Devoir Surveillé de Physique n°1

Thème : Optique - Durée : 3h

Consignes :

- ⋆ Les calculatrices sont interdites.
- ⋆ **Les expressions littérales sont à encadrer et les applications numériques à souligner**.
- ⋆ **Une application numérique sans unité sera considérée fausse**.
- ⋆ Si vous constatez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, indiquez le sur votre copie. Vérifiez tout de même que l'erreur ne provient pas de vous (homogénéité, ordre de grandeur, etc.).
- ⋆ Les parties peuvent être traitées de manière indépendante et dans l'ordre que vous voulez. Cependant, les questions devront être restituées dans l'ordre sur votre copie : il faudra donc savoir gérer les espaces si vous sautez des questions.
- ⋆ Les simplifications ou remaniements d'équations n'intéressent pas votre correcteur (une succession de signes égal en est l'emblème), pensez à faire ces calculs sur un brouillon et à ne mettre que l'essentiel sur votre copie (invocation d'un **théorème**, d'une **propriété**, d'une **définition**, d'une **hypothèse** : les éléments physiques concrets en fin de compte).

Pour gagner des points supplémentaires :

- \+ La réalisation de schémas soignés accompagnant le propos pourra être valorisé.
- \+ Les commentaires sur les valeurs numériques seront appréciés et éventuellement valorisés.

Ce qui vous fera perdre des points :

- Une réponse non justifiée : ne pas expliciter les hypothèses, définitions, propriétés et théorèmes employés conduira à un malus.
- Un résultat non homogène conduira à un malus. Pour annuler ce malus, remarquez ce type erreur en en faisant mention sur votre copie ("je remarque que mon résultat n'est pas homogène mais je n'en trouve pas la cause") ou corrigez-vous.
- Manipuler des équations en remplaçant les symboles des grandeurs par des valeurs numériques conduira à un malus. Ce n'est uniquement au moment de l'application numérique que vous devez utiliser les valeurs numériques.

1 Analyse dimensionnelle (10 min)

La pulsation plasma ω_p est une grandeur caractérisant les plasmas et qui dépend de la masse d'un électron m, de sa charge e, de la densité particulaire électronique n_e (nombre d'électrons par unité de volume) et de la permitivité diélectrique du vide ε_0.

1. ε_0 intervient dans l'expression de la force de Coulomb F entre deux charges ponctuelles e situées à une distance d :

$$F = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 d^2}.$$

En déduire l'unité de ε_0 dans le système international.

La formule $I = dq/dt$ à connaître permet de trouver la dimension d'une charge $\dim(e) = I.T$. Une force est homogène à une masse multiplié par une accélération (penser au poids ou à la seconde loi de Newton) soit [F] = kg.m.s^{-2}. On en déduit $[\varepsilon_0] = \text{kg}^{-1}.\text{m}^{-3}.\text{s}^4.\text{A}^2$

/1 Formule $I = dq/dt$,
/2 unité de ε_0.

2. Sachant que la pulsation plasma est homogène à une fréquence, déterminer une expression possible pour ω_p en fonction des grandeurs proposées à l'aide d'une équation aux dimensions.

D'après l'énoncé $\dim(\omega_p) = \dim\left(e^\alpha \varepsilon_0^\beta n_e^\gamma m^\delta\right)$. Sachant que $\dim(\omega_p) = 1/T$, que $\dim(n_e) = L^{-3}$ et que $\dim(\varepsilon_0) = M^{-1}.L^{-3}.T^4.I^2$, nous pouvons écrire l'équation aux dimensions suivante : $T^{-1} = (I.T)^\alpha (M^{-1}.L^{-3}.T^4.I^2)^\beta (L^{-3})^\gamma M^\delta$,, soit après avoir regroupé les termes :

$$T^{-1} = T^{4\beta+\alpha}.M^{-\beta+\delta}.L^{-3\gamma-3\beta}.I^{\alpha+2\beta}.$$

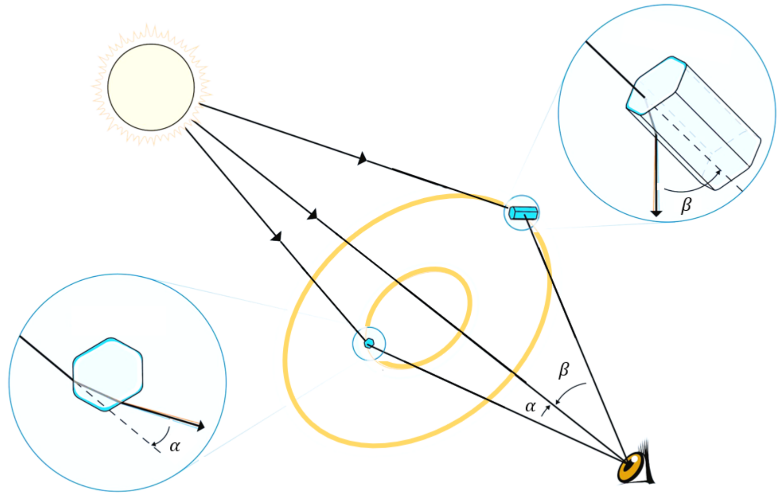
On obtient un système d'équations à résoudre, dont voici l'unique solution : $\beta = \delta = -\gamma = -\alpha/2 = -1/2$. Nous obtenons une expression de ω_p avec k une constante adimensionnée : $\omega_p = k\sqrt{\dfrac{n_e e^2}{m\varepsilon_0}}$

/0,5 $\dim(\omega_p) = 1/T$,
/0,5 $\dim(n_e) = L^{-3}$,
/1 Écriture de l'équation aux dimensions (avec des inconnues pour exposants).
/1 Expression $\omega_p = k\sqrt{\dfrac{n_e e^2}{m\varepsilon_0}}$

2 Halos (30 min)

Des cercles lumineux peuvent apparaître autour du Soleil portant le nom de halos lorsque les conditions météorologiques le permettent (figure gauche). La présence de cristaux de glace de forme hexagonale est à l'origine du phénomène.
Deux cercles apparaissent à l'observateur écarté du soleil d'un angle noté α et β dans l'exercice (figure droite). Ces angles correspondent

à des angles de dit de "déviation minimale" de la lumière à travers les cristaux : l'observateur constate une surintensité lumineuse dans cette direction.



La figure (a) montre un rayon dévié par un cristal de section hexagonale régulière ($A_1 = 120°$) et la figure (b) envisage la déviation par un cristal dont deux faces adjacentes forment un angle $A_2 = 90°$.
L'indice optique de la glace est $n = 1{,}31$. L'indice de l'air sera pris égal à 1.

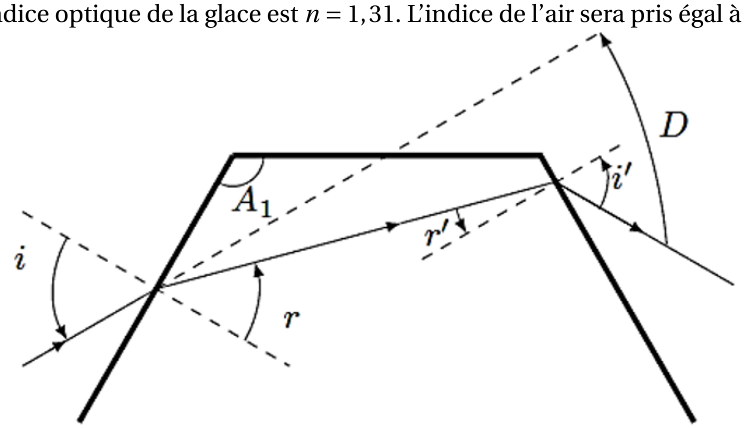


Figure (a)

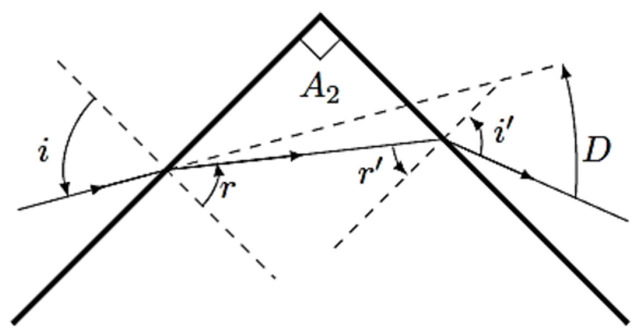


Figure (b)

3. Rappeler les lois de Snell-Descartes en vous aidant d'un schéma.

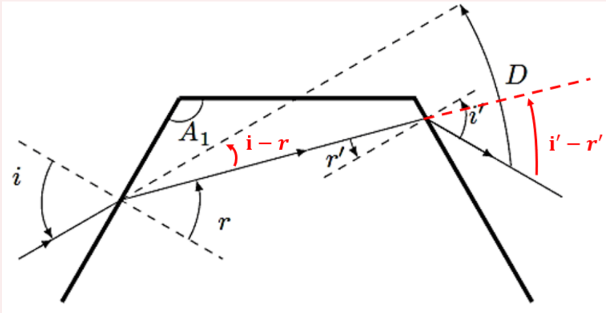
/0,5 2 lois,
/0,5 plan d'incidence,
/0,5 formule réflexion/réfraction,
/0,5 indices et angles schématisés (orientés ou non) en correspondance avec les lois énoncées.

4. Écrire les relations liant i et r d'une part, i' et r' d'autre part.

Pour les deux figures, l'angle i représente l'angle que fait le rayon incident avec la normale au dioptre, et r l'angle que fait le rayon réfracté dans le cristal et la normale au dioptre. En appliquant la loi de Snell-Descartes sur la réfraction : $\boxed{\sin(i) = n\sin(r)}$. On applique le même raisonnement pour trouver une relation entre les angles r' et i' : $\boxed{\sin(i') = n\sin(r')}$

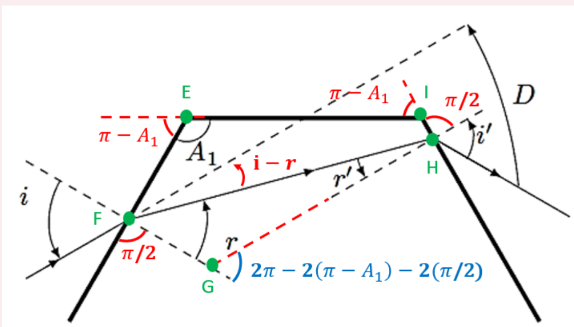
/0,5 $\sin(i) = n\sin(r)$,
/0,5 $\sin(i') = n\sin(r')$.

5. Montrer géométriquement que l'angle de déviation D défini sur les schémas peut s'écrire $D = i + i' - r - r'$ dans les deux cas.



/1 schémas faisant apparaître $i - r$ et $i' - r'$ comme sur la figure ci-contre.

6. Montrer géométriquement que la somme $r + r'$ est une constante s'exprimant en fonction uniquement des angles A_1 ou A_2 selon le cas.



Les points EFGHI délimitent un pentagone. Pour trouver l'angle $\widehat{FGH}$ nous pouvons utiliser le fait que la somme des angles extérieurs à la figure doit faire 2π. Nous obtenons l'angle écrit en bleu, et nous pouvons en déduire $\widehat{FGH} = 2\pi - 2A_1$. Puis, en faisant la somme des angles du triangle FGH : $\boxed{r + r' = 2A_1 - \pi}$ A.N. $r + r' = 60° = \pi/3$ rad.

Pour la figure b on peut montrer par un schéma que $\boxed{r + r' = \pi - A_2}$ A.N. $r + r' = 90° = \pi/2$ rad.

/1 schémas faisant apparaître l'angle $\widehat{FGH}$ en prolongeant la normale au dioptre droit sur le dessin d'origine.

/2 Expressions de la somme $r + r'$ en fonction de A_1 et A_2, moitié des points si l'application numérique est faites sans avoir donné la formule (ce n'était pas demandé dans la question!!).

7. On peut montrer que le minimum de déviation (défini lorsque $\frac{\mathrm{d}D}{\mathrm{d}i} = 0$) est obtenu pour $i = i'$. Exprimer l'angle de déviation minimal α et β en fonction des angles A_1 ou A_2 et de l'indice n. Aide : montrer que $i = i'$ implique $r = r'$ et utiliser la relation géométrique pour déterminer la valeur de r.

Si $i = i'$ alors $n\sin(r') \underbrace{=}_{Q4} \sin(i') \underbrace{=}_{i=i'} \sin(i) \underbrace{=}_{Q4} n\sin(r)$, donc $r = r'$ (car r et r' sont compris entre 0 et $\pi/2$ sinon il y aurait plus de solutions).
D'après la réponse à la question précédente et le fait que $r + r' = 2r$ pour le minimum de déviation,
pour le cas (a) $r = A_1 - \pi/2$ et $i = \arcsin[-n\cos(A_1)]$, soit, en utilisant la notation $D = \alpha$ pour ce minimum de déviation, $\boxed{\alpha = 2\arcsin[-n\cos(A_1)] - 2A_1 + \pi}$
pour le cas (b) $r = \pi/2 - A_2/2$ et $i = \arcsin[n\cos(A_2)]$,soit, en utilisant la notation $D = \beta$ pour ce minimum de déviation, $\boxed{\beta = 2\arcsin[n\cos(A_2/2)] - \pi + A_2}$

/1 Utilisation des lois de S.D. de la question 4 pour montrer que $r = r'$,

/1 expressions de r et i,

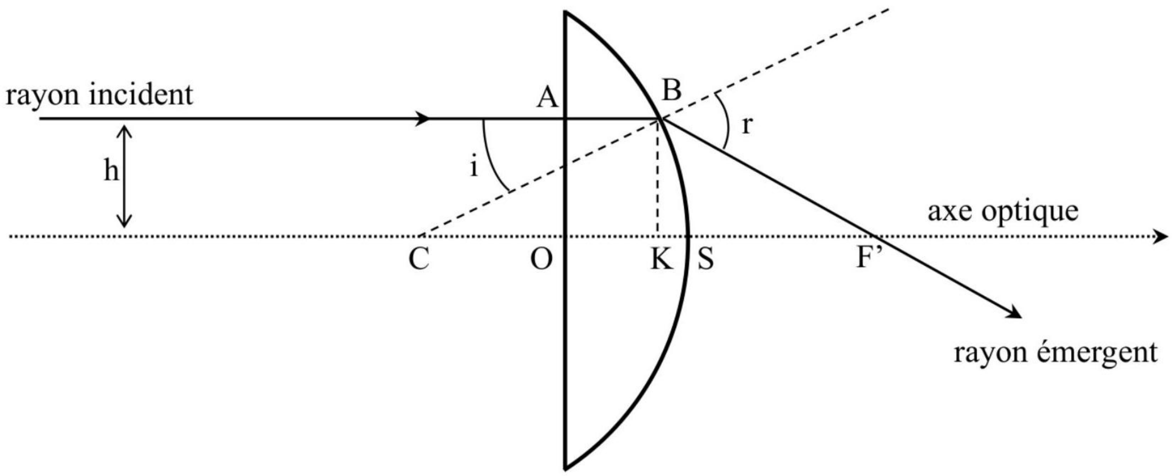
/2 expressions de α et β en fonction de A_1, A_2, n.

8. Retrouver à l'aide des formules précédentes, les valeurs 22° et 46° associés aux angles α et β respectivement. Aide aux calculs : $\arcsin(1,31/\sqrt{2}) = 68,0°$, $\arcsin(1,31/2) = 40,9°$.

/2 Appliquer les formules (sans magiquement retomber sur le bon résultat) en faisant apparaître les étapes de calcul $\cos(A_1) = \cos(2\pi/3) = -1/2$ et $\cos(A_2/2) = \cos(\pi/4) = 1/\sqrt{2}$

3 Retrouver les propriétés des lentilles (30 min)

Les propriétés optiques des lentilles viennent de leur forme géométrique. Pour en proposer une explication, on considère une lentille plan-convexe (ci-dessous) constituée d'un verre d'indice n. L'indice de l'air ambiant est égal à 1. La partie sphérique de la lentille est une portion de sphère de centre C et de rayon $R = CB$. L'épaisseur de la lentille au centre est $e = OS$. On considère un rayon incident parallèle à l'axe optique, à une distance h de celui-ci. Ce rayon pénètre dans la lentille en A et est réfracté en B. On note i et r les angles incident et réfracté, comptés par rapport à la normale (CB). Le rayon émergent coupe l'axe optique en F'. On note K le projeté orthogonal de B sur l'axe optique.



9. Montrer que la distance CK est $CK = R\cos i$. En déduire l'expression de KS.

L'angle $\widehat{BCK} = i$ (car le rayon incident est parallèle à l'axe optique) et le triangle BCK est rectangle en K (car K projeté orthogonal de B sur l'axe optique). $\cos(i) = CK/CB$ et $CB = R$ par définition : on obtient la formule demandée. Comme $CS = R$, on a $\boxed{KS = R(1-\cos(i))}$

/0,5 Repérer l'angle i dans le triangle BCK (schéma ou justification écrite du rayon parallèle à l'axe)
/0,5 Justifier que le triangle est rectangle
/0,5 Utiliser la définition de R.
/0,5 $KS = R(1-\cos(i))$

10. Montrer que la distance KF' peut se mettre sous la forme :

$$KF' = \frac{R\sin i}{\tan(r-i)}$$

En s'aidant d'un schéma (prolonger le rayon incident sous forme de pointillés et regarder l'angle fait entre la droite BF', et les deux parallèles (rayon incident et axe optique)) : $\widehat{KF'B} = r - i$. La tangente de cet angle introduit la quantité recherchée KF' ainsi que le côté BK. Ce dernier peut être exprimé à l'aide du sinus de l'angle $\widehat{BCK}$, égal à BK/R. On en déduit la relation proposée.

/1 schéma ou explication de l'expression de l'angle $\widehat{KF'B}$.
/1 Utilisation du triangle BCK pour déterminer BK.

11. Enfin, montrer que la distance OF' peut se mettre sous la forme :

$$OF' = e - R(1-\cos i) + \frac{R\sin i}{\tan(r-i)}$$

Utiliser les relations précédentes et la définition de e et l'injecter dans la relation (Chasles) : $OF' = OS - KS + KF'$

/1 Utilisation des relations précédentes + définition de e.

12. Rappeler la définition du stigmatisme rigoureux.
La lentille constitue-t-elle un système rigoureusement stigmatique ? Justifier à l'aide de la formule ci-dessus.

Un point objet admet un unique point image. La lentille n'est pas rigoureusement stigmatique puisqu'un point objet à l'infini sur l'axe optique produit un ensemble de points image sur l'axe optique F' car OF' dépend de i d'après la question précédente alors qu'elle devrait en être indépendante.

/0,5 définition,
/0,5 dépendance en i de OF'

13. Dans le cas de la lentille mince ($e \ll R$) dans les conditions de Gauss ($i \ll 1\text{rad}$, $r \ll 1\text{rad}$), donner une expression approchée de la distance OF' en fonction de R et de n. On utilisera les approximations, valable pour tout $x \ll 1\text{rad}$: $\cos x \simeq 1$, $\sin x \simeq x$ et $\tan x \simeq x$. Commenter.

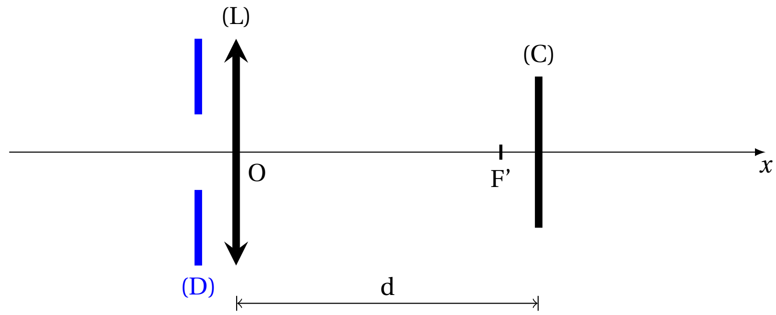
En faisant les approximations proposées : $\mathrm{OF}' \simeq e - R(1-1) + \dfrac{Ri}{r-i}$. Or $ni \simeq r$ (Snell-Descartes et rayons paraxiaux), donc $\mathrm{OF}' \simeq \dfrac{R}{n-1}$ ($e \ll R$). Dans ces conditions, OF' est indépendant de i, le système est approximativement stigmatique pour ce couple de points (objet à l'infini sur l'axe, foyer image).

/1 $ni \simeq r$,
/1 résultat,
/1 commentaire sur le stigmatisme.

4 L'appareil photographique (1h40)

4.1 Objet et image

On modélise un appareil photo (figure ci-dessous) par l'association d'une lentille mince (L) de focale $f' = \overline{OF'}$ appelée "objectif", d'un capteur (C) sur lequel on souhaite récupérer l'image et d'un diaphragme (D) placé devant la lentille.



La distance d entre la lentille (L) et le capteur (C) est réglable, grâce à un mécanisme lié à l'objectif; elle est comprise entre $d_{\min}$ et $d_{\max}$.
À l'aide de cet appareil, on souhaite former sur le capteur l'image d'un arbre de hauteur h situé à une distance L devant l'objectif.
Rappel : l'objet AB et l'image $A'B'$ donnée par la lentille mince de centre O et de foyers principaux F (objet) et F' (image) dans les conditions de Gauss sont liés par les relations :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}, \quad \gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

14. La lentille mince est utilisée dans les "conditions de Gauss". Préciser en quoi elles consistent.

Utiliser une lentille mince dans les conditions de Gauss correspond à éclairer celle-ci avec des rayons paraxiaux, c'est-à-dire peu éloignés et peu inclinés par rapport à l'axe optique de la lentille.

/1 Rayons paraxiaux.

15. Quelle partie de l'appareil permet d'assurer que ces conditions sont remplies? Dire ce que ces conditions permettent.

Le diaphragme va limiter les rayons trop inclinés ou très éloignés de l'axe. Ces conditions permettent le stigmatisme et aplanétisme approché de l'appareil.

/0,5 diaphragme
/0,5 stigmatisme et aplanétisme

16. Faire un schéma soigné de la situation en notant AB l'objet et $A'B'$ son image sur le capteur (A est sur l'axe et AB appartient à un plan orthogonal à l'axe). Positionner les foyers principaux et tracer au moins deux rayons lumineux issus de B pour justifier la position de l'image $A'B'$.

cf feuille de TD : un objet réel donne une image réelle à travers la lentille convergente. Le capteur est situé sur l'image.

/0,5 Présence des foyers, convention lentille convergente,
/0,5 Tracé des rayons.

17. Exprimer la distance $d = \overline{OA'}$ en fonction de f' et L.

En utilisant la relation de conjugaison de Descartes et en utilisant les notations de l'énoncé : $\dfrac{1}{d} + \dfrac{1}{L} = \dfrac{1}{f'}$, soit $d = \dfrac{Lf'}{L-f'}$

/0,5 Utilisation de la relation de conjugaison et des notations de l'énoncé,
/0,5 $d = \frac{Lf'}{L-f'}$

18. Exprimer le grandissement γ en fonction de f' et L. En déduire ensuite la taille $A'B'$ de l'image de l'arbre sur le capteur en fonction de h, f' et L.

$\gamma = -\frac{f'}{L - f'}$ (distance algébrique négative pour $\overline{OA}$). On en déduit que $\overline{A'B'} = -\frac{hf'}{L - f'}$ (- => image retournée).

/0,5 $\gamma = -\frac{f'}{L - f'}$,
/0,5 $\overline{A'B'} = -\frac{hf'}{L - f'}$ moitié des points si le signe a été oublié.

19. Calculer cette taille avec $f' = 50$ mm, $h = 5{,}0$ m et $L = 20$ m.

$L - f' \simeq L$ avec deux chiffres significatifs. $\gamma \simeq -2{,}5 10^{-3}$ soit $\overline{A'B'} \simeq -1{,}3$ cm avec deux chiffres significatifs.

/0,5 - 1,25 cm
/0,5 2 chiffres significatifs

20. Quelle est la valeur de d lorsque l'objet est à l'infini ?

L'image d'un objet à l'infini à travers une lentille est située dans le plan focal image de celle-ci, la distance d correspond donc à la distance focale image f'

/1 $d = f'$

21. Montrer qu'il existe une distance limite notée L_{min} en dessous de laquelle il ne sera pas possible d'obtenir une image sur le capteur, alors que ce serait toujours possible pour des valeurs supérieures à L_{min}. Exprimer L_{min} en fonction de f' et d_{max}.

En approchant l'objet sur le plan focal objet de la lentille par exemple, l'image obtenue serait située à l'infini : le capteur ne peut pas être à cette distance. Il existe une distance d maximale du capteur à la lentille (dû à des problèmes d'encombrement du dispositif) qui entraîne une distance minimale de l'objet à la lentille. En utilisant la relation de conjugaison : $L_{\text{min}} = \frac{d_{\text{max}} f'}{d_{\text{max}} - f'}$.
Il est toujours possible d'observer des objets situés entre L_{min} et l'infini si le plan focal image de la lentille fait partie d'une position possible pour le capteur. ($d_{\text{min}} \leq f'$)

/1 $L_{\text{min}} = \frac{d_{\text{max}} f'}{d_{\text{max}} - f'}$,
/1 $d_{\text{min}} \leq f'$

22. Calculer L_{min} pour $f' = 50$ mm et $d_{\text{max}} = 55$ mm.

/1 $L_{\text{min}} = 55$ cm

4.2 Influence de la focale

On souhaite obtenir une image de l'arbre sur le capteur plus grande sans changer de place (donc en gardant la même valeur pour L). On change donc l'objectif et on le remplace par un objectif de focale $f'_1 = 100$ mm. La distance d est toujours réglable mais les valeurs d_{min} et d_{max} sont différentes des valeurs précédentes.

23. Quelle sera la taille de l'image de l'arbre sur le capteur ?

On utilise la relation trouvée précédemment, $\overline{A'B'} = -\frac{hf'}{L - f'}$, en remplaçant f' par 100 mm. $\overline{A'B'} = -2{,}5$ cm

/1 $\overline{A'B'} = -2{,}5$ cm

24. Si on suppose que le capteur a pour dimensions : 24 mm × 36 mm, sera-t-il possible de voir l'arbre en entier sur la photo obtenue ?

Oui pour ce qui concerne la dimension verticale de l'arbre en plaçant l'appareil en mode portrait.

/1 Oui en mode portrait.

25. L'objectif utilisé est appelé "téléobjectif" ou "objectif de longue focale". Sur un site internet dédié à la photographie, on peut lire que ce genre d'objectif "rapproche les objets". Commenter cette phrase en indiquant la part de vérité ou d'inexactitude qu'elle contient.

Plus la distance focale est grande, plus l'image formée sur le capteur est grande à distance du sujet égal. L'objet est donc vu plus grand même si la distance à l'objet reste fixe. L'objet n'est pas rapproché mais agrandi.

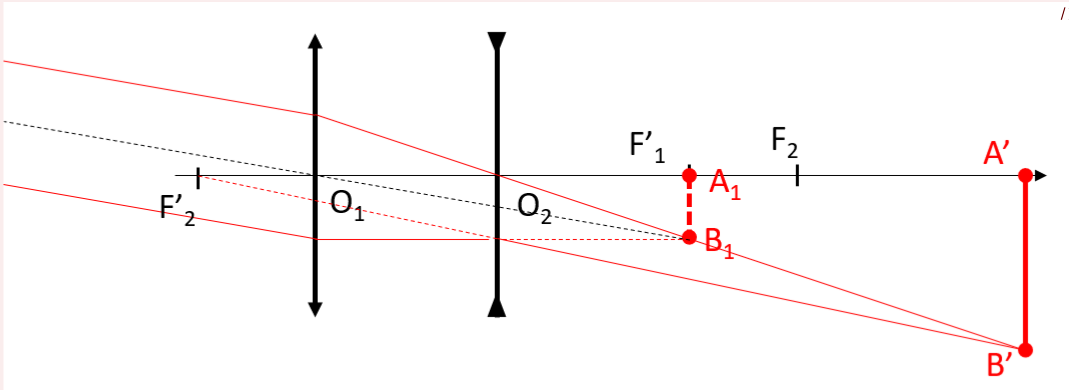
/1 Agrandir ne veut pas dire rapprocher.

4.3 Téléobjectif

On souhaite maintenant réaliser un téléobjectif en utilisant deux lentilles : une lentille (L1) convergente et une lentille (L2) divergente, séparées par une distance e. La distance L entre (L1) et l'arbre n'a pas changé.
La lentille (L1), de focale f'_1, donne de l'arbre AB une image intermédiaire A_1B_1 qui joue le rôle d'objet pour la lentille (L2), de focale f'_2, qui en donne une image finale $A'B'$.

26. Étant donné que $L \gg f'_1$, où se situe approximativement le point A_1 ? On admet pour l'instant que $\overline{O_2A_1} > 0$. Exprimer alors $\overline{O_2A_1}$ en fonction de f'_1 et e.

Le point A_1 se retrouve confondu avec le point focal image de (L1) ($d = Lf_1'/(L - f_1') \simeq Lf_1'/L = f_1'$). En faisant un schéma : $\overline{O_2 A_1} = -e + f_1'$

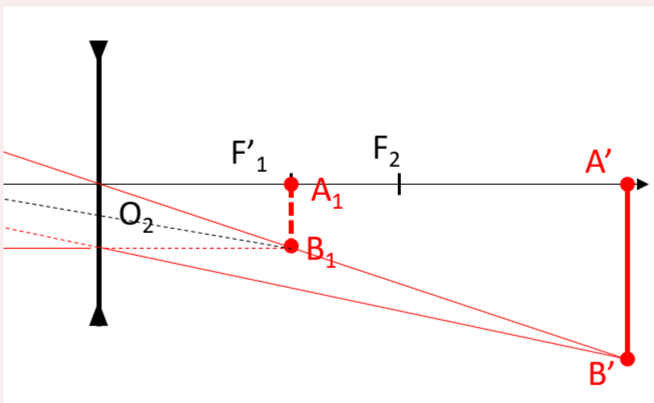


/1 A_1 confondu avec F_1'

/1 $\overline{O_2 A_1} = -e + f_1'$

/1 schéma où les lentilles sont placées ainsi que l'image intermédiaire (pas besoin des rayons à cette étape).

27. On considère dans cette question une lentille divergente seule. On place un objet $A_1 B_1$ virtuel entre le centre O de cette lentille et son foyer objet F. Faire un schéma sur lequel vous tracerez deux rayons particuliers qui permettent de construire l'image $A'B'$ de $A_1 B_1$.



/0,5 Rayons de construction en pointillés

/1 tracé correct

On admet pour la suite que le seul cas où l'image formée par une lentille divergente est réelle est lorsque l'objet est entre O et F comme ci-dessus.

28. On revient au téléobjectif. L'image $A'B'$ doit être réelle (sur le capteur). En déduire où doit se situer l'image intermédiaire $A_1 B_1$, puis que la distance e entre les centres des deux lentilles doit être située dans une plage de valeurs bien précise. Exprimer cette condition sur e sous la forme d'une double inégalité sur e, f_1' et f_2' (toujours en supposant que $L \gg f_1'$).

On veut une image réelle donc $\overline{OA'} > 0$ donc d'après la relation de conjugaison $\dfrac{\overline{O_2 A_1} f'}{\overline{O_2 A_1} + f'} > 0$. Comme $f' < 0$, alors $\overline{O_2 A_1} > 0$ et $\boxed{\overline{O_2 A_1} < -f'}$. L'image intermédiaire doit être comprise entre O_2 et F_2.
Comme l'image intermédiaire est dans le plan focal image de la première lentille, cette lentille doit être située à une distance $f_1' > e > f_1' + f_2'$ si $f_1' + f_2' > 0$ et $0 < e < f_1'$ si $f_1' + f_2' < 0$

/1 Utilisation de la relation de conjugaison et résultat.

/1 conditions sur e

29. Vérifier que cette condition est réalisée avec $f_1' = 10$ cm, $f_2' = -5$ cm et $e = 8$ cm.

/0,5 10cm $> e >$ 5cm

30. Avec les valeurs numériques précédentes, calculer la distance d entre O_2 et le capteur.

En utilisant la relation de conjugaison $d = \dfrac{(f_1' - e) f_2'}{(f_1' - e) + f_2'}$. AN $d = 3{,}3$ cm

/1 $d = \dfrac{(f_1' - e) f_2'}{(f_1' - e) + f_2'}$

/1 AN $d = 3{,}3$ cm

31. Calculer de même la taille de l'image $A'B'$ de l'arbre sur le capteur.

Sur le dessin, l'image $A'B'$ est grandie d'un facteur O_2A'/O_2A_1 (Thalès) par rapport à l'image sans lentille divergente . En utilisant les résultats précédents : $A'B' = 2,5 \times (10/3)/2 = 4,2$ cm

/1 expression exacte, utilisation du schéma
/1 AN 4,2 cm

4.4 Exploitation d'une photographie

Informations sur les conditions de prise de la photographie.
Sensibilité : 100 ISO
Vitesse : $1/250$ s
Ouverture : f $/7,1$
Focale : 18 mm

La photo ci-dessus (non rognée) a été prise avec un appareil photo numérique de type "Canon G10", qui possède un capteur dont les dimensions sont de 5,7 par 7,6 mm. Il s'agit d'une photo prise dans la baie du Mont Saint-Michel, à une distance de $1,46$ km de celui-ci.

32. A partir de la photo obtenue, déterminer la hauteur du Mont Saint-Michel (flèche comprise) en indiquant les hypothèses posées, la modélisation du problème (par exemple par un schéma légendé) et les calculs effectués. Même si vous n'aboutissez pas, toute piste pertinente sera valorisée.

Le mont est situé à une distance grande devant la focale l'image se forme dans le plan focal image de la lentille.
La taille du mont représente environ 26% de la largeur de la photographie et de 36% de sa hauteur.
Le mont fait donc environ 2 mm sur le capteur.
Il faut ensuite multiplier cette valeur par le grandissement transversal, qui est égal au rapport des distance objet-lentille et image-lentille : $\gamma \simeq 8.10^4$
La hauteur du Mont est d'environ 160 mètres

/0,5 image dans le plan focal image
/0,5 % du capteur
/0,5 taille de l'image sur le capteur
/0,5 grandissement transversal et calcul

$* * *$ Fin $* * *$