

## CORRECTION DES EXERCICES : ASSIMILATION DU COURS

### 1.1 Temps de parcours de la lumière

a) Dans le vide une onde électromagnétique se déplace à une vitesse  $c=3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ . Pour aller d'un cellulaire à l'autre l'onde doit parcourir une distance  $d \approx 2 \times 36000 \text{ km} = 7,2.10^7 \text{ m}$  (on néglige la distance utilisateur-Equateur). Le temps mort dans la conversation est donc  $t=d/c \approx 0,24 \text{ s}$

b) Lors de cette expérience le rayon lumineux parcourt deux fois la distance Terre-Lune :  $d_{TL}$ . On a donc  $d_{TL}=c \times t/2 = 3,975.10^8 \text{ m}$ .

### 1.2 Longueur d'onde dans un milieu d'indice $n > 1$

a) Dans le vide on a  $\lambda_0 = c/f$ . Dans le milieu d'indice  $n$  on a  $\lambda = v/f$ . D'autre part  $v = c/n$ . D'où finalement :  $\lambda = \lambda_0 / n$ .

b)  $n_{air} \sim 1$  donc  $\lambda_{air} \sim \lambda_0$

c)  $\lambda = \lambda_0/n_{eau} = 750/1.33 \approx 563.9 \text{ nm}$

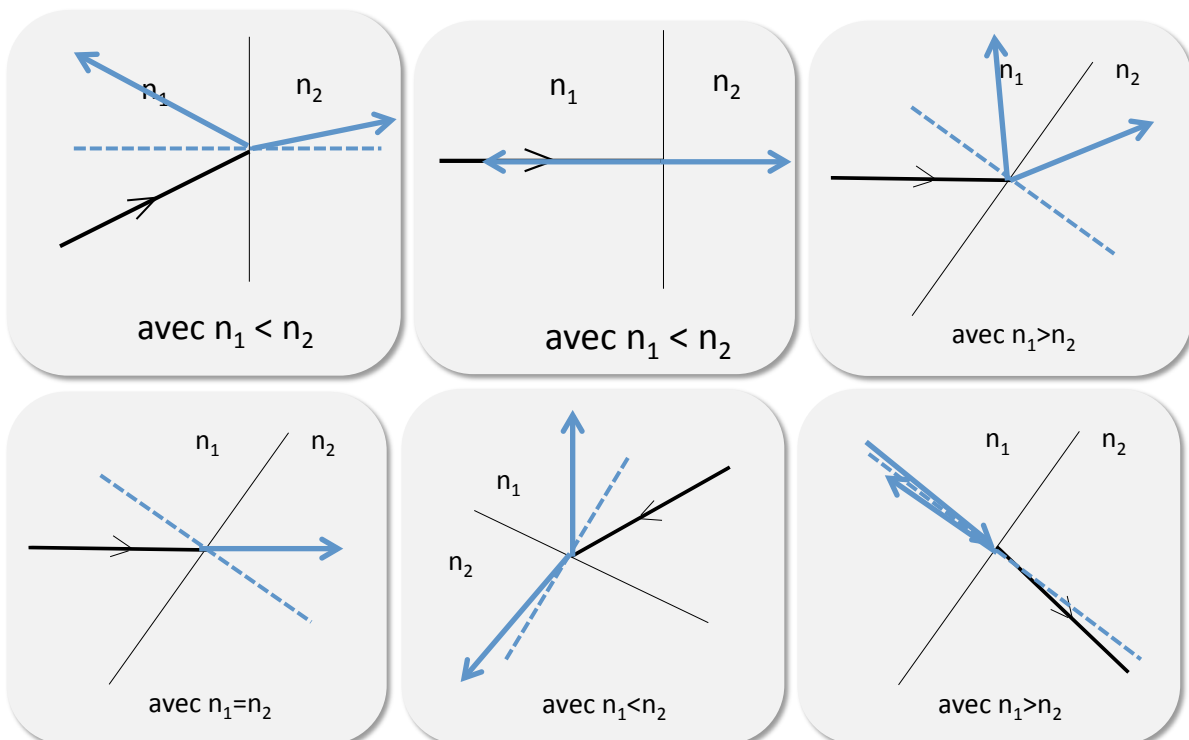
d) L'œil est sensible à l'énergie des photons, qui est proportionnelle à leur fréquence. Celle-ci est indépendante du milieu.

### 1.3 Angles de réfraction et de réflexion en incidence normale

a) angle d'incidence = angle de réflexion = 0 degré

b) angle d'incidence = 0 degré = angle de réfraction ( $n_{air} \sin 0 = 0 = n_{verre} \sin 0$ )

### 1.4 Tracé de rayons au niveau d'un dioptre



### 1.5 Indice de réfraction d'un liquide

a) On a  $n_{air} \sin i_1 = n_{liq} \sin i_2$  avec  $n_{air} = 1$ ,  $i_1 = 55^\circ$ ,  $i_2 = 40^\circ$ . D'où  $n_{liq} = \sin 55^\circ / \sin 40^\circ \approx 1.3$  (on ne garde que deux chiffres significatifs, comme pour les angles).

b) On a  $n_{air} \sin i_1 = n_{liq} \sin i_2$  avec  $n_{air} = 1$ ,  $i_1 = 90 - 20 = 70^\circ$ , et  $i_2$  tel que  $\tan i_2 = 15 / 20$ . On obtient ainsi  $n_{liq} \approx 1.6$

c) L'incertitude relative sur  $i$  est donnée par  $\delta i/i = 3/45 = 0.0666 \approx 0.07$  soit 7%.

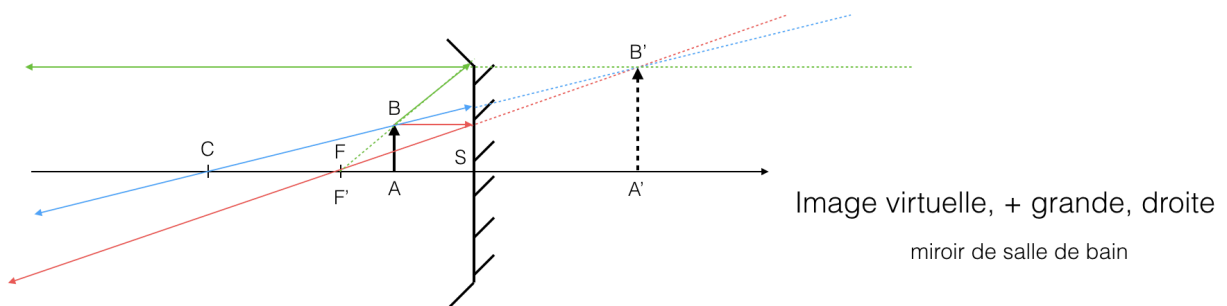
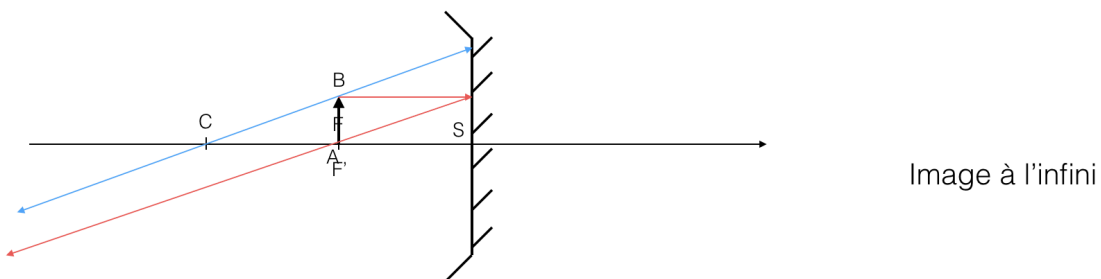
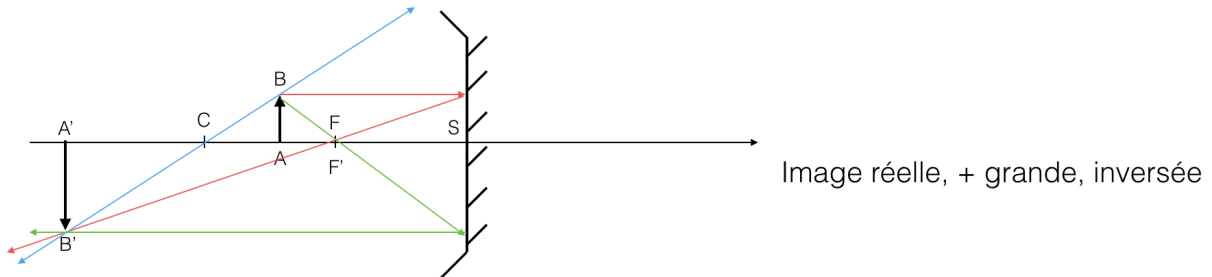
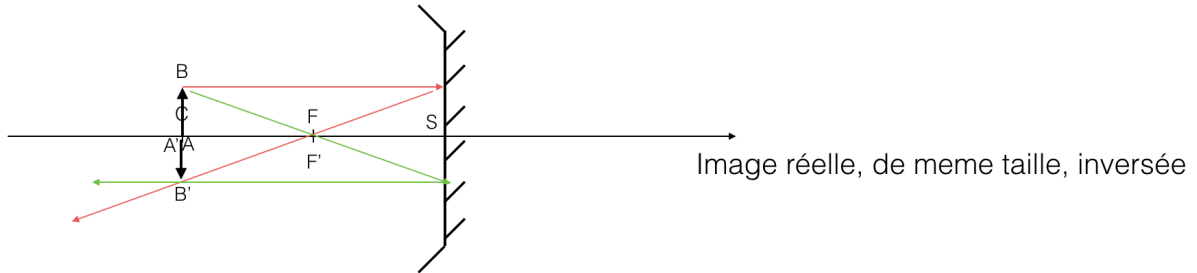
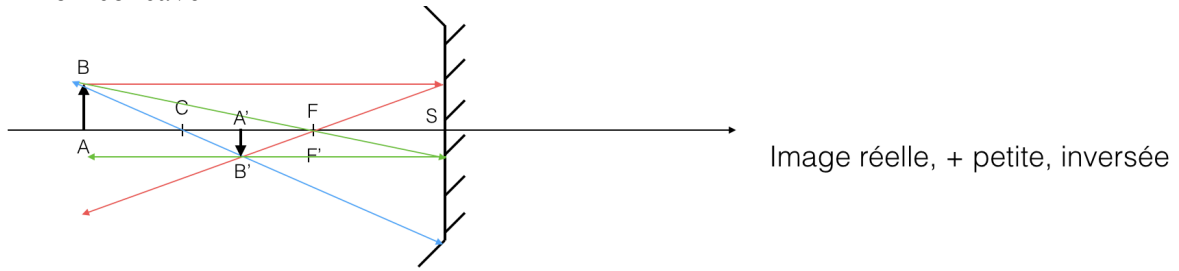
d) Par la méthode de l'encadrement ( $\delta(\sin i) = [\sin(i+\delta i) - \sin(i-\delta i)]/2$ ) et de la dérivée ( $\delta(\sin i) = \cos i \cdot \delta i$  (en radians)), on trouve que l'incertitude absolue sur  $\sin i$  est  $\delta(\sin i) = 0.037 \approx 0.04$ .  
L'incertitude relative sur  $\sin i$  est donnée par  $\delta(\sin i)/\sin i \approx 0.06$  soit 6%.

e) On a  $n = \sin r / \sin i = \sin 70^\circ / \sin 45^\circ \approx 1.33$  et  $\delta n = \sin r \cdot \cos i / \sin^2 i \cdot \delta i = 0.07$ .  
Soit  $n = 1.33 \pm 0.07$

## 2.1 Image d'un objet réel par des miroirs sphériques : constructions

$$1) A_{\infty} \rightarrow F' : \frac{1}{SF'} + 0 = \frac{2}{SC} \quad F \rightarrow A'_{\infty} : 0 + \frac{1}{SF} = \frac{2}{SC} \quad \text{Donc : } \overline{SF} = \overline{SF'} = \frac{SC}{2}$$

2) Miroir concave



R=réelle, V=virtuelle ; G=plus grande que l'objet, P=plus petite ; D=droite, I=inversée

AB à gauche de C  $\rightarrow$  A'B' : R P I ; télescope si A à l'infini

A confondu avec C  $\rightarrow$  A'B' : R I de même taille que AB ( $A' = C$ )

AB entre C et F  $\rightarrow$  A'B' : R G I

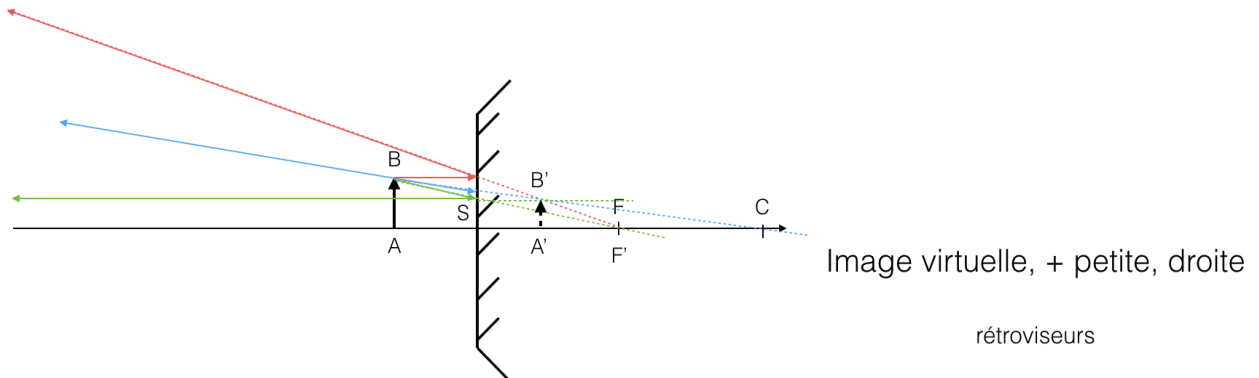
A confondu avec F  $\rightarrow$  A'B' à l'infini

AB entre F et S  $\rightarrow$  A'B' V, D, G ; miroir de maquillage/rasage

Il est utile de faire toutes les constructions sur le même dessin, en attribuant le même n° à la position de l'objet et à celle de l'image correspondante.

3) Miroir convexe

L'image est toujours virtuelle droite et plus petite que l'objet (réel). Rétroviseurs.



## 2.2 Miroir sphérique : application de la relation de conjugaison et construction

1)  $\overline{SF} = \frac{\overline{SC}}{2} = -5 \text{ cm}$   $\overline{SA} = -12 \text{ cm}$

2) Le **rayon** qui relie B et C n'est pas dévié.

Le **rayon** passant par B et // à l'axe optique ressort par F.

Le **rayon** passant par BF ressort par // à l'axe.

Le **rayon** qui relie B et S est symétrique par rapport à l'axe optique.

L'image A'B' se trouve à l'intersection des rayons rouge, bleu, vert et jaune.

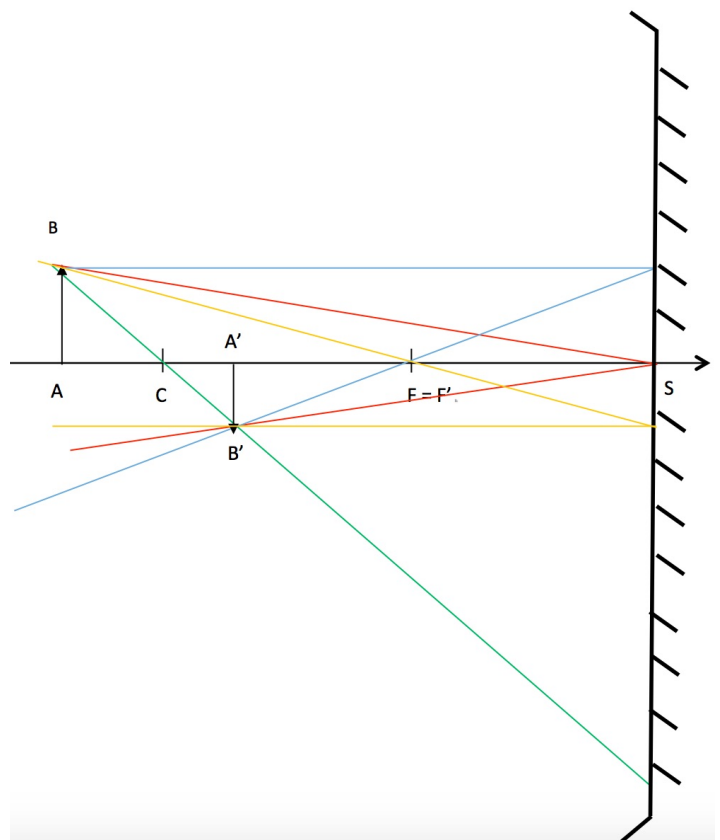
3)  $\frac{1}{\overline{SA}} + \frac{1}{\overline{SA'}} = \frac{1}{\overline{SF}}$  donc  $\overline{SA'} = \frac{\overline{SF} \times \overline{SA}}{\overline{FA}} = \frac{-5 \times -12}{-5 - 12} = -8,57 \text{ cm}$

4) L'image est réelle : elle est à gauche du miroir, à l'intersection de traits pleins, et les rayons convergent vers l'image.

5)  $\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{CA'}}{\overline{CA}} = \frac{\overline{CS} + \overline{SA'}}{\overline{CS} + \overline{SA}} = \frac{+10 - 8,57}{+10 - 12} = -0,715$

6)  $\overline{A'B'} = -0,715 \times 2 = -1,43 \text{ cm}$

7) Le grandissement est négatif donc l'image est renversée.



### Cours/Ex3.1: Image d'un objet réel par une lentille convergente ou divergent

Objet réel placé à gauche du foyer objet, tel que  $AF < f'$

Construction : voir polycop

Image réelle, inversée, agrandie. Application : projecteur de diapositives ou de cinéma

Objet réel placé à gauche du foyer objet, tel que  $AF = f'$

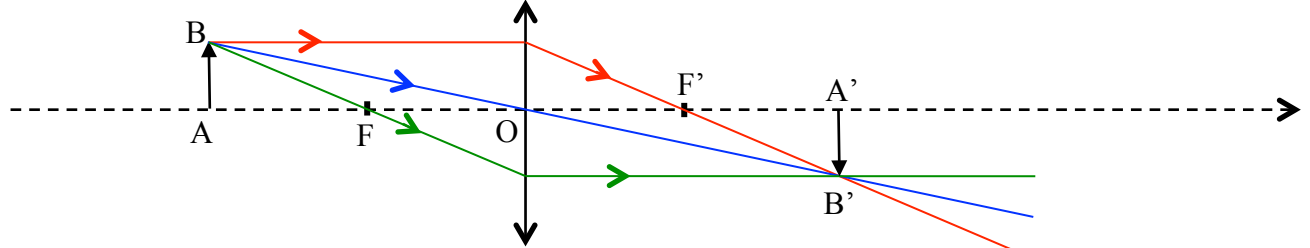


Image réelle, inversée, de même taille que l'objet. Application : photocopieuses.

Objet réel placé à gauche du foyer objet, tel que  $AF > f'$

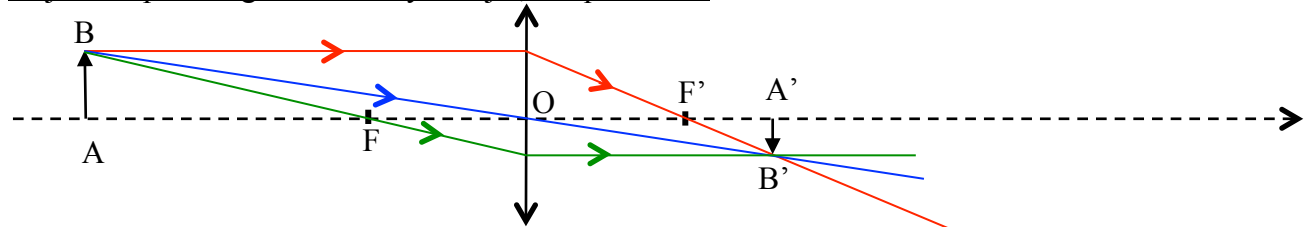


Image réelle, inversée, réduite. Application : appareil photo, œil.

Objet réel placé entre F et la lentille

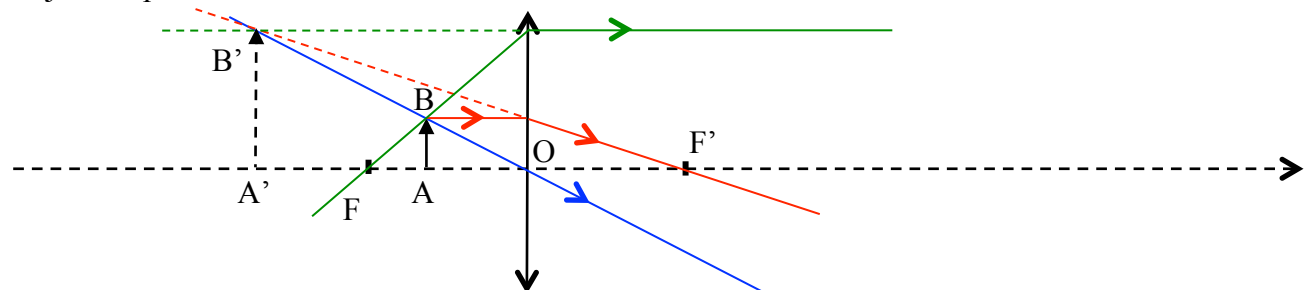


Image virtuelle, droite et agrandie. Application : loupe.

Objet réel placé en F :

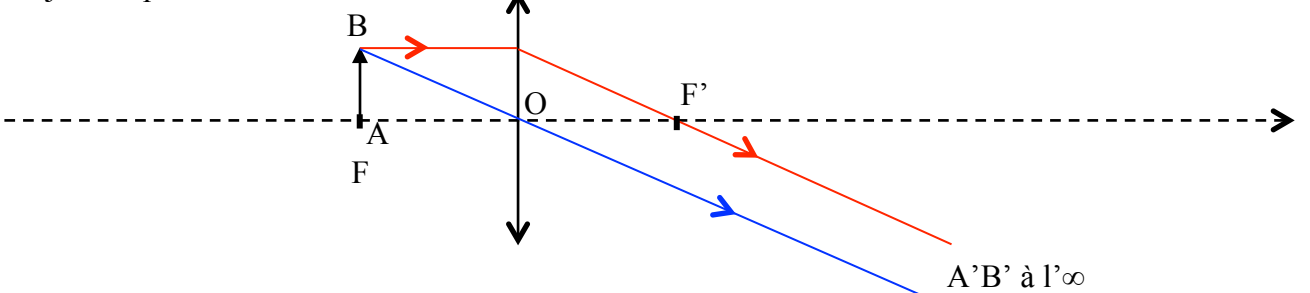
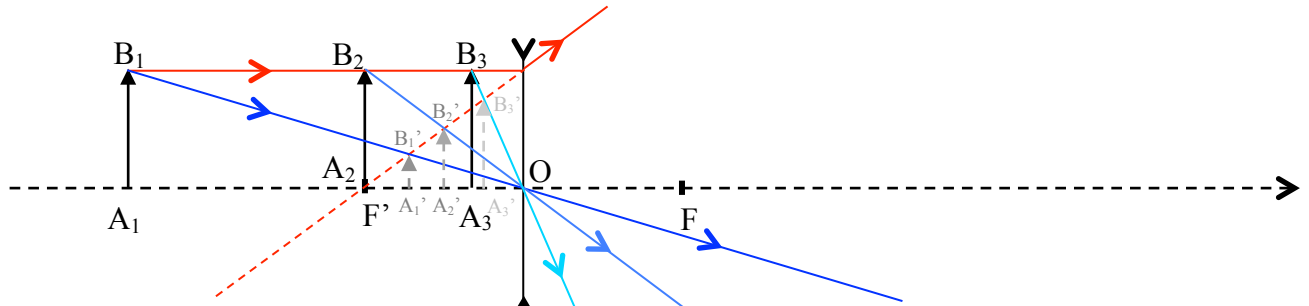


Image à l'infini. Application : loupe. Cette configuration est plus confortable pour l'observateur utilisant une loupe.

## Image d'un objet réel par une lentille divergente



Quelle que soit la position de l'objet réel, l'image est toujours virtuelle, droite et réduite.

## 3.2 Image d'un objet virtuel par une lentille convergente ou divergente

### I. Lentille convergente

a) -Objet virtuel à droite de  $F'$  :

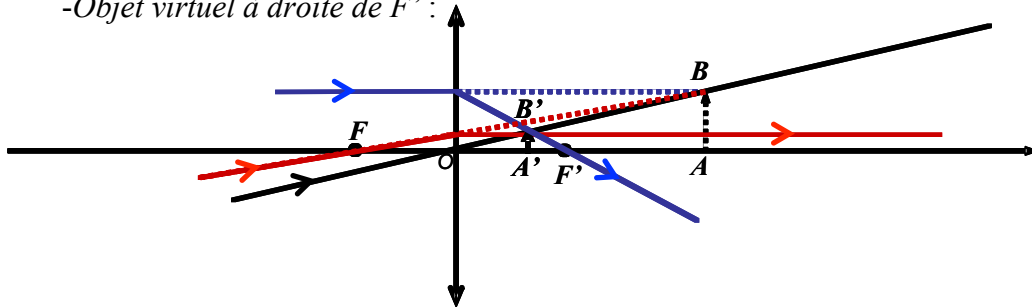


Image réelle, droite, réduite

-Objet virtuel en  $F'$  :

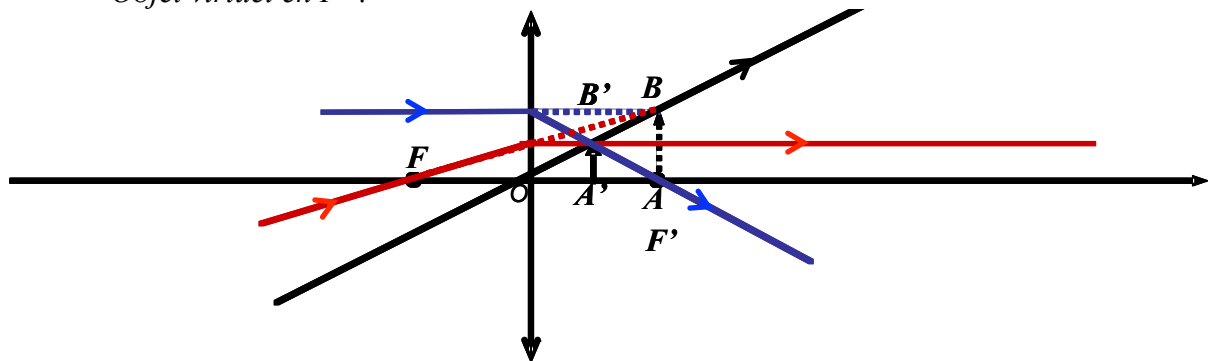


Image réelle, droite, réduite

-Objet virtuel à gauche de  $F'$  :

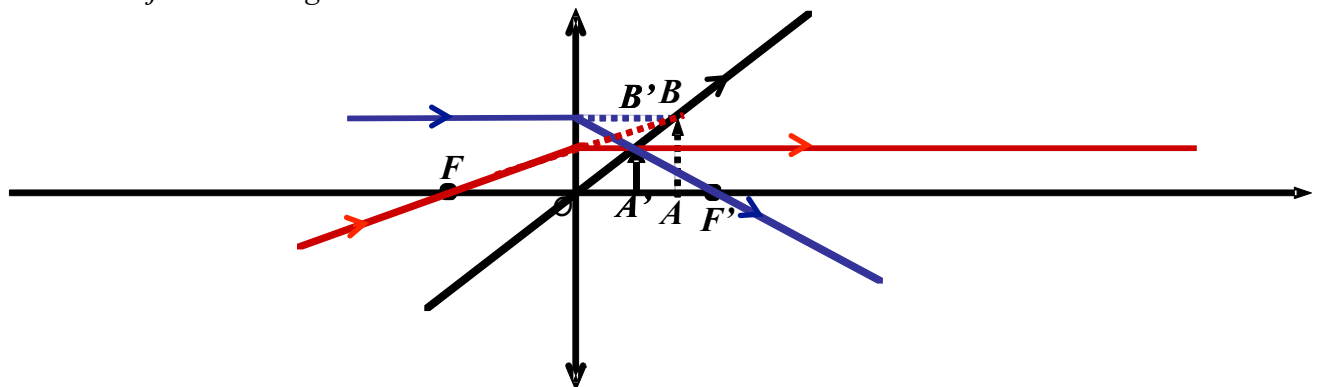


Image réelle, droite, réduite

Donc, quelle que soit la position de l'objet virtuel, l'image par une lentille convergente est réelle, droite et réduite.

b) Objet virtuel  $\Leftrightarrow \overline{OA} > 0$

Relation de conjugaison des lentilles  $\Rightarrow \overline{OA'} = \frac{1}{\frac{1}{f'} + \frac{1}{\overline{OA}}}$   $\overline{OA'}$  est du signe de  $\frac{1}{f'} + \frac{1}{\overline{OA}}$

Lentille convergente  $\Leftrightarrow f' > 0$  Donc  $\overline{OA'} > 0$  : image réelle

## II. Lentille divergente

a) -Objet virtuel à droite de F

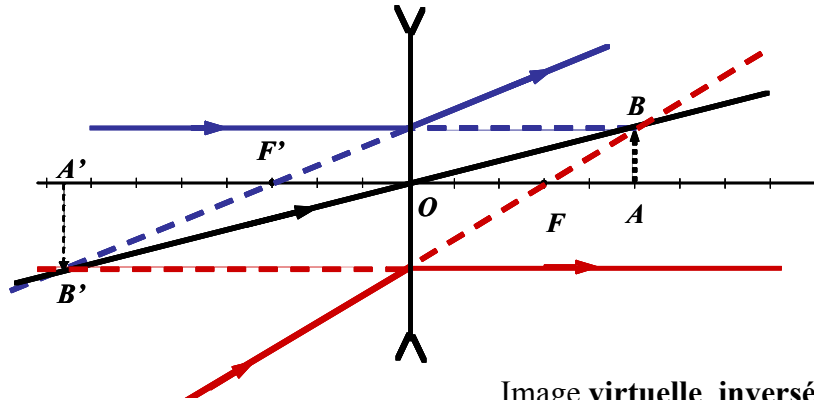


Image virtuelle, inversée et agrandie

-Objet virtuel à gauche de F

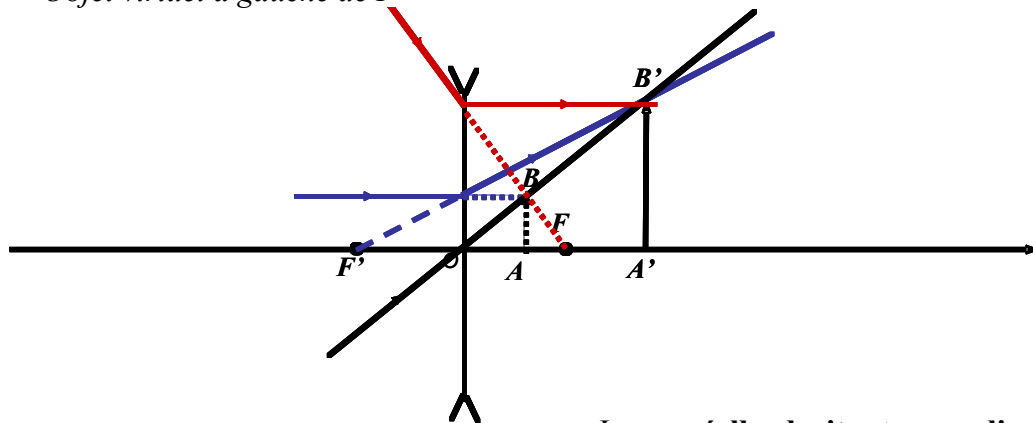


Image réelle, droite et agrandie

b) Objet virtuel  $\Leftrightarrow \overline{OA} > 0$

Relation de conjugaison des lentilles  $\Rightarrow \overline{OA'} = \frac{1}{\frac{1}{f'} + \frac{1}{\overline{OA}}}$   $\overline{OA'}$  est du signe de  $\frac{1}{f'} + \frac{1}{\overline{OA}}$

Lentille divergente  $\Leftrightarrow f' < 0$

Donc  $\overline{OA'} > 0$  (image réelle) si objet virtuel entre O et F ( $0 < \overline{OA} < -f'$ )

### 3.3 Vision à l'aide d'une loupe

1,2,3) Cours

4) L'application de la relation de conjugaison des lentilles minces donne  $\overline{OA'} = \frac{1}{\frac{1}{f'} + \frac{1}{\overline{OA}}} = -24$  cm. L'image est située dans le demi-plan objet, elle est donc virtuelle.

II-5) Le grandissement vaut  $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = 4$ . L'image est quatre fois plus grande pour chaque dimension transverse, soit  $12 \times 8 \text{ cm}^2$ . Elle est droite car  $\gamma > 0$ .

## 4.1 Couleurs de drapeaux

### 1) Coefficients de réflexion RVB

Drapeau français : Bande bleue : 001, bande blanche : 111, bande rouge : 100

Drapeau italien : Bande verte : 010, bande blanche : 111, bande rouge : 100

### 2) Une source de lumière bleue a un spectre d'émission dominé par le bleu

Le drapeau français éclairé par une lumière bleue paraît donc bleu, bleu, noir.

Le drapeau italien paraît : noir, bleu, noir

Une source de lumière a son spectre d'émission dominé par les radiations rouges

Le drapeau français éclairé par une lumière rouge paraît donc noir, rouge, rouge

Le drapeau italien paraît : noir, rouge, rouge.

### 3) La bande jaune renvoie le vert et le rouge et absorbe le bleu ( coef. de réflexion RVB 110)

Drapeau du mali : vert-jaune-rouge en lumière blanche, paraît noir-noir, noir en lumière bleue car le vert, le jaune et le rouge absorbent tous le bleu. Il paraît noir, rouge, rouge éclairé en lumière rouge.

Drapeau belge : noir-jaune-rouge en lumière blanche, devient noir, noir, noir éclairé en lumière bleue, et noir, rouge, rouge éclairé en lumière rouge.



## 5.1 Volume d'une bille

$\delta D = 1/50 \text{ mm} = 0,02 \text{ mm}$  donc  $D = 10,02 \pm 0,02 \text{ mm}$

Le rayon vaut donc  $R = 5,01 \pm 0,01 \text{ mm}$

Le volume de la bille est par définition  $V = 4/3 \pi R^3$

A.N :  $V = 4/3 * \pi * (5,01)^3 = 526,7 \text{ mm}^3$

Calcul de  $\delta V$  :

- Par la méthode de la dérivée, l'incertitude sur  $V$  vaut  $\delta V = 4\pi R^2 \delta R$ .

$$\delta V = 4 * \pi * (5,01)^2 * 0,01 = 3,154 \text{ mm}^3$$

On garde 1 ou 2 chiffres significatifs pour l'incertitude et on ne garde que les chiffres significatifs de  $V$  compte-tenu de  $\delta V$  :  $V = 526,7 \pm 3,2 \text{ mm}^3$  ou  $V = 527 \pm 3 \text{ mm}^3$ .

- Par la méthode de l'encadrement,  $4/3 * \pi * (5,00)^3 < V < 4/3 * \pi * (5,02)^3$

$$523,60 \text{ mm}^3 < V < 529,91 \text{ mm}^3$$

$$\delta V = (529,91 - 523,60)/2 = 3,15 \text{ mm}^3$$

$$V = (529,91 + 523,60)/2 = 526,75 \text{ mm}^3$$

$$V = 526,7 \pm 3,2 \text{ mm}^3 \text{ ou } V = 527 \pm 3 \text{ mm}^3 \Rightarrow \text{le même résultat final.}$$

## 5.2 Incertitude sur le sinus d'un angle

Pour compléter un tableau tel que celui du chap1 (cf. séance S2), il est plus rapide de calculer les incertitudes par la méthode de la dérivée :

L'incertitude sur  $\sin i$  est  $\delta(\sin i) = |\cos i| * \delta i$  où  $\delta i$ , l'incertitude sur  $i$ , est exprimé en radians.

Pour convertir un angle de degré en radians, le multiplier par  $\pi/180$ .

$i(^{\circ})$	$i(rad)$	$\delta i(^{\circ})$	$\delta i(rad)$	$\sin i$	$\cos i$	$\delta(\sin i)$
2.5	0.044	1	0.017	0.044	0.999	0.017
35	0.611	1.5	0.026	0.574	0.819	0.021
40	0.698	2.5	0.044	0.643	0.766	0.034

## 5.3 Extrait du sujet d'examen de janvier 2007 : réfractomètre de Godat.

$$n = N - D/\alpha \quad (1)$$

$$\text{A.N : } n = 1,768 - 3,2 / 10,00 = 1,448$$

En dérivant l'expression (1), on obtient l'expression de l'incertitude  $\delta n$  sur  $n$ . Dans cette mesure, seul  $D$  a une incertitude non négligeable, de 3 %. Donc,  $D$  est la variable par rapport à laquelle on dérive, et  $N$  et  $\alpha$  sont des constantes (car leur incertitude est négligeable).

$$\delta n = |-1/\alpha| * \delta D = \delta D / \alpha$$

$$\text{Or : } \delta D/D = 0,03 \Rightarrow \delta D = 0,03 * D = 0,096$$

$$\text{On trouve donc } \delta n = 0,096/10 \sim 0,01.$$

$$\text{D'où } n = 1,45 \pm 0,01.$$

$$\text{Précision de la mesure : Incertitude relative } \delta n/n = 0,01/1,45 = 0,7 \%$$

## 5.4 Puissance dissipée dans une résistance électrique

1) Les mesures effectuées sont compatibles avec une relation d'expression  $y = ax + b$  car il existe une droite passant par toutes les barres d'incertitude. Pour que ces mesures soient compatibles avec la loi  $P = RI^2$ , il faut de plus s'assurer qu'il existe une droite passant par toutes les barres d'incertitude *et par l'origine*, ce qui est bien le cas.

2) Lorsqu'on représente  $P$  en fonction de  $I^2$ , la pente de la droite est la valeur  $R$  de la résistance du conducteur ohmique (en  $\Omega = W/A^2$ ).

3) Il existe une infinité de droites compatibles avec ces mesures, c'est-à-dire passant par

toutes les barres d'incertitudes. L'ensemble des pentes de ces droites constitue l'intervalle de confiance de la pente R.

On applique la méthode des pentes extrêmes (cf. Ch 5).

a. On trace la droite la plus pentue  $\Delta_{\max}$  (verte) et la droite la moins pentue  $\Delta_{\min}$  (noire) passant par toutes les barres d'incertitudes.

b. On repère les coordonnées de 2 points sur chaque droite. Ces points doivent être pris les plus loin possibles l'un de l'autre afin d'augmenter la précision de la mesure. Dans tous les cas, il ne faut pas choisir les points de mesure (ici en rouge) mais des points sur les droites de pentes extrêmes car une fois tracées, les droites sont plus proches du modèle que les points de mesure individuels (car les droites prennent en compte l'ensemble des points de mesure et de leurs incertitudes).

Ici on choisit  $A_{\max}$  (11,5 ; 980) et  $B_{\max}$  (0 ; 0), et  $A_{\min}$  (11,5 ; 850) et  $B_{\min}$  (0 ; 120). *Faites bien attention à ne pas prendre un point d'une droite et l'autre de l'autre droite (erreur fréquente car les droites se croisent).*

La pente de chaque droite est par définition :  $a = \frac{(y_B - y_A)}{(x_B - x_A)}$

A.N. :

- $a_{\max} = (980 - 0) / (11,5 - 0) = 85,2 \Omega$
- $a_{\min} = (850 - 120) / (11,5 - 0) = 63,5 \Omega$

d'où  $R = (a_{\max} + a_{\min}) / 2 \sim 74 \Omega$ , et l'incertitude  $\delta R = (a_{\max} - a_{\min}) / 2 \sim 11 \Omega$

Conclusion:  $R = 74 \pm 11 \Omega$

