

? Lundi 22 septembre 2025 – Durée : 2 heures
Devoir Surveillé n°1 – Corrigé



Remarque – Consignes générales :

- Faites des SCHÉMAS!!!!
- Chaque calcul doit être introduit par une phrase/des mots : « D'après la loi ... », « D'après l'énoncé », « D'après la définition », « D'après la question ... »
- Exprimer la grandeur demandée en LITTÉRAL, avant de passer aux valeurs numériques.
- **ENCADRER** : grandeur = expression littérale

Exercice n°1 Tracés d'images ()



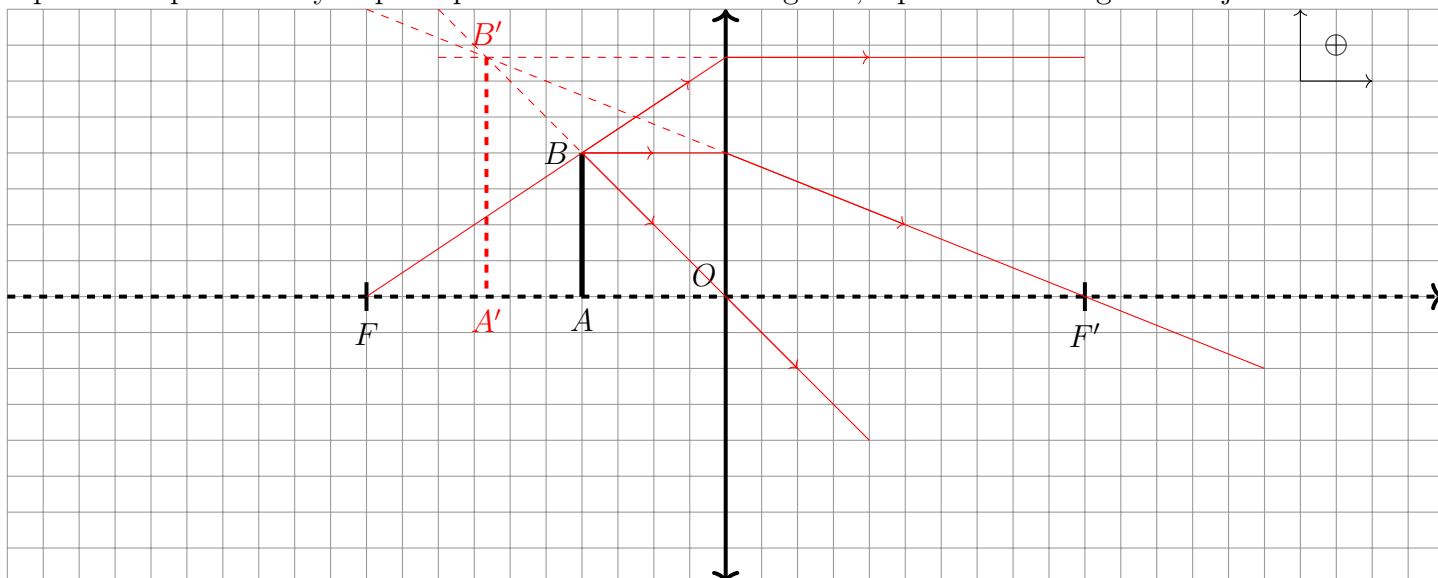
Remarque –

- Les rayons incidents sont AVANT la lentille, en trait plein. Si besoin, on les prolonge en pointillés après.
- Les rayons incidents passent par l'objet réel.
- Les prolongements des rayons incidents passent par l'objet virtuel : l'objet virtuel est donc sur le prolongement des rayons incidents.
- Les rayons émergents sont APRÈS la lentille, en trait plein. Si besoin, on les prolonge en pointillés avant.
- Les rayons émergents passent par l'image réelle.
- Les prolongements des rayons émergents passent par l'image virtuelle : l'image virtuelle est donc sur le prolongement des rayons émergents.

Il ne s'agit pas seulement de trouver la position de l'image, mais bien de tracer les rayons qui existent pour la trouver.

Un rayon incident passant par F' est un rayon QUELCONQUE !

R1. Après avoir placé les foyers principaux de la lentille convergente, représenter l'image de l'objet AB ci-dessous.

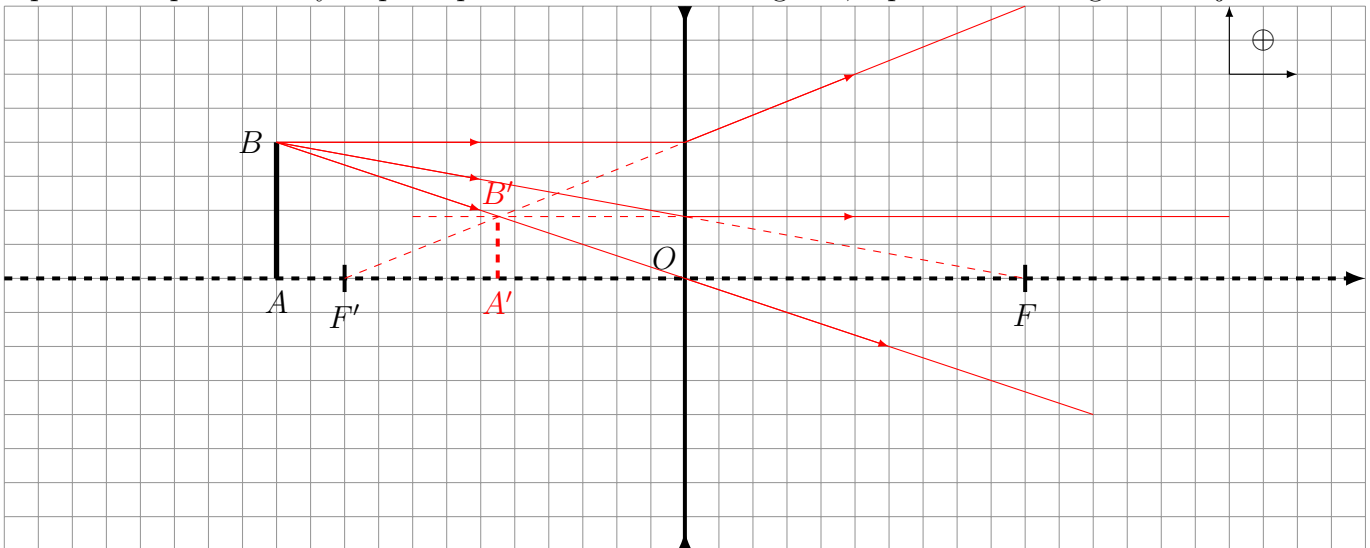


Que peut-on dire de l'objet et l'image ?

☐ Objet réel ☒ **Objet virtuel** ☒ **Image réelle** ☐ Image virtuelle

Que peut-on dire du grandissement transversal ? ☒ $\gamma > 0$ ☐ $\gamma < 0$ ☐ $|\gamma| > 1$ ☒ $|\gamma| < 1$

R2. Après avoir placé les foyers principaux de la lentille divergente, représenter l'image de l'objet AB ci-dessous.

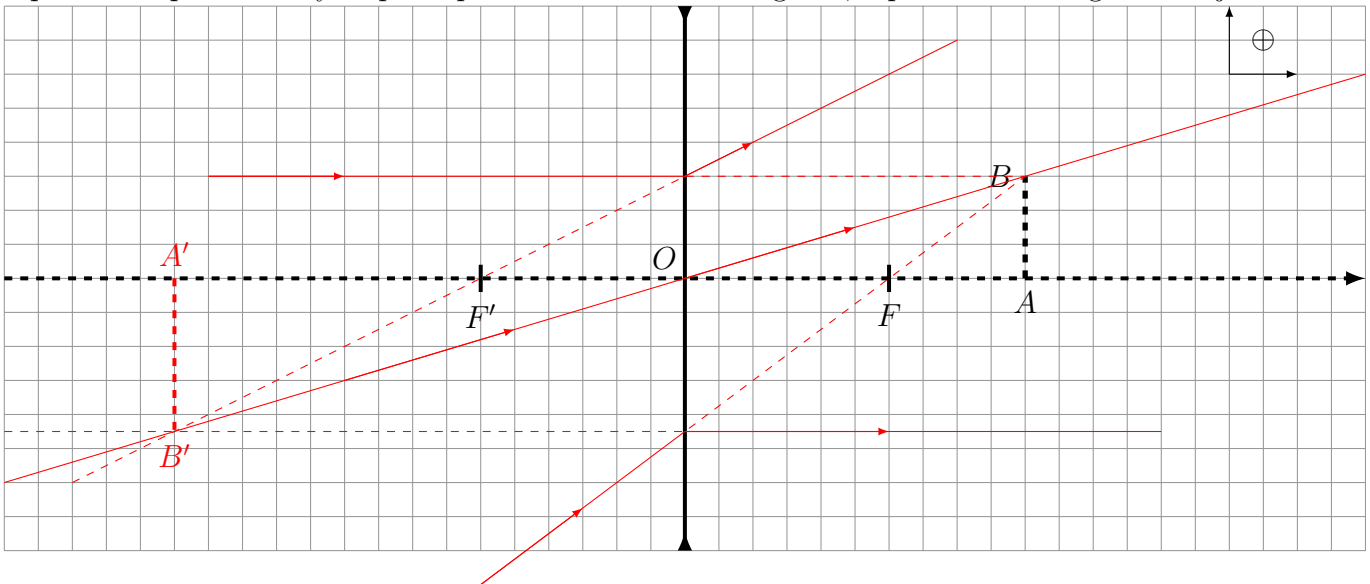


Que peut-on dire de l'objet et l'image ?

☒ **Objet réel** ☐ **Objet virtuel** ☐ **Image réelle** ☒ **Image virtuelle**

Que peut-on dire du grandissement transversal ? ☒ $\gamma > 0$ ☐ $\gamma < 0$ ☐ $|\gamma| > 1$ ☒ $|\gamma| < 1$

R3. Après avoir placé les foyers principaux de la lentille divergente, représenter l'image de l'objet AB ci-dessous.



Que peut-on dire de l'objet et l'image ?

☐ **Objet réel** ☒ **Objet virtuel** ☐ **Image réelle** ☒ **Image virtuelle**

Que peut-on dire du grandissement transversal ? ☐ $\gamma > 0$ ☒ $\gamma < 0$ ☒ $|\gamma| > 1$ ☐ $|\gamma| < 1$

Exercice n°2 Relation de conjugaison et de grandissement (*Durée ~ 25 min*)

R1. (2,5 points) 🎵 **Compléter** sur le **document réponse à rendre** le tableau avec les relations de conjugaison et de grandissement.

Solution:		
Relations	... de conjugaison	... de grandissement
... avec origine au centre (de Descartes)	$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$	$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$
... avec origine aux foyers (de Newton)	$\overline{F'A'} \times \overline{FA} = -f'^2$	$\gamma = \frac{\overline{F'A'}}{-f'} = \frac{f'}{\overline{FA}}$

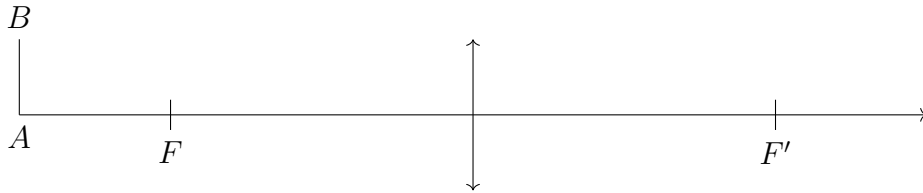
Vous prenez en photo une fleur de hauteur $h = 10$ cm avec un appareil photo. L'objectif de l'appareil photo est modélisé par une lentille mince convergente de distance focale image $f' = 10,0$ cm. La fleur est située à 50 cm de la lentille.

On considère que la base de la fleur (point A) est sur l'axe optique de la lentille. Le sommet de la fleur (point B) est au-dessus de l'axe optique.

R2. (1+1 points) 🎵 **Représenter un schéma de principe** (très rapide et sans règle) avec la fleur, la lentille et l'axe optique.

Quels sont le signe et la valeur de $\overline{OA}$?

Solution:



ATTENTION : $\overline{OA} = -50$ cm < 0 (car A situé avant la lentille)

R3. (2+1 points) 🎵 **Établir l'expression de $\overline{OA'}$.**

Faire l'application numérique.

Solution:

Relation de conjugaison de Descartes : $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \Leftrightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{\overline{OA}} + \frac{1}{f'} \Leftrightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{f' + \overline{OA}}{f' \times \overline{OA}}$

Ainsi : $\boxed{\overline{OA'} = \frac{f' \times \overline{OA}}{f' + \overline{OA}}}$

A.N. : $\overline{OA'} = \frac{10 \times -50}{10 - 50} = 12,5$ cm > 0 : l'image est donc réelle car située après la lentille.

R4. (2+1 points) 🎵 **Établir l'expression de $\overline{A'B'}$ en fonction de $\overline{OA}$, $\overline{OA'}$ et $\overline{AB}$.**

Faire l'application numérique.

Solution:

Grandissement : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$, ainsi $\boxed{\overline{A'B'} = \overline{AB} \times \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}}$

A.N. : $\overline{A'B'} = 10 \times \frac{12,5}{-50} = -2,5$ cm < 0 : l'image est renversée par rapport à l'objet. Elle est 4 fois plus petit que l'objet.

Une lentille (de nature inconnue) donne d'un objet réel une image de même sens et deux fois plus petite que l'objet.

R5. (1 point) 🎵 Quelle est la valeur du grandissement transversal γ ?

Solution: L'image est de même sens que l'objet, donc $\gamma > 0$. L'image est deux fois plus petite, donc $|\gamma| = 0,5$, donc $\boxed{\gamma = 0,5}$

R6. (2 points) 🎵 **Établir efficacement** l'expression de $\overline{FA}$ en fonction de f' .

Solution: D'après la relation de grandissement de Newton : $\gamma = \frac{f'}{\overline{FA}} = \frac{1}{2}$, donc $\boxed{\overline{FA} = 2f'}$

R7. (1 point) 🎵 Compte tenu de la nature réelle de l'objet, **déterminer** sur la nature de la lentille.

Solution:

⚠️ Remarque –

↑ S'appuyer sur un schéma de principe et/ou sur la relation de Chasles.

L'objet est réel, donc $\overline{OA} < 0$, or $\overline{OA} = \overline{OF} + \overline{FA} = -f' + 2f' = f' < 0$

La lentille doit donc être **divergente**.

R8. (2+1 points) 🎵 **En déduire** $\overline{F'A'}$ et la nature de l'image.

Solution: D'après la relation de grandissement de Newton : $\gamma = \frac{\overline{F'A'}}{-f'} = \frac{1}{2}$, donc $\boxed{\overline{F'A'} = -\frac{f'}{2}}$

⚠️ Remarque –

↑ S'appuyer sur un schéma de principe et/ou sur la relation de Chasles.

$\overline{OA'} = \overline{OF'} + \overline{F'A'} = f' - \frac{f'}{2} = \frac{f'}{2} < 0$: l'image est donc virtuelle.

Exercice n°3 Étude d'une paire de jumelles (Durée ~ 35 min)

On s'intéresse, en premier lieu, aux groupes de lentilles (extraites de l'ensemble sur la figure ??(b)) que nous modéliserons, en entrée et en sortie, par des lentilles minces convergentes. La modélisation est présentée en figure ??(c). On note f'_1 et O_1 (respectivement f'_2 et O_2) la distance focale image et le centre optique de l'objectif (respectivement de l'oculaire).

On prendra $f'_2 = u$ et $f'_1 = 7f'_2 = 7u$ où u est une longueur de référence.

R1. (1 point) 🎵 **Identifier**, par leur numéro, les **lentilles minces divergentes** visibles sur la figure ??(b).

Solution:

⚠️ Remarque –

↑ Justifier rapidement sur la différence lentille convergente/divergente.

Les lentilles divergentes sont plus épaisses au bord qu'au centre, c'est le cas des lentilles 2, 3 et 7.

R2. (2 points) 🎵 Ces lentilles sont utilisées dans les conditions de l'approximation de Gauss. Quelles sont ces conditions ?

Solution: Les systèmes optiques usuels centrés réalisent un **stigmatisme approché** dans les **conditions de Gauss**, telles que

- les rayons sont peu inclinés par rapport à l'axe optique
- les rayons sont peu éloignés de l'axe optique

En les respectant les images sont nettes grâce au stigmatisme et à l'aplanétisme approchés.

R3. La lunette est utilisée pour observer un objet à l'infini.

- (a) (1 point) 🎵 Où se forme l'image (appelée image intermédiaire) de l'objet par l'objectif ?

Solution:

⚠ Remarque –

↑ Tous les mots sont importants et dans le bon sens !

L'objet étant situé à l'infini, son image se forme dans le plan focal image de l'objectif.

- (b) (1+1 points) 🎵 Où doit se former l'image finale par la lunette pour que l'œil puisse l'observer sans fatigue (sans accommodation) ? En déduire la position de l'image intermédiaire.

Solution:

⚠ Remarque –

↑ Tous les mots sont importants et dans le bon sens !

Cette image joue le rôle d'objet pour la lentille de l'oculaire.

L'image finale par la lunette doit se former à l'infini, l'objet pour la lentille $\mathcal{L}_2$ doit donc se former dans le plan focal objet de l'oculaire.

- (c) (2 points) 🎵 Conclure sur la position relative des foyers des deux lentilles.

Solution:

On en déduit que les foyers principaux objet de l'oculaire et image de l'objectif sont confondus.

R4. (1+2+2+1+1 points) 🎵 Cette question est à traiter sur le **document réponse à rendre** et on prendra pour l'échelle $u = 1$ carreau.

Indiquer la position de tous les foyers.

Tracer le trajet d'un premier rayon lumineux arrivant sur l'objectif, en passant par le foyer principal objet de l'objectif F_1 , et incliné d'un angle orienté α à partir de l'axe optique.

Compléter avec le trajet complet d'un deuxième rayon lumineux arrivant sur l'objectif et passant par O_1 .

Indiquer les angles α et α' l'angle orienté, à partir de l'axe optique, des rayons émergeant de l'oculaire.

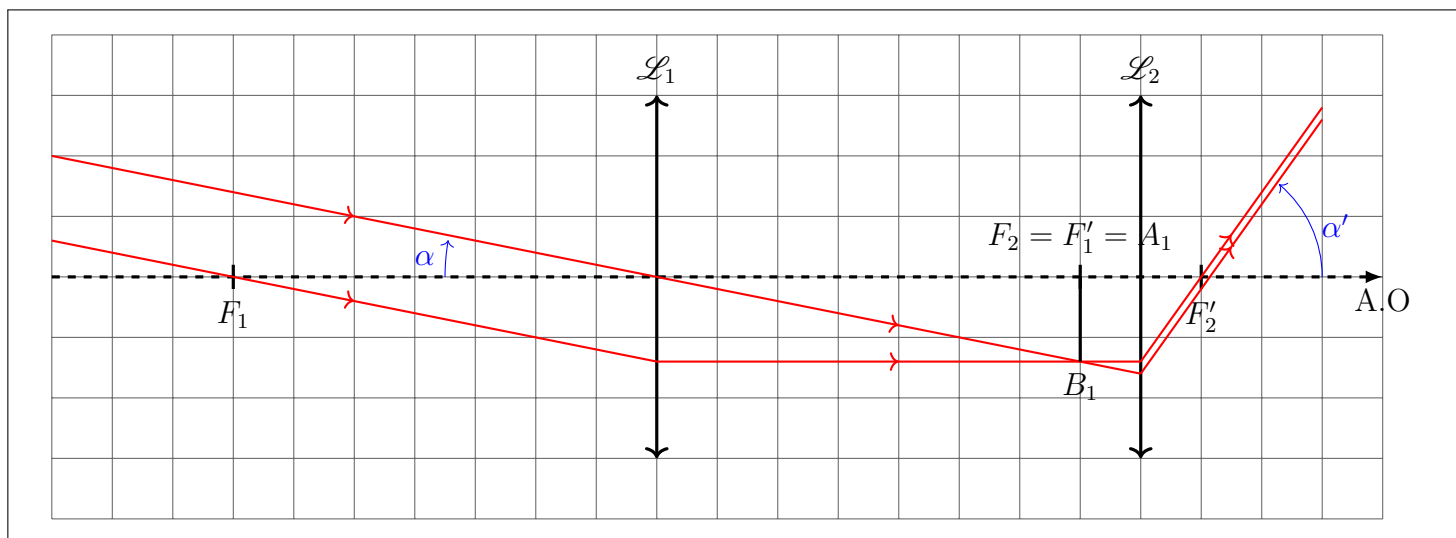
Représenter l'image intermédiaire A_1B_1 .

Solution:

⚠ Remarque –

↑ Tracé à soigner.

↑ Les angles doivent être convenablement orientés.



On définit le grossissement algébrique, noté G , par $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$.

R5. (3+1+1+1 points) 🎵 🎵 **Établir l'expression algébrique** du grossissement, noté G en fonction des distances focales. *On se souviendra que les lentilles sont utilisées dans le cadre de l'approximation de Gauss.*
Évaluer numériquement G et commenter son signe.

Solution:



Remarque – Signes

L'énoncé demandait de raisonner en grandeur algébrique, il fallait donc être vigilant.e aux signes des différentes grandeurs.

Dans le triangle $O_1A_1B_1$: $\tan(\alpha) = \frac{\overline{A_1B_1}}{f'_1} < 0$, or dans les conditions de Gauss $\tan(\alpha) \approx \alpha$, donc
 $\alpha \approx \frac{\overline{A_1B_1}}{f'_1}$

Dans le triangle $O_2A_1B_1$: $\tan(\alpha') = \frac{\overline{A_1B_1}}{-f'_2} > 0$, or $\tan(\alpha') \approx \alpha'$, donc $\alpha' \approx -\frac{\overline{A_1B_1}}{f'_2}$

Ainsi $G = \frac{-f'_1}{f'_2} < 0$: l'image est inversée par rapport à l'objet.

A.N. $G = -7$

Exercice n°4 Fibre optique (Durée ~ 35 min)

Grâce à sa simplicité d'installation, sa discrétion et sa fiabilité, la fibre optique apparaît de plus en plus dans les habitations pour la transmission de données numériques. On étudie ci-dessous une fibre optique à « saut d'indice » constituée d'un cœur cylindrique en silice d'indice n_1 , entouré d'une gaine en silicone d'indice n_2 .

Les faces d'entrée et de sortie sont perpendiculaires au cylindre d'axe Oz formé par la fibre. L'ensemble, en particulier la face d'entrée, est en contact avec l'air d'indice $n_{\text{air}} = 1,0$.

On considère un rayon incident sur le cœur en I et contenu dans le plan Ixz (voir figure 1). On note i l'angle d'incidence.

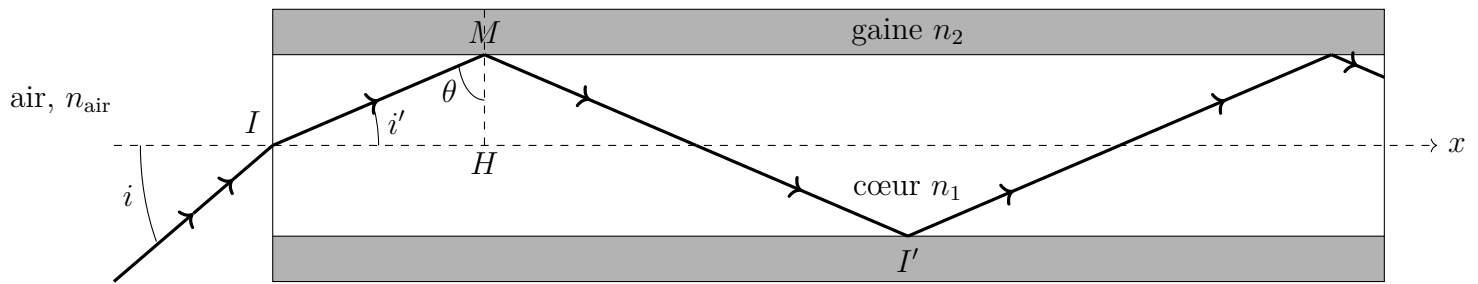


FIGURE 1 – Fibre optique

- R1. (3 points) 🎵 Quel est le phénomène physique se produisant en I ? Quel est celui se produisant en M ?
Poursuivre sur le document réponse à rendre (figure ??) le tracé du rayon lumineux dans la fibre.

Solution: En I , il se produit un phénomène de réfraction. En M il se produit un phénomène de réflexion totale.

- R2. (4 points) 🎵 **Énoncer** les lois de Snell-Descartes. On s'appuiera sur un schéma définissant les différentes grandeurs.

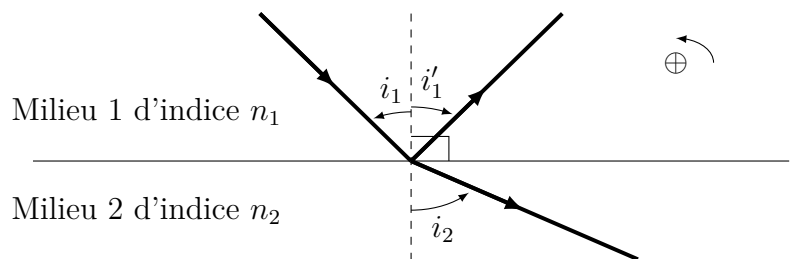
Solution:



Remarque –

Le schéma est **INDISPENSABLE** en indiquant les angles proprement, et de façon orientée.
N'oubliez pas la première loi !

- 1) Les rayons réfléchi et réfracté appartiennent au plan d'incidence défini par le rayon incident et la normale au point d'incidence.
- 2) L'angle d'incidence i_1 et l'angle de réflexion i'_1 sont opposés : $i'_1 = -i_1$
- 3) L'angle d'incidence i_1 et de réfraction i_2 sont reliés par : $n_1 \times \sin(i_1) = n_2 \times \sin(i_2)$



- R3. (1 point) 🎵 **Donner** la condition sur les indices optiques pour qu'un rayon lumineux puisse subir une réflexion totale sur le dioptré séparant le cœur et la gaine en M .

Solution: Un rayon lumineux peut subir une réflexion totale sur le dioptré séparant le cœur et la gaine à condition $n_2 < n_1$

- R4. (2 points) 🎵 **Donner** la condition sur l'angle d'incidence θ sur le dioptré cœur / gaine pour qu'un rayon lumineux subisse une réflexion totale en M . On introduira un angle d'incidence θ_{lim} limite.

Solution:



Remarque –

Formulation à soigner : il faut à la fois dire que l'angle d'incidence doit être supérieur à l'angle limite, et préciser à quoi correspond cet angle limite.

Un rayon lumineux subit une réflexion totale à condition que l'angle d'incidence est supérieur à l'angle d'incidence θ_{lim} limite tel que l'angle de réfraction vaut $\frac{\pi}{2}$.

R5. (3 points)  **Établir** l'expression de l'angle d'incidence θ_{lim} limite.

Solution: D'après la loi de la réfraction en M :

$$\begin{aligned} n_1 \sin(\theta_{\text{lim}}) &= n_2 \sin(\pi/2) \\ n_1 \sin(\theta_{\text{lim}}) &= n_2 \\ \sin(\theta_{\text{lim}}) &= \frac{n_2}{n_1} \end{aligned}$$

Soit $\theta_{\text{lim}} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$

R6. (2 points)  **Exprimer** i' en fonction de θ .

Solution: Dans le triangle IMH : $i' + \theta + \frac{\pi}{2} = \pi$, soit $i' = \frac{\pi}{2} - \theta$

R7. (1 point)  **Donner** la relation entre n_1 , i , i' . On prendra $n_{\text{air}} = 1$.

Solution: D'après la loi de Snell-Descartes en I : $n_{\text{air}} \sin(i) = n_1 \sin(i')$, donc $\sin(i) = n_1 \sin(i')$

R8. (4 points)    À partir des 4 questions précédentes, **établir** que l'angle i doit vérifier la condition suivante pour permettre de conserver le rayon dans le cœur :

$$\sin(i) < \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Solution:

$$\begin{aligned} \sin(i) &= n_1 \sin(i') \\ \sin(i) &= n_1 \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) \\ \sin(i) &= n_1 \cos(\theta) \\ \text{or } \theta &> \theta_{\text{lim}} \\ \text{Soit } \theta &> \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \\ \text{or } \cos &\text{ est une fonction décroissante sur } [0, \pi/2] \\ \text{donc } \cos(\theta) &< \cos\left(\arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)\right) \\ \cos(\theta) &< \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}} \\ \text{ainsi } \sin(i) &< n_1 \times \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}} \end{aligned}$$

Soit $\sin(i) < \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$