

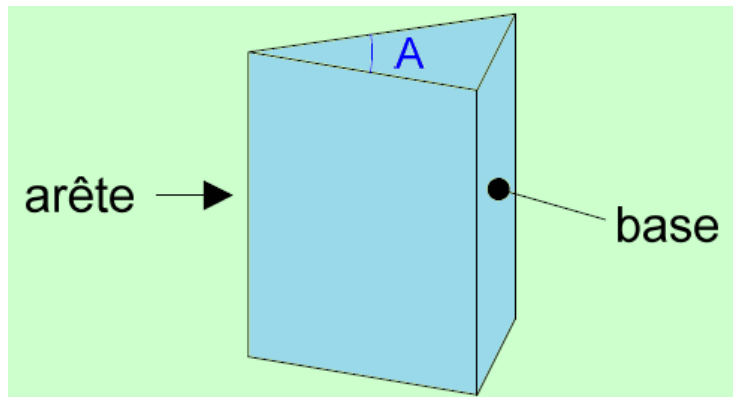
LE PRISME

La Dispersion de la Lumière

I – Caractéristiques du prisme

1- Introduction :

En optique, le prisme est un des composants les plus importants. On le retrouve en chimie, en physique de la matière condensée, en astrophysique, en optoélectronique et encore dans beaucoup d'autres appareils courants de la vie de tous les jours (comme les lentilles).



A : angle au sommet du prisme

Nous allons dans les paragraphes qui suivent déterminer les relations les plus importantes à connaître relativement aux prismes et utiles à l'ingénieur et au physicien d'un point de vue optique.

Nous nous intéressons aux rayons lumineux entrant par une face et sortant par une autre ayant subi deux réfractions (nous n'étudierons pas les réflexions).

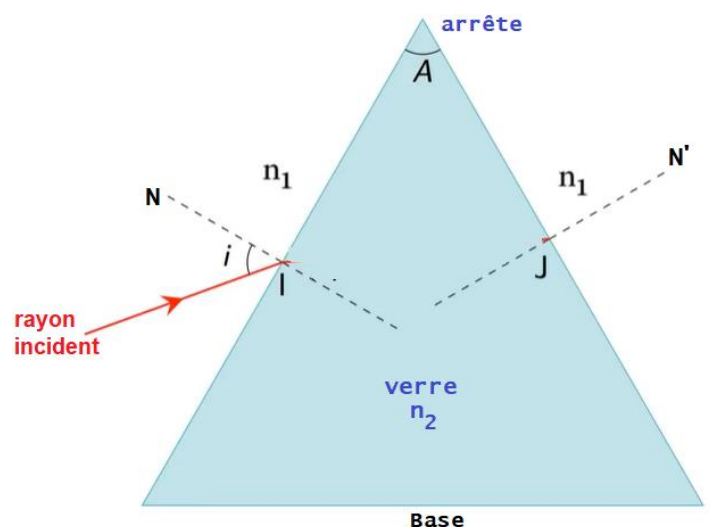
2- Caractéristiques du Prisme :

a- Définition :

Le prisme est une association de deux dioptries plans non parallèles qui limitent un milieu transparent d'indice n . Leur intersection définit l'arête du prisme et l'angle dièdre A est l'angle du prisme. En pratique il est limité par une troisième face, la base.

- Les faces du prisme sont les deux surfaces planes avec 2 normales N et N' .
- L'arête du prisme est l'intersection des deux faces du prisme.
- Une section principale est l'intersection du prisme par un plan perpendiculaire à l'arête du prisme.
- L'angle du prisme A est l'angle au sommet de la section principale.

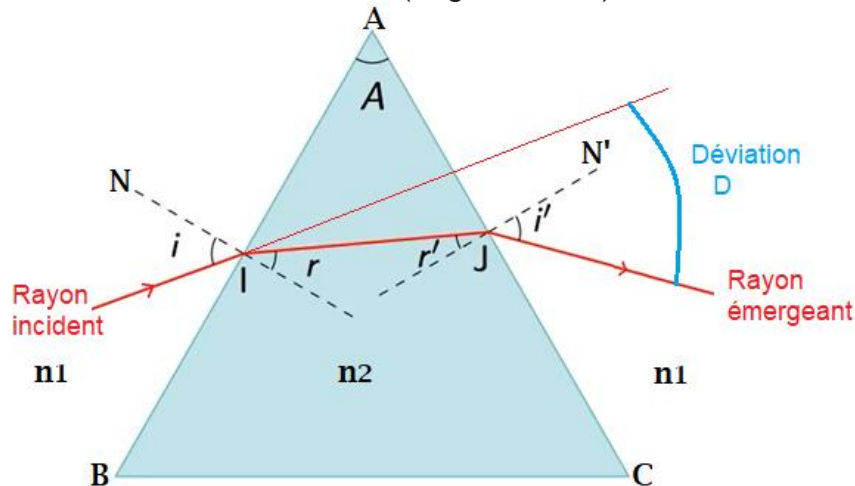
Remarque : Nous supposons ici que l'indice de la matière constituant le prisme est supérieur à celui du milieu dans lequel baigne le prisme.



- b- Un **prisme** est un élément optique utilisé pour réfracter la lumière, la réfléchir ou la disperser en ces constituants (les différents rayonnements de l'**arc-en-ciel** pour la **lumière** blanche). C'est traditionnellement un prisme (solide) droit à base triangulaire, constitué d'un **matériau** transparent : **verre**, plexiglas, notamment.

3- Les formules du prisme :

Lorsqu'un rayon incident arrive sur le dioptré air-verre (1^{ère} surface du prisme AB) il subit une première réfraction (angles i et r). Ce rayon réfracté passe par le second dioptré verre-air et subit une seconde réfraction sur la face AC (angles i' et r')



Le rayon incident subit donc une déviation D , l'angle entre le rayon incident, s'il n'y avait pas le prisme, et le rayon émergent.

Il apparaît sur le schéma ci-dessus qu'il y a 4 inconnues : r , i' , r' et D , il y a donc 4 relations ou équations et 3 données (i , n_2 et A (n_1 étant connu en général celui de l'air)) pour déterminer ces inconnues.

- On peut écrire 2 relations d'optique géométrique : il s'agit de la 3^{ème} relation de Snell-Descartes :

Pour le premier dioptré air-verre :

$$n_1 \cdot \sin(i) = n_2 \cdot \sin(r) \quad (1)$$

Pour le second dioptré verre-air :

$$n_2 \cdot \sin(r') = n_1 \cdot \sin(i') \quad (2)$$

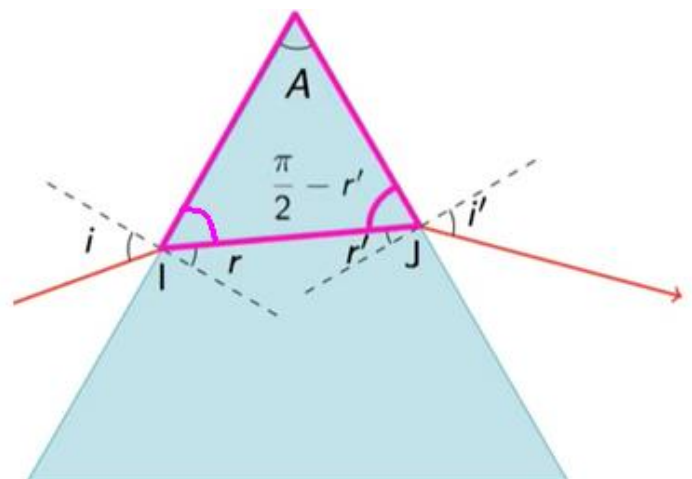
- On peut écrire 2 relations trigonométriques : on choisit le triangle AIJ : on a 3 angles :

$$\widehat{AIJ} = \frac{\pi}{2} - r \text{ et } \widehat{AJI} = \frac{\pi}{2} - r' \text{ et } A$$

1^{ère} relation trigonométrique : la somme des angles du triangle est 180°

$$A + \frac{\pi}{2} - r + \frac{\pi}{2} - r' = 180$$

$$A = r + r'$$



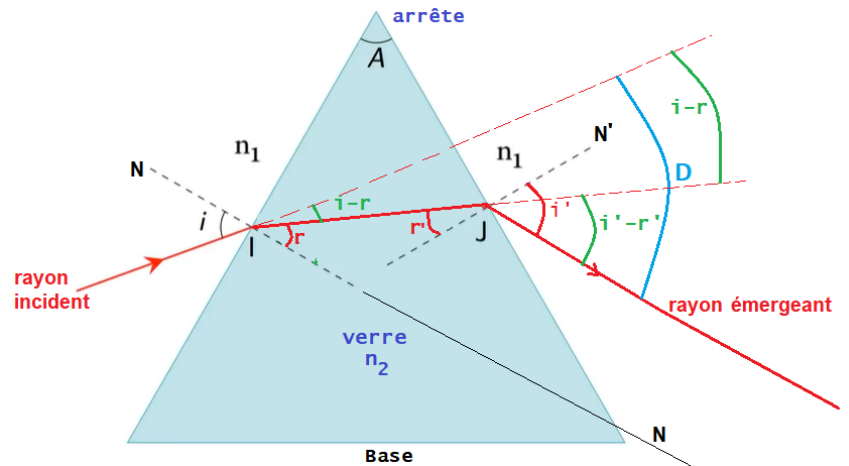
2^{ème} relation trigonométrique :

Si on prolonge le rayon incident ainsi que le rayon réfracté r vers la sortie on se rend compte que :

$$D = (i - r) + (i' - r')$$

$$D = i + i' - (r + r')$$

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



Les 4 formules du prisme sont donc :

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

$$n_2 \cdot \sin(r') = n_1 \cdot \sin(i')$$

$$A = r + r'$$

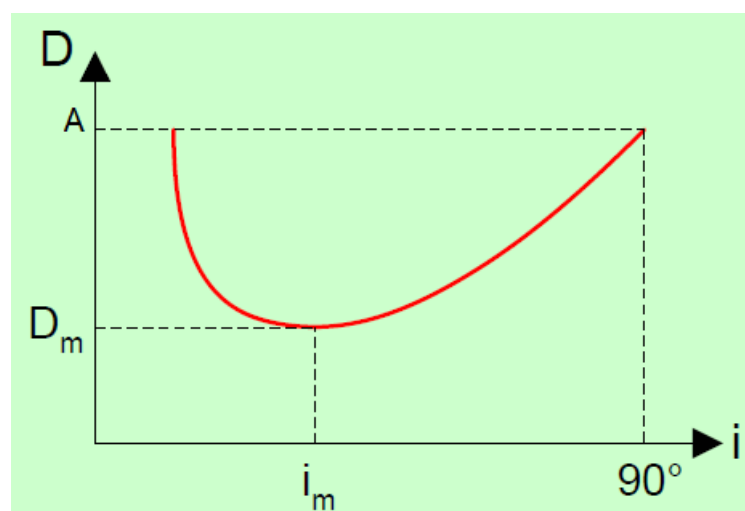
$$D = i + i' - A$$

Remarque : pour simplifier on peut prendre $n_1 = 1$ puisque le milieu 1 est l'air.

4-Variation de la déviation D avec l'angle d'incidence i :

a- D en fonction de i :

Du fait des angles limites de réfraction et de réflexion totale vus au chapitre 1, on comprend aisément que la déviation D dépend de l'angle d'incidence. En faisant varier i on obtient les variations suivantes de D :



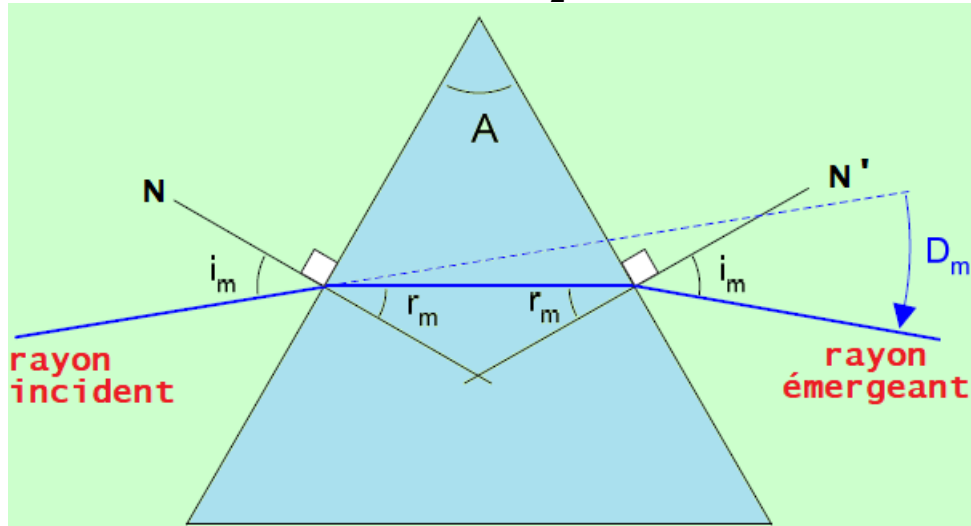
Où D_m est l'angle de déviation minimale.

b- Application à la mesure de l'indice du prisme :

Au minimum de déviation, on montre que l'angle d'émergence est égal à l'angle d'incidence

$$i' = i = i_m$$

$$r' = r = r_m = \frac{A}{2}$$



$$D_m = 2.i_m - A$$

$$i_m = \frac{A + D_m}{2}$$

5- Application : mesure de l'indice de réfraction d'un milieu

On réalise un prisme dans le milieu considéré. Ici c'est du verre

On mesure au Spectrogoniomètre A et D_m . Avec $n_1 = 1$ (milieu 1 : l'air) et $n_2 = n$ indice du verre

$$\sin i_m = n \cdot \sin r_m$$

d'où :

$$n = \frac{\sin i_m}{\sin r_m}$$

En remplaçant :

$$n = \sin \left(\frac{\frac{A + D_m}{2}}{\frac{A}{2}} \right)$$

II- Dispersion de la lumière

Lorsque la lumière passe de l'air au verre, par exemple, elle est réfractée. Lorsqu'elle ressort par l'autre face, elle est de nouveau réfractée. Le rayon ou faisceau incident est donc dévié. Mais l'indice de réfraction n'est pas le même pour les différentes longueurs d'onde. De sorte que, un pinceau de lumière blanche est séparé en ses composantes : le bleu est plus dévié que le jaune, lui-même plus dévié que le rouge etc.... Dans ces conditions, le prisme peut être utilisé pour analyser un rayonnement visible polychromatique (spectroscopie).

1- Expérience de Newton :

a- Un peu d'histoire :

Avant [Isaac Newton](#), on pensait que le prisme ajoutait des couleurs au faisceau de lumière blanche. Newton place alors un deuxième prisme de telle manière qu'il ne soit atteint que par une seule [couleur](#) et découvre que la couleur reste inchangée. Il en conclut que les prismes permettent de disperser les couleurs. Il utilise ensuite un deuxième prisme et réussit à recomposer un faisceau [blanc](#) à partir de l'arc-en-ciel généré par le premier prisme : la [démonstration](#) était faite que les couleurs ne sont pas le résultat d'une action du prisme sur la lumière blanche, mais bien que c'est la lumière blanche qui est composée de plusieurs couleurs.



Dispersion de la lumière Blanche par un Prisme

Aujourd'hui, on parle de composantes monochromatiques et de spectres lumineux. Le spectre de la lumière solaire est un spectre continu, tandis que le spectre des émissions atomiques (lampe au mercure, au [sodium](#), par exemple) est constitué de raies correspondant à des longueurs d'ondes précises. C'est ce phénomène qui a amené [Niels Bohr](#) à imaginer la quantification de l'[énergie](#) des [atomes](#), nouvelle [physique](#) connue désormais sous le terme de [physique quantique](#).

b- Dispersion de la lumière :

- **Variation de l'indice :**

l'indice du prisme varie avec la longueur d'onde λ , ce qui donne la relation de Snell-Descartes :

$$n_1 \cdot \sin(i) = n_2(\lambda) \cdot \sin(r)$$

Où $n_2(\lambda)$ est l'indice dépendant de λ .

Si n_2 varie avec λ alors l'angle du rayon réfracté r varie aussi avec la longueur d'onde et r n'est pas le même pour la lumière rouge et la lumière bleue par exemple.

- **Relation de Cauchy :**

La relation de variation de l'indice $n(\lambda)$ est donnée par la formule de CAUCHY :

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

avec A et B des constantes positives.

Pour un prisme en verre SCHOTT SF4, la variation est donnée pour le visible par le graphe suivant :

