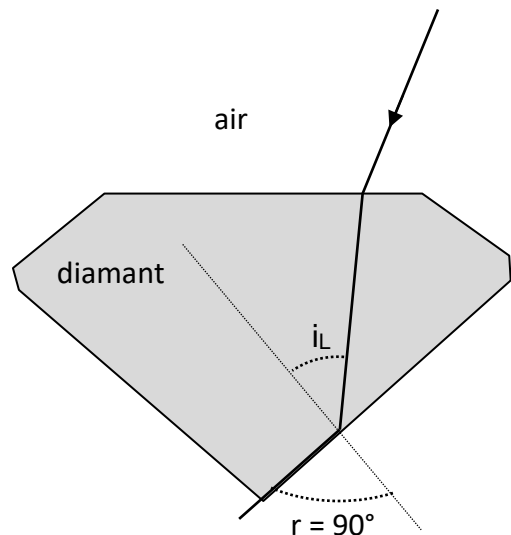
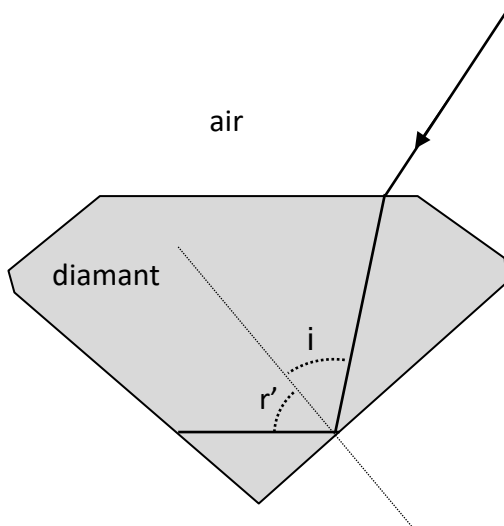
$$n_d \cdot \sin i = n_{air} \cdot \sin r$$

soit $\sin r = \frac{n_d \cdot \sin i}{n_{air}}$

A.N. $\sin r = \frac{2,407 \times \sin 15}{1,0} = 0,62$

D'où $r = \text{Arcsin}(0,62) = 39^\circ$

2. Compléter le schéma, sans respecter la valeur de l'angle, en indiquant si le rayon s'écarte ou s'éloigne de la normale.



3. Dans le cas du passage du diamant à l'air, lorsque i devient trop grand, la lumière ne ressort plus du diamant et est entièrement réfléchie par la surface avec un angle $r' = i$.

C'est le cas pour les rayons d'incidence $i > i_L$, où i_L est l'angle pour lequel $r = 90^\circ$. Calculer pour un rayon rouge, l'angle d'incidence limite i_L .

Loi de Descartes :

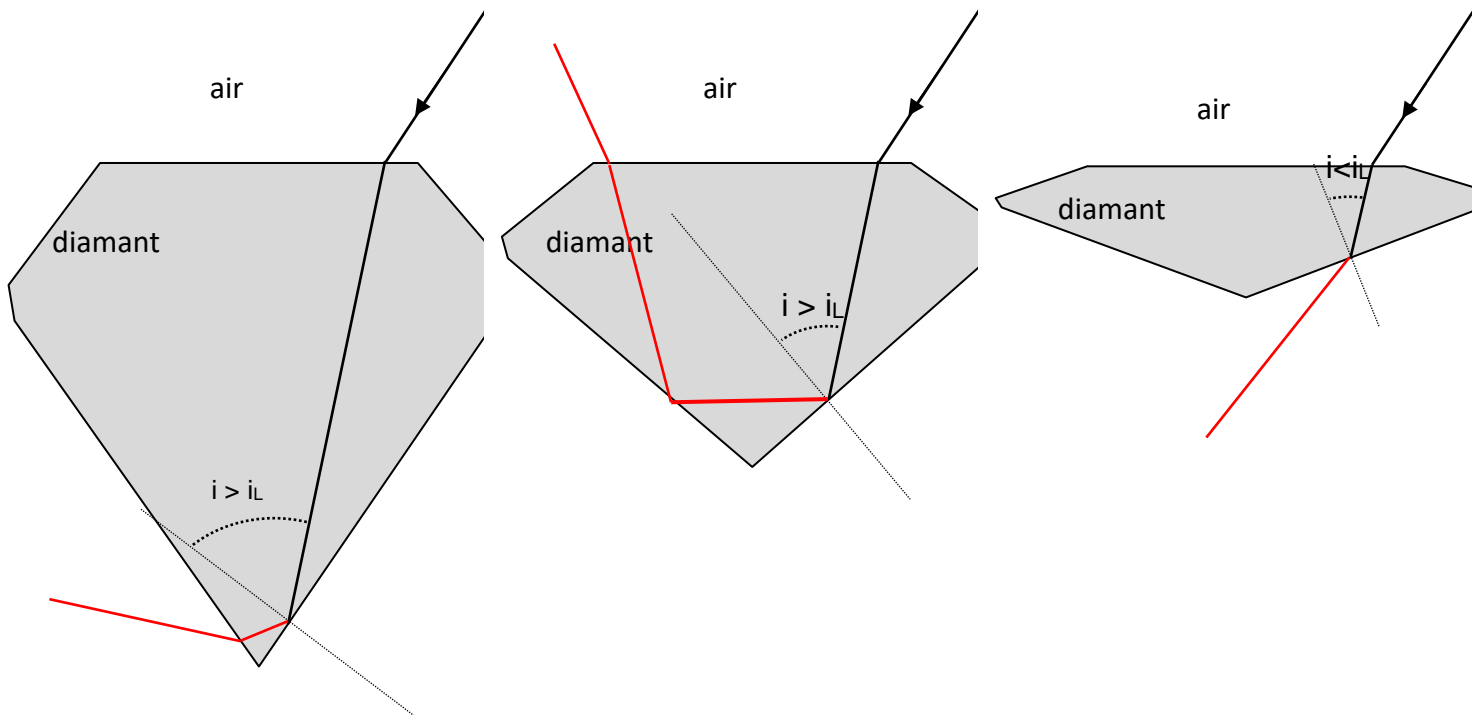
$$n_d \cdot \sin i_L = n_{air} \cdot \sin 90$$

$$\sin i_L = \frac{n_{air}}{n_d} \quad \text{A.N.} \quad \sin i_L = 0,42$$

$$i_L = \text{Arcsin}(0,42) = 25^\circ$$

III. Taille du diamant

1. Pour chacun des trois diamants ci-dessous, tracer le trajet du rayon lumineux jusqu'à ce qu'il ressorte dans l'air



Lequel de ces trois diamants a la forme idéale ? Justifier.
C'est le second car il renvoie la lumière vers le haut.

2. Quel est l'intérêt de multiplier les faces lors de la taille d'un diamant ?
Multiplier les réflexions totales.
3. De quelle propriété physique dépend l'éclat particulier du diamant évoqué par un éventail de couleurs dans le texte ?
Comme l'indice du diamant est différent pour chaque couleur, des lumières de longueurs différentes seront réfractés et réfléchies avec des angles différents. Lorsqu'ils ressortent du diamant, on perçoit des couleurs différentes (arc en ciel), c'est pourquoi on parle d'un éventail de couleurs.