Conseils :

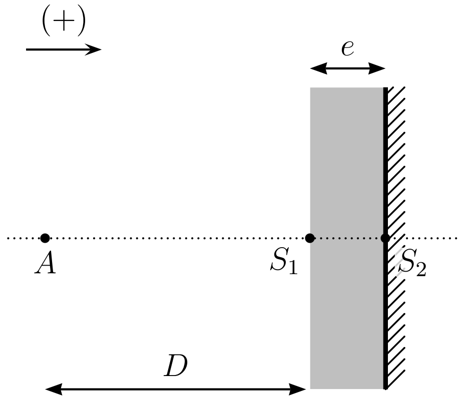
- Ce devoir comporte 4 exercices indépendants.
- Le correcteur tiendra compte de la **présentation** (soin apporté aux schémas) et de la **rédaction de votre copie** : justifiez rapidement vos affirmations, donnez la **valeur littérale simplifiée** des résultats en fonction des données de l'énoncé, **vérifiez l'homogénéité et la cohérence** (tout résultat non homogène sera sanctionné).

  Les résultats NON ENCADRÉS ne seront pas notés. Laissez une marge à gauche pour le correcteur.
- Numérotez les questions et ajoutez le label de la marge Q1, etc.
- L'usage des **calculatrices est autorisé**.

I. MIROIR RÉEL

Un miroir réel est constitué d'une fine couche métallique, appelée tain, considérée comme un miroir plan parfait, recouverte (pour la protéger) d'une lame de verre d'épaisseur e et d'indice n.

Soit un point objet A, soient S_1 et S_2 les points d'intersection de la normale au miroir passant par A avec les deux faces de la lame de verre. On note D la distance entre A et S_1.



On supposera dans cet exercice que les conditions de Gauss sont réalisées et pourra utiliser la formule de conjugaison du dioptre plan vue en cours dans cette approximation, c'est-à-dire :

$$\frac{\overline{HA}}{n_1} = \frac{\overline{HA'}}{n_2}$$

où A' est l'image conjuguée de A après passage par la lumière depuis le milieu d'indice n_1 vers le milieu d'indice n_2, et H est le projeté orthogonal de A sur le dioptre.

Dans la suite de l'exercice, on considérera que l'indice de l'air est exactement égal à 1.

A. Miroir équivalent - Méthode 1

Q1 1. On considère un rayon lumineux issu de A et arrivant vers le miroir avec un angle d'incidence i. Tracer la trajectoire complète de ce rayon sur un grand schéma.

Q2 2. Montrer par une construction géométrique soignée que ce miroir se comporte comme un miroir plan parfait équivalent (M_e) sur lequel il n'y aurait qu'une simple réflexion. Représenter ce miroir sur la figure (on refera le schéma centré sur la lame d'une épaisseur suffisante).

Q3 3. Sachant que l'on est toujours dans les conditions de Gauss, déterminer la distance x entre le dioptre air/verre et le miroir équivalent.

B. Miroir équivalent - Méthode 2

Q4 1. On note A_1 l'image de A par le dioptre air/verre, A_2 l'image de A_1 par le miroir plan, et A' l'image de A_2 par le dioptre verre/air. Placer ces points sur la droite (AS_2) en vous aidant du tracé réalisé à la question Q1 (on refera une figure).

Q5 2. Déterminer par le calcul la position de A_1 en utilisant la relation de conjugaison du dioptre plan. On exprimera en particulier $\overline{S_1A_1}$ en fonction de $\overline{S_1A}$ et des données du problème.

Q6 3. En déduire la position de A_2. On exprimera en particulier $\overline{S_2A_2}$ en fonction de $\overline{S_1A}$ et des données du problème.

Q7 4. En déduire finalement la position de A'. On exprimera en particulier $\overline{S_1A'}$ en fonction de $\overline{S_1A}$ et des données du problème.

Q8 5. On considère que deux systèmes optiques sont équivalents s'ils possèdent la même relation de conjugaison. Montrer que ce miroir réel est équivalent à un miroir plan parfait (M_e) placé de telle sorte que $\overline{S_1S_e} = \frac{e}{n}$.

II. Étude d'un téléobjectif

Un téléobjectif est un objectif de longue focale, c'est-à-dire un objectif dont la focale est supérieure à la diagonale de la pellicule pour un appareil photographique argentique ou de la matrice de cellules photosensibles dans le cas d'un appareil photographique numérique.

Ces objectifs permettent un cadrage serré des sujets photographiés grâce à un angle de champ étroit.

Dans les trois parties suivantes, largement indépendantes, le sujet photographié est constitué par la tour Eiffel culminant à une hauteur $h = 324$ m du sol et située à une distance $d = 2{,}0$ km du photographe.

A. Objectif standard

On s'intéresse dans un premier temps à un objectif standard d'appareil photographique argentique constitué d'une lentille convergente unique de centre O et de focale $f' = 50$ mm.

Q9 1. Quelle doit être la distance D entre la lentille et la pellicule pour que la photographie soit nette ? Justifier votre réponse.

Q10 2. Construire sur un schéma l'image de l'objet sur la pellicule (sans respecter l'échelle).

Q11 3. On appelle h_1 la hauteur de l'image de la tour Eiffel sur la pellicule. Déterminer son expression en fonction de f', d et h puis calculer sa valeur numérique.

B. Réalisation d'un téléobjectif avec une lentille unique

Q12 1. Expliquer pourquoi, si l'on souhaite photographier les détails d'un sujet lointain, il faut choisir un objectif de focale plus élevée que celle d'un objectif standard.

Q13 2. Dans le cas d'un téléobjectif de focale $f'_0 = 200$ mm, calculer la hauteur h_2 de l'image de la tour Eiffel sur la pellicule ainsi que l'encombrement de l'appareil (distance entre la lentille et la pellicule)

Q14 3. La matrice de cellules photosensibles de la plupart des reflex numériques est plus petite que la surface impressionnable de la pellicule d'un reflex 24×36. Justifier alors pourquoi un téléobjectif de focale donnée permet un cadrage plus serré du sujet avec un appareil numérique qu'avec un appareil argentique.

On considère dans un premier temps une lentille de verre d'indice n placée dans l'air (figure 1). On se place dans l'approximation d'un indice n ne dépendant pas de la longueur d'onde.

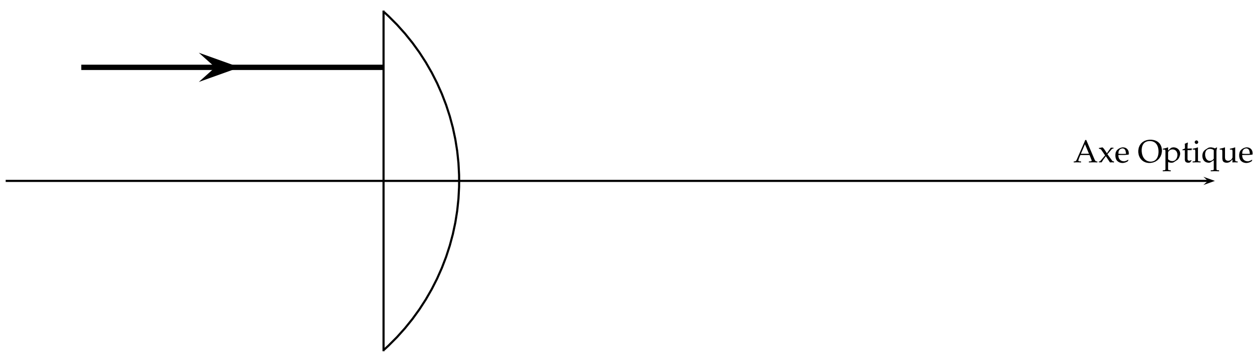


FIGURE 1 – Lentille seule

Q15 4. Reproduire la figure 1 et tracer la marche du rayon incident représenté dans et après la lentille. Justifier sommairement le tracé.

Q16 5. Quelle est la nature de cette lentille ? Justifier.

Q17 6. Définir le foyer image d'un système optique. Indiquer sur la figure le foyer image F' de la lentille.

L'indice de réfraction n du verre constituant la lentille dépend en réalité de la longueur d'onde λ de la radiation lumineuse qui la traverse. Ils sont reliés par la loi de Cauchy :

$$n(\lambda) = a + \frac{b}{\lambda^2}$$

où a et b sont des constantes positives qui ne dépendent que du milieu traversé.

Q18 7. Comparer r_R et r_B, angles réfractés en sortie de lentille pour une radiation rouge et pour une radiation bleue en considérant des rayons incidents parallèles à l'axe optique. Tracer alors les chemins suivis par ces deux radiations dans et après la lentille.

Q19 8. Expliquer le problème qui pourrait se poser si l'on réalisait un téléobjectif avec une lentille unique.

On peut s'affranchir de ce problème en réalisant un doublet, équivalent à une lentille convergente unique, constitué d'une lentille convergente accolée à une lentille divergente, les deux lentilles étant taillées dans des verres d'indices de réfraction différents. Le téléobjectif ainsi constitué présente toutefois l'inconvénient d'un encombrement important.

C. Réalisation d'un téléobjectif par association de deux lentilles

Afin de raccourcir les téléobjectifs, en particulier les plus puissants, on peut réaliser un autre montage en associant deux lentilles distantes d'une distance e : une lentille convergente L_1 de centre O_1 et de focale f_1' et une lentille divergente L_2 de centre O_2 et de focale f_2'.

On prendra pour les applications numériques : $f_1' = 50$ mm, $f_2' = -25$ mm et $e = O_1O_2 = 31$ mm.

On note P l'intersection du plan de la pellicule avec l'axe optique et F' l'image par le téléobjectif d'un point à l'infini sur l'axe optique.

Q20 1. (a) Déterminer littéralement la position de F' en fonction de f_1', f_2' et e.

Q21 (b) En déduire l'expression de l'encombrement O_1P de l'appareil en fonction de ces mêmes grandeurs. Après l'avoir calculé approximativement, déterminer laquelle de ces trois valeurs : $O_1P = 14$ cm, $O_1P = 11$ cm et $O_1P = 8{,}0$ cm correspond à l'encombrement du téléobjectif.

Q22 2. (a) Déterminer l'expression de h_3, hauteur de l'image de la tour Eiffel sur la pellicule en fonction de f_1', f_2', e, d et h.

Q23 (b) Après l'avoir calculée approximativement, déterminer laquelle de ces trois valeurs : $h_3 = 14$ mm, $h_3 = 34$ mm et $h_3 = 54$ mm correspond à la hauteur de l'image sur la pellicule.

Q24 3. Commenter les résultats précédents.

III. Valeur efficace et spectres

Gaston a décidé de modifier son installation électrique pour ne plus avoir de tension sinusoïdale chez lui. Il souhaite néanmoins que son ampoule halogène brille avec la même intensité qu'avant et doit donc l'alimenter avec un signal de même valeur efficace.

Q25 1. Rappeler la définition de la valeur moyenne d'un signal $s(t)$ périodique de période T, ainsi que celle de sa valeur efficace.

2. Dans la ville de Gaston, la valeur maximale de l'amplitude de la tension sinusoïdale du secteur est de 325 V (la valeur moyenne est nulle).

Q26 (a) En déduire la valeur efficace de la tension du secteur.

Q27 (b) Gaston souhaite vérifier son calcul avec son multimètre. Quels réglages doit-il choisir ?

3. Le signal que Gaston se propose d'installer chez lui possède les propriétés suivantes :
   - ➢ il est périodique de fréquence $50\,\mathrm{Hz}$ et de période T ;
   - ➢ pendant les 3/4 d'une période, le signal est constant et vaut U_0
   - ➢ pendant le quart suivant, le signal est constant et vaut 0 V.

Q28 (a) Représenter le signal sur 3 périodes.

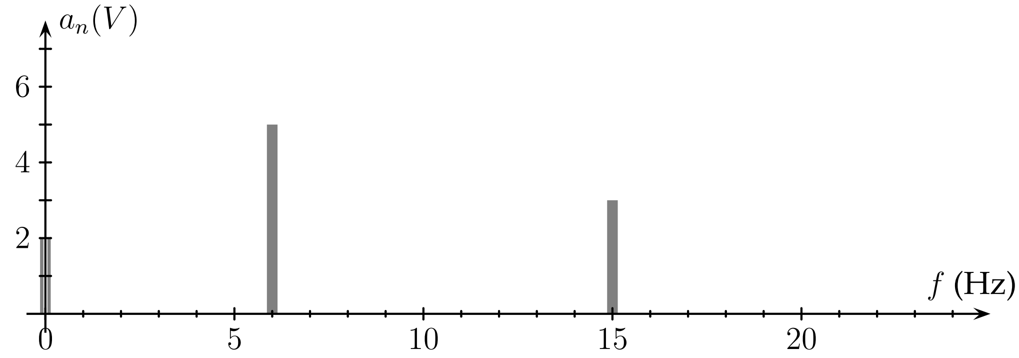
Q29 (b) Calculer la valeur moyenne du signal en fonction de U_0.

Q30 (c) Calculer la valeur efficace du signal en fonction de U_0.

Q31 (d) Quelle valeur Gaston doit-il donner à U_0 pour que son ampoule brille avec la même intensité que lorsqu'il la branche sur le secteur.

Encouragé par ses succès, Gaston poursuit ses études de signaux dans le domaine fréquentiel.

4. On considère un signal $s(t)$ dont le spectre est ci-dessous. Proposer une expression mathé-
Q32 matique, avec des valeurs numériques, pour $s(t)$.



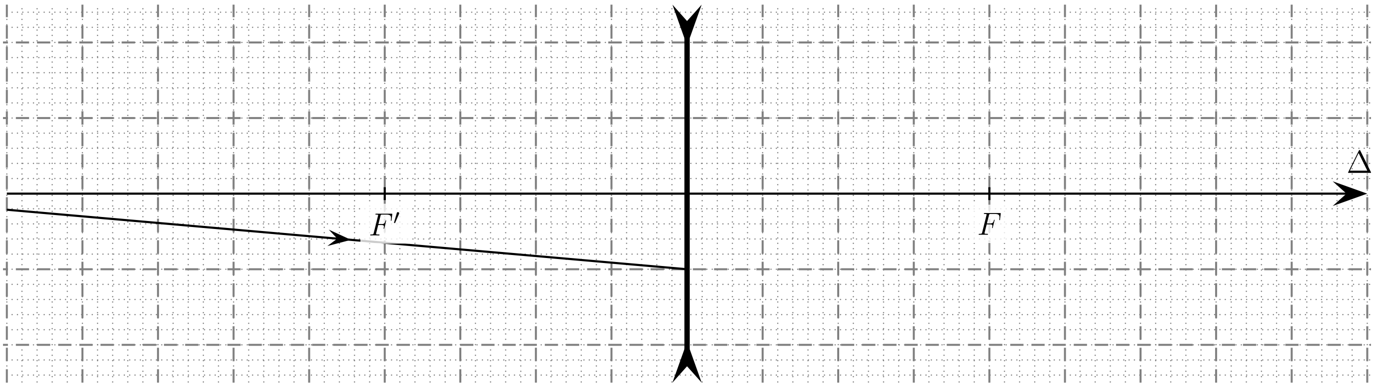
5. On considère un signal sinusoïdal $s(t)$ de fréquence $f = 10$ Hz, d'amplitude $E = 2$ V et de valeur moyenne 1 V. Tracer le graphe temporel de $s(t)$ en précisant l'échelle pour voir
Q33 quelques périodes.

Feuille à compléter et à rendre avec votre copie

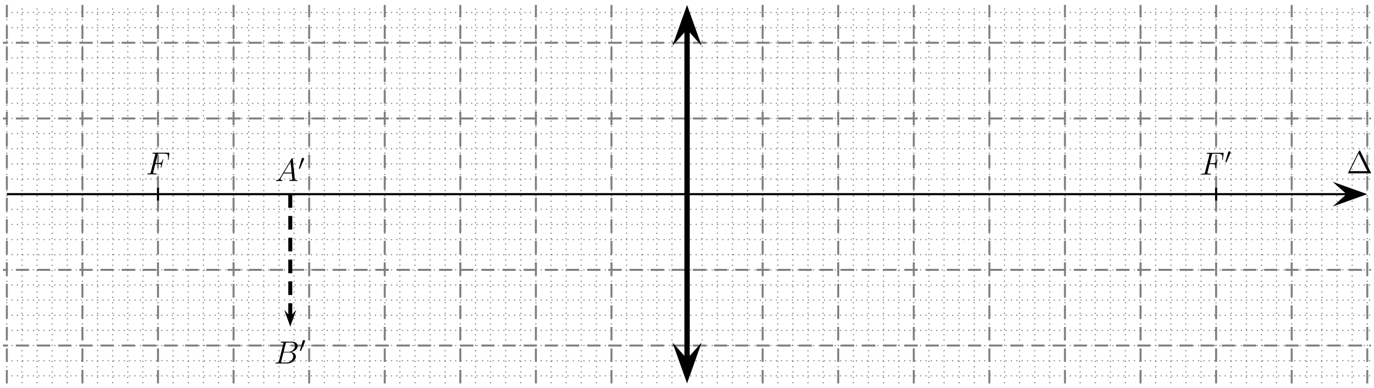
Nom : **Prénom :** **Classe :**

IV. TRACÉS DE RAYON

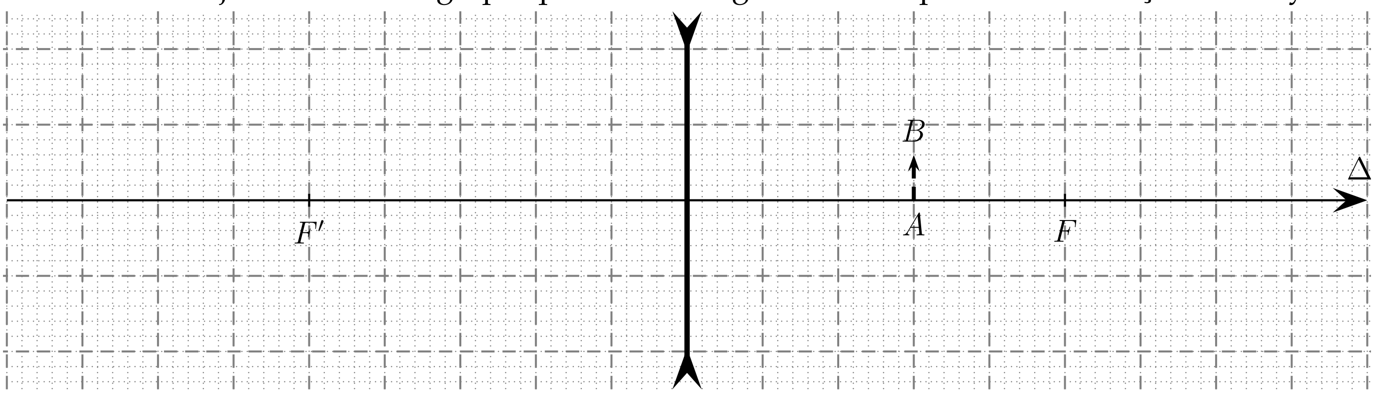
Q34 On considère un rayon arrivant sur la lentille. Représenter le rayon transmis.



Q35 $A'B'$ est une image. Déterminer graphiquement son objet AB par la lentille en traçant des rayons.



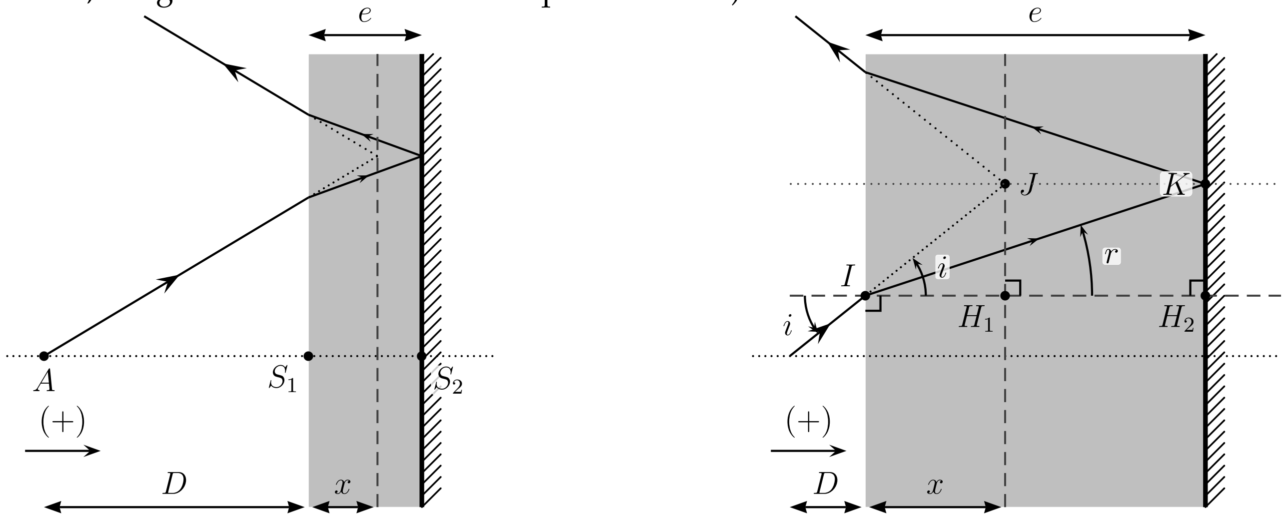
Q36 AB est un objet. Déterminer graphiquement l'image $A'B'$ correspondante en traçant des rayons.



I. Miroir réel

A. Miroir équivalent - Méthode 1

Q1 1. On considère un rayon lumineux issu de A et arrivant vers le miroir avec un angle d'incidence i. Trajectoire représentée ci-dessous à gauche. Le rayon se rapproche de la normale lorsqu'il pénètre dans le verre et s'en éloigne lorsqu'il ressort. (Compte tenu des angles dans le miroir, l'angle "en sortie" est le même qu'en "entrée").



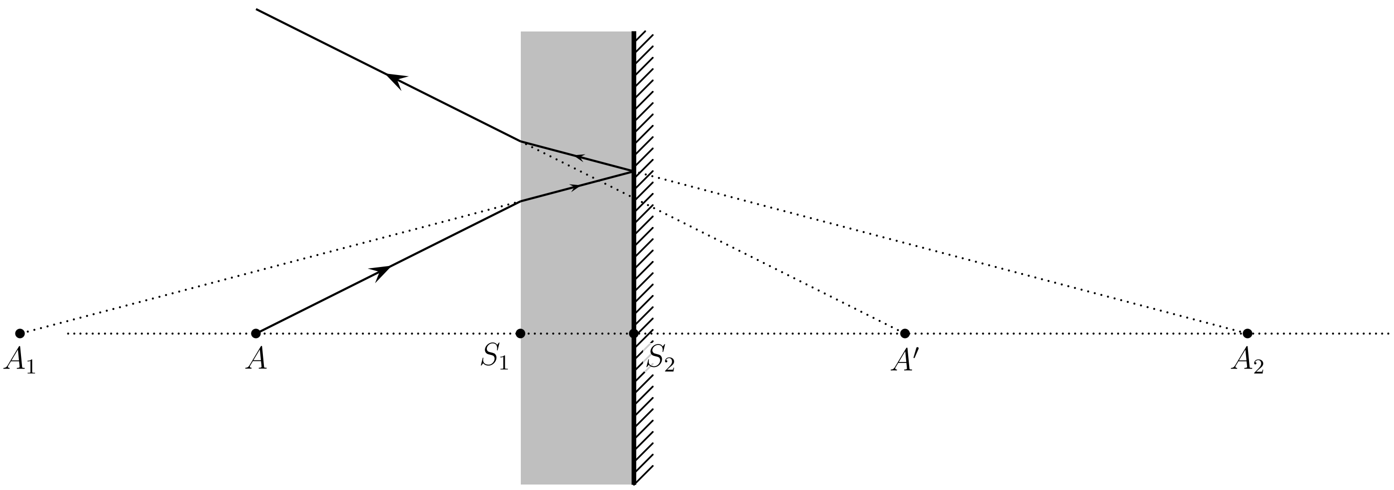
2. D'après les lois de la réflexion, on a une symétrie par rapport à une droite horizontale pour les rayons dans le verre, et donc le rayon arrive sur le dioptre verre-air avec la même inclinaison que celle qu'il avait après avoir passé le dioptre air-verre. Il va donc ressortir symétrique du rayon incident par rapport à une horizontale. D'après les schémas ci-dessus, on peut voir que tout se passe pour le rayon comme s'il se réfléchissait en J sur un miroir
Q2 qui n'aurait pas de verre. On a représenté le miroir équivalent verticalement en pointillé.

3. Compte tenu des symétries, $H_2K = H_1J$, cela donne $e\tan r = x \tan i$ en utilisant les triangles rectangles IH_1J et IH_2K.

De plus la réfraction en I donne $1 \times \sin i = n \sin r$.

Q3 Comme on se place dans l'approximation de Gauss, on peut simplifier les formules précédentes en $er = xi$ et $i = nr$, soit finalement $\boxed{x = \frac{e}{n}}$

B. Miroir équivalent - Méthode 2



Q4 1. On note A_1 l'image de A par le dioptre air/verre, A_2 l'image de A_1 par le miroir plan, et A' l'image de A_2 par le dioptre verre/air. Les points seront sur l'axe optique en pointillé horizontal car on pourrait tracer un rayon parfaitement horizontal qui ne serait pas dévié mais changerait juste de sens après réflexion sur le miroir. Pour placer les points, on se rappelle que l'image par un système optique (lorsqu'elle existe) est l'intersection des rayons émergents. Ici on est obligé de prolonger les rayons émergents, on a donc à chaque fois des images virtuelles.

Pour rappel, les images sont les intersections de<u>**s**</u> rayon<u>**s**</u> émergent<u>**s**</u>, il ne faut pas placer A_1 n'importe où sur le rayon mais bien raisonner avec plusieurs rayons.

Q5 2. L'image A_1 doit vérifier la relation de conjugaison donnée dans l'énoncé : $\boxed{\overline{S_1A_1}/n = \overline{S_1A}/1}$ (on a juste adapté les notations).

Q6 3. Puis A_2 est l'image de A_1 par le miroir, c'est donc le symétrique par rapport à S_2, $\overline{S_2A_2} = -\overline{S_2A_1} = -(\overline{S_2S_1} + \overline{S_1A_1}) = \boxed{e - n\overline{S_1A}}$ (on utilise Chasles et le fait que $e = S_1S_2$).

Q7 4. Enfin, A' est l'image de A_2 par le dioptre plan, on a donc d'après la relation de conjugaison $\overline{S_1A_2}/n = \overline{S_1A'}/1$ soit $\overline{S_1A'} = \frac{1}{n}(\overline{S_1S_2} + \overline{S_2A_2}) = \frac{1}{n}(e + (e - n\overline{S_1A}))$ soit en simplifiant : $\boxed{\overline{S_1A'} = \frac{2e}{n} - \overline{S_1A}}$

5. On considère que deux systèmes optiques sont équivalents s'ils possèdent la même relation de conjugaison.

Q8 Supposons que l'on ait un miroir plan parfait placé en $\overline{S_1S_e} = x$, alors l'image A' de A par ce miroir est telle que $\overline{S_eA} = -\overline{S_eA'} \Leftrightarrow \overline{S_eS_1} + \overline{S_1A} = -\overline{S_eS_1} - \overline{S_1A'} \Leftrightarrow \overline{S_1A} = -2\overline{S_eS_1} - \overline{S_1A'} = 2x - -\overline{S_1A'}$. Compte tenu de la relation précédente, cela correspond si et seulement si $\boxed{x = \frac{e}{n}}$.

Vu la question, on pouvait directement poser $x = e/n$ et vérifier que cela donnait la même relation de conjugaison.

II. ETUDE D'UN TÉLÉOBJECTIF

D'après Petites Mines 2009

A. Objectif standard

Constitué d'une lentille convergente unique de centre O et de focale $f' = 50$ mm.

1. Comme la distance d qui sépare l'objet de la lentille est très grande devant la distance focale de la lentille, on peut considérer que l'objet est à l'infini.

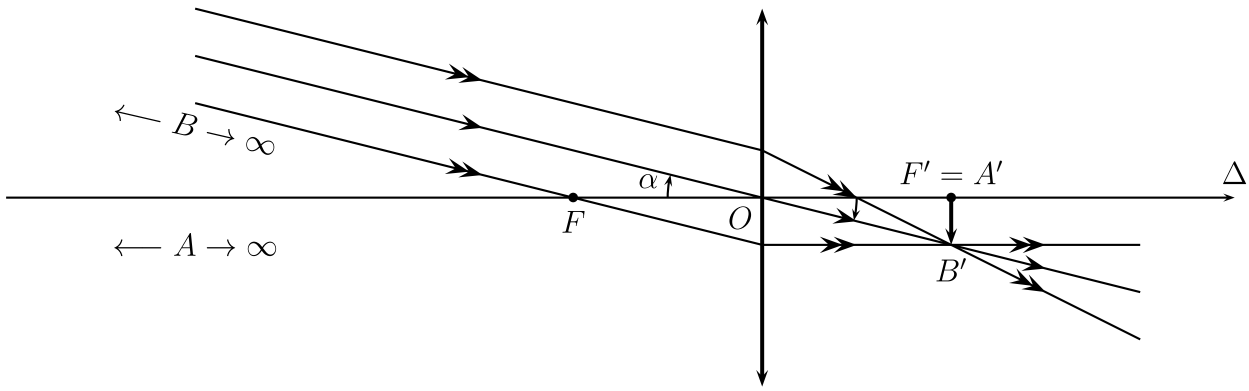
Q9 Son image se forme donc $\boxed{\text{dans le plan focal image de la lentille}}$ situé à la distance f' de cette dernière.

> ***Lisez l'énoncé!!! Beaucoup d'entre vous on ressortit le cours pour dire "il faut que $D \geqslant 4f'$" ... Cela n'a <u>rien à voir</u> (ou presque) avec ce qui était demandé.***

Le "D" de $D \geqslant 4f'$ représente la distance entre l'objet et l'écran, et ici ? est-ce la même chose ? A-t-on bien 2 km $\geqslant 4f' = 200$ mm ?

2. La lentille est considérée comme stigmatique, tous les rayons issus du sommet B de la tour Eiffel située très loin (à l'infini pour la lentille) convergeront en B' son image. On peut ainsi tracer des rayons parallèles provenant de B dont celui passant par O.

Q10



3. On remarque sur la figure que les triangles $(OA'B')$ et (OAB) sont semblables (même angle α) d'où

$$\frac{\overline{AB}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{OA'}} = \tan\alpha \Rightarrow \frac{h}{-d} = \frac{-h_1}{f'} \Rightarrow \boxed{h_1 = \frac{f'}{d}h = 8{,}1\text{ mm}}$$

Q11 L'image de la tour Eiffel sur la pellicule est donc inversée et de faible taille.

B. Réalisation d'un téléobjectif avec une lentille unique

1. D'après l'expression trouvée à la question précédente, la taille de l'image d'un objet lointain et par conséquent le $\boxed{\text{grandissement } \gamma \text{ de l'objectif est proportionnel à } f'}$ la distance focale de l'objectif.

Q12

Il sera donc préférable d'utiliser un objectif à grande focale si on veut percevoir les détails d'un objet lointain.

2. Comme l'objet (tour Eiffel) est toujours considérée l'infini ($d \ll f_0'$), son image se situe toujours dans le plan focal de la lentille d'où un $\boxed{\text{encombrement } \overline{OA'} = \overline{OF'} = f_0' = 200\text{ mm}}$.

Q13

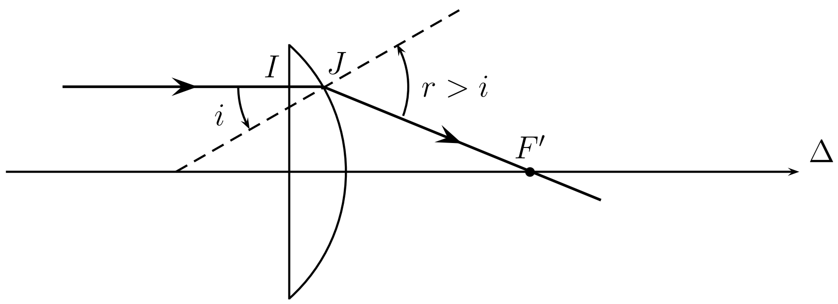
En reprenant directement l'expression obtenue lors de la partie A, on obtient cette fois

$$\boxed{h_2 = \frac{f_0'}{d}h = \frac{f_0'}{f'}h_1 = 4h_1 = 32{,}4\text{ mm.}}$$

> ***Avec les deux questions précédentes, on voit l'intérêt de faire des calculs analytiques. Il faut toujours le faire afin de pouvoir utiliser/analyser/réutiliser les résultats.***

3. La taille de la surface impressionnable conditionne la taille maximale de l'objet à photographier à distance et focale constante. Ainsi, un appareil photo argentique permettra de photographier un champ plus grand qu'un appareil numérique équipé du même objectif.
Q14 Ce dernier sera à utiliser pour un cadrage plus serré.

4. Sur la figure 1. ci-dessous le rayon traverse le dioptre plan en I sans être dévié puisque l'angle d'incidence est nul. Il arrive ensuite en J sur le dioptre sphérique de centre C sous une incidence i. Par application des lois de Snell–Descartes relatives à la réfraction, il reste dans le plan de la figure (plan d'incidence) et $\boxed{\text{s'éloigne de la normale en } J\ (r > i)}$ car il
Q15 passe du verre d'indice n à l'air avec $n_{\text{air}} \simeq 1 < n$.

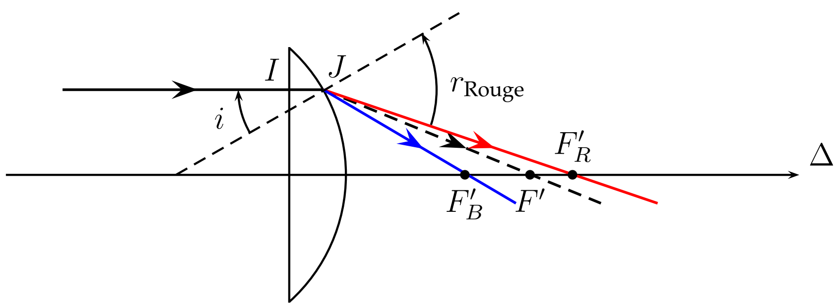


5. Comme le rayon tracé, l'ensemble des rayons qui arrivent parallèlement à l'axe optique
Q16 sont déviés vers l'axe optique donc $\boxed{\text{la lentille est convergente}}$.

6. Le foyer principal F' de la lentille est par définition l'image d'un point situé à l'infini et sur
Q17 l'axe optique Δ. : $\boxed{A_\infty \in \Delta \longrightarrow F'}$. Il est donc à l'intersection de l'axe optique et des rayons arrivant parallèlement à l'axe optique (c'est un point si la système est stigmatique).

Q18 7. On considère qu'il y a bien réfraction en J. Par application de la loi de la réfraction, on a alors $n(\lambda).\sin i = n_{\text{air}}.\sin r \Rightarrow r = \arcsin[n(\lambda).\sin i]$ est une fonction croissante de $n(\lambda)$ (i ne dépend pas de la longueur d'onde car la lumière blanche ne subit pas de changement de direction sur le premier dioptre).

Par ailleurs, d'après la loi de Cauchy, $n(\lambda)$ est une fonction décroissante de λ et $\lambda_{\text{Bleu}} < \lambda_{\text{Rouge}}$ d'où $n_{\text{Bleu}} > n_{\text{Rouge}}$ et finalement $\boxed{r_B > r_R}$.

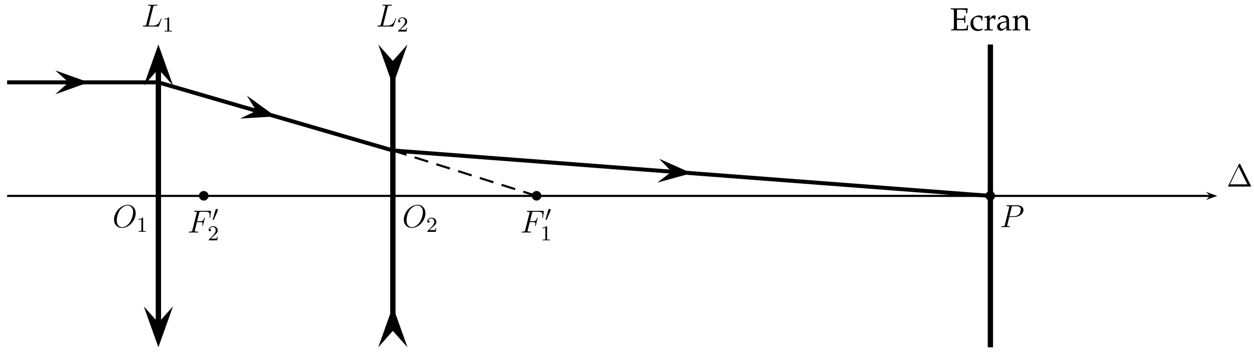


Remarque : Attention au vocabulaire, vous avez été nombreux à dire "n est inversement proportionnel à λ", c'est <u>faux</u> (ce serait $n = cte/\lambda$, ce n'est pas le cas). Le point important et commun à ces deux fonctions, c'est que n est une fonction <u>décroissante</u> de λ. Soyez précis dans les termes que vous employer. Proportionnel n'est pas synonyme de croissant et inversement proportionnel n'est pas synonyme de décroissant.

8. En utilisant une lentille unique à grande focale, une variation, même faible, de $r(\lambda)$ va entrainer l'apparition
Q19 $\boxed{\text{d'aberrations chromatiques}}$ (entre autres) importantes.

C. Réalisation d'un téléobjectif par association de deux lentilles

On utilise maintenant le système suivant :



1. (a) Le point F' de l'axe optique est le foyer principal image du système, image d'un point A_∞ placé à l'infini sur l'axe optique.

On peut résumer cela sous la forme du tableau $A_\infty \xrightarrow{L_1} F'_1 \xrightarrow{L_2} F'$ qui permet

Q20 de comprendre que $\boxed{F' \text{ est simplement l'image de } F'_1 \text{ par la lentille } L_2}$.

On peut alors en déduire la position de F' par application d'une relation de conjugaison (Newton par exemple).

$$\overline{F_2F'_1}.\overline{F'_2F'} = -f'^2_2 \Rightarrow \overline{F'_2F'} = \overline{F'_2O_2} + \overline{O_2O_1} + \overline{O_1F'} = \frac{-f'^2_2}{\overline{F_2O_2} + \overline{O_2O_1} + \overline{O_1F'_1}}$$

$$\Rightarrow -f'_2 - e + \overline{O_1F'} = \frac{-f'^2_2}{-f_2 - e + f'_1} \Rightarrow \boxed{\overline{O_1F'} = \frac{-f'^2_2}{f'_2 - e + f'_1} + f'_2 + e}$$

(b) Si l'objet photographié est très loin (ce qui est le cas de la tour Eiffel), son image finale est dans le plan focal image du système. C'est à cet endroit qu'il faut plaçer la plaque

Q21 photosensible P pour obtenir une image nette sur $A' = F' = P$.

Il faut finalement $\boxed{O_1P = O_1F' = \frac{-f'^2_2}{f'_2 - e + f'_1} + f'_2 + e}$.

L'application numérique donne une valeur très proche de 11 cm (la calculatrice n'était pas autorisée lors du concours), l'encombrement de l'appareil sera alors de $\boxed{11 \text{ cm}}$.

Remarques :

- On pouvait également appliquer la relation de Descartes :

$$\frac{1}{\overline{O_2F'}} - \frac{1}{\overline{O_2F'_1}} = \frac{1}{f'_2} \Rightarrow \boxed{\overline{O_2F'} = \frac{(f'_1 - e).f'_2}{f'_1 - e + f'_2}} \text{ puis } \overline{O_1P} = \overline{O_1O_2} + \overline{O_2F'} \simeq 11 \text{ cm.}$$

- Si l'objet à photographier n'est plus à l'infini son image recule et il faudra éloigner la plaque d'où un encombrement plus grand ou bien entendu un changement d'objectif (mode macro pour un objet très proche).

2. (a) Par application des formules du grandissement pour une lentille $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$ avec AB l'objet et $A'B'$ son image telle que, par application de la relation de conjugaison de Descartes,

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'} \Rightarrow \overline{OA'} = \frac{\overline{OA}.f'}{\overline{OA} + f'} \Rightarrow \gamma = \frac{f'}{\overline{OA} + f'}$$

Ici, comme on a un système de deux lentilles, on doit appliquer la relation à L_1 puis à L_2. En nommant A_1B_1 l'image de la tour Eiffel AB par L_1 et $A'B'$ celle de A_1B_1 par L_2, on peut écrire l'expression du grandissement γ du système sous la forme :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}} \times \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \gamma_2.\gamma_1 = \frac{\overline{O_2A'}}{\overline{O_2A_1}} \times \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} = \frac{f'_2}{\overline{O_2A_1}+f'_2}.\frac{f'_1}{\overline{O_1A}+f'_1}$$

Dans le cas présent, comme A est placé à l'infini, $O_1A = d \gg f'_1$ d'où $\overline{O_1A_1} + f'_1 \simeq \overline{O_1A_1} = -d$.

Pour la même raison, A_1 est confondu avec F'_1 d'où $\overline{O_2A_1} = \overline{O_2F'_1} = \overline{O_2O_1} + \overline{O_1F'_1} = -e + f'_1$.

On en déduit

$$\overline{A'B'} = \gamma.\overline{AB} = \frac{f'_1f'_2}{(f'_1-d)(f'_1-e+f'_2)}\overline{AB} \Rightarrow \boxed{h_3 \simeq \frac{|f'_1.f'_2|h}{d|f'_1-e+f'_2|}}$$

Q22

Q23 (b) L'application numérique donne une valeur proche des $\boxed{34\text{ mm}}$ proposés.

3. Le système constitué des deux lentille permet finalement d'obtenir un $\boxed{\text{grandissement aussi important}}$ équivalent qu'avec une lentille à grande focale (20 cm)

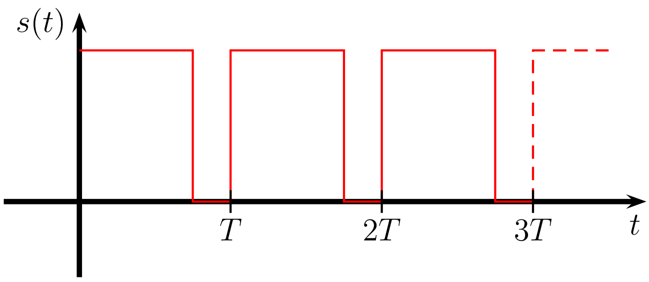
Q24 mais avec un $\boxed{\text{encombrement plus faible}}$ (11 cm au lieu de 20 cm).

III. Valeur efficace

Q25 1. Par définition $\boxed{\langle s(t)\rangle = \frac{1}{T}\int_\tau^{\tau+T} s(t)\,\mathrm{d}t}$ et $\boxed{S_{eff} = \sqrt{\langle s^2(t)\rangle}}$

Q26 2. (a) Pour un signal sinusoïdal, on a la relation : $S_{eff} = \frac{S_m}{\sqrt{2}}$. D'où $\boxed{S_{eff} = 230\text{ V}}$. Pour la démonstration (nécessaire ici), voir le cours (linéarisation du cosinus carré). Ne gardez pas la valeur 325 dans les calculs, faites un calcul analytique !

Q27 (b) Pour mesurer la valeur efficace d'une tension sinusoïdale de valeur moyenne nulle, le multimètre doit être réglé sur la position Volts, en $\boxed{\text{AC}}$ (signal alternatif) ou AC+DC. Le réglage du calibre est souvent automatique pour les tensions.



3. (a)

Q28 Pour une représentation graphique, il ne faut pas oublier d'indiquer les grandeurs en abscisse et en ordonnée.

Q29 (b) La valeur moyenne du signal est : $\langle s(t)\rangle = \frac{1}{T}\int_\tau^{\tau+T} s(t)\,\mathrm{d}t$.

Pour calculer l'intégrale, on peut utiliser deux méthodes :

➢ Calcul direct en décomposant à l'aide de la relation de Chasles : $\langle s(t)\rangle = \frac{1}{T}\int_0^T s(t)\,\mathrm{d}t = \frac{1}{T}\int_0^{\frac{3}{4}T} s(t)\,\mathrm{d}t + \frac{1}{T}\int_{\frac{3}{4}} T^T s(t)\,\mathrm{d}t = \frac{1}{T}\int_0^{\frac{3}{4}T} U_0\,\mathrm{d}t + \frac{1}{T}\int_{\frac{3}{4}} T^T 0\,\mathrm{d}t = \frac{3}{4}U_0 + 0$

➢ Calcul à l'aide de l'interprétation en terme d'aire sous la courbe : c'est l'aire d'un rectangle de largeur $\frac{3}{4}T$ et de hauteur U_0 d'où $\int_\tau^{\tau+T} s(t)\,\mathrm{d}t = \frac{3}{4}U_0 T$ et en divisant par T on a le calcul de la valeur moyenne.

$$\boxed{\langle s(t)\rangle = \frac{3}{4}U_0}$$

Q30 (c) Pour la valeur efficace du signal on cherche $\sqrt{\langle s^2(t)\rangle}$. Or $s^2(t)$ est un signal valant U_0^2 de 0 à $\frac{3}{4}T$ et 0 de $\frac{3}{4}T$ à T. Soit exactement le même calcul que ci-dessus en remplaçant U_0 par U_0^2 d'où le résultat $\langle s^2(t)\rangle = \frac{3}{4}U_0^2$ et en prenant la racine : $\boxed{s_{\text{eff}} = \frac{\sqrt{3}}{2}U_0}$

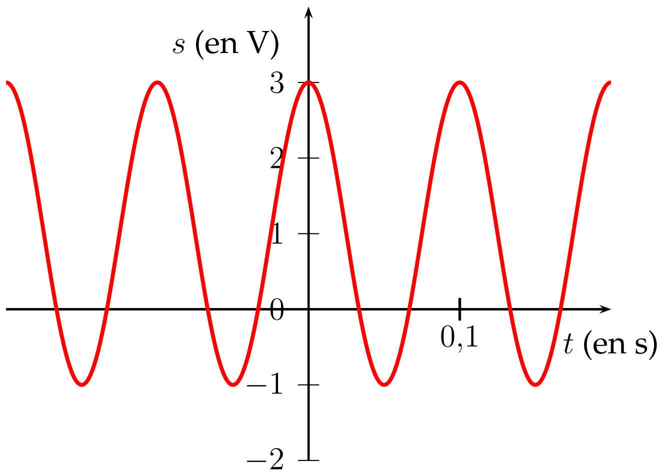
Q31 (d) Pour briller avec la même intensité, l'énoncé indique que la valeur efficace doit être la même ici (il y a en fait des subtilités lorsque i et u sont déphasés). d'où $\frac{\sqrt{3}}{2}U_0 = U_{\text{eff,secteur}} = \frac{S_m}{\sqrt{2}} \Rightarrow U_0 = \boxed{\frac{2}{\sqrt{3}}U_{\text{eff,secteur}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}S_m = 265\ \text{V}}$.

4. À chaque pic correspond un cosinus dont la fréquence est l'abscisse et l'amplitude est l'ordonnée. Le premier pic à $f = 0$ correspond à la valeur moyenne

Q32 $\boxed{s(t) = 2 + 5\cos(2\pi \times 6 \times t) + 3\cos(2\pi \times 15 \times t) \text{ avec } s \text{ exprimé en V et } t \text{ en s}}$.

Remarque : on peut ajouter une phase dans chacun des deux cosinus si l'on souhaite car cette information n'apparait pas sur le spectre, mais pas pour la constante (sinon on change la valeur de la constante).

Q33 5. Graphe temporel de $s(t)$:



IV. Tracé de rayon

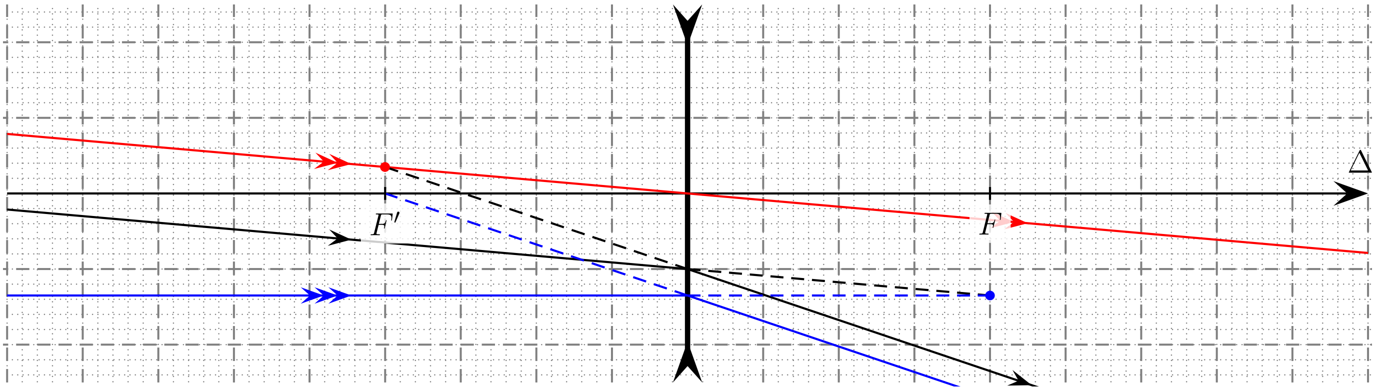
Remarque : Comme toujours il faut $\boxed{\text{justifier}}$ ses réponses. Ici, on peut mettre du texte, mais il faut surtout laisser les traits de constructions et respecter la convention :

➢ traits pleins = "vrais" rayons, orientés selon l'axe optique

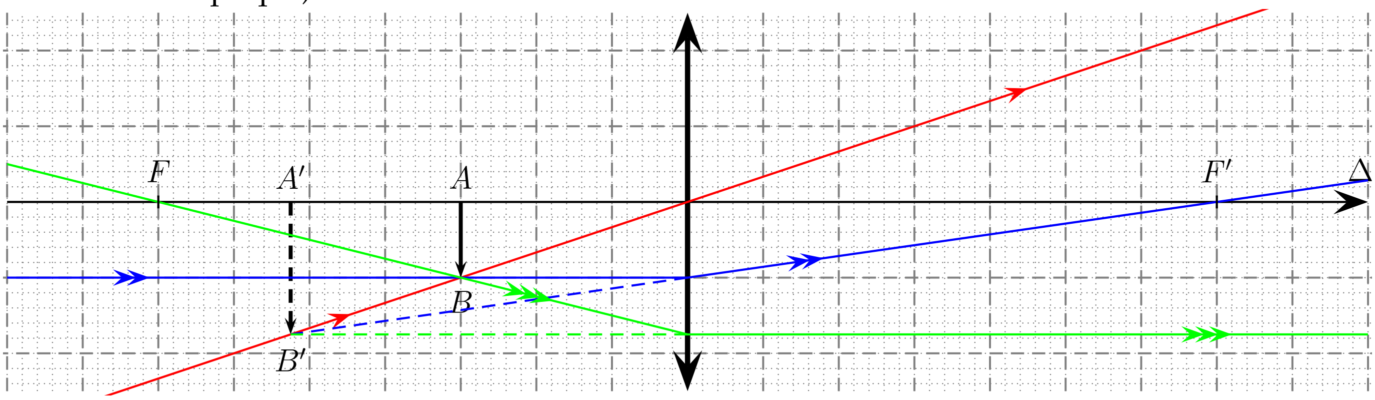
➢ traits en pointillés = prolongement des rayons pour trouver les objets ou images virtuels.

Penser à vérifier la cohérence entre le côté convergent / divergent de la lentille et le fait que le rayons soit rabattus vers l'axe ou non.

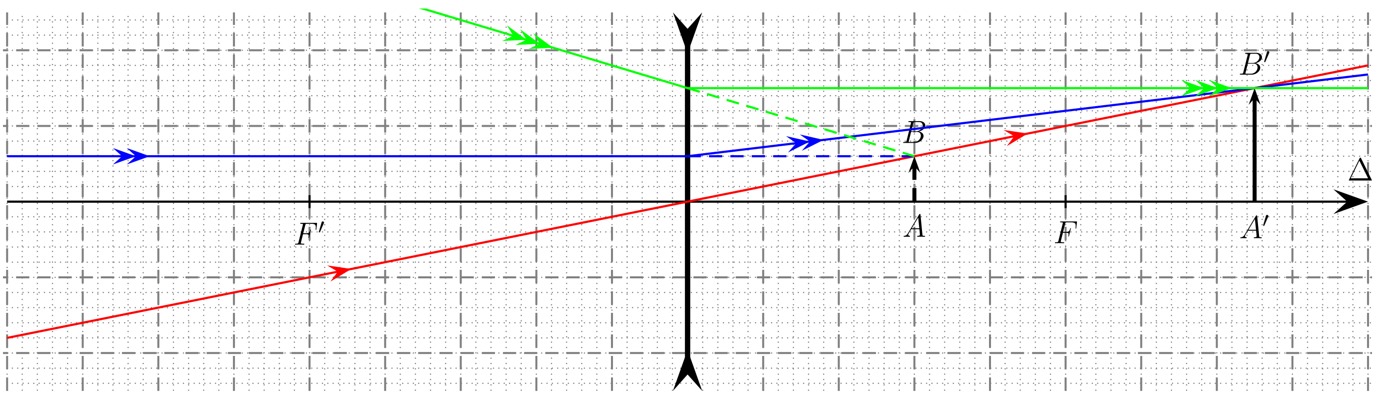
1er tracé : On peut utiliser des foyers secondaires objets ou images. Ici le rayon rouge (2 flèches) arrive parallèle et correspond donc au même foyer secondaire image (virtuel, à gauche) et le rayon bleu (3 flèches) correspond au même foyer secondaire objet (et ressort en passant par F' car
Q34 parallèle à l'axe, et parallèle à celui qui nous intéresse car même foyer secondaire objet).



2e tracé : $A'B'$ est une image, il faut donc faire des rayons émergents qui "semblent" provenir de B', puis tracer les rayons incidents correspondant et leur intersection donne l'objet. Pour plus de précision/sécurité, faites les trois rayons faciles (qui émergent en passant par O, par F', et
Q35 parallèle à l'axe optique).



3e tracé : AB est un objet virtuel, il faut faire des rayons incidents qui passeraient par B si la lentille n'était pas présente (l'axe optique est toujours orienté vers la droite, l'objet est en pointillé, les rayons viennent donc de la gauche). Pour plus de précision/sécurité, faites les trois rayons faciles (qui arrivent en passant par O et B, par F et B, et parallèle à l'axe optique passant/semblant
Q36 passer par B).



B'
B
Δ
F'
A
F
A'