

## EXPÉRIENCE 5

# MIROIRS SPHÉRIQUES ET LENTILLES

### I. Introduction et objectifs

Les miroirs et les lentilles sont des objets utilisés quotidiennement. Le miroir le plus répandu (et le plus simple) est le miroir plan que nous utilisons tous les matins. Cependant, les miroirs sphériques ont beaucoup d'applications dans la vie courante. Par exemple, les miroirs convexes se retrouvent dans plusieurs magasins pour contrer le vol à l'étalage. Les miroirs concaves se retrouvent dissimulés à l'intérieur des feux arrières d'un véhicule.

Les miroirs réfléchissent la lumière tandis que les lentilles réfractent l'onde lumineuse. Les lentilles sphériques sont utilisées pour faire converger (lentilles convergentes) ou faire diverger (lentilles divergentes) les rayons lumineux.

Après cette expérience, vous devrez être capable :

1. de faire la distinction entre: miroir concave et miroir convexe;
2. de déterminer la position (graphiquement et de façon analytique) des images formées par des miroirs sphériques et des lentilles minces;
3. de donner la nature de ces images (virtuelle, réelle, droite ou inversée).

### II. ÉQUIPEMENT

- Miroirs concave et convexe;
- lentille biconvexe (entre 10 à 20 cm de distance focale);
- lentille biconcave (de distance focale plus grande que la lentille convergente);
- banc d'optique (avec supports et écran);
- source lumineuse (objet).

Numéro de la boîte de lentilles	
---------------------------------	--

### III. THÉORIE

#### A. Miroirs sphériques

Un miroir sphérique est une section de sphère qui est caractérisée par son rayon de courbure  $C$  (voir la figure ci-dessous). La distance du sommet du miroir jusqu'au centre de courbure est appelée **le rayon de courbure  $R$** . **L'axe optique** (ou axe principal) est un segment de droite passant par le sommet du miroir et le centre de courbure. Le point focal  $F$  se retrouve (pour des petits angles) à mi-chemin entre le centre de courbure et le sommet. La relation entre le rayon de courbure et la distance focale est:  $f = R/2$

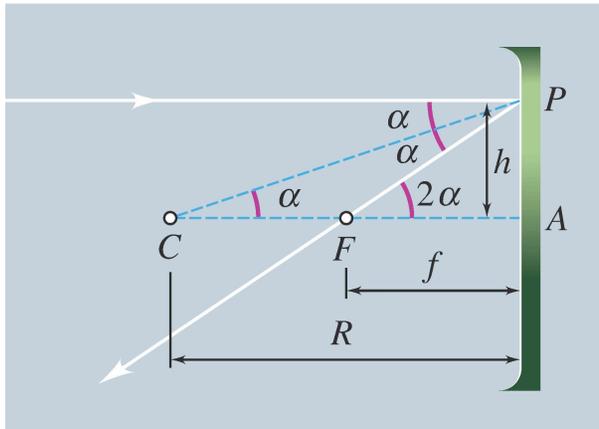


Figure 1 La distance focale  $f$  d'un miroir sphérique est égale à la moitié du rayon de courbure  $R$ .

Si la surface réfléchissante se retrouve à l'intérieur de la section sphérique, il s'agit d'un **miroir concave**. Pour un **miroir convexe**, la surface réfléchissante se retrouve sur la surface extérieure de la section sphérique.

Pour un miroir concave, les rayons incidents parallèles sont réfléchis vers le foyer. Pour un miroir convexe, ce sont les prolongements des rayons réfléchis qui se rencontrent au foyer.

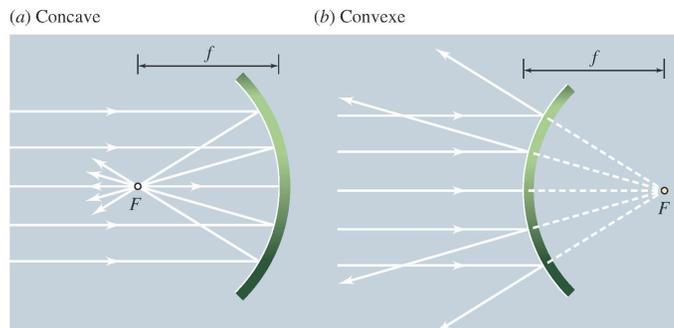


Figure 2 Un miroir concave (a) possède un foyer réel. Le foyer d'un miroir convexe est virtuel.

La nature des images formées par les miroirs peut être obtenue soit par une méthode graphique ou encore par une méthode analytique. Des exemples de tracés des rayons principaux se retrouvent dans la figure 2. Pour un miroir concave, un premier rayon provenant de l'objet et qui passe par le centre de courbure est réfléchi sur lui-même. Un second rayon, parallèle à l'axe optique est réfléchi en passant par le foyer. Un troisième rayon passant par le foyer est réfléchi parallèlement à l'axe optique. Pour un miroir convexe, les rayons: 2 et 3 semblent passer par C et F (en réalité, ce sont les prolongements de ces rayons qui passent par ces points). L'intersection des rayons réfléchis (ou de leurs prolongements) détermine la position de l'image.

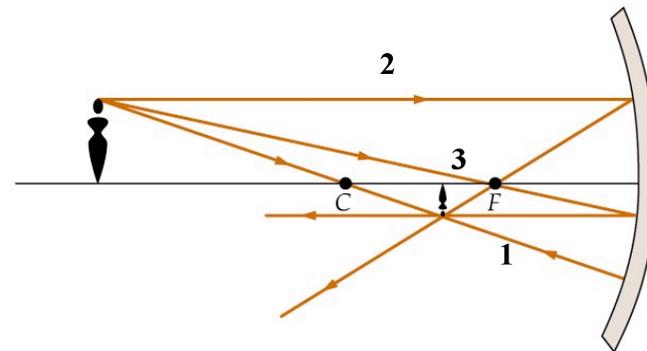


Figure 3 Les rayons servant à localiser une image dans le cas d'un miroir concave.

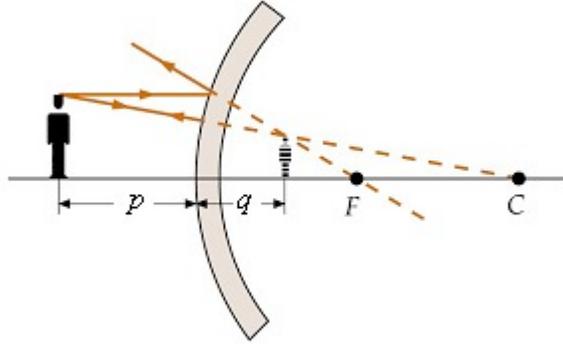


Figure 4 les rayons servant à localiser une image dans le cas d'un miroir convexe.

Un miroir concave est appelé **miroir convergent** car des rayons parallèles à l'axe optique convergent vers le point focal. De la même façon, un miroir convexe est appelé **miroir divergent** car des rayons incidents parallèles à l'axe optique semblent diverger du point focal.

Si l'image est formée du même côté que l'objet, il s'agit d'une **image réelle**, formée par les rayons réfléchis. Si l'image est formée derrière le miroir, il s'agit d'une **image virtuelle** formée par le prolongement des rayons réfléchis. Seule une image réelle est visible sur un écran.

En général une image peut être décrite par ces termes :

1. réelle ou virtuelle:
2. droite ou inversée:
3. agrandie ou réduite (par rapport à la grandeur de l'objet).

Dans le cas du miroir concave, illustré à la figure 2, l'image est réelle, inversée et réduite; pour le miroir convexe illustré, l'image est virtuelle, droite et réduite.

La distance, mesurée le long de l'axe optique, entre un objet et le sommet du miroir est appelée **distance objet** et symbolisée par  $p$ . La distance, mesurée le long de l'axe optique, entre le sommet du miroir et la position de l'image est appelée **distance image** et symbolisée par  $q$ . Connaissant la distance focale  $f$  du miroir, la position de l'image  $q$  peut être calculée par l'**équation des miroirs** :

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

Dans le cas d'un miroir concave la distance focale est positive (foyer réel); pour un miroir convexe la distance focale est négative (foyer virtuel). De plus, la convention de signes nous indique que la distance image  $q$  est positive si l'image est réelle et que la distance  $q$  est négative si l'image est virtuelle (image formée derrière le miroir). Le **grandissement  $m$**  est donné par :

$$m = -\frac{q}{p}$$

Si le grandissement  $m$  est positif, l'image est droite, s'il est négatif, l'image est inversée.

---

**Exemple 1.** Un objet est placé 45 cm devant un miroir concave dont la distance focale est de 15 cm. Déterminez, de façon analytique, la position et la nature de l'image formée par ce miroir.

**Solution**

Avec  $p = +45$  cm et  $f = +15$  cm, nous avons:

$$\frac{1}{45} + \frac{1}{q} = \frac{1}{15} = \frac{1}{45}$$

d'où :

$$q = +22,5 \text{ cm.}$$

Alors :

$$m = -\frac{q}{p} = \frac{22,5}{45} = -\frac{1}{2}$$

Ainsi, l'image est réelle ( $q$  est +), inversée ( $M$  est -), et réduite par un facteur 2. La grandeur de l'image est 1/2 fois la grandeur de l'objet.

---

**Tableaux Convention de signes**

Paramètre	Conditions	Signes
<b>Distance focale <math>f</math></b>	Miroir concave	+
	Miroir convexe	-
	Lentille convergente	+
	Lentille divergente	-
<b>Distance objet <math>p</math></b>	* Habituellement	+
	toujours positive dans cette expérience	
<b>Distance image <math>q</math></b>	Image réelle	+
	Image virtuelle	-
<b>Grandissement <math>m</math></b>	Image droite	+
	Image inversée	-

\* Dans quelques cas de combinaisons avec des lentilles,  $p$  peut être négatif.

## B. Lentilles minces

Deux formes de lentilles minces, biconvexes et biconcaves sont illustrées ci-dessous. Chacune des faces d'une lentille est caractérisée par un rayon de courbure. Avec l'aide de la formule des opticiens, il nous est possible d'en déterminer la distance focale  $f$  utile pour la construction des rayons principaux.

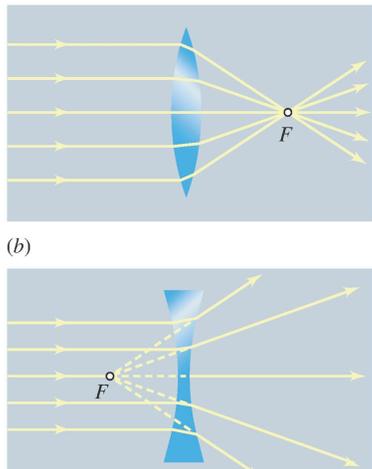


Figure 5 a) Dans une lentille convergente, les rayons parallèles à l'axe optique convergent en un foyer réel. b) Dans une lentille divergente le foyer est virtuel.

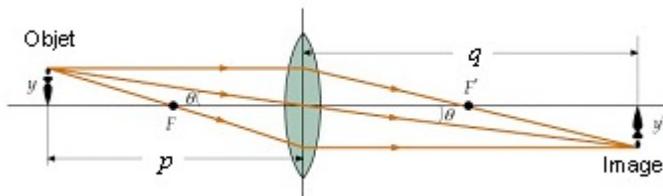


Figure 6 Les rayons principaux servant à trouver la position de l'image pour une lentille convergente.

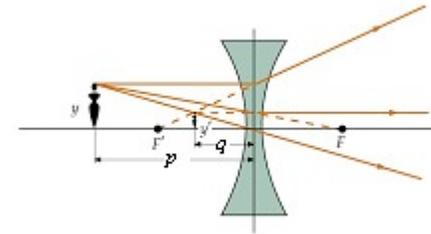


Figure 7 Les rayons principaux servant à trouver la position de l'image pour une lentille divergente.

Une lentille biconvexe est dite convergente car des rayons incidents, parallèles à l'axe optique, convergent au foyer (foyer image). De même, une lentille biconcave est appelée lentille divergente car des rayons incidents, parallèles à l'axe optique, semblent diverger du foyer (les prolongements des rayons réfractés convergent vers le foyer image qui se trouve pour une lentille divergente, devant cette lentille).

Comme dans le cas des miroirs sphériques, la position des images formées par des lentilles minces peut être déterminée soit graphiquement, soit de façon analytique. Le premier rayon passant par le centre de courbure n'est pas réfracté. Le second, un rayon incident parallèle à l'axe optique est réfracté en passant par le foyer image (situé derrière la lentille convergente). Le troisième rayon, passant par le foyer objet (situé devant la lentille convergente) est réfracté parallèlement à l'axe optique.

Dans le cas des lentilles divergentes, le foyer image et le foyer objet sont inversés (le foyer image se trouve devant la lentille divergente alors que le foyer objet se situe derrière cette même lentille).

Si l'image se forme derrière la lentille, il s'agit d'une image réelle (visible sur un écran). Si cette image se forme devant la lentille, il s'agit d'une image virtuelle.

L'équation des lentilles minces (semblable à celle des miroirs sphériques), de même que l'équation du grandissement peuvent être utilisées pour l'étude des images formées par des lentilles. La convention de signes est également similaire à celle utilisée pour les miroirs.

---

**Exemple 2.** Un objet est placé à 30 cm devant une lentille biconcave de 10 cm de distance focale. Déterminez de façon analytique la position et la nature de l'image formée par cette lentille.

**Solution**

Avec  $p = + 30$  cm et  $f = - 10$  cm. (négatif pour une lentille divergente). nous obtenons :

$$\frac{1}{30} + \frac{1}{q} = \frac{1}{-10}$$

soit :

$$q = -\frac{30}{4} = 7,5 \text{ cm}$$

et

$$m = -\frac{q}{p} = +\frac{1}{4}$$

Alors, l'image est virtuelle ( $q$  est négatif) et droite ( $m$  est positif) et réduite d'un facteur 4.

## IV. PROCÉDURE EXPÉRIMENTALE

### A. Miroirs sphériques

#### Miroir concave

2. **Démarche préliminaire:** Vous servant des figures apparaissant en annexe :
- Tracez les rayons caractéristiques pour un miroir concave lorsque l'objet est situé au foyer. Vous devez observer que les rayons réfléchis sont parallèles entre eux. L'image se forme donc à l'infini. Inversement, les rayons provenant d'un objet à l'infini convergent vers le foyer ou dans le plan focal (plan perpendiculaire à l'axe optique).
  - Tracez quelques rayons parallèles à l'axe optique, en provenance d'un objet situé à l'infini pour illustrer qu'ils convergent vers le foyer.
  - Utilisez la formule des miroirs sphériques, pour déterminer la distance image  $q$  d'un objet situé à l'infini ( $p = \infty$ ).

#### 2. Démarche expérimentale:

L'étude de la partie 1 nous suggère un moyen de déterminer expérimentalement la distance focale d'un miroir. Un objet situé à une grande distance du miroir (par rapport aux dimensions de celui-ci), peut être considéré comme étant situé à l'infini et ainsi former une image au foyer du miroir concave.

Dirigez le miroir concave vers un objet éloigné et déplacez l'écran de façon à obtenir une image la plus nette possible sur celui-ci (il s'agit d'une image réelle, car visible sur un écran).

Mesurez la distance focale  $f$  à partir du sommet du miroir jusqu'à l'écran, et notez cette valeur dans votre rapport de laboratoire. Répétez cette procédure deux autres fois et calculez la moyenne de ces trois valeurs.

### 3. Cas 1 : $p > R$

- a. **Démarche préliminaire:** Vous servant des figures apparaissant en annexe, tracez les rayons caractéristiques pour un objet situé à une distance légèrement plus grande que  $R$  et notez la nature de l'image formée.
- b. **Démarche expérimentale:** Faites le montage représentant cette situation sur le banc d'optique, avec un objet placé à quelques centimètres devant le rayon de courbure du miroir (voir la procédure 2, avec  $R = 2f$ ). Mesurez la distance objet  $p$  et notez cette valeur dans le tableau 2. Notez qu'il est préférable de déplacer le miroir plutôt que de déplacer l'objet, afin de déterminer la position de l'image la plus nette possible.
- c. Estimez le grandissement transversal  $m$  et mesurez et notez la position de l'image  $q$ .
- d. Utilisez la formule des miroirs sphériques afin de déterminer analytiquement la position de l'image ainsi que le grandissement.
- e. Comparez ces valeurs calculées avec les valeurs expérimentales. Calculez le % d'écart.

### 4. Cas 2 : $p = R$

Répétez la procédure 3 pour cette situation.

### 5. Cas 3 : $f < p < R$

Répétez la même procédure pour cette situation.

### 6. Cas 4 : $p < f$

Répétez encore une fois la même procédure.

## Miroir convexe

**7. Démarche préliminaire:** Tracez les rayons caractéristiques pour des objets situés à :

(1)  $p > R$  ; (2)  $f < p < R$  ; et (3)  $p < f$ .

Tirez une conclusion sur la nature des images formées par des miroirs convexes.

**Démarche expérimentale:** Vérifiez expérimentalement que l'image formée par un miroir convexe est virtuelle (essayez de localiser l'image sur un écran !).

## B. Lentilles

### Lentille convergente

**8. (a) Démarche préliminaire:** Tracez les rayons principaux pour une lentille biconvexe avec un objet situé au foyer objet. Comme dans le cas du miroir concave (procédure 1), l'image est formée à l'infini.

**(b)** Utilisez la formules des lentilles minces pour déterminer de façon analytique la position de l'image formée par un objet situé à l'infini.

**(c) Démarche expérimentale:** Déterminez expérimentalement, la distance focale de cette lentille par un procédé semblable à celui utilisé pour le miroir concave. Placez la lentille sur le banc d'optique.

**9.** Répétez les 4 cas de la partie A, pour la lentille biconvexe (procédure 3 à 6) en remplaçant  $R$  par  $2f$ .

### Lentille divergente

**10.** Répétez la procédure 7 en remplaçant  $R$  par  $2f$ .

**11.** Il est possible de déterminer expérimentalement la distance focale d'une lentille divergente en la juxtaposant à une lentille convergente. Pour que cette combinaison de lentilles forme une image réelle, il faut que la distance focale de la lentille divergente soit plus grande (en grandeur) que la distance focale de la lentille convergente.

La distance focale de cette combinaison ( $f_t$ ) est donnée par:

$$\frac{1}{f_t} = \frac{1}{f_c} + \frac{1}{f_d}$$

où  $f_c$  est la distance focale de la lentille convergente et  $f_d$  est la distance focale de la lentille divergente.

Placez la lentille convergente en contact avec la lentille divergente sur le banc d'optique et déterminez la distance focale de cette combinaison de lentilles ( $f_t$ ), en localisant l'image d'un objet situé à l'infini (procédure 8).

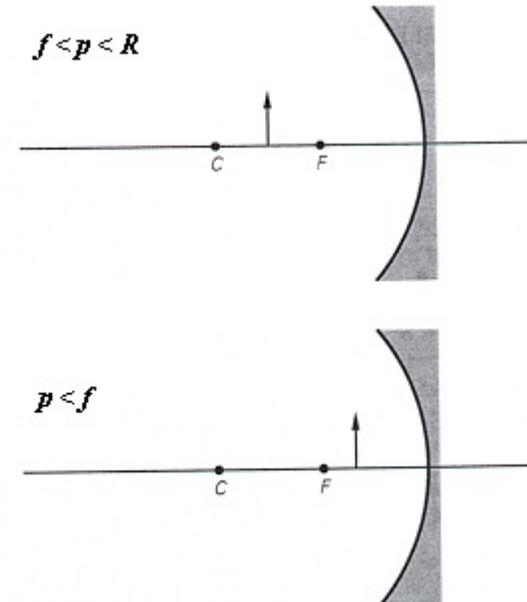
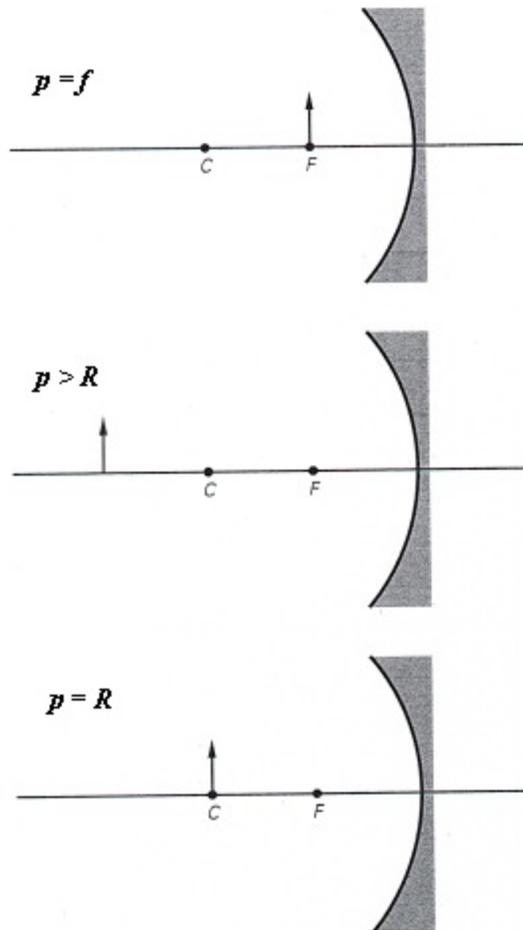
En utilisant l'équation de la distance focale de cette combinaison ( $f_t$ ) et en connaissant la distance focale de la lentille convergente ( $f_c$ ), calculez la distance focale de la lentille divergente ( $f_d$ ).

# Rapport de laboratoire

## Miroirs sphériques et lentilles

### A. Miroirs sphériques

Miroir concave : rayons principaux



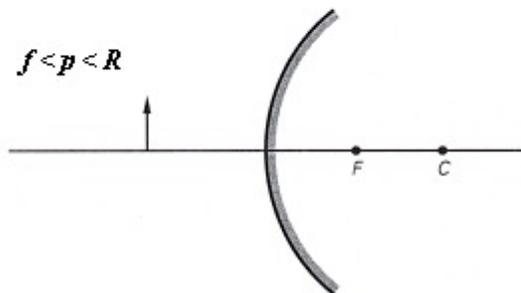
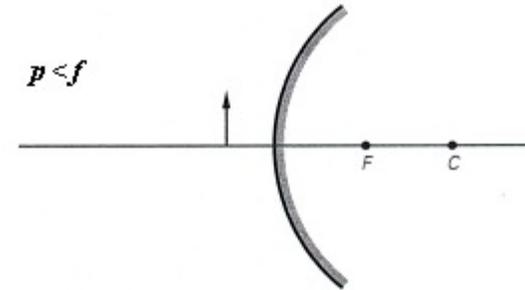
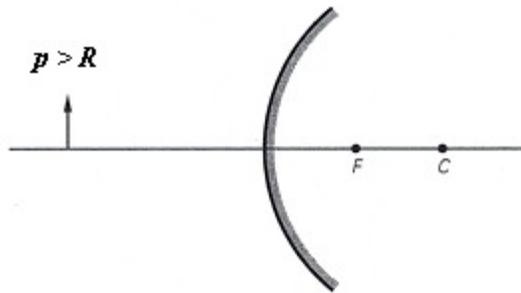
Pour un objet éloigné

distance focale mesurée : cm

Tableau 1 Les miroirs sphériques

	Expérimental			Théorique		% d'écart
	$p$ cm	$q$ cm	$m$ (mesuré)	$q$ cm	$m$	
$p > R$						
$p = R$						
$f < p < R$						
$p < f$						

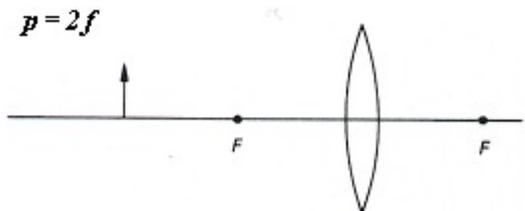
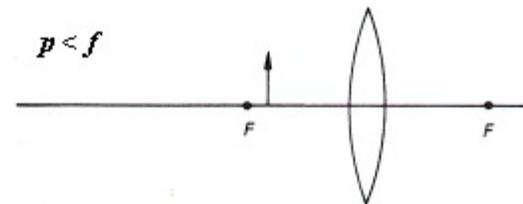
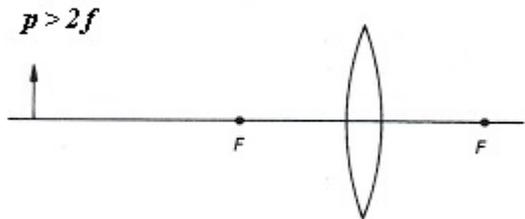
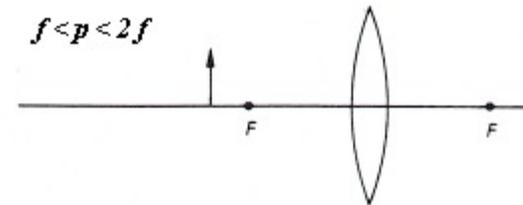
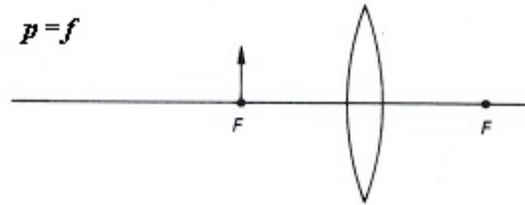
## Miroir convexe : rayons principaux



**Conclusion sur la nature des images formées par un miroir convexe (pour un objet réel)**

## B. Les lentilles minces

### Lentille convergente : rayons principaux



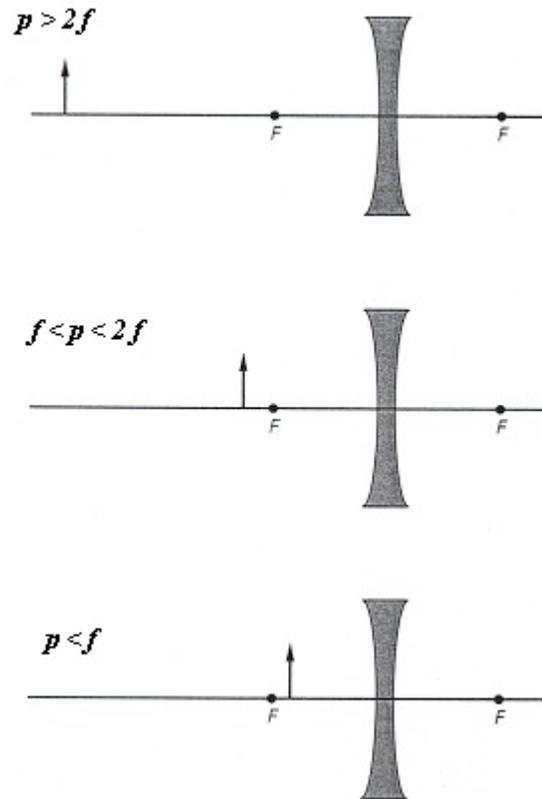
Pour un objet éloigné

distance focale mesurée : cm

Tableau 2 Les lentilles minces

	Expérimental			Théorique		% d'écart
	$p$ cm	$q$ cm	$m$ (mesuré)	$q$ cm	$m$	
$p > 2f$						
$p = 2f$						
$f < p < 2f$						
$p < f$						

**Lentille divergente: rayons principaux**



**Calcul de la distance focale d'une lentille divergente**

distance focale combinée	cm
--------------------------	----

Calcul de la distance focale de la lentille divergente

Distance focale de la lentille divergente	cm
---	----