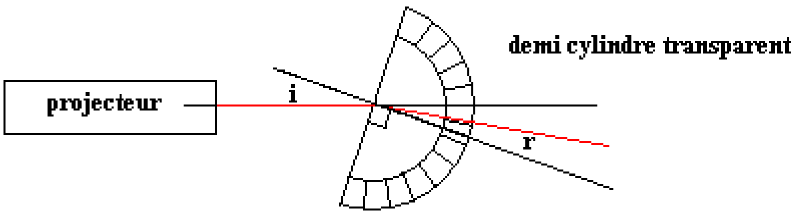
# TP-ETUDE DE LA REFRACTION

C'est le phénomène observé lorsqu' un faisceau de lumière traverse un obstacle transparent
On se reportera au cours de physique pour ce qui est des aspects qualitatifs du phénomène.
L'aspect quantitatif peut se faire avec le « disque de Péchard » selon le schéma suivant.



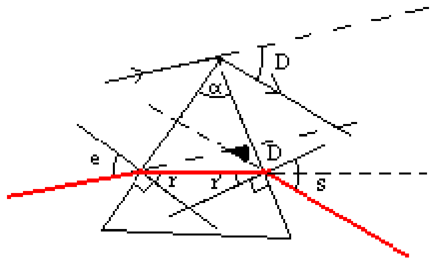

On peut représenter ainsi r en fonction de i , trouver alors que r n'est pas une fonction linéaire de i . Après divers tatonnements, en utilisant les modèles d'un logiciel éventuellement, on peut aboutir à une expression du type sinr = k sini et retrouver ainsi la loi de Descartes sur la réfraction.
Que représente dans ces conditions le facteur k?
k est un nombre sans dimension et si l'on veut bien considérer le caractère symétrique de la relation sinr = k'sini , k pourrait être un rapport de deux mêmes grandeurs. Lesquelles?
Si nous remplaçons le verre par de l'eau :k= 0,75,par de l'air :k=1
Ce nombre est donc le rapport de deux grandeurs optiques dépendant du milieu :ce ne peut être (vu les connaissances de seconde (et de l'époque)) que le rapport des vitesses de propagation dans les deux milieux
Exemples
dans l'eau la vitesse de la lumière est 0,75 fois plus faible que dans l'air et dans l'air elle est sensiblement égale à celle du vide
On écrira ,avec la loi de Descartes , d'une manière générale : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$
n est l'indice du milieu égal à c/v , c étant la vitesse de la lumière dans le vide et v dans le milieu.

Parmi les nombreuses applications de cette loi on signalera les deux suivantes:
1-si $n_1 < n_2$ alors $\sin i_1 > \sin i_2$ et $i_1 > i_2$ car la fonction sinus est croissante sur l'intervalle considéré.
On mémorisera ce résultat en disant que le **r**ayon **r**éf**r**acté se **r**app**r**oche de la no**r**male dans le milieu t**r**ès (le plus) **r**éf**r**ingent; ce qui est en accord avec le sens étymologique du terme « réfringent » (latin / refringere = briser) ; le rayon se brise d'autant mieux....
2- Angle limite:
Si l'on n'y prend pas garde le calcul de l'angle de refraction conduit à un avertissement du type «error » sur la calculette . Celà ne signifie pas que les lois de Descartes pour la refraction sont fausses ; il n'y a tout simplement pas de refraction mais une simple reflexion . La limite de validité de cette loi se traduit par un angle limite d'incidence pour lequel l'angle refracté est égal à 90° et ceci ne peut se produire que lorsque le milieu incident a un indice supérieur à celui du second milieu.

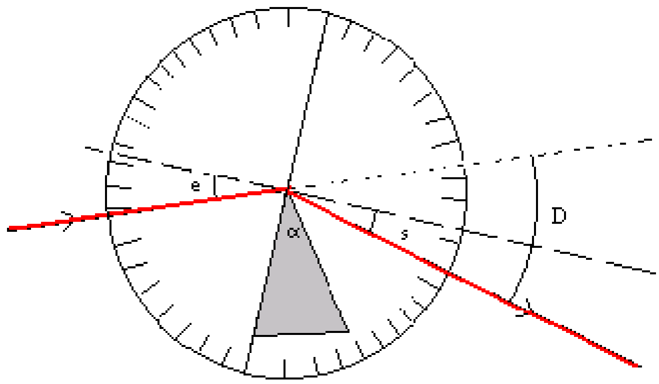
**Vérification des lois de Descartes**

La suite du TP consiste à vérifier la validité de la relation de Descartes et en même temps à quantifier la déviation du prisme .
Si la loi de Descartes est entachée de la moindre erreur pour une seule réfraction, alors pour deux réfractions!!

Considérons le schéma suivant illustrant cette déviation.




**doc.1**




**doc.2**

Si nous voulons mesurer la déviation à l'aide du montage illustré par le doc.1 on voit qu'il faudra pour chaque mesure relever les directions des rayons incident et émergent , oter le prisme, prolonger ces directions et utiliser enfin le rapporteur.

La méthode du doc.2 est bien plus avantageuse à condition de disposer d'un prisme à l'arête pointue qui permet de lire la déviation directement sur le rapporteur du disque de Péchard .

e et s sont faciles à mesurer . La déviation totale D est alors égale à D=e+ s ou D =e – s selon que le rayon émergent est au dessus ou en dessous de la normale de sortie . On peut donc écrire D = e + s en algébrisant s , c.à.d en le comptant positif si le rayon émergent est en dessous de la normale.

Résultats :

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| e | 80 | 75 | 70 | 65 | 60 | 55 | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 |
| s | 30 | 29 | 27 | 24 | 21 | 17 | 12,5 | 7,5 | 2 | -5 | -15 |
| D=e-s | 50 | 45 | 43 | 41 | 39 | 38 | 37,5 | 37,5 | 38 | 40 | 45 |

**Courbe théorique «D en fonction de e » sur les bases de la loi de Descartes**

D est la somme des deux déviations D1 et D2 relatives aux deux refractions

D1= e- r et D2= s – r'

Les déviations ayant lieu dans le même sens:

D = e- r + s – r'

Nous allons exprimer cette déviation en fonction de e de proche en proche.

1-exprimer D1 en fonction de e et n

2- exprimer D2 en fonction de r' et n

3-Exprimer D2 en fonction de $\alpha$ , n et r

4-Exprimer D2 en fonction de e, n et $\alpha$

5-Exprimer la déviation totale D en fonction de e , n et $\alpha$

6-Tracé de la courbe

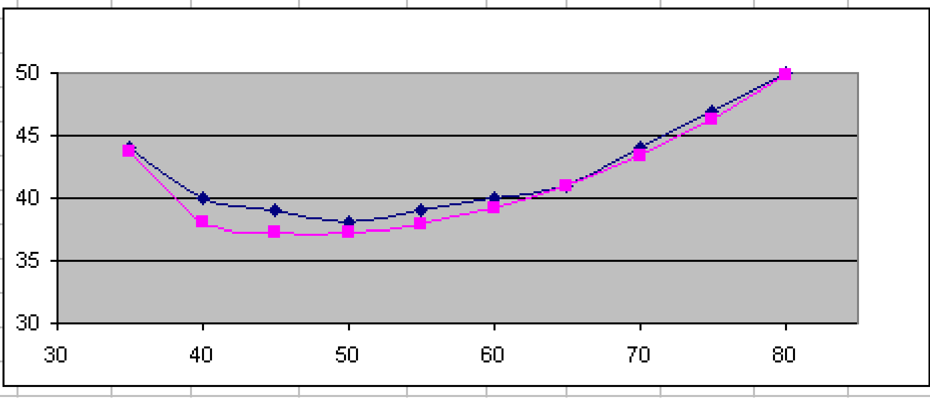
Avec n=1,5 et $\alpha$= 60° on trace alors avec un logiciel quelconque ou encore avec sa machine à calculer la courbe expérimentale et la courbe théorique sur l'intervalle expérimental de valeurs de e et de D.(Attention au respect des parenthèses.

La concordance est frappante et constitue une vérification de la loi de Descartes pour la refraction au delà d'une simple et unique refraction.

On peut noter que cette déviation est minimale quand e=s , soit pour un cheminement symétrique des rayons.

Le tableau suivant a été réalisé avec Excel

| i° | D° | i(rad) | sini | sinr | r(rad) | r° | D1 | r'° | r'(rad) | sinr' | sini' | i'(rad) | i° | D2 | Dthéo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | piA3/180 | sin(C3) | D3/n | ASIN(E3 | 180F3/pi | A3-G3 | 60-G3 | piI3/180 | SIN(J3) | nK3 | ASIN(L3) | 180M3/pi | N3-I3 | O3+H3 |
| 35 | 44 | 0,61086 | 0,5736 | 0,377 | 0,38694 | 22,1698 | 12,83 | 37,83 | 0,6603 | 0,6133 | 0,9323 | 1,20058 | 68,78848 | 30,96 | 43,788 |
| 40 | 40 | 0,69813 | 0,6428 | 0,423 | 0,43663 | 25,017 | 14,98 | 34,98 | 0,6106 | 0,5733 | 0,8485 | 1,01321 | 58,05257 | 23,07 | 38,053 |
| 45 | 39 | 0,7854 | 0,7071 | 0,465 | 0,48386 | 27,7233 | 17,28 | 32,28 | 0,5633 | 0,534 | 0,7903 | 0,91135 | 52,21662 | 19,94 | 37,217 |
| 50 | 38 | 0,87266 | 0,766 | 0,504 | 0,5282 | 30,2634 | 19,74 | 29,74 | 0,519 | 0,496 | 0,7341 | 0,82434 | 47,23112 | 17,49 | 37,231 |
| 55 | 39 | 0,95993 | 0,8192 | 0,539 | 0,56915 | 32,6099 | 22,39 | 27,39 | 0,478 | 0,46 | 0,6809 | 0,74895 | 42,91161 | 15,52 | 37,912 |
| 60 | 40 | 1,0472 | 0,866 | 0,57 | 0,60621 | 34,7331 | 25,27 | 25,27 | 0,441 | 0,4268 | 0,6317 | 0,68377 | 39,17696 | 13,91 | 39,177 |
| 65 | 41 | 1,13446 | 0,9063 | 0,596 | 0,63883 | 36,6022 | 28,4 | 23,4 | 0,4084 | 0,3971 | 0,5877 | 0,62825 | 35,9959 | 12,6 | 40,996 |
| 70 | 44 | 1,22173 | 0,9397 | 0,618 | 0,66647 | 38,1862 | 31,81 | 21,81 | 0,3807 | 0,3716 | 0,55 | 0,58231 | 33,36396 | 11,55 | 43,364 |
| 75 | 47 | 1,309 | 0,9659 | 0,635 | 0,68863 | 39,4554 | 35,54 | 20,54 | 0,3586 | 0,3509 | 0,5194 | 0,54613 | 31,29102 | 10,75 | 46,291 |
| 80 | 50 | 1,39626 | 0,9848 | 0,648 | 0,70482 | 40,3835 | 39,62 | 19,62 | 0,3424 | 0,3357 | 0,4969 | 0,51999 | 29,79317 | 10,18 | 49,793 |




**Réponses**

1- D1 = e- r or 1sine=nsinr donc: D1= e- $\sin^{-1}$(sine/n)

2- D2 = s-r' et nsin(r')= sin(s) soit D2= $\sin^{-1}$(nsin(r')) – r'

3- r'= α – r , par suite D2= $\sin^{-1}$(nsin(α – r ) – α + r

4- r = $\sin^{-1}$((sine)/n)

D2= $\sin^{-1}$(nsin(α – $\sin^{-1}$((sine)/n) ) – α + $\sin^{-1}$((sine)/n)

5- D=D1+D2 = e- $\sin^{-1}$((sine)/n) + $\sin^{-1}$(nsin(α – $\sin^{-1}$((sine)/n) ) – α + $\sin^{-1}$((sine)/n)

D=e+$\sin^{-1}$(nsin(α-$\sin^{-1}$(sine/n)))-α