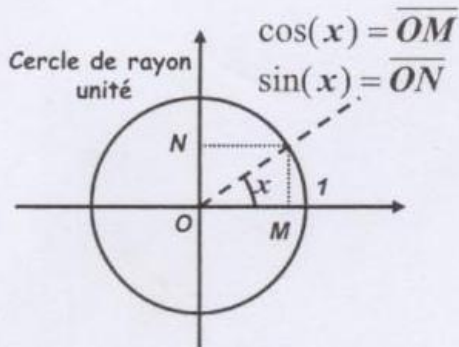


# FICHE n°0: Prérequis - quelques éléments utiles de trigonométrie.

Les lois fondamentales de l'optique géométriques font intervenir des fonctions trigonométriques et nécessitent parfois l'utilisation de relations simples dans les triangles. Quelques résultats "utiles" sont rappelés ici.  
Relations trigonométriques de base:



$$\cos(x) = \overline{OM}$$

$$\sin(x) = \overline{ON}$$

$$tg(x) = \sin(x)/\cos(x)$$

$$\cos^2(x) + \sin^2(x) = 1$$

$$\cos(2x) = 1 - 2\sin^2(x) = 2\cos^2(x) - 1$$

$$\sin(2x) = 2\sin(x)\cos(x)$$

Quand  $x$  tend vers 0, on pourra utiliser les approximations suivantes:  $\cos(x) \approx 1$ ;  $\sin(x) \approx x$  et  $tg(x) \approx x$ .

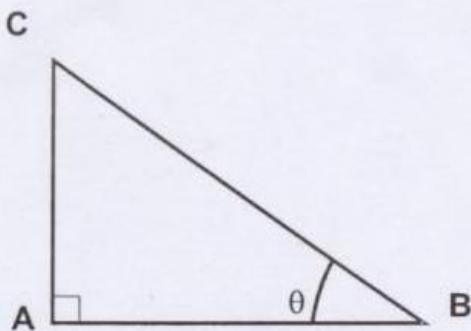
Quelques valeurs à connaître:

$$\cos(0) = 1, \cos(\frac{\pi}{6}) = \sqrt{3}/2, \cos(\frac{\pi}{4}) = \sqrt{2}/2, \cos(\frac{\pi}{3}) = 1/2, \cos(\frac{\pi}{2}) = 0$$

$$\sin(0) = 0, \sin(\frac{\pi}{6}) = 1/2, \sin(\frac{\pi}{4}) = \sqrt{2}/2, \sin(\frac{\pi}{3}) = \sqrt{3}/2, \sin(\frac{\pi}{2}) = 1$$

$$tg(0) = 0, tg(\frac{\pi}{4}) = 1, \text{ si } x \rightarrow \pi/2 \text{ alors } tg(x) \rightarrow \infty$$

Relations dans un triangle (ABC):

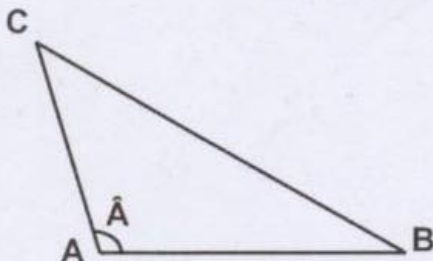


(ABC) est rectangle en A, alors  $BC^2 = AB^2 + AC^2$

$$\cos(\theta) = \frac{\text{côté adjacent}}{\text{hypoténuse}} = \frac{AB}{BC}$$

$$\sin(\theta) = \frac{\text{côté opposé}}{\text{hypoténuse}} = \frac{AC}{BC}$$

$$tg(\theta) = \frac{\text{côté opposé}}{\text{côté adjacent}} = \frac{AC}{AB}$$



(ABC) est quelconque,

$$\text{alors } BC^2 = AB^2 + AC^2 - 2AB.AC.\cos(\hat{A})$$

## FICHE n°1: Notions de base. Introduction à l'optique géométrique.

Une définition pour l'optique géométrique: "C'est l'étude de la propagation de la lumière à travers des milieux transparents homogènes isotropes. Il s'agit principalement de phénomènes perçus par l'oeil."

**Limitations de l'optique géométrique:** nous verrons que l'analyse repose sur le concept de rayon lumineux matérialisant le trajet de la lumière et l'utilisation des conditions de Gauss. Si les phénomènes simples de propagation (réflexion, réfraction) peuvent être représentés, il n'est pas possible de rendre compte des problèmes de diffraction ou interférence nécessitant une approche ondulatoire de l'optique.

**Notion de rayon lumineux:** on suppose que la lumière se propage en ligne droite dans un milieu transparent, homogène, isotrope. On appelle rayon lumineux, la droite qui matérialise la trajectoire de la lumière. Remarques: il ne peut y avoir d'interactions entre les rayons (la droite n'est pas affectée par les autres rayons); on ne peut isoler un unique rayon lumineux (on travaillera toujours sur des faisceaux d'ouverture donnée).

**Approche ondulatoire ou corpusculaire:** on peut considérer que la lumière est une onde électromagnétique de haute fréquence qui se propage dans le milieu (approche ondulatoire) ou associer le transfert de la lumière à un transport d'énergie par l'intermédiaire de photons (approche corpusculaire). Les théories associées à ces deux points de vue apportent des indications complémentaires.

L'optique géométrique, avec sa représentation simplifiée de rayon lumineux, ne nécessite généralement pas de formalisme emprunté à ces théories.

De l'approche ondulatoire on gardera à l'esprit que dans le visible, la longueur d'onde correspondant à la lumière est comprise entre 400 nm (violet) et 800 nm (rouge) (en-dessous de 400 nm on définit l'ultraviolet, au-delà de 800 nm l'infrarouge). Si le rayon considéré est caractéristique d'une unique longueur d'onde on parlera de lumière monochromatique. A l'opposé, la lumière blanche résulte de la combinaison de l'ensemble des "couleurs" du spectre visible.

**Indice de réfraction:** dans l'approche ondulatoire, la lumière est considérée comme une onde se propageant avec une vitesse  $v$  dans un milieu donné. On peut caractériser la propagation dans ce milieu à partir de la grandeur  $n = c/v$  (où  $c \approx 3.10^8$  m/s est la vitesse de propagation de la lumière dans le vide).  $n$  (sans unité) est appelé indice de réfraction du milieu.

Remarque:  $n$  caractérise un milieu pour une longueur d'onde donnée et varie généralement avec la longueur d'onde. Cette évolution est à l'origine de différences dans la propagation de la lumière selon la "couleur" du rayon considéré. On parle alors de phénomènes de *dispersion*.

Voici quelques valeurs indicatives d'indice de réfraction (il s'agit de valeurs moyennes pour l'ensemble des longueurs d'onde du visible).

Vide:  $n = 1$

Air sec (milieu que l'on considère dans la majorité des applications traitées):  $n \approx 1$

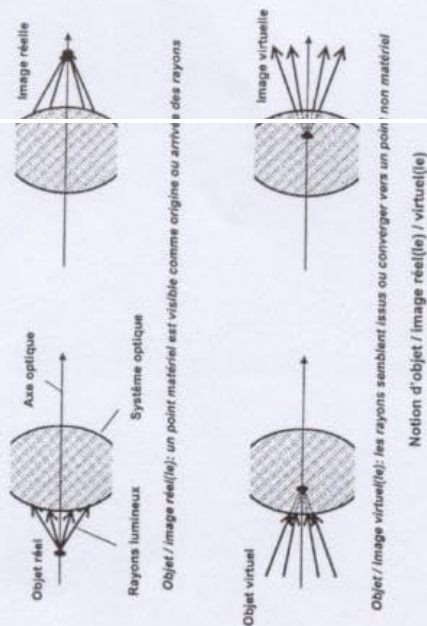
Eau:  $n = 1.33$

Verre:  $n = 1.5$  (valeur couramment utilisée, variant en fait de 1.5 à 2 selon le type de verre et la "couleur" de la lumière considérée).

Le matériau verre fait évidemment l'objet de nombreuses applications traitées en optique. Son indice de réfraction varie en fait avec la longueur d'onde. Une bonne approximation de la variation de l'indice du verre est donné par la loi de Cauchy. Pour une longueur d'onde  $\lambda$  exprimée en microns, on considérera que:

$$n_{\lambda} = n_0 + C/\lambda^2 \quad \text{avec } n_0 \approx 1.6 \text{ et } C \approx 10^{-2} \mu\text{m}^2 \quad (1)$$

**Objet - Image.** Le but premier de l'optique est bien entendu de réaliser à l'aide de *systèmes optiques des images* de points matériels ou d'ensemble de points appelés *objets*. Si ces objets ou images sont visibles comme origine ou arrivée de rayons "matérialisables" sur un écran, on dit qu'ils sont *réels*. Si il est nécessaire d'extrapoler la trajectoire des rayons et que ceux-ci semblent provenir ou aller vers des points matériels non observables sur un écran, on dit que les objets ou images sont *virtuels*. Les figures page suivante illustrent ces notions en schématisant le système optique et les rayons lumineux issus de l'objet ou se propageant vers l'image.



**Notion de stigmatisme.** Soit  $A$  un point matériel (l'objet). Le système optique est dit *rigoureusement stigmatique* si tout rayon issu de  $A$  émerge du système vers un unique point  $A'$ . On dit également que  $A$  et  $A'$  sont *conjugués*.

En pratique, à part pour le miroir plan, le stigmatisme rigoureux n'est obtenu que dans des conditions très strictes. Cela signifie qu'au lieu de produire des images nettes et précises de points matériels, les images correspondent en fait à des taches. Heureusement, en pratique la taille de ces taches peut être suffisamment réduite pour que l'oeil ou le détecteur utilisé pour la visualisation assimile l'image à un point. Autrement dit, on parviendra malgré tout à réaliser des images nettes. On parle alors de *stigmatisme approché* (conditions dans lesquelles on travaillera en permanence).

En particulier, on veillera à travailler avec des rayons lumineux faiblement inclinés par rapport à l'axe optique (axe orienté perpendiculairement au système optique, passant au centre de celui-ci et figurant la direction principale de propagation de la lumière). Ces conditions de travail appelées *conditions de Gauss* assurent la situation de stigmatisme approché (on parle également d'approximation de Gauss).



## FICHE n°2: Principe de Fermat. Lois de Snell-Descartes.

On se contente ici d'énoncer ces lois fondamentales et d'en exposer les conséquences. On trouvera en particulier les démonstrations des lois de Snell-Descartes dans les références citées à la fin de ce document.

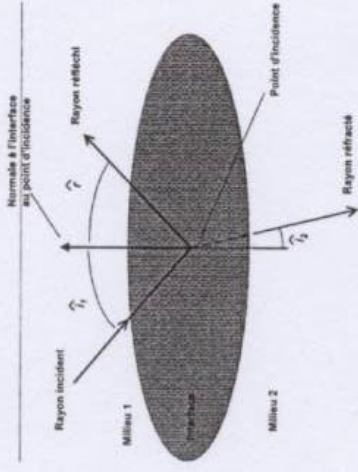
**Principe de FERMAT (1657).** Énoncé: "Le chemin optique suivi par la lumière est extrémal". Dans un milieu continu, cet extrémum sera en fait un "minimum", ce qui induit les conséquences suivantes:

- la lumière se propage en ligne droite dans un milieu homogène isotrope (chemin le plus court);
- le trajet suivi par la lumière ne dépend pas du sens de parcours - on parle du principe de "retour inverse de la lumière".

En dehors de ces conséquences "pratiques", le principe de Fermat est à l'origine de la démonstration de relations fondamentales sur le trajet de la lumière à la traversée d'une surface séparant deux milieux, la lumière pouvant subir des phénomènes de réflexion ou de réfraction.

**Réflexion, réfraction. Lois de Snell - Descartes.** Considérons un rayon en incidence sur une interface entre deux milieux d'indice de réfraction  $n_1$  et  $n_2$ . En fonction de la direction d'incidence et de la nature des milieux, le rayon peut subir un phénomène de réflexion (il est alors renvoyé vers le milieu d'où il est issu) ou/et un phénomène de réfraction (il traverse alors l'interface en subissant une déviation à l'interface). On notera qu'on ne prend pas en compte ici les phénomènes éventuels d'absorption ou de diffusion qui sortent du cadre de l'optique géométrique.

La figure suivante illustre les phénomènes de réflexion et réfraction:



### Lois de la réflexion:

- le rayon réfléchi est dans le plan d'incidence (défini par la direction d'incidence et la normale à la surface au point d'incidence)
  - l'angle de réflexion (angle entre la direction de réflexion et la normale à la surface) est tel que  $r = i$
- ### Lois de la réfraction:
- le rayon réfracté est dans le plan d'incidence
  - l'angle de réfraction (angle entre la direction de réfraction et la normale à la surface) est tel que  $n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin t$

Remarque: on voit que l'angle de réfraction est tel que  $\sin t = \frac{n_1 \cdot \sin i}{n_2}$ , or la fonction sinus ne peut dépasser 1, il existera donc des configurations pour lesquelles la réfraction sera impossible, le rayon subira alors une réflexion totale.

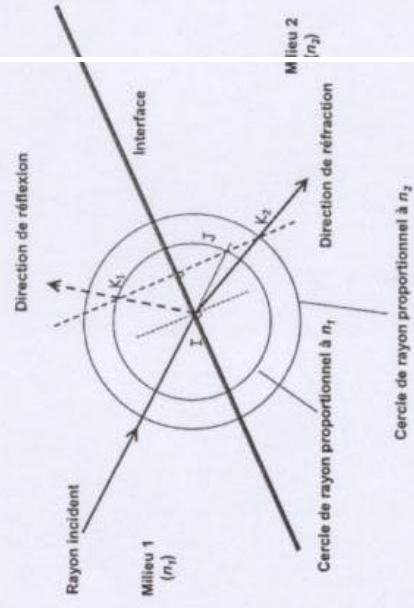
Le cas de réflexion limite correspond à  $t = 90^\circ$  (au delà, le rayon ne traverserait plus l'interface, on ne pourrait plus parler de réfraction), c'est à dire  $\sin t = 1$ . Dans ce cas la loi de Descartes vue ci-dessus conduit à  $\sin i = \frac{n_2}{n_1}$ , d'où l'on déduit une valeur limite pour l'angle d'incidence, valeur que nous appellerons  $i_{lim}$ . Tout angle d'incidence supérieur à cette valeur conduirait au résultat aberrant sur le plan mathématique  $\sin t > 1$ , ce qui est impossible... dans ces conditions la réfraction est alors impossible, toute la lumière est obligatoirement réfléchie.

**Construction de Fresnel.** Cette méthode graphique permet de déterminer la direction de réflexion ou de réfraction de la lumière connaissant les indices des milieux.

Considérons un rayon lumineux se propageant dans un milieu "1" d'indice  $n_1$ , arrivant au point  $I$  en incidence sur l'interface séparant les milieux "1" et "2" (d'indice  $n_2$ ). Voici les étapes à suivre pour construire la marche du rayon à partir du point  $I$ :

1. tracer deux cercles centrés sur  $I$ , de rayons respectifs proportionnels aux valeurs d'indice  $n_1$  (cercle "1") et  $n_2$  (cercle "2"). ATTENTION: bien respecter la proportionnalité et ce tracer obligatoirement les cercles sur le point d'incidence!
2. prolonger le rayon incident dans le milieu "2" jusqu'à obtenir l'intersection avec le cercle "1". Appelons  $J$  ce point d'intersection.
3. tracer la normale à l'interface séparant les milieux "1" et "2" passant par  $I$ , cette normale coupe le cercle "2" dans le milieu "2" au point  $K_2$  et le cercle "1" dans le milieu "1" au point  $K_1$ .
4.  $IK_1$  est la direction de réflexion,  $IK_2$  est la direction de réfraction.

La figure suivante illustre la construction de Fresnel.



### Remarques:

- on peut appliquer la même méthode lorsque  $n_2 < n_1$  (en respectant scrupuleusement la règle de proportionnalité des rayons aux valeurs des indices pour construire les cercles, le cercle "2" étant alors le plus petit des deux)
- si le point  $K_2$  n'existe pas (cas rencontré lorsque  $n_2 < n_1$  si on n'a pas d'intersection entre la normale en  $J$  et le cercle "2") alors la réfraction est impossible, on a réflexion totale et la direction de réflexion est donnée par  $IK_1$
- connaissant la direction de réfraction on peut également en procédant de manière inverse déterminer la direction d'incidence correspondante.

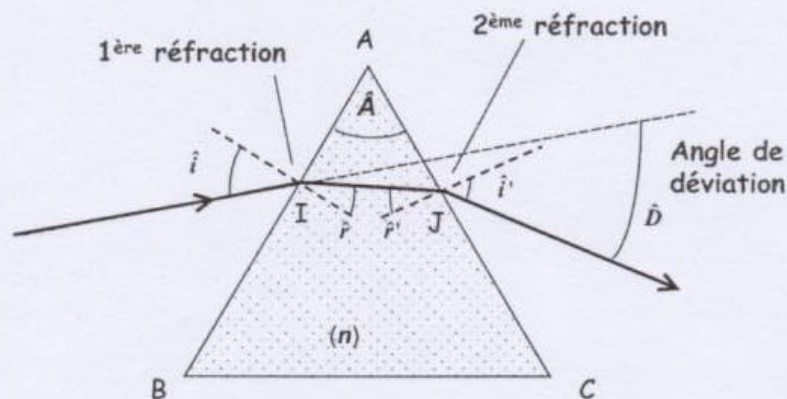


# FICHE n°3: Première application: le prisme. Dispersion.

Note: on fera le lien avec les TDP n°2 pour le prisme et n°6 pour la dispersion.

**Généralités sur le prisme.** Considérons un prisme en verre (indice  $n$ ), d'angle  $\hat{A}$  défini, placé dans l'air (indice supposé égal à 1), recevant un rayon en incidence au point I selon un angle  $\hat{i}$  défini par rapport à la normale à l'interface. La lumière subit deux réfractions aux interfaces air/verre.

Le chemin qu'elle parcourt au sein du prisme est représenté sur la figure suivante.



Les lois sur la réfraction permettent d'écrire:

$$\sin(\hat{i}) = n \cdot \sin(\hat{r}) \text{ et } n \cdot \sin(\hat{r}') = \sin(\hat{i}')$$

Par ailleurs les relations dans le triangle (AIJ) conduisent à:

$$\hat{A} + \left(\frac{\pi}{2} - \hat{r}\right) + \left(\frac{\pi}{2} - \hat{r}'\right) = \pi \text{ c'est à dire } \hat{A} = \hat{r} + \hat{r}'$$

On peut alors calculer les différents angles, connaissant l'angle d'incidence  $\hat{i}$ .

**L'angle de déviation** (angle entre la direction d'incidence à l'entrée dans le prisme et la direction d'émergence à la sortie du prisme) s'écrit:

$$\hat{D} = (\hat{i} - \hat{r}) + (\hat{i}' - \hat{r}')$$

En combinant avec la relation dans le triangle vue plus haut, on obtient:  $\hat{D} = \hat{i} + \hat{i}' - \hat{A}$

**Déviation minimum.** On montre que l'angle de déviation passe par un minimum lorsque l'angle d'incidence varie (mis en évidence expérimentalement au TDP °2 et démontrable par calcul différentiel, non développé ici mais on trouvera la démonstration dans les ouvrages mentionnés à la fin de ces fiches de synthèse). Ce minimum  $\hat{D}_{min}$  est obtenu dans des conditions particulières: lorsque  $\hat{i} = \hat{i}'$ . En combinant les relations vues plus haut on obtient finalement la relation:

$$\sin\left(\frac{\hat{D}_{min} + \hat{A}}{2}\right) = n \cdot \sin\left(\frac{\hat{A}}{2}\right)$$

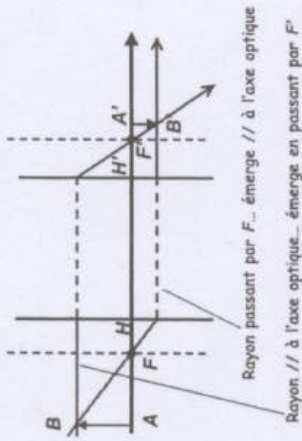
Connaissant  $\hat{A}$  et mesurant  $\hat{D}_{min}$ , on obtient grâce à cette relation un moyen de mesurer l'indice du matériau constituant le prisme à la longueur d'onde correspondant au rayon incident.

**Phénomène de dispersion.** Imaginons qu'on superpose deux rayons selon la même direction d'incidence: un "rouge" pour lequel l'indice du verre est  $n_R$  et un "bleu" pour lequel l'indice de réfraction est  $n_B > n_R$ . Le verre étant plus réfringent vis à vis du rayon bleu, la loi de Descartes sur la réfraction nous indique que le rayon bleu réfracté sera plus proche de la normale en I que ne l'est le rayon rouge, donc subira une plus grande déviation. Les rayons réfractés ne sont donc plus superposés et restent séparés en sortie. Ce phénomène lié à la variation de l'indice de réfraction en fonction de la couleur (de la longueur d'onde) de la lumière est appelé **dispersion**.



## FICHE n°5: Systèmes centrés (2) - Relation de conjugaison, grandissement, association de systèmes.

**Relation de conjugaison.** Elle permet en particulier de déterminer la position de l'image connaissant l'objet (et inversement).  
Considérons le schéma de principe suivant:



Rayon // à l'axe optique... émerge // à l'axe optique  
Rayon passant par F... émerge // à l'axe optique  
Issus de B, les rayons traversent le système et se coupent en un point, définissant B', image de B, puisque « B et B' étant conjugués, tout rayon incident passant par B, émerge en passant par B' ».

Posons  $f = \overline{HF}$ ,  $f' = \overline{H'F'}$  (notation habituelle des distances focales) et  $b = \overline{FA}$ ,  $b' = \overline{F'A'}$ .  
On définit alors la relation de conjugaison avec origine aux foyers (ou formule de Newton):

$$ff' = bb'$$

Connaissant les éléments cardinaux ( $F, F', H, H'$ ) et la position de A, on en déduit celle de A'.

Autre solution: utiliser l'origine aux plans principaux. Posons  $x = \overline{HA}$ ,  $x' = \overline{H'A'}$ . On définit alors la relation de conjugaison avec origine aux plans principaux: (également appelée formule de Descartes)

$$\frac{f'}{x'} + \frac{f}{x} = 1$$

ou encore en utilisant la vergence ( $\mathcal{V} = \frac{n'}{f'} = \frac{n}{f}$ ):  $\frac{n'}{x'} - \frac{n}{x} = \mathcal{V}$

En particulier si  $n = n' = 1$ , il vient:  $\frac{1}{x'} - \frac{1}{x} = \frac{1}{f'}$

**Grandissement.** Par définition nous avons vu qu'il est tel que  $\gamma = \frac{A'B'}{AB}$ .  
En utilisant la formulation avec origine aux plans principaux, on peut montrer que:  $\gamma = \frac{n'x'}{nx}$ .  
Connaissant A, ayant déterminé A', on peut à présent déterminer la taille de l'image A'B'.

Note: il s'agit là du grandissement linéaire. On peut également définir le grandissement angulaire. Soient  $\alpha$  l'angle entre un rayon incident donné et l'axe optique,  $\alpha'$  l'angle entre le rayon émergent correspondant et l'axe optique, le grandissement angulaire est:  $\gamma_\alpha = \frac{\alpha'}{\alpha}$

**Relation de Lagrange-Helmholtz.** (non démontrée ici) Considérant A'B' image de AB, on a:

$$n' \cdot \alpha' \cdot \overline{A'B'} = n \cdot \alpha \cdot \overline{AB} \quad (3)$$

Compte tenu des définitions des grandissements, on écrira aussi:  $\gamma \cdot \gamma_\alpha = \frac{n'}{n}$ .

## Association de deux systèmes centrés.

**Décomposition en sous-systèmes.** On pourra travailler en décomposant le système global en sous systèmes centrés. On considérera alors le schéma de principe suivant:  $A \xrightarrow{\Sigma_1} A' \xrightarrow{\Sigma_2} A''$ . Un point objet A a pour image un point A' par le système  $\Sigma_1$ , A' ayant lui-même pour image un point A'' par le système  $\Sigma_2$ . A'' est alors l'image de A réalisée par le système global associant  $\Sigma_1$  et  $\Sigma_2$ .

Pour caractériser le système on considérera par exemple un objet à l'infini.  $A \rightarrow \infty$  entraînera nécessairement  $A' = F_1'$  (foyer image du système  $\Sigma_1$ ) mais aussi par définition  $A'' = F'$ . En résimé:  $\infty \xrightarrow{\Sigma_1} F_1' \xrightarrow{\Sigma_2} F'$ , d'où le moyen de déterminer le foyer image du système global comme image du point  $F_1'$  par le système  $\Sigma_2$ .

De même si on choisit de travailler sur une image à l'infini ( $A'' \rightarrow \infty$ ), on en déduit la décomposition suivante:  $A \xrightarrow{\Sigma_1} F_2 \xrightarrow{\Sigma_2} \infty$  où par définition  $A = F$  est le foyer objet du système global. On détermine alors  $F \xrightarrow{\Sigma_1} F_2 \xrightarrow{\Sigma_2} \infty$  et on déterminera donc F comme l'objet donnant par le système  $\Sigma_1$  une image en  $F_2$ .

La caractérisation d'un système par construction se fera sur la base de ce principe: de décomposition:

- on tracera la marche d'un rayon entrant parallèlement à l'axe optique, à la sortie il coupera l'axe optique en  $F'$  et l'intersection entre rayons incident et émergent permettra de trouver  $H'$ ;
- on tracera la marche d'un rayon émergent parallèlement à l'axe optique l'intersection entre le rayon incident correspondant et l'axe optique donnera F et l'intersection entre rayons incident et émergent permettra de trouver H.

**Méthode directe.** On montre que l'on peut également avoir accès aux éléments cardinaux d'un système  $\Sigma$ , composé de deux sous-systèmes  $\Sigma_1$  et  $\Sigma_2$  en utilisant les relations suivantes:

$$\overline{F_1'F} = \frac{f_1 f_2'}{\Delta} \quad \text{et} \quad \overline{F_2'F'} = \frac{-f_2 f_2'}{\Delta} \quad (4)$$

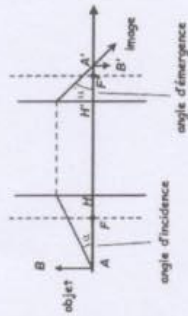
ce qui donne la position des foyers F et F' connaissant celle de  $F_1, F_2$  et après calcul de  $\Delta$  l'intervalle optique défini comme  $\Delta = \overline{F_1'F_2}$ .

En complément, on utilisera:  $f' = \frac{-f_1 f_2'}{\Delta}$   
ce qui donnera accès aux distances focales et par suite, aux positions des plans principaux (puisque  $f' = \overline{H'F'}$  et  $f = \overline{HF}$ ).

De manière équivalente, la formule dite de Gullstrand permet de calculer la vergence d'un système (et donc d'en déduire la distance focale en utilisant ( $\mathcal{V} = \frac{n'}{f'} = \frac{n}{f}$ )). Cette relation s'écrit:

$$\mathcal{V} = \mathcal{V}_1 + \mathcal{V}_2 - \frac{e}{n_1} \mathcal{V}_1 \mathcal{V}_2 \quad (5)$$

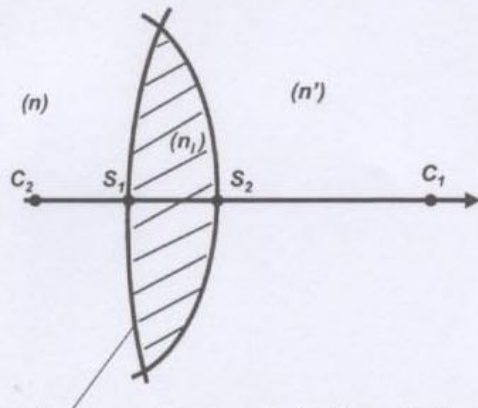
où  $e = \overline{H_1'H_2}$  est la distance entre les sous-systèmes  $\Sigma_1$  et  $\Sigma_2$  et  $n_1$  est l'indice du milieu traversé par la lumière entre  $\Sigma_1$  et  $\Sigma_2$  ( $n_1 = 1$  si les systèmes sont dans l'air).



# FICHE n°7: Lentilles minces - Relations fondamentales.

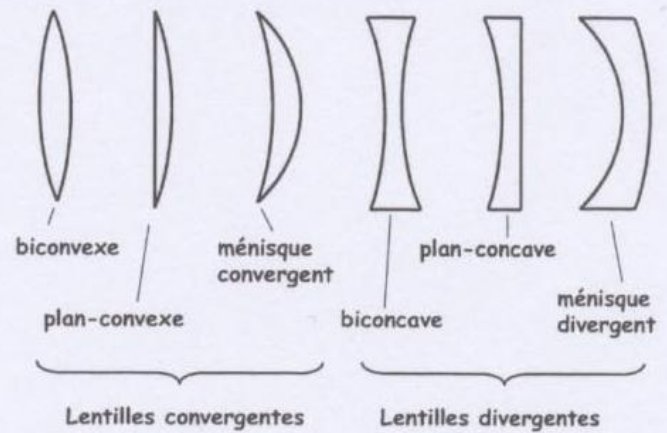
Une lentille est un système centré résultant de l'association de deux dioptries sphériques.

Pour deux dioptries référencés "1" et "2", on a le schéma de principe suivant:



1<sup>er</sup> dioptre rencontré par la lumière « indice 1 »

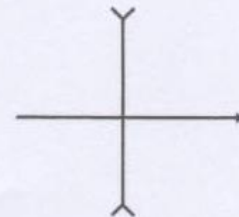
On recense donc différents types de lentilles en fonction des dioptries associés:



Lorsque l'épaisseur optique  $e$  qui sépare les dioptries est suffisamment petite devant les rayons de courbure, on parle de lentilles minces. On considère alors que  $S_1$  et  $S_2$  sont confondus en un point unique  $O$  appelé centre optique de la lentille. Utilisée dans l'approximation de Gauss, la représentation des lentilles minces est la suivante:



Lentille convergente



Lentille divergente

## Caractérisation des lentilles minces.

*Note:* on se place dans le cas où la lentille est dans l'air (donc  $n = n' = 1$ ).

Nous avons vu que  $S_1 = S_2 = O$ .

On a en plus les caractéristiques suivantes:  $H = H' = N = N' = O$  (plans principaux et points nodaux confondus en  $O$ ).

De plus comme  $n = n'$  on en déduit  $f = -f'$  (c'est important: lors de vos constructions dans l'air, respectez le fait que  $O$  est équidistant des deux foyers  $F$  et  $F'$ ).

La formule de conjugaison  $\frac{1}{x'} - \frac{1}{x} = \frac{1}{f'}$  devient sous sa forme la plus utilisée:  $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$

Le grandissement est:  $\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$ .

Ces deux relations permettent de caractériser l'image d'un objet défini (et réciproquement de trouver l'objet donnant une image connue).

Enfin, la vergence (que l'on obtient par exemple en appliquant la relation de Gullstrand à l'association des deux dioptries de base) s'écrit:

$$\mathcal{V} = (n_i - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

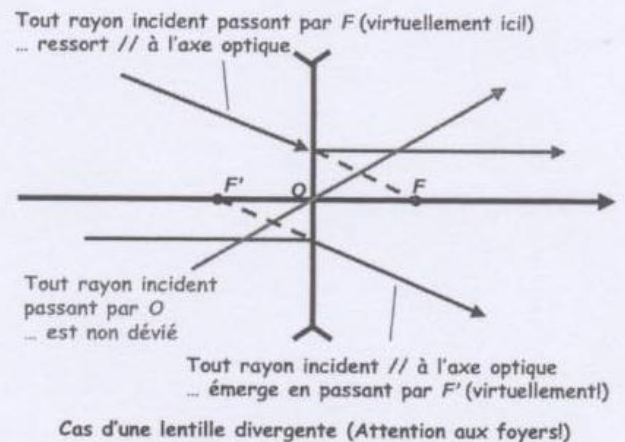
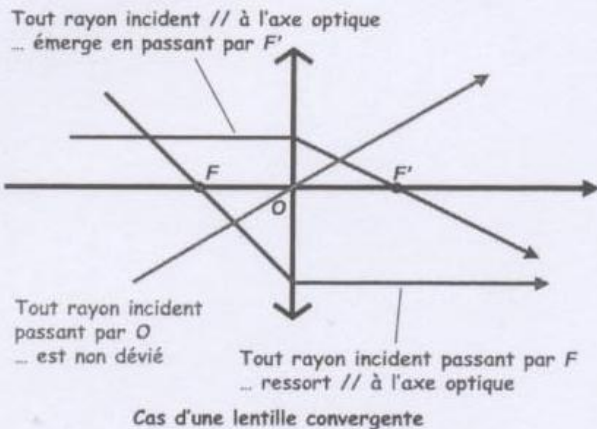
où  $R_1$  et  $R_2$  correspondent aux valeurs algébriques des rayons de courbure des deux dioptries.



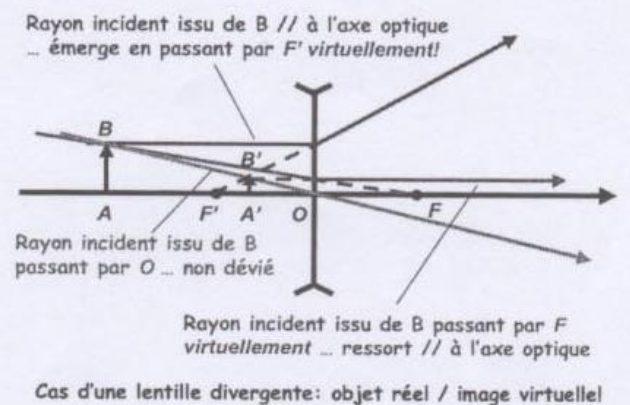
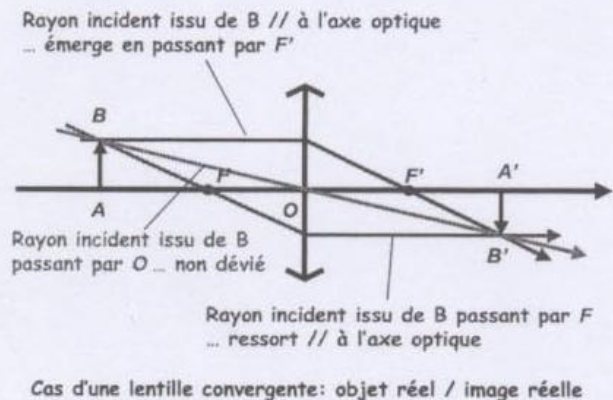
# FICHE n°8: Lentilles minces - Applications.

## Constructions élémentaires.

On doit savoir construire la marche de trois rayons élémentaires: celui qui passe par  $O$ , celui qui passe par  $F$  et celui qui arrive parallèlement à l'axe optique.



Considérons un objet  $AB$  et déterminons son image  $A'B'$  produite par une lentille convergente. On utilisera trois rayons analogues à ceux vus plus haut en se plaçant dans le cas particulier où chaque rayon incident passe par  $B$ .  $B$  et  $B'$  étant conjugués, "tout rayon incident issu de  $B$ , émerge en passant par  $B'$ ". L'intersection de deux de ces rayons suffit donc à déterminer la position de  $B'$  (on construira en fait la marche de trois rayons, le troisième servant à vérifier le résultat produit par les deux premiers).



## Calculs équivalents.

Considérons une lentille mince convergente dans l'air, de centre  $O$  et de distance focale image  $f' = 2\text{cm}$ . Prenons un objet  $AB$  de hauteur  $1\text{cm}$  placé  $4\text{cm}$  avant la lentille (c'est à dire  $\overline{OA} = -4\text{cm}$ ).

La position de l'image correspondante sera déduite de l'application de la relation de conjugaison:  $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$  d'où l'on déduit que  $\overline{OA'} = \frac{f' \overline{OA}}{f' + \overline{OA}} = +4\text{cm}$  ... l'image est réelle.

La hauteur de l'image est liée au grandissement:  $\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$  d'où l'on déduit que  $\overline{A'B'} = \overline{AB} \cdot \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = -1\text{cm}$  ... l'image est renversée, de taille égale à l'objet.

De façon équivalente, dans les mêmes conditions, si la lentille est divergente de distance focale  $f' = -2\text{cm}$ , la même méthode conduit au résultat  $\overline{OA'} = -4/3$  ... image située avant la lentille (virtuelle).

On en déduit que  $\overline{A'B'} = 1/3$  ... image dans le même sens mais réduite au tiers de l'objet.

