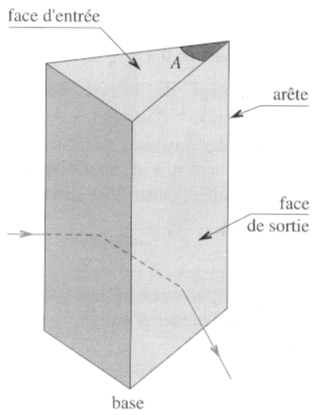
LE PRISME

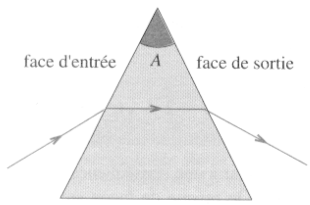
I> Introduction :



Par son rôle dans la dispersion de la lumière ou son utilisation dans certains appareils, le prisme possède une place particulière dans l'optique, ne serait ce qu'historiquement…

Pour ce chapitre, on suppose acquises les lois de Descartes et la notion d'angle de réfraction limite λ.

II> Définitions :



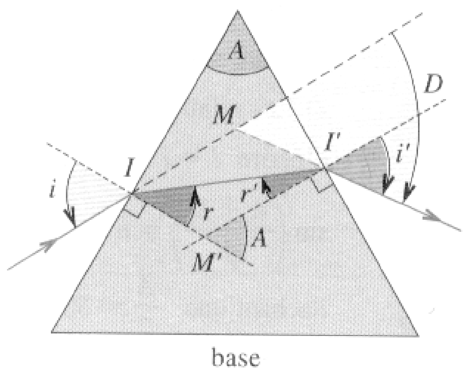
On appelle prisme un milieu homogène transparent et isotrope limité par deux dioptres plans. Se reporter aux dessins pour la définition de la base, de l'arête et de l'angle A au sommet

III> Formules du prisme :

1. *Conditions :*

On se place dans les conditions usuelles : le même milieu baigne les deux faces du prisme en l'occurrence l'air d'indice 1, et le prisme est plus réfringent que le milieu ambiant.
On travaille sur une lumière monochromatique : on verra pourquoi plus tard.

2. *Formules :*



En se reportant au dessin, les lois de Descartes nous donnent : $\boxed{\begin{array}{l}\sin i = n.\sin r \\ \sin i' = n.\sin r'\end{array}}$

A partir de ces relations on montre que :

$$\boxed{\begin{array}{l}A = r + r' \\ D = i + i' - A\end{array}}$$

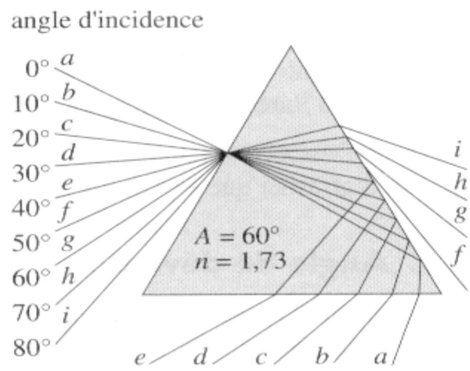
Ces relations sont algébriques (signes + ou – pour les angles) : il faut donc établir des conventions de signes.

3. *Conventions de signes pour le prisme :*

En se reportant de nouveau au dessin :

. si i et i'sont orientés vers la base alors ils sont comptés positivement sinon négativement,
- et D est compté positivement si dévié vers la base,
. A est toujours compté positivement.

IV> Conditions d'émergence :



Si tous les rayons pénètrent dans le prisme (car on passe d'un milieu moins réfringent à un plus réfringent), tous ne peuvent en sortir (car on passe d'un milieu plus réfringent à un milieu moins réfringent) ce qui sera mise à profit pour certaines utilisations du prisme (voir fin du chapitre).

Pour que l'émergence soit possible, il faut et il suffit qu'il ne subisse donc pas la réflexion totale sur la face de sortie ce qui se traduit comme vu dans le chapitre 1 par :

$$r' \leq \lambda \qquad \text{où } \lambda = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right)$$ est l'angle de réfraction limite.

Or r' n'est pas accessible par l'expérience car intérieur au prisme : il faut faire apparaître l'angle i qui est lui mesurable par l'expérience.

$\Rightarrow$ *Prendre en note la suite du raisonnement.*

En conclusion, pour que l'émergence soit possible du prisme, il faut vérifier <u>à la fois</u> les deux conditions suivante :

- <u>Condition imposée au prisme :</u> $\boxed{A \leq 2\lambda}$

- <u>Condition imposée à l'angle d'incidence :</u>

$$i_0 \leq i \leq \frac{\pi}{2} \text{ où } i_0 \text{ est défini par : } \boxed{\sin i_0 = n.\sin(A - \lambda)}$$

V> Etude de la déviation :

1. *<u>Rappels de seconde et compléments :</u>*

La notion de longueur d'onde est particulièrement importante car elle est associée, dans le spectre visible, à la notion de couleur. Pour faire simple, à une couleur est associée une longueur d'onde λ. Pour faire compliquer, il existe une infinité de λ donc de couleurs…
<u>Nota</u> : attention de ne pas confondre avec l'angle limite noté aussi λ !

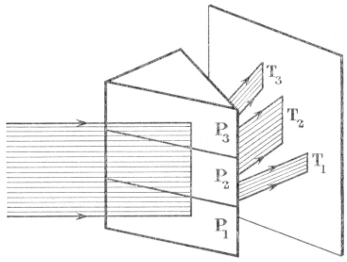
L'indice de l'air sec dans les CNDTP est de 1,000293 : on l'assimilera sans peine à celui du vide soit n=1.
Le domaine des radiations visibles est approximativement défini par 400 nm $\leq \lambda \leq$ 750 nm.

En lumière visible et pour les milieux transparents, indice et longueurs d'onde sont liées.

La loi de Cauchy, formule simplifiée et empirique, donne tout de même une bonne idée de cette dépendance. On a :

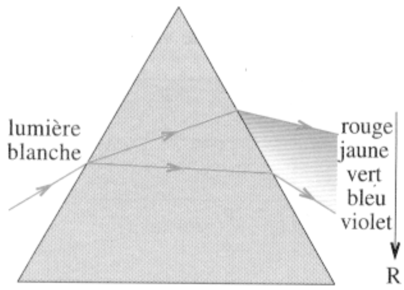
$\boxed{n = A + \frac{B}{\lambda^2}}$ où A et B sont des coefficients empiriques dépendant du milieu

2. *Variation de D avec l'indice :*



Nous savons désormais qu'un verre vérifiant la loi de Cauchy possède autant d'indices que de longueurs d'onde le traversant : c'est le cas du prisme.

On admettra alors que : *la déviation augmente avec l'indice du prisme.*
Sur le dessin, les indices augmentent de P1 à P3.

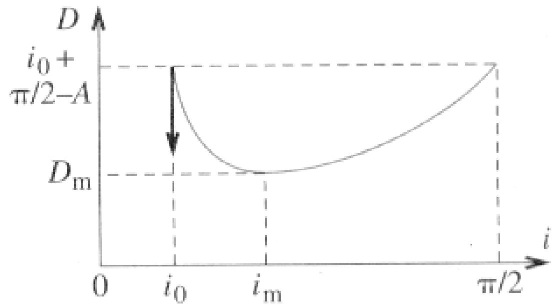


Or la loi de Cauchy montre que si n croit alors λ diminue.
On en déduit donc que : *D augmente quand λ diminue donc le violet est plus dévié que le rouge.*

<u>Remarque</u> : la dispersion de la lumière par le prisme explique pourquoi on se plaçait précédemment dans le cas du lumière monochromatique.

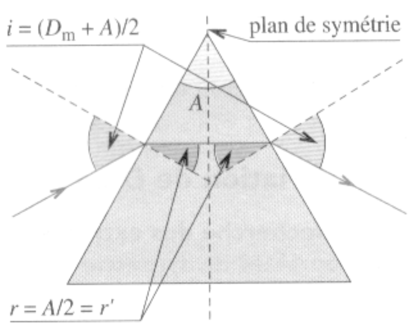
3. *Variation de D avec l'angle d'incidence i sur la face d'entrée :*

La courbe D = f(i) est représentée ci-contre avec, comme vu ci-dessus, $i_0 \leq i \leq \frac{\pi}{2}$ ce qui conduit à $D_m \leq D \leq D_0$.
Cette valeur Dm correspond à un minima de la courbe et D_m se nomme *minimum de déviation*.



Au minimum de déviation, on aboutit à $\boxed{i = i' = i_m}$.
Des formules du prisme on déduit que :

$$\boxed{\begin{array}{l} r = r' = r_m = \frac{A}{2} \\ D_m = 2i_m - A \end{array}}$$



Des deux relations, on conclut donc que, *au minimum de déviation, le tracé du rayon lumineux est symétrique par rapport au plan bissecteur de l'angle A du prisme* : voir dessin.

On déduit enfin de l'ensemble des relations que, au minimum de déviation, on a

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

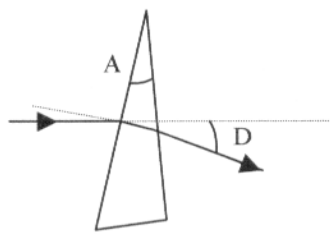
⇒ Prendre en note la suite du raisonnement.

Cette relation fondamentale trouve une application évidente en travaux pratiques : le calcul de l'indice de réfraction n d'un verre pour une radiation λ donnée.

VI> Prismes particuliers :

1. Cas des angles petits :

Dans ce cas, A et i sont petits et on a : $\boxed{D = (n-1).A}$.
L'indice se calcule donc très facilement et on a de plus $\frac{dD}{di} = 0$ toujours : on travaille donc en permanence au minimum de déviation.



2. Prismes à réflexion totale :

Ces prismes sont utilisés comme miroir et évitent ainsi l'utilisation de ces derniers souvent trop fragiles. Un rayon incident sur la face d'entrée du prisme frappe l'hypoténuse sous 45° et subit donc une réflexion totale. Il émerge donc perpendiculairement à la face de sortie. Le rayon a subit une rotation de 90°.
En associant deux prismes on obtient une rotation de 180°; une image peut ainsi être redressée (application dans les jumelles).