

Exercices sur la dispersion de lumière

Exercice 1:

Dispersion de la lumière dans le verre

Les verres minéraux sont fabriqués avec de la silice (SiO_2), de la soude (NaOH), de la potasse

(KOH) et de la chaux (Ca(OH)_2).

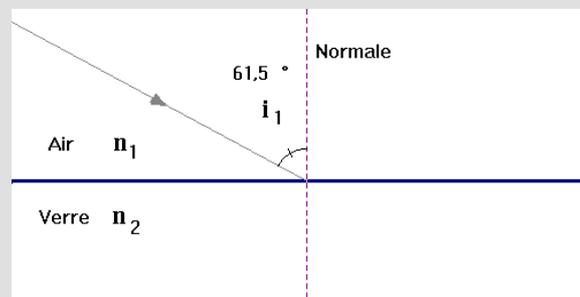
L'ajout de substances en petites quantités comme le plomb, des ions fluorures par exemple, modifient les caractéristiques de ces verres.

Le cristal (flint), contenant du plomb, a un indice qui varie beaucoup en fonction de la longueur d'onde de la radiation.

Le schéma ci-dessous représente un faisceau de lumière blanche assimilable à un rayon lumineux se propageant dans l'air et dirigé sur la surface d'un bloc de verre avec un angle d'incidence de $61,5^\circ$.

L'indice de réfraction de ce verre vaut:

1,612 pour une radiation rouge, 1,621 pour une radiation jaune et 1,671 pour une radiation bleue.



1. À l'aide des différentes valeurs de l'indice de réfraction du flint, calculer les valeurs des différents angles de réfraction.

2. Reproduire et compléter le schéma en dessinant les rayons réfractés.

3. La déviation du rayon lumineux est la valeur de l'angle formé par la direction du rayon incident et la direction du rayon réfracté. Calculer la déviation pour chacune des radiations précédentes.

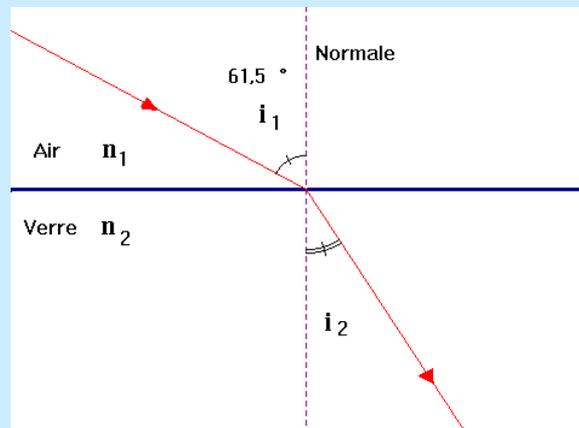
Quelle est la radiation la plus déviée?

4. Situer approximativement la direction d'une radiation verte.

Correction de 1:

Dispersion de la lumière dans le verre

1. Valeurs des différents angles de réfraction.



- Deuxième loi de Descartes appliquée au schéma :

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

$$\sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin i_1 \quad \text{avec } n_2 \geq n_1$$

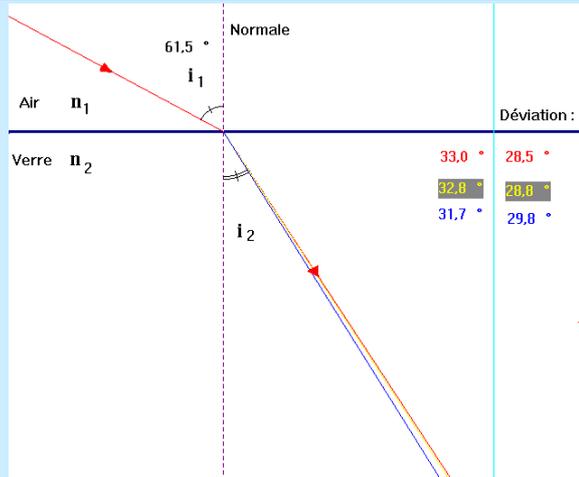
$$\sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin i_1$$

$$i_2 = \sin^{-1} \left(\frac{n_1}{n_2} \cdot \sin i_1 \right)$$

- Applications numériques:

	rouge	jaune	bleu
n_1	1	1	1
n_2	1,612	1,621	1,671
i_1	61,5°	61,5°	rouge
i_2	33,0°	32,8°	1,00

2. Schéma.

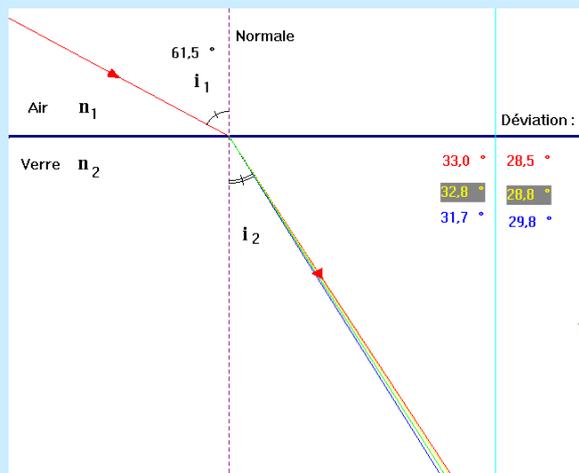


	rouge	Jaune	bleu
Déviation			
$D = i_1 - i_2$	$28,5^\circ$	$28,8^\circ$	$29,8^\circ$

-Radiation la plus déviée: la radiation bleue.

4.Direction d'une radiation verte.

Elle se situe entre la radiation jaune et la radiation bleue.



Exercice 2 :

Exploiter les résultats d'une expérience.

On a utilisé le dispositif du document ci-dessous pour étudier la réfraction d'un faisceau lumineux à la surface de séparation de deux milieux transparents.

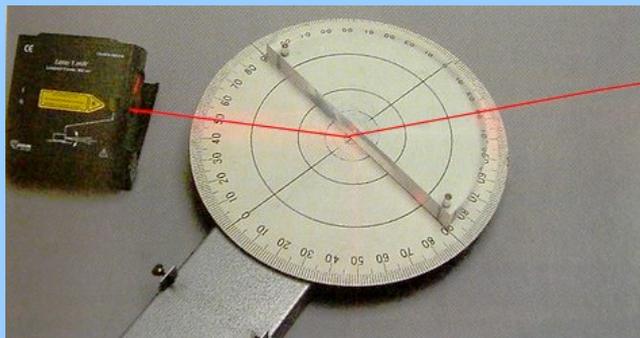
Le demi-cylindre est un bloc de plexiglas.

Lorsque le rayon lumineux pénètre dans le bloc, il ressort dans l'air par la surface cylindrique sans être dévié.

On peut ainsi repérer facilement la direction du faisceau réfracté dans le matériau.

1)- Schématiser l'expérience en indiquant l'angle i_1 d'incidence sur la surface plane et l'angle i_2 de réfraction dans le matériau.

2)- On a réalisé plusieurs mesures pour différents angles d'incidence:



a)- Donner l'expression littérale de la deuxième loi de DESCARTES.

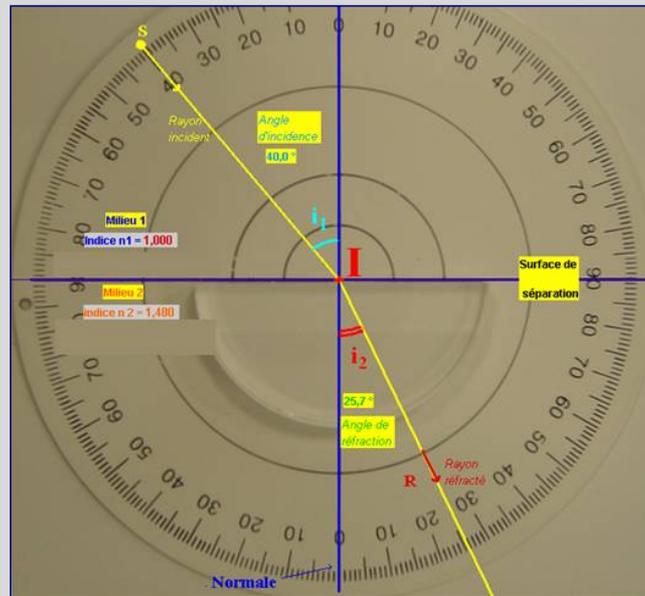
b)- Montrer, à l'aide d'une représentation graphique, que les valeurs expérimentales obtenues sont en accord avec cette loi.

3)- Déterminer la valeur de l'indice n_2 de réfraction du plexiglas pour la radiation utilisée.

Donnée: valeur de l'indice de réfraction de l'air: $n_1 = 1,00$

Correction :

1. Schéma de l'expérience:



2. Loi de Descartes:

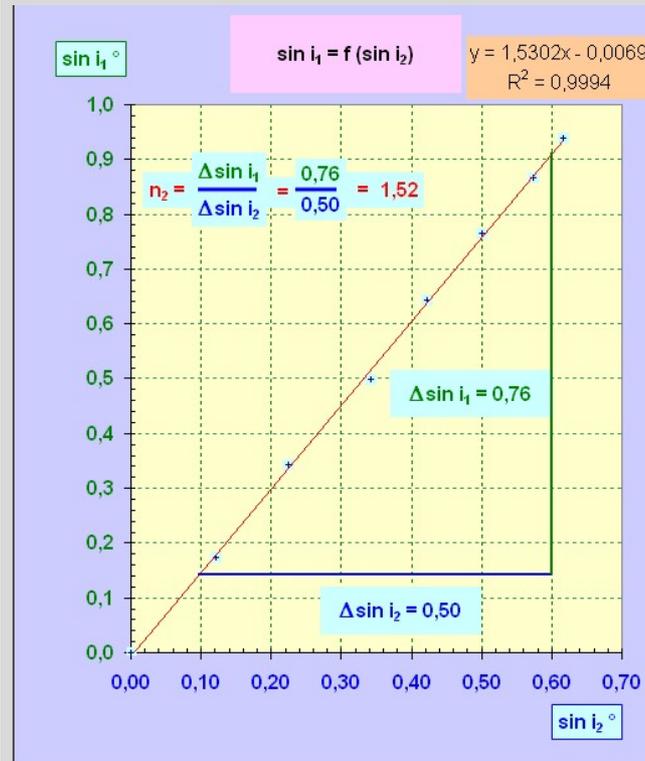
a)-Expression: $n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin i_2$

b)-Représentation graphique: $\sin i_1 = f(\sin i_2)$

- Tableau de valeurs:

i_1	i_2	$\sin i_1$	$\sin i_2$
0	0,0	0,000	0,000
10	7,0	0,174	0,122
20	13,0	0,342	0,225
30	20,0	0,500	0,342
40	25,0	0,643	0,423
50	30,0	0,766	0,500
60	35,0	0,866	0,574
70	38,0	0,940	0,616

- Graphe:



- Les points sont sensiblement alignés.
- La droite moyenne passe par l'origine:
- On peut écrire que: $\sin i_1 = k \cdot \sin i_2$
- avec $k \approx 1,52$.

3. Indice de réfraction du plexiglas:

- D'après la loi de Descartes:

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

- On en déduit que :

$$k = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow n_2 = k \cdot n_1$$

$$n_2 = 1,52 \times 1,00$$

$$n_2 = 1,52$$

Exercice 3 (corrigé):

1- Définir une lumière monochromatique et donner un exemple d'une source lumineuse monochromatique.

-Définition une lumière monochromatique:

- c'est une lumière qui est constituée d'une seule radiation de longueur d'onde λ dans le vide.

-Elle est caractérisée par sa longueur d'onde λ dans le vide ou sa fréquence ν .

- Source de lumière monochromatique:

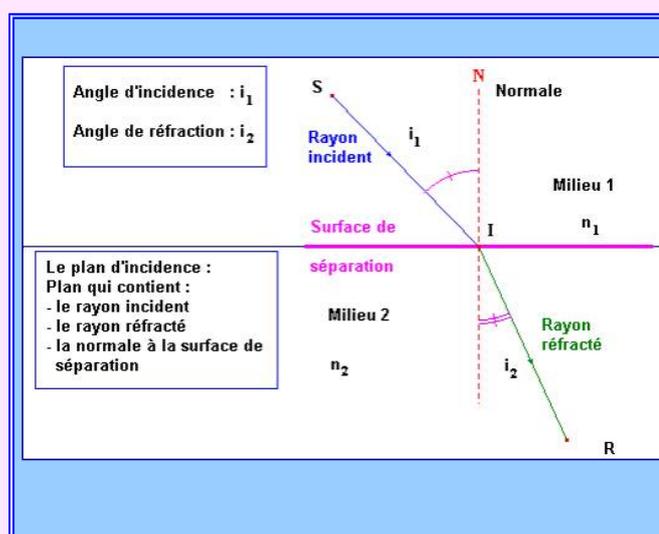
- La lumière émise par le laser est une lumière monochromatique.

- Le laser utilisé au Lycée émet une lumière rouge de longueur d'onde $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ dans le vide.

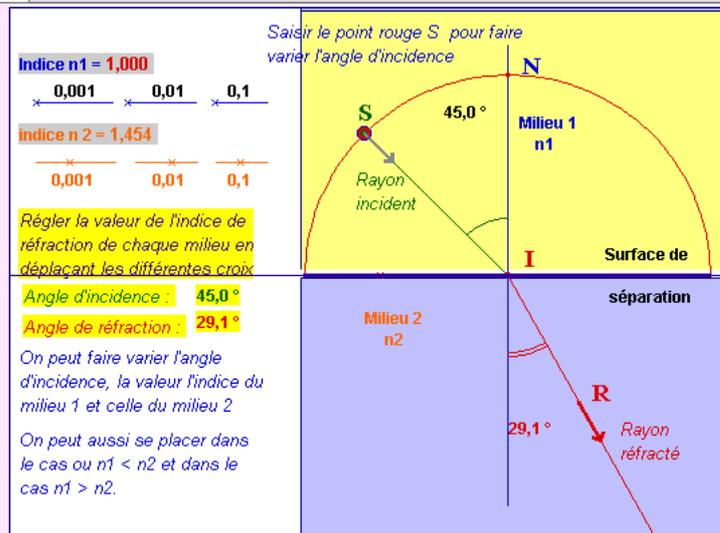
2- Qu'appelle-t-on rayon incident et rayon réfracté?

Répondre à l'aide d'un schéma.

-Schéma:



3- Énoncer les deux lois de Descartes à l'aide d'un schéma.



-Voir le schéma au-dessus.

-Première loi de Descartes :

- Le rayon incident et le rayon réfracté appartiennent au plan d'incidence.

-Deuxième loi de Descartes :

$$n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin i_2 \quad (1).$$

Exercice 4 (corrigé):

L'éther vendu en pharmacie est une espèce chimique transparente caractérisée par un indice de réfraction $n_D = 1,3506$, mesurée avec une radiation de longueur d'onde $\lambda = 590\text{nm}$ (lumière jaune).

a)- Quelle est la vitesse de la lumière jaune quand elle traverse cette espèce chimique?

On peut en déduire la vitesse de la lumière jaune dans l'éther à partir de l'indice de l'éther.

b)- Combien de temps met-elle pour traverser 10,0cm d'air? Même question avec 10,0cm d'éther?

c)- Peut-on utiliser commodément cette différence pour mesurer l'indice de réfraction de

l'éther.

Justifier votre réponse

Donnée: $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m / s}$.

a)- Vitesse de la lumière jaune quand elle traverse cette espèce chimique.

- Vitesse de la lumière jaune quand elle traverse l'éther.

- Pour une radiation donnée, un milieu transparent homogène est caractérisé par un indice de réfraction n

n est un nombre qui n'a pas d'unité et $n \geq 1$

n indice de réfraction

c vitesse de la lumière dans le vide (m / s)

v vitesse de la lumière dans le milieu considéré (m / s)

- On peut en déduire la vitesse de la lumière jaune dans l'éther à partir de l'indice de l'éther.

$$n_D = \frac{c}{v} \Rightarrow v = \frac{c}{n_D}$$

$$v \approx \frac{3,00 \times 10^8}{1,3506}$$

$$v \approx 2,22 \times 10^8 \text{ m / s}$$

b)- Temps mis pour traverser 10,0 cm d'air et d'éther.

- Durée Δt pour traverser $d = 10,0 \text{ cm}$ d'air.

$$d = c \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{d}{c}$$

$$\Delta t \approx \frac{10,0 \times 10^{-2}}{3,00 \times 10^8}$$

$$\Delta t \approx 3,3 \times 10^{-10} \text{ s}$$

$$\Delta t \approx 0,33 \text{ ns}$$

- Durée $\Delta t'$ pour traverser $d = 10,0 \text{ cm}$ d'éther.

$$d = v \Delta t' \Rightarrow \Delta t' = \frac{d}{v}$$

$$\Delta t' \approx \frac{10,0 \times 10^{-2}}{2,22 \times 10^8}$$

$$\Delta t' \approx 4,5 \times 10^{-10} \text{ s}$$

$$\Delta t' \approx 0,45 \text{ ns}$$

c)

- L'écart entre Δt et $\Delta t'$ est trop faible pour pouvoir mesurer l'indice de réfraction de l'éther à partir de cette différence

Exercice 5 (corrigé):

L'indice de réfraction est utilisé depuis plus d'un siècle pour caractériser une espèce chimique.

On le mesure avec une lumière monochromatique appelée raie D du sodium constituée d'une radiation de longueur d'onde $\lambda_0 = 590 \text{ nm}$ dans le vide.

L'indice de réfraction permet de caractériser une espèce chimique, on utilise une lumière monochromatique la raie D du sodium $\lambda_0 = 590 \text{ nm}$.

a)- Pourquoi n'utilise-t-on pas une lumière ordinaire pour effectuer cette mesure ?

b)- Pourrait-on utiliser un laser? Justifier votre réponse.

c)- Pourquoi les premiers chimistes ayant utilisé l'indice de réfraction pour caractériser leurs espèces chimiques n'ont-ils pas utilisé le laser?

a)-L'indice d'une espèce chimique (d'un milieu transparent) dépend de la longueur d'onde de la radiation.

- Pour effectuer une mesure précise et pouvoir effectuer des comparaisons, on utilise une lumière monochromatique (la raie D du sodium $\lambda_0 = 590 \text{ nm}$).

b)- On peut utiliser la lumière émise par le laser car il émet une radiation lumineuse de longueur d'onde $\lambda_0 = 632,8 \text{ nm}$ dans le vide.

- C'est une lumière monochromatique.

c)- Utilisation du laser :

- Le laser est une invention récente: date de 1960.

Exercice 6 (corrigé):

On remplit un aquarium d'eau.

On éclaire la surface de l'eau avec un laser rouge.

a)-On oriente le laser perpendiculairement à la surface de l'eau. Quelle est la valeur de l'angle d'incidence?

b)-À l'aide de la deuxième loi de Descartes, en déduire la valeur de l'angle de réfraction.

c)-On éclaire maintenant la surface de l'eau avec une incidence de 45° . On mesure l'angle de réfraction; on trouve 32° . En déduire la valeur de l'indice de l'eau.

a)- Valeur de l'angle d'incidence :

-Schéma de la situation:



- L'angle d'incidence se mesure par rapport à la normale N à la surface de séparation.
- En conséquence: $i_1 = 0^\circ$.

b)- Calcul de l'angle de réfraction.

- Notations:

- angle d'incidence i_1 ,
- indice de réfraction de l'air: n_1 ;
- angle de réfraction i_2 ,
- indice de réfraction de l'eau: n_2 .

-La deuxième loi de Descartes appliquée à la situation permet d'écrire la relation suivante:

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

$$\sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin i_1 \quad \text{avec } n_2 \geq 1$$

$$\sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin 0^\circ$$

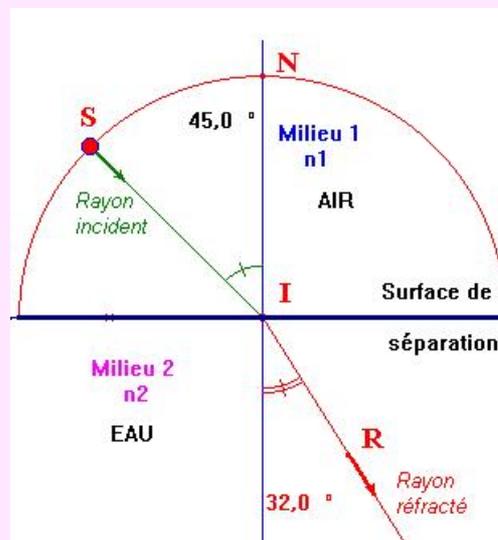
$$\sin i_2 = 0$$

$$i_2 = 0$$

-L'angle de réfraction est nul lui-aussi.

c)- Valeur de l'indice de l'eau.

- Schéma de la situation:



- La deuxième loi de Descartes appliquée à la situation permet d'écrire la relation suivante:

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

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

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

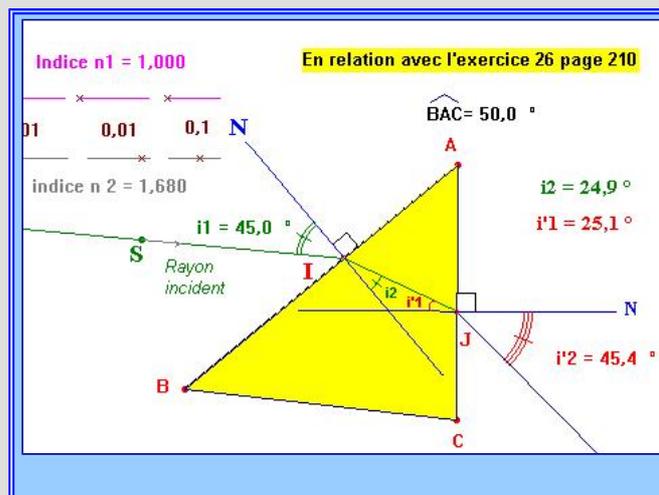
$$n_2 \approx \frac{\sin 45^\circ}{\sin 32^\circ} \cdot 1,00$$

$$n_2 \approx 1,33$$

Exercice 7 (corrigé) :

On se propose d'étudier les conditions de dispersion de la lumière blanche par un prisme flint pour lequel l'indice de réfraction est 1,680 à 470 nm (radiation bleue) et 1,596 à 670 nm (radiation rouge).

Les notations adaptées pour les angles sont données sur le schéma ci-après.



On envoie sur une face du prisme d'angle $\hat{A} = 50^\circ$ un mince faisceau de lumière blanche d'incidence $i_1 = 45^\circ$.

- Calculer l'angle de réfraction i_{2B} pour la radiation bleue puis l'angle de réfraction i_{2R} pour la radiation rouge.
- Pour les deux radiations, en déduire la déviation due à la première surface de séparation traversée.
- Dans le cas de la radiation bleue, vérifier avec un rapporteur sur une construction géométrique soignée que l'angle d'incidence sur la face de sortie du prisme, i'_1 vérifie la

relation : $\hat{A} = i_2 + i'_1$.

Cette relation étant toujours vérifiée, en déduire la valeur numérique de i'_1 pour chaque radiation étudiée.

d)-Quels sont les angles de sortie du prisme i'_{2B} et i'_{2R} pour chaque radiation?

e)-Additif: Calculer la déviation D_{dev} subie par le pinceau incident à sa sortie du prisme en fonction

de i_1 , i'_2 et A .

En déduire les déviations subies respectivement par la lumière bleue et par la lumière rouge.

Correction:

a)-Angle de réfraction i_{2B} pour la radiation bleue puis l'angle de réfraction i_{2R} pour la radiation rouge.

- Angle de réfraction i_{2B} pour la radiation bleue:

- La deuxième loi de Descartes appliquée au point I permet d'écrire la relation suivante:

$$\begin{aligned} n_1 \cdot \sin i_{1B} &= n_{2B} \cdot \sin i_{2B} \\ \sin i_{2B} &= \frac{n_1}{n_{2B}} \cdot \sin i_{1B} \\ \sin i_{2B} &= \frac{n_1}{n_{2B}} \cdot \sin i_{1B} \\ i_{2B} &= \sin^{-1} \left(\frac{n_1}{n_{2B}} \cdot \sin i_{1B} \right) \\ i_{2B} &\approx \sin^{-1} \left(\frac{1,00}{1,680} \cdot \sin 45,0 \right) \\ i_{2B} &\approx 24,9^\circ \end{aligned}$$

$$i_{2B} \approx 25^\circ$$

- Angle de réfraction i_{2R} pour la radiation rouge:

- De la même façon, on trouve:

$$i_{2R} = \sin^{-1} \left(\frac{n_1}{n_{2R}} \cdot \sin i_{1R} \right)$$

$$i_{2R} \approx \sin^{-1} \left(\frac{1,00}{1,596} \cdot \sin 45,0 \right)$$

$$i_{2R} \approx 26,3^\circ$$

$$i_{2R} \approx 26^\circ$$

b)- Déviation due à la première surface de séparation traversée.

- Déviation lors de la première réfraction pour la radiation bleue.

$$D_B = i_{1B} - i_{2B}$$

$$D_B = 45 - 25$$

$$D_B \approx 20^\circ$$

- Déviation lors de la première réfraction pour la radiation rouge.

$$D_R = i_{1R} - i_{2R}$$

$$D_R = 45 - 26$$

$$D_R \approx 19^\circ$$

c)- Valeur numérique de i'_1 pour chaque radiation étudiée.

- Vérification de la relation avec:

- Valeur numérique de i'_1 pour la radiation bleue:

$$\hat{A} = i_{2B} + i'_{1B} \Rightarrow i'_{1B} = \hat{A} - i_{2B}$$

$$i'_{1B} = 50 - 25$$

$$i'_{1B} \approx 25^\circ$$

- Valeur numérique de i'_1 pour la radiation rouge:

$$-\hat{A} = i_{2R} + i'_{1R} \Rightarrow i'_{1R} = \hat{A} - i_{2R}$$

$$-i'_{1R} = 50 - 26$$

$$i'_{1R} \approx 24^\circ$$

d)- Valeurs des angles de sortie du prisme i'_{2B} et i'_{2R} pour chaque radiation

- Angle de sortie pour la radiation bleue:

- La deuxième loi de Descartes appliquée au point J permet d'écrire la relation suivante:

$$\begin{aligned} n_{2B} \cdot \sin i'_{1B} &= n_1 \cdot \sin i'_{2B} \\ i'_{2B} &= \sin^{-1} \left(\frac{n_{2B}}{n_1} \cdot \sin i'_{1B} \right) \\ i'_{2B} &\approx \sin^{-1} \left(\frac{1,680}{1,00} \cdot \sin 25,1 \right) \\ i'_{2B} &\approx 45,5^\circ \end{aligned}$$

$$i'_{2B} \approx 45^\circ$$

- Angle de sortie pour la radiation rouge:

- La deuxième loi de Descartes appliquée au point J permet d'écrire la relation suivante:

$$\begin{aligned} n_{2R} \cdot \sin i'_{1R} &= n_1 \cdot \sin i'_{2R} \\ i'_{2R} &= \sin^{-1} \left(\frac{n_{2R}}{n_1} \cdot \sin i'_{1R} \right) \\ i'_{2R} &\approx \sin^{-1} \left(\frac{1,596}{1,00} \cdot \sin 23,7 \right) \\ i'_{2R} &\approx 39,9^\circ \end{aligned}$$

$$i'_{2R} \approx 40^\circ$$

e)- Déviations subies respectivement par la lumière bleue et par la lumière rouge.

-Déviation subie par le pinceau incident:

$$-D = i_1 + i'_2 - A$$

- Déviation pour la lumière bleue:

$$-D_B = i_{1B} - i'_{2B} - A$$

$$-D_B = 45 + 45 - 50$$

$$D_B \approx 40^\circ$$

-Déviation pour la lumière rouge:

$$-D_R = i_{1R} - i'_{2R} - A$$

$$-D_R = 45 + 40 - 50$$

$$D_R \approx 35^\circ$$

- La lumière bleue est plus déviée que la lumière rouge.

