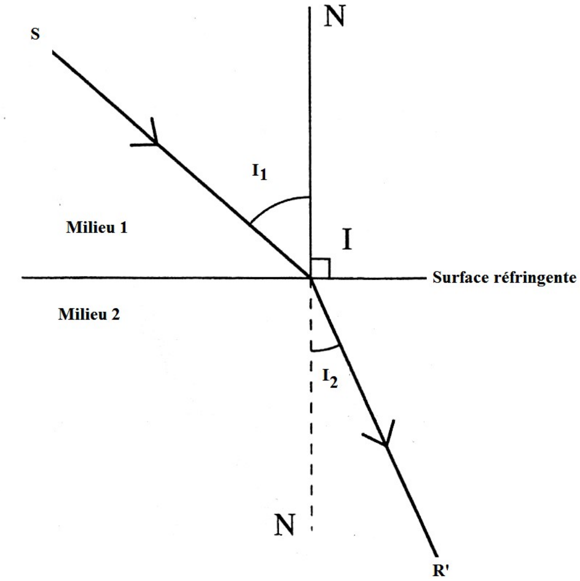
I. Définitions.

Si un rayon lumineux frappe la surface séparant deux milieux homogènes, transparents et isotropes. Celui-ci se réfracte :



- La surface de séparation s'appelle la surface réfringente (ici dioptre plan).
- I est le point d'incidence.
- (SI) un rayon incident.
- (IR') le rayon réfracté.
- L'angle i_1 entre le rayon incident et la normale IN à la surface réfringente est l'angle incident.
- L'angle i_2 entre le rayon réfracté et la normale IN à la surface réfringente est l'angle de réfraction.

i_1 et i_2 ne sont pas les angles entre les rayons et la surface réfringente, mais les angles entre les rayons et la normale à la surface réfringente.

II. Indices de réfraction.

L'indice de réfraction d'un milieu : $n_{milieu} = \frac{c_{vide}}{c_{milieu}} \geq 1$

Si $n_2 > n_1$, le milieu 2 est dit « plus réfringent » que le milieu 1.

Les principaux indices rencontrés dans les problèmes d'optique seront :
n = 1 (l'air), n = 1,5 (le verre) et n = 1,33 ou n = 1,336 (œil).

III. Loi de Descartes.

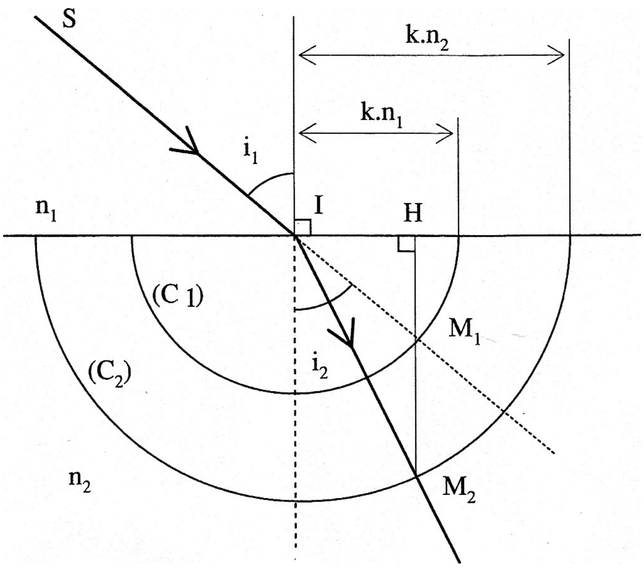
$$n_1 .\sin i_1 = n_2 .\sin i_2$$

Conséquence : Le rayon se rapproche de la normale s'il passe dans un milieu plus réfringent. (Et réciproquement).

IV. Construction de Snell-Descartes due à Reusch (Domaine non paraxial).

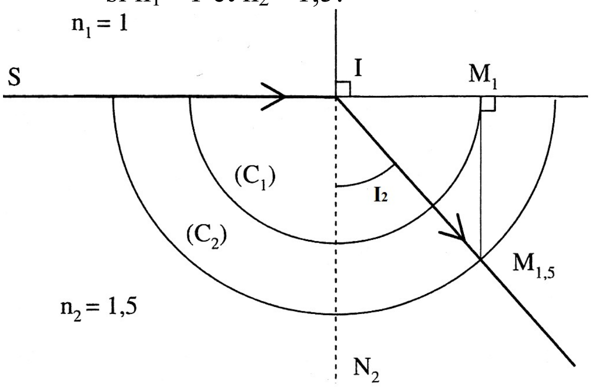
Construire le rayon réfracté hors conditions de Gauss : construction de Reusch.

1. Placer I, point d'incidence du rayon incident (ou réfracté) sur le dioptre plan.
2. Tracer 2 demi-cercles concentriques de centre I et de rayon $k.n_1$ et $k.n_2$.**(k grand > 30).**
3. Repérer l'intersection M_1 du rayon incident avec (C_1), **milieu d'où l'on vient.**
4. Mener la **normale au dioptre** passant par M_1 : l'intersection avec (C_2) donne M_2.
5. Tracer la droite (I M2) qui indique la direction du **rayon réfracté.**



V. Réfraction limite vers un milieu plus réfringent.

Déterminer graphiquement, puis par calcul les angles limite des rayons incident et réfracté, si $n_1 = 1$ et $n_2 = 1{,}5$.



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

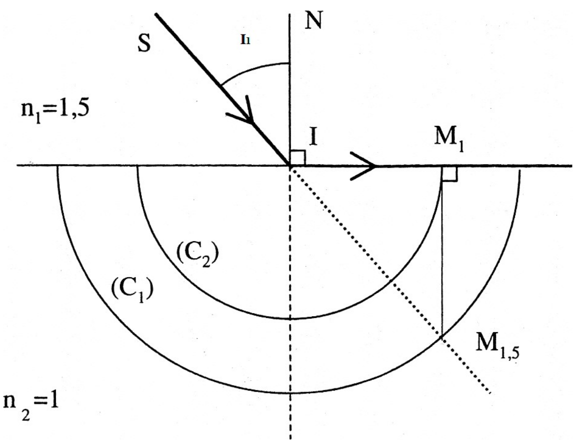
$1 .\sin 90° = 1{,}5 .\sin i_2$

$\sin i_2 = 0{,}667$

$i_2 = 41{,}8°$

VI. Réfraction limite vers un milieu moins réfringent.

Idem, si $n_1 = 1{,}5$ et $n_2 = 1$



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

$1{,}5 .\sin i_1 = 1.\sin 90°$

$\sin i_1 = 0{,}667$

$i_1 = 41{,}8°$

Conclusion : Si l'angle d'incidence est supérieur à ***41,8°, il y a réfraction totale.***
L'angle limite pour un indice quelconque est α tel que sin α = 1/n

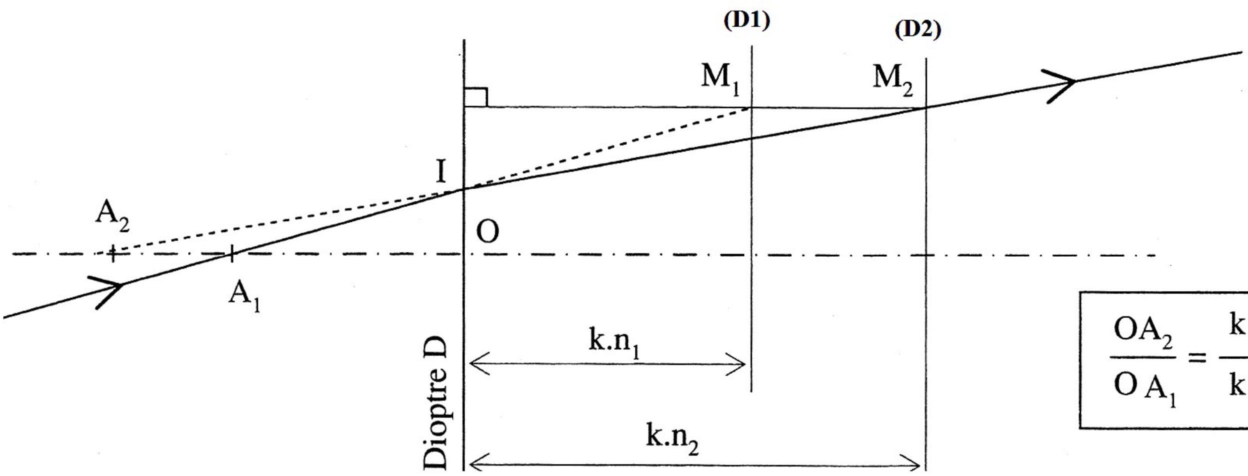
VII. Application : Prisme.

Déterminer les trajets des rayons incidents si les prismes isocèles sont en verre n = 1,5.
Les angles d'incidences sur les premiers dioptres sont de 90°, donc il n'y a pas de déviation. Sur le deuxième dioptre, il est de 45°>41,8 ce qui implique une réflexion.

Conclusion : Ces prismes forment ***des miroirs*** et leurs fonctions optiques sont : ***de couder le faisceau, pour redresser l'image ou diminuer l'encombrement du système optique.***

VIII. Construction dans les conditions de Gauss : Construction de Descartes.

1. Placer I, point d'incidence du rayon incident (ou réfracté) sur le dioptre plan.
2. Tracer 2 droites parallèles au dioptre plan et distantes de $k.n_1$ puis $k.n_2$ (k **grand).**
3. Repérer l'intersection M_1 du rayon incident avec (D_1), **milieu d'où l'on vient.**
4. Mener la normale au dioptre passant par M_1 : l'intersection avec (D_2) donne M_2.
5. Tracer la droite (I M_2) qui indique la direction du rayon réfracté.



$$\frac{OA_2}{OA_1} = \frac{k.n_2}{k.n_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

Remarque :

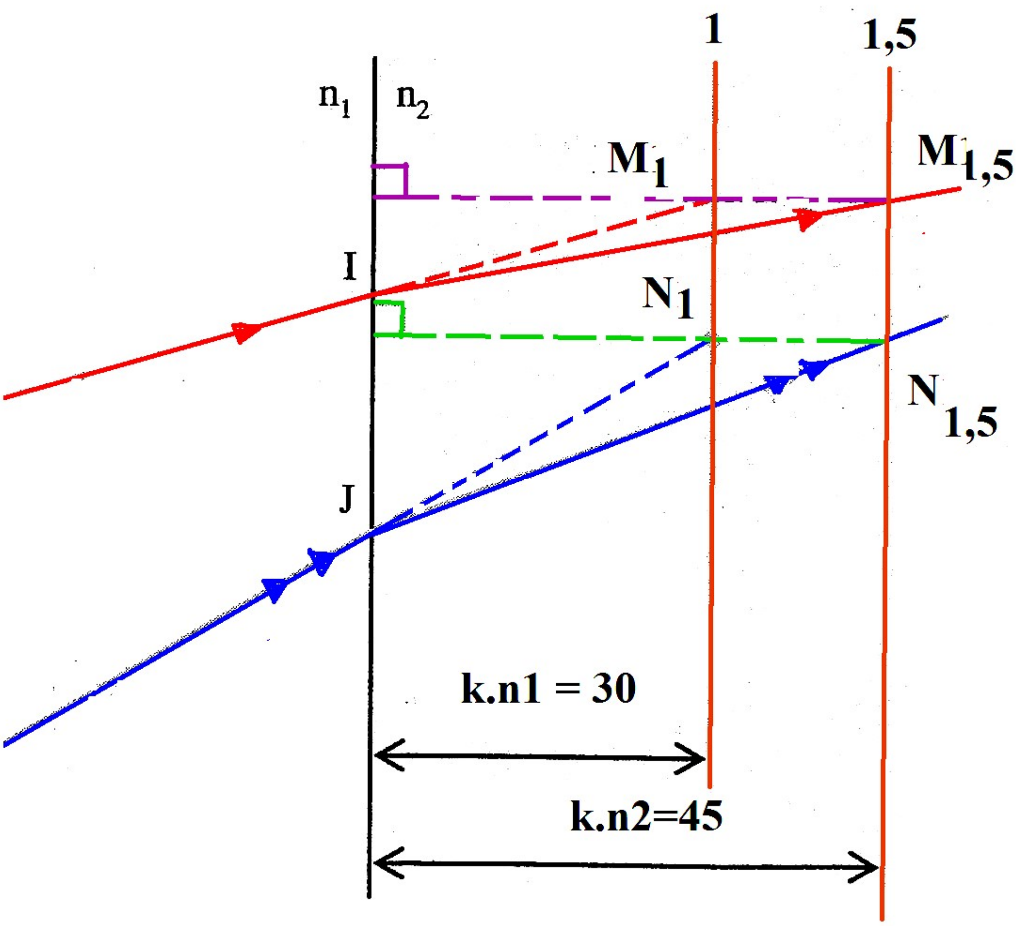
La formule permet de calculer et de placer rapidement les conjugués qui sont du même coté.

IX. Cas particulier : Lame à faces parallèles.

Voir TD correspondant.

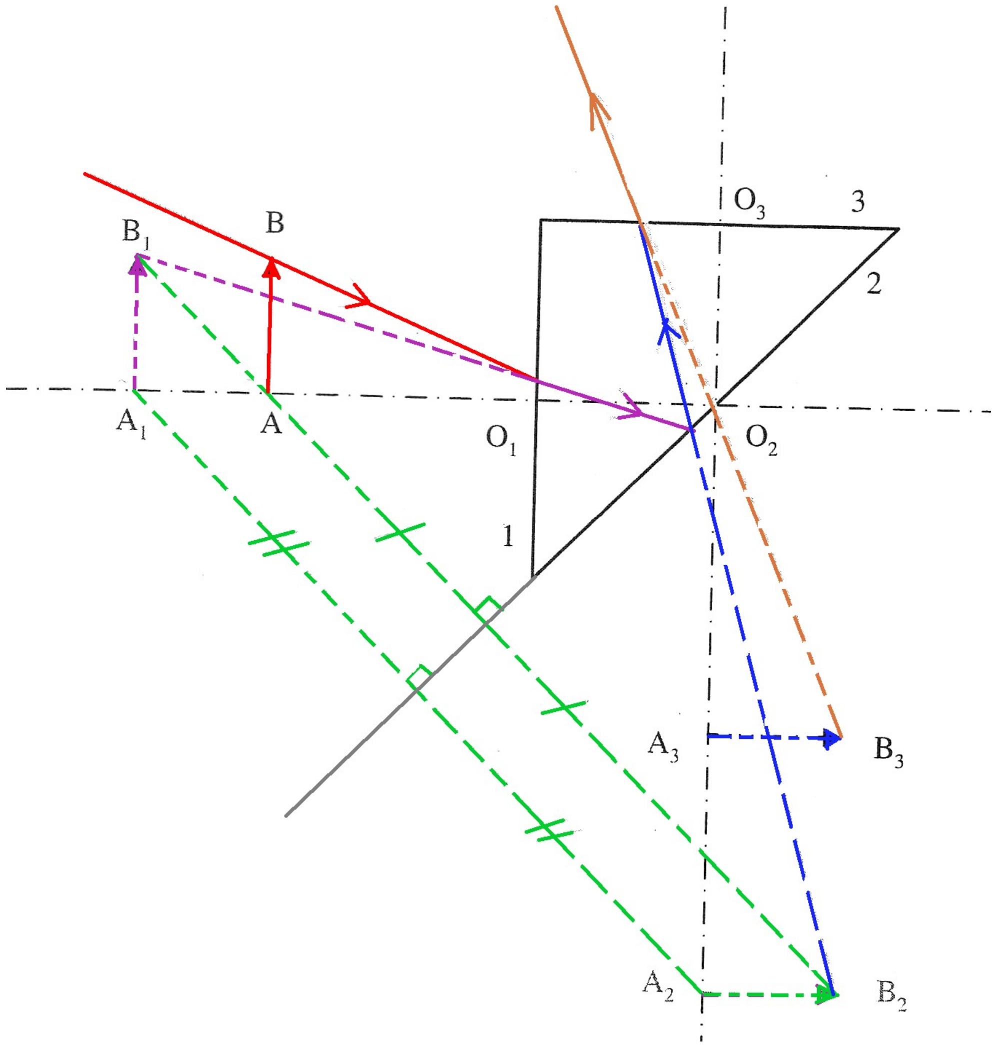
Exercice 1.

$n_1 = 1$ et $n_2 = 1{,}5$. Construire la marche paraxiale des rayons représentés. ***k = 30***



X. Exercice 2.

$n_1 = 1$ et $n_2 = 1,5$. Représenter le tableau de conjugaison et déterminer les conjugués successifs, puis tracer la marche du rayon représenté.



	1	2	3
1	1,5	1,5	1
A	A_1	A_2	A_3
B	B_1	B_2	B_3
Réfraction		Réfraction	

Réflexion

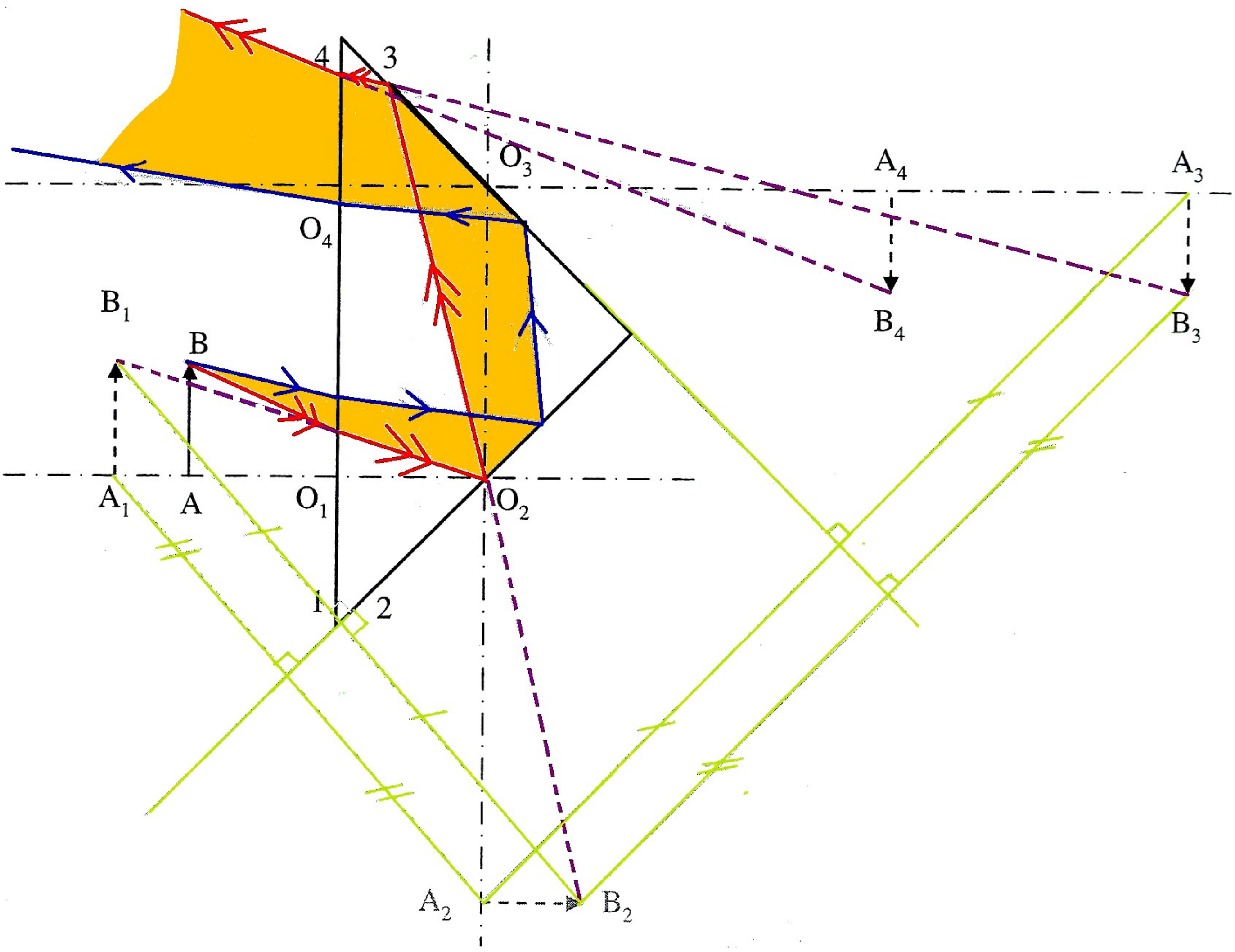
$$\frac{O_1A_1}{O_1A} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow O_1A_1 = \frac{1,5.44}{1} = 66mm$$

$$O_3A_3 = \frac{95}{1,5} = 63mm$$

Remarque : Dans un dioptre plan, les conjugués sont du même coté et de hauteur identique.
Quand on « rentre » dans le verre, le conjugué est plus éloigné du dioptre (x1,5), quand on « sort » il est plus rapproché (/1,5).
Le rayon incident se rapproche de la normale en entrant dans le prisme, il s'éloigne quand il en sort.

XI. Exercice 3.

$n_1 = 1$ et $n_2 = 1,5$. Représenter le tableau de conjugaison et déterminer les conjugués successifs, puis représenter le faisceau issu de B limité par les rayons représentés.

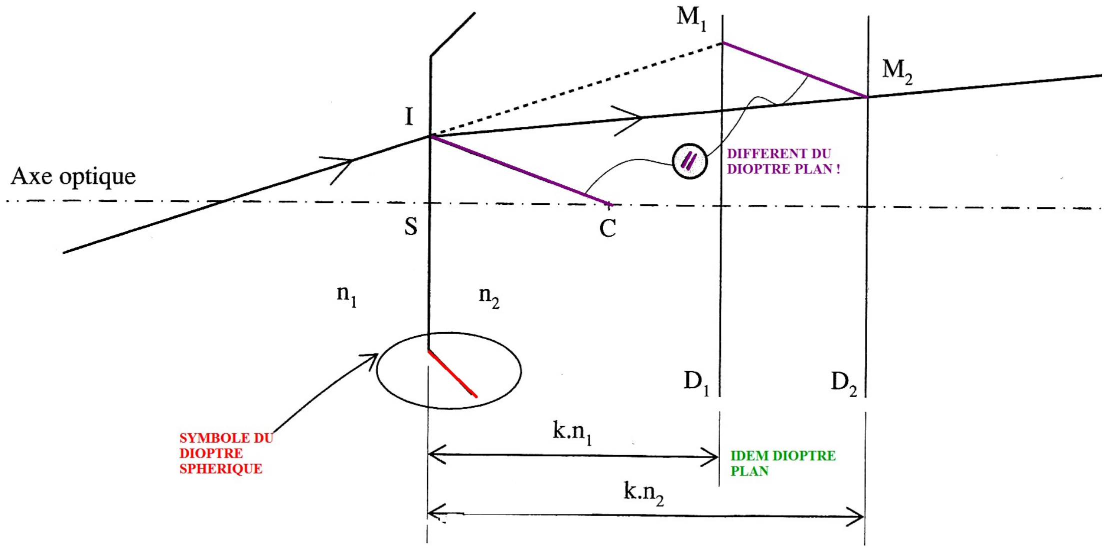


	1	2	3	4
1	1,5	**1,5**	**1,5**	**1**
A	**A_1**	**A_2**	**A_3**	**A_4**
B	**B_1**	**B_2**	**B_3**	**B_4**
Réfraction	**Réflexion**	**Réflexion**	**Réfraction**	

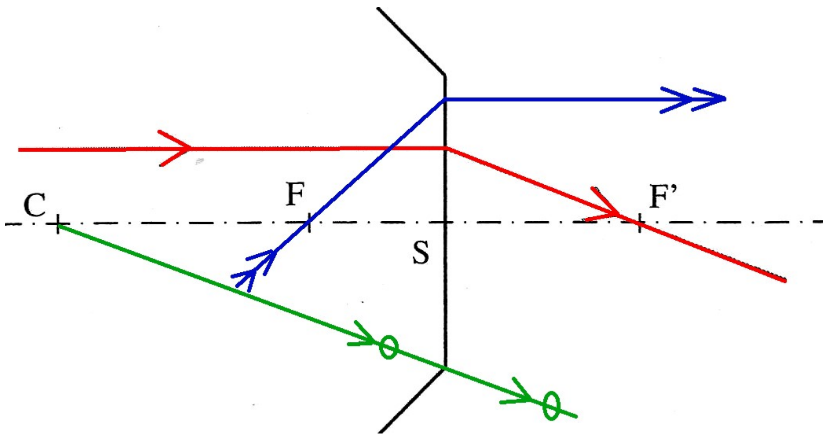
XII. Dioptre sphérique.

- Un dioptre sphérique est défini par son centre C, son rayon de courbure r et les indices de réfraction n_1 et n_2.
  L'intersection avec l'axe optique principal définit son sommet S.

- Dans les conditions de Gauss, on peut utiliser un tracé presque identique au dioptre plan si les foyers ne sont pas définis :



- Quand les foyers ont définis, les tracés sont similaires à ceux pour une lentille : *Attention le rayon non dévié passe par C et non par S !*



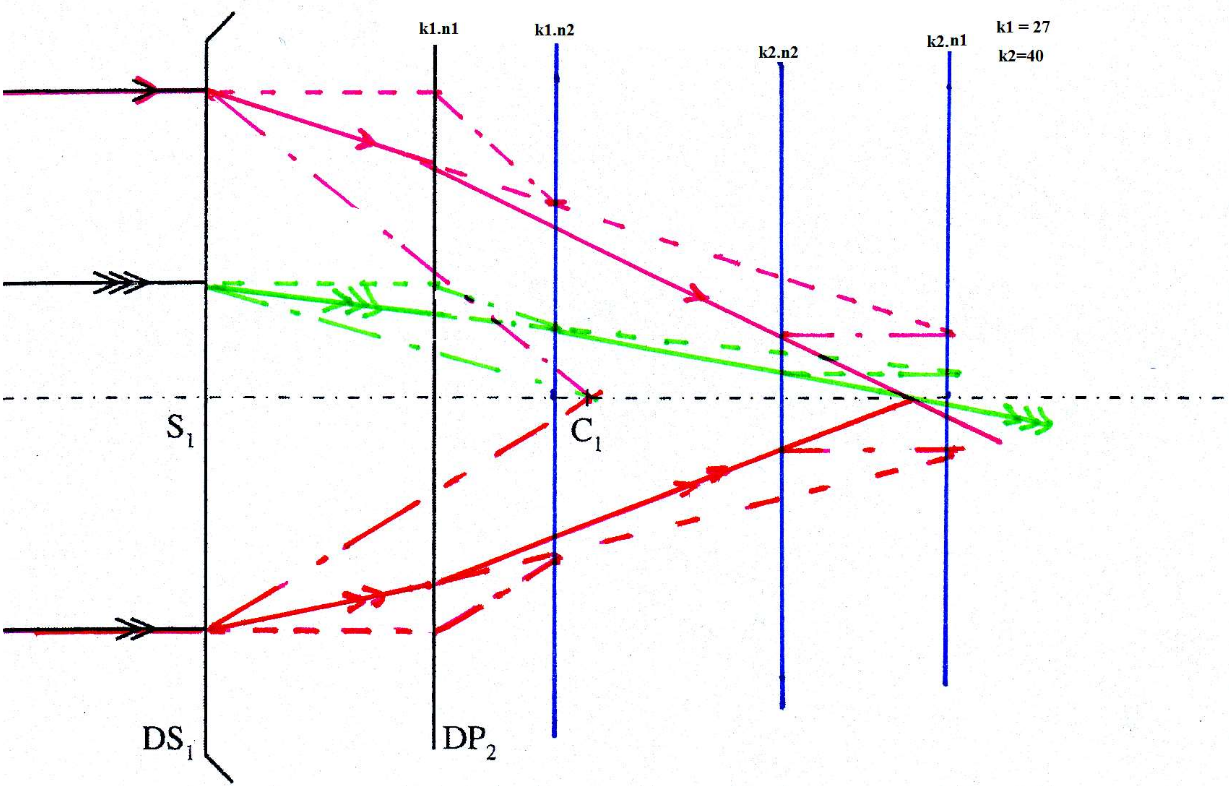
- On peut mettre en place les foyers à l'aide des formules de Descartes :

$$\frac{n'-n}{\overline{SC}} = \frac{n'}{\overline{SF'}} = \frac{-n}{\overline{SF}}$$

XIII. Exercice 4.

Ci-dessous une lentille plan-convexe d'indice 1,5, symbolisée par un dioptre sphérique et un dioptre plan.

Déterminer graphiquement la marche paraxiale des trois rayons.



XIV. Exercice 5.

Ci-dessous un dioptre sphérique. $n_1 = 1$ et $n_2 = 1{,}5$. Placer les foyers et déterminer graphiquement à l'aide des trois rayons le conjugué de AB.