Banc optique pour les collèges Opti-Basic® 05900

NOTICE

Retrouvez l'ensemble de nos gammes sur : www.pierron.fr

PIERRON
ÉQUIPEMENT PÉDAGOGIQUE SCIENTIFIQUE

PIERRON - ASCO & CELDA • CS 80609 • 57206 SARREGUEMINES Cedex • France
Tél. : 03 87 95 14 77 • **Fax :** 03 87 98 45 91
E-mail : education-france@pierron.fr

Présentation

1 - Introduction

Banc optique parfaitement adapté au collège. Ce banc est complet puisqu'il est livré avec une source lumineuse à LED qui ne nécessite aucune alimentation extérieure pour la faire fonctionner. Il est très stable, le positionnement des cavaliers est aisé. Les graduations bien visibles vous permettront de repérer rapidement et précisément la position de chaque accessoire.

2 - Contenu de l'emballage

- Un rail
- Deux pieds
- Quatre cavaliers
- Deux portes lentilles
- Un porte lentille / porte filtre
- Une source lumineuse à LED dans sa monture et son adaptateur secteur
- Un écran blanc
- Cinq lentilles en plastique
- Un disque dépoli
- Une lettre F
- Cinq clips pour la fixation des lentilles, du disque dépoli ou de la lettre F
- Une notice

Caractéristiques

- Dimension du rail : 1 m de long gradué sur 800 mm
- Ø des tiges acceptées par les cavaliers : 10 mm
- Ø des lentilles acceptées par les porte lentilles : 40 mm
- Ø des lentilles : 40 mm
- Focales des lentilles : +50, +100, +166, +250 et -100 mm (dont les vergences respectives sont +20, +10, +6, +4 et -10 dioptries)
- Ø de la lettre F : 40 mm
- Ø du disque dépoli : 40 mm
- Dimensions de l'écran blanc : 100 x 100 mm
- Source lumineuse à LED 6 V - 3 W

Mise en Service

- Sortez l'adaptateur secteur de son emballage.
- Si vous souhaitez travailler sur la formation des images, placez le disque dépoli directement devant la source lumineuse (sur le même support).

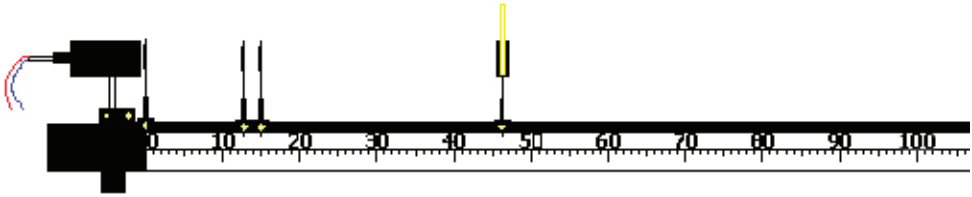
Expériences

1 - Les relations des lentilles minces.

Convention :

- Les mesures algébriques seront notées en gras (**OA** par exemple).
- Le sens positif est celui de la propagation de la lumière, donc, ici, de la gauche vers la droite.
- Le sens positif est, pour l'objet comme pour l'image, du bas vers le haut.
- La position du centre optique **O** des lentilles sera celle de l'ergot du porte-lentille.
- La position du point objet **A** sera la position de l'ergot du support de l'objet.
- La position du point image **A'** sera la position de l'ergot du support de l'écran sur lequel on aura recueilli une image nette.

- Positionner la source lumineuse à l'extrémité gauche du banc.
- Fixer l'objet **AB** (la lettre **F**), l'ergot du support en face du zéro de la règle.
- Fixer la lentille, l'ergot du support en face de la graduation 15 cm.
- Placer, devant la lentille, le diaphragme Ø 10 mm.
- Installer, derrière la lentille, l'écran et faire coulisser cet écran le long du banc afin d'obtenir une image nette de la lettre **F** sur l'écran.
- Noter la graduation en face de laquelle se trouve l'ergot du support de l'écran.
- Déduire de la mesure, la distance algébrique de **OA'**.



- Mesurer la hauteur de l'image de la lettre **F** obtenue sur l'écran.
- Recommencer les mesures en changeant la position de l'objet et en cherchant, à chaque fois, la position de l'écran donnant une image nette.
- Remplir le tableau de mesures suivant :

$\overline{AO}$ en cm	13	14	15	17	20	25	30	35
$\overline{OA}$ en cm								
$\overline{AA'}$ en cm								
$\overline{OA'}$ en cm								
$\overline{AB}$ en mm								
$\overline{A'B'}$ en mm								
$-1/\overline{OA}$ en cm^{-1}								
$1/\overline{OA'}$ en cm^{-1}								
$-1/\overline{OA} + 1/\overline{OA'}$ en cm^{-1}								
$\overline{A'B'}/\overline{AB}$								
$\overline{OA'}/\overline{OA}$								

Constatations :

Aux incertitudes de mesures près (l'image semble nette sur une certaine distance qu'on appelle latitude de mise au point) :

- $-1/\overline{OA} + 1/\overline{OA'}$ est constant
- de plus, le rapport $\overline{A'B'}/\overline{AB}$ est, dans chaque cas, sensiblement égal au rapport $\overline{OA'}/\overline{OA}$

Généralisation : les relations des lentilles minces, convergentes ou divergentes

❒ Relation de conjugaison de Descartes

$$-\frac{1}{\overline{OA}}+\frac{1}{\overline{OA'}}=\frac{1}{\overline{OF'}}$$

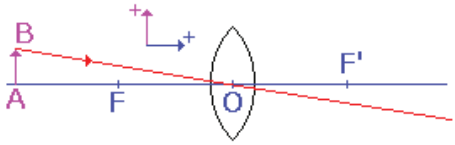
❒ Relation de grandissement

$$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}=\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}=\gamma$$

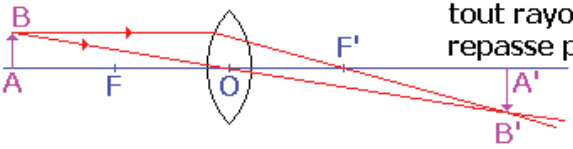
Application : Déterminer la distance focale $\overline{OF'}$ de la lentille étudiée ainsi que sa vergence

- Construire, à l'échelle 1/3, la marche des rayons lumineux issus du point objet **B** dans le cas où l'objet **AB** est situé à la distance $\overline{AO}$ = +15 cm.
- Comparer les résultats du schéma (distance $\overline{OA'}$ et grandissement) aux résultats expérimentaux.

Rappels : Construction de l'image d'un objet :



tout rayon qui passe par le centre optique n'est pas dévié



tout rayon parallèle à l'axe optique repasse par le foyer image F'

2 - La mesure d'une distance focale.

2.1. Cas des lentilles convergentes.

1ère méthode : l'image à l'infini

- Fixer la source lumineuse à l'extrémité gauche du rail.
- Fixer l'objet **AB** (la lettre **F**), l'ergot du support en face du zéro de la règle.
- Fixer la lentille +100 mm.
- Si la salle où se passe la manipulation est suffisamment grande, diriger le rail vers le mur le plus éloigné.
- Une grande image de la lettre **F** renversée doit se former sur le mur.
- Si ce n'est pas le cas, déplacer la lentille pour obtenir cette image.

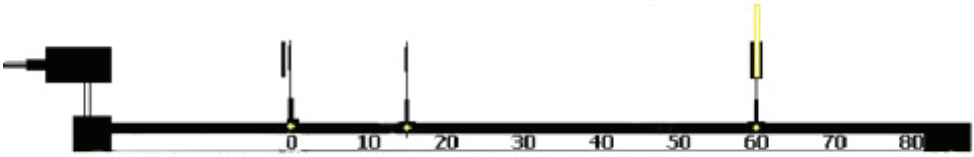
L'objet est alors dans le plan focal objet de la lentille et la distance objet-lentille est égale à la distance focale de la lentille (les rayons issus du point objet **B** ressortent parallèles après la traversée de la lentille et vont se couper à l'infini)

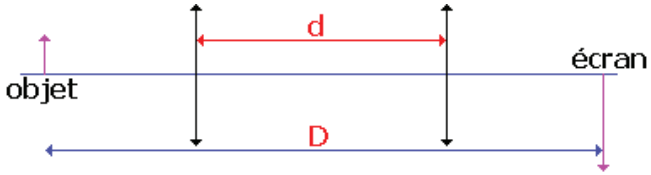
2ème méthode : la méthode de Bessel

- Pour mettre en œuvre cette méthode, il faut que la distance objet-image soit supérieure à quatre fois la distance focale

$$\overline{AA'} > 4\,\overline{OF'}$$

- Comme on connaît cette distance focale, on place l'écran à 60 cm par exemple de l'objet.
- L'objet et l'écran restent fixes ; faire coulisser la lentille afin d'obtenir une première image **A'B'** ; noter la distance $\overline{AO}$.
- Refaire coulisser la lentille pour obtenir une deuxième image **A"B"** (l'une des images est plus grande que **AB**, l'autre est plus petite) ; noter **AO'**





$\overline{AA'}$ = D en cm	45	50	55	60	65	70
$\overline{AO}$ en cm						
$\overline{AO'}$ en cm						
$\overline{AO'}$- $\overline{AO}$ = d en cm						
$\overline{OF'}$ = $(D^2 - d^2)/4D$ en cm						

Pour calculer la distance focale, on applique la formule de Bessel :

$$\overline{OF'} = \frac{D^2 - d^2}{4D}$$

3ème méthode : la méthode de Silbermann

C'est une variante de la méthode de Bessel ; en effet, dans la formule précédente, il suffit d'annuler **d** pour obtenir $\overline{OF'} = D/4$; pour obtenir **d = 0**, il faut placer l'écran à exactement quatre fois la distance focale de l'objet **AB** et placer la lentille au milieu de $\overline{AA'}$; alors, l'image **A'B'** obtenue est de même dimension que l'objet **AB** mais renversée.
Rechercher ce cas de figure puis mesurer $\overline{AA'}$ et, enfin, diviser cette distance par quatre pour obtenir la distance focale.

4ème méthode : utilisation de la relation de conjugaison de Descartes

$$-\frac{1}{OA} + \frac{1}{OA'} = \frac{1}{OF'}$$

Cette méthode consiste à mesurer les distances $\overline{OA}$ et $\overline{OA'}$ correspondantes puis à représenter sur un graphique $1/\overline{OA'}$ en fonction de $1/\overline{OA}$.

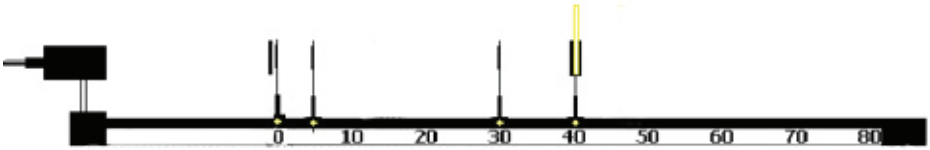
$\overline{AO}$ en cm								
$\overline{OA}$ en cm								
$\overline{AA'}$ en cm								
$\overline{OA'}$ en cm								
$-1/\overline{OA}$ en cm^{-1}								
$1/\overline{OA'}$ en cm^{-1}								

Remarque : la représentation graphique est une droite dont l'ordonnée à l'origine est égale à $1/\overline{OF'}$; on en déduit $\overline{OF'}$.

5ème méthode : l'objet à l'infini

Pour la mettre en œuvre, il faut utiliser une lentille auxiliaire, la lentille biconvexe F = +50 mm.

- Placer à environ 5 cm de l'objet (la lettre **F**) la lentille auxiliaire.
- Faire coulisser la lentille pour obtenir une image à l'infini de cet objet.
- C'est cette image qui va servir d'objet à l'infini pour la lentille étudiée.
- Placer alors cette lentille à une vingtaine de centimètres environ de la lentille auxiliaire, après celle-ci.
- Déplacer l'écran afin d'obtenir une image nette de la lettre **F**.



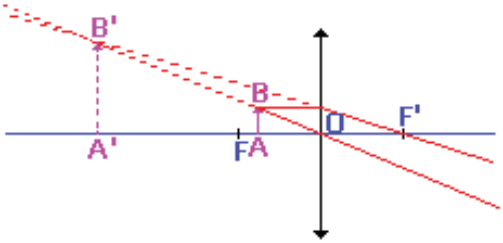
- La distance lentille-écran mesure la distance focale.
- Afin de se convaincre de la véracité de cette méthode, remplacer dans les formules de conjugaison **$\overline{OA}$** par l'infini (son inverse s'annule et il reste **$\overline{OA'} = \overline{OF'}$**).

6ème méthode : l'autocollimation

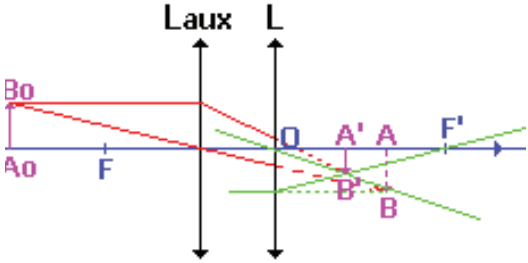
- Fixer la lampe à l'extrémité gauche du banc.
- Fixer l'objet **AB** (la lettre **F**), l'ergot du support en face du zéro de la règle.
- Fixer la lentille.
- Installer, derrière la lentille, le miroir dans le porte-lentille, en face de la graduation 30 cm.

Les rayons lumineux traversent la lentille, se réfléchissent sur le miroir, reviennent en sens inverse et forme une image sur le diaphragme spécial (lettre **F**) ; il s'agit de faire coulisser la lentille de manière à situer l'objet **AB** dans le plan focal objet de la lentille ; dans ce cas, les rayons ressortent parallèles à l'axe optique et, après réflexion sur le miroir, reviennent par le même chemin pour former une image, sur l'objet, de mêmes dimensions mais renversée.
Pour mieux évaluer les dimensions de l'image par rapport à l'objet, il suffit de faire pivoter légèrement le miroir pour amener l'image à côté de l'objet.
Il ne reste plus qu'à noter la distance entre les ergots de l'objet et de la lentille : c'est la distance focale de la lentille.

On obtient une image sur l'écran tant que l'objet reste à gauche du foyer principal objet de la lentille
Si on place l'objet entre le foyer principal et la lentille, on ne peut plus obtenir une image réelle ; il suffit de faire une construction d'image pour se rendre compte que les rayons lumineux issus de **B** ne se coupent pas réellement ; par contre, si on les prolonge à gauche de **B**, ils semblent se couper : on obtient une image virtuelle, droite et plus grande que l'objet, que l'on peut observer en regardant à travers la lentille (les rayons non réels sont représentés en pointillés).



Il est possible de réaliser une image à partir d'un objet virtuel ; on utilise, à cet effet, une lentille auxiliaire.
Son rôle est de former une image réelle de l'objet réel ; on intercale entre la lentille auxiliaire et l'image qu'elle donne, la lentille étudiée ; ainsi, on empêche la formation de cette image qui devient objet virtuel pour la lentille étudiée.
La distance **$\overline{OA}$** est alors la distance qui sépare la lentille de la position de l'image intermédiaire ; la distance **$\overline{OA'}$** est la distance qui sépare la lentille de la nouvelle position de l'écran sur lequel on recueille l'image réelle donnée par la lentille étudiée.

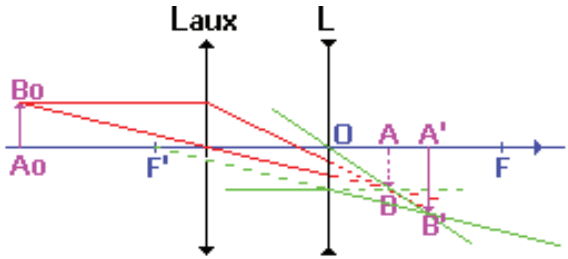


2.2. Cas des lentilles divergentes.

Avec un objet réel, on ne peut obtenir une image réelle si la lentille est divergente.
On ne peut obtenir une image réelle que si l'objet est virtuel, et à condition que celui-ci soit placé entre la lentille et son foyer principal objet (attention, **F** est situé à droite de la lentille).
On utilise donc une lentille auxiliaire pour former une image qui servira d'objet virtuel pour la lentille divergente.

1ère méthode : utilisation de la relation de conjugaison de Descartes

- Former une image réelle à partir de la lentille auxiliaire (lentille biconvexe la plus bombée (F = +50 mm).
- Placer l'écran en ce point et noter son abscisse ; il s'agit du point **A**.
- Placer la lentille divergente avant le point **A**, à 6 cm de **A**.
- La distance $\overline{\mathbf{OA}}$ vaut donc + 6 cm.
- Déplacer l'écran pour recueillir l'image réelle **A'B'** et noter la distance $\overline{\mathbf{OA'}}$.
- Recommencer les mesures en modifiant la position de la lentille divergente par rapport à l'objet virtuel fixe **AB** et remplir le tableau de valeurs.
- Construire le graphique **1/$\overline{\mathbf{OA'}}$** en fonction de **1/$\overline{\mathbf{OA}}$**.



2ème méthode : méthode des lentilles accolées

Cette méthode consiste à accoler à la lentille divergente une lentille convergente de vergence connue ; l'ensemble constitue une lentille dont la vergence est la somme algébrique des vergences des deux lentilles ; si les vergences sont égales, mais de signes opposés, la vergence résultante est nulle, c'est à dire que l'ensemble se comporte comme une lame de verre.

- Accoler à la lentille divergente la lentille convergente qui annulera la vergence du système.
- Connaissant la vergence de la lentille convergente, déduire celle de la lentille divergente.

3 - Annexes

3.1. Les conditions d'obtention d'une bonne image.

Pour mettre en évidence les aberrations géométriques, on se place dans des conditions extrêmes.

Le matériel utilisé : la lampe, la lentille +50 mm et son support, un porte écran et son support.
Le matériel complémentaire : un diaphragme Ø 40 mm (dont le trou sera de l'ordre de 20 à 25 mm) et découper, dans un transparent pour photocopieuse, un rond de même dimension qu'un diaphragme (Ø 40 mm) ; tracer, sur ce rond, une grille carrée de 3 cm de côté avec un feutre noir permanent (les traits seront espacés de 0,5 cm) ; placer cette grille sur un support.

La manipulation :

- Fixer la lampe à l'extrémité gauche du banc.
- Placer, à 20 cm, la grille sur son support.
- Placer, 10 cm plus loin, la lentille et son support.
- Installer l'écran sur son support derrière la lentille.

Mise en évidence d'une aberration géométrique : l'aberration de sphéricité ainsi que d'une aberration chromatique (du grec khrôma = couleur)

- Relier la lampe à son alimentation.
- Déplacer l'écran sur le rail de façon à obtenir la plus petite tache lumineuse.
- Constater que, lors de cette recherche, on observe la formation d'un rond coloré en rouge à l'intérieur et bordé d'un rond bleu à l'extérieur.

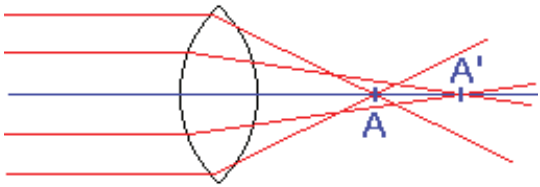
Explication :

La lumière blanche est constituée d'une infinité de lumières colorées (du rouge au violet en passant par l'orange, le jaune, le vert, le bleu et l'indigo ; ce sont ces couleurs que l'on observe dans un arc-en-ciel).
Dans un milieu transparent, les différentes lumières colorées se déplacent à des vitesses différentes les unes des autres.
Quand ces lumières pénètrent dans la lentille, elles subissent le phénomène de réfraction, c'est-à-dire qu'elles sont déviées de leur trajectoire d'un certain angle.
Or, cette déviation dépend de la vitesse de chacune de ces lumières.

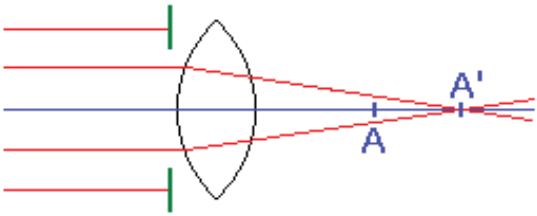
La lumière bleue est davantage déviée que la lumière rouge, ce qui fait que les rayons rouges vont converger plus loin que les rayons bleus.
Ce phénomène s'appelle la dispersion de la lumière ; un tel milieu transparent est dit dispersif.
Pour corriger ces aberrations chromatiques, on accole des lentilles convergentes et divergentes en verre d'indices différents dont les défauts se compensent (on obtient des lentilles dites achromatiques).

- Placer le diaphragme devant la lentille.
- On observe alors une petite image très déformée de la grille.
- On constate que si on éloigne un peu l'écran (environ 1 cm) on réussit à obtenir une tache lumineuse bien plus petite que la précédente.

Explication :
Tous les rayons lumineux qui traversent la lentille ne convergent pas au même point sur l'axe principal ; les rayons les plus éloignés du centre optique **O** convergent davantage que ceux qui sont plus proches de **O**.



Pour corriger ce défaut, on place un diaphragme contre la lentille ; ainsi, on ne conserve plus que les rayons les plus proches de l'axe optique :



Mise en évidence d'une autre aberration géométrique : la distorsion

- Enlever le diaphragme et reculer l'écran afin d'obtenir une image de la grille.
- Constater que les traits de la grille sont très déformés sur les bords.
- Constater également que si les traits du centre sont nets, ceux des bords ne le sont pas.
- Replacer le diaphragme contre la lentille ; constater que l'image de la partie de la grille obtenue sur l'écran est nette et non déformée.

Conclusion :

Pour obtenir une bonne image d'un objet à l'aide d'une lentille, il faut se rapprocher des deux conditions suivantes :

■ Faire traverser la lentille, par le faisceau lumineux, au voisinage du centre optique.

■ Faire en sorte que les rayons lumineux soient peu inclinés sur l'axe optique.

Ces conditions d'utilisation sont dites **conditions de Gauss**.

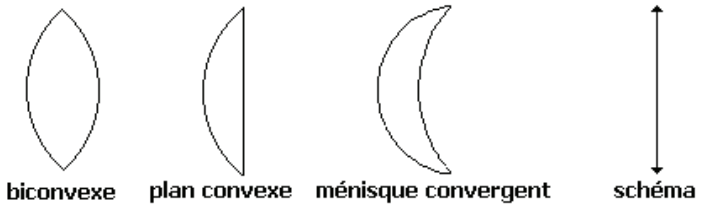
Dans la mesure du possible, utilisez systématiquement un diaphragme contre la lentille pour se rapprocher des conditions de Gauss.

3.2. Quelques rappels :

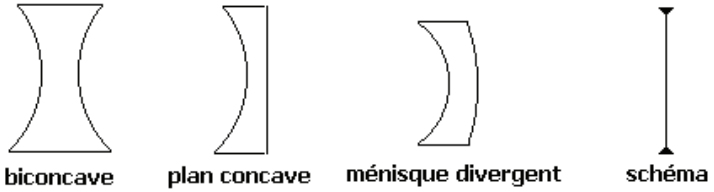
Une lentille mince est constituée d'un milieu transparent limité par deux dioptres sphériques

On distingue deux types de lentilles minces :

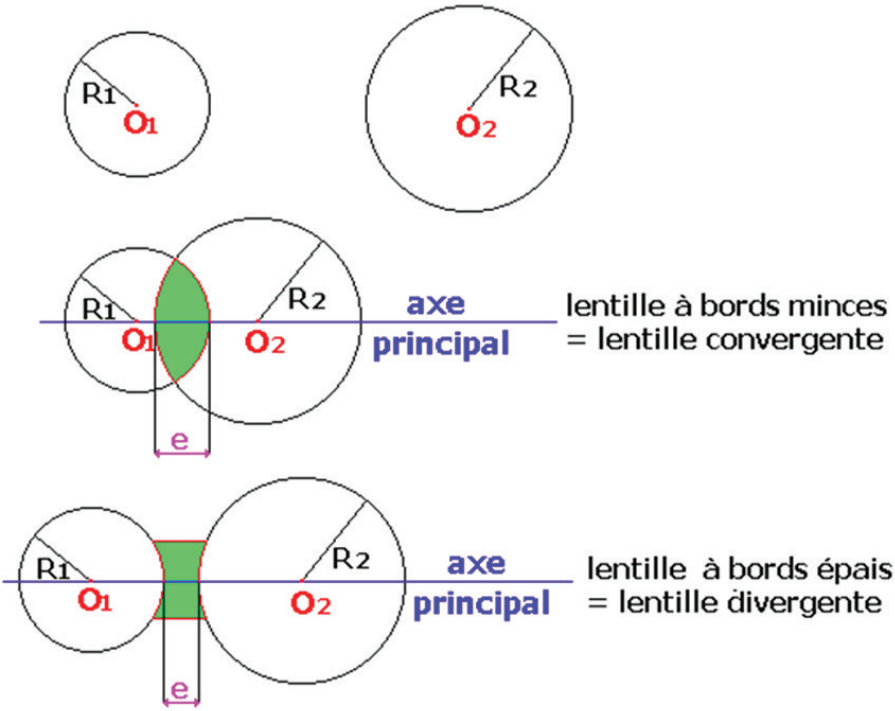
- les l**entilles à bords minces** : elles sont **convergentes** ;



- les l**entilles à bords épais** : elles sont **divergentes**.



On définit l'épaisseur e et l'axe optique principal comme indiqué sur les figures ci-dessous :



Un faisceau de rayons parallèles à l'axe principal converge en un point, noté **F'**, de cet axe après avoir traversé une lentille convergente ; ce point est le foyer principal image de la lentille ; sa distance algébrique $\overline{\mathbf{OF'}}$ est appelée distance focale de la lentille ; l'inverse de la distance focale est appelé la vergence de la lentille et on la note **C** ; l'unité de vergence est la dioptrie (symbole δ) à condition d'exprimer la distance focale en mètre ; pour les lentilles convergentes, la distance focale et la vergence sont toujours positives.

Un faisceau de rayons parallèles à l'axe principal diverge après avoir traversé une lentille divergente, mais semble provenir d'un point de l'axe principal ; ce point est le foyer principal image de la lentille ; ce point est dit virtuel car les rayons lumineux ne passent pas réellement par ce point ; pour les lentilles divergentes, la distance focale et la vergence sont toujours négatives.

Entretien, garantie et dépannage

■ Entretien

Aucun entretien particulier n'est nécessaire au fonctionnement de votre appareil.
Toutes les opérations de maintenance ou de réparation doivent être réalisées par PIERRON - ASCO & CELDA. En cas de problème, n'hésitez pas à contacter le Service Clients.

■ Garantie

Les matériels livrés par PIERRON - ASCO & CELDA sont garantis, à compter de leur livraison, contre tous défauts ou vices cachés du matériel vendu. Cette garantie est valable pour une durée de 2 ans après livraison et se limite à la réparation ou au remplacement du matériel défectueux. La garantie ne pourra être accordée en cas d'avarie résultant d'une utilisation incorrecte du matériel.
Sont exclus de cette garantie : la verrerie de laboratoire, les lampes, fusibles, tubes à vide, produits, pièces d'usure, matériel informatique et multimédia.
Certains matériels peuvent avoir une garantie inférieure à 2 ans, dans ce cas, la garantie spécifique est indiquée sur le catalogue ou document publicitaire.
Le retour de matériel sous garantie doit avoir notre accord écrit.
Vices apparents : nous ne pourrons admettre de réclamation qui ne nous serait pas parvenue dans un délai de quinze jours après livraison au maximum. À l'export, ce délai est porté à un mois.
La garantie ne s'appliquera pas lorsqu'une réparation ou intervention par une personne extérieure à notre Société aura été constatée.

PIERRON
ÉQUIPEMENT PÉDAGOGIQUE SCIENTIFIQUE

PIERRON - ASCO & CELDA
CS 80609 • 57206 SARREGUEMINES Cedex • France
Tél. : 03 87 95 14 77
Fax : 03 87 98 45 91
E-mail : education-france@pierron.fr