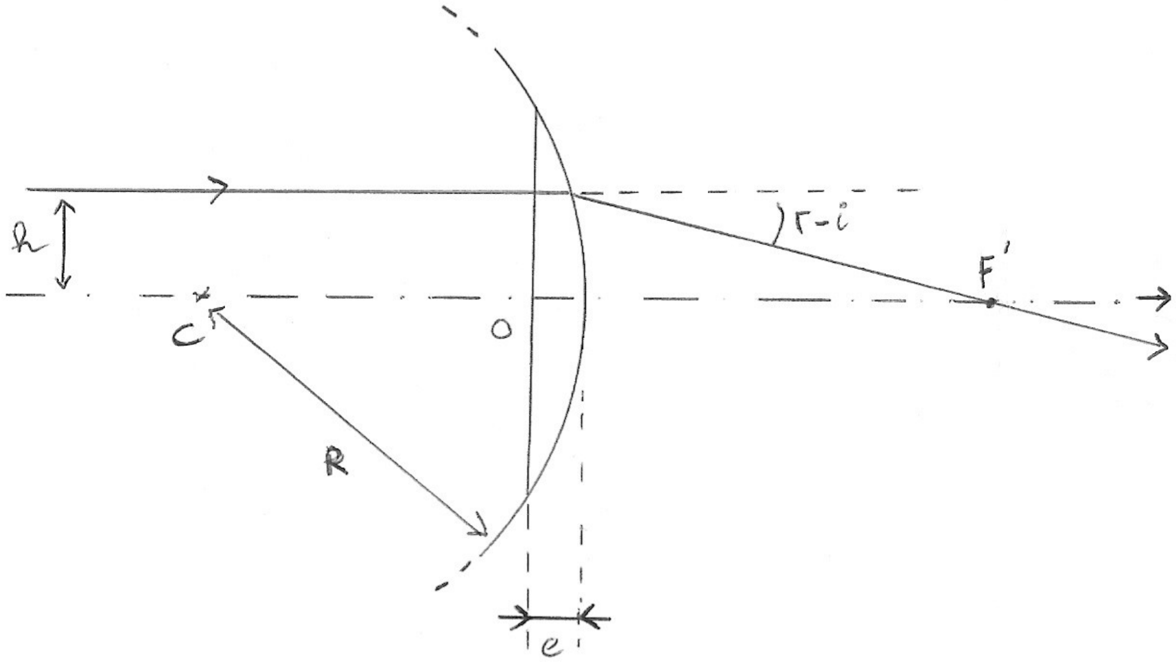
À lire avec soin avant de commencer :
Les résultats doivent toujours être exprimés sous forme littérale avant d'en donner une application numérique (si elle est demandée) : aucun calcul semi-numérique n'est admis.
On demande d'encadrer les résultats littéraux et de souligner les résultats numériques pour les mettre en évidence.
De manière générale, il sera tenu compte dans la notation des qualités de présentation et de rédaction de la copie.
Toutes les affirmations doivent notamment être justifiées avec précision.
La manipulation des unités dans les applications numériques est imposée.

I – Focale d'une lentille mince plan convexe (3,5 pts)



On considère une lentille plan convexe, d'indice optique n, plongée dans l'air. Le rayon de courbure du dioptre verre-air est noté R et l'épaisseur de la lentille est notée e.

Dans tout le problème, on se place dans **l'approximation des petits angles**.

On considère un rayon incident parallèle à l'axe optique, distant de lui de h, distance faible devant R.

1. Compléter l'**annexe à rendre avec la copie** : marquer les angles
   - i : d'incidence
   - r : de réfraction

   sur le dioptre sphérique.

   Donner la loi de réfraction de Snell-Descartes, et ce qu'elle devient avec l'approximation des petits angles.
2. Obtenir la relation entre h, R et l'angle i.
3. La lentille est supposée **mince** : définir la notion.

   Donner alors la relation entre la focale f' de la lentille, h et l'angle $r-i$ (voir la figure).
4. En déduire l'expression de f' en fonction de R et de l'indice n.

   Application numérique : on utilise un verre d'indice $n=1{,}50$, on souhaite obtenir une vergence $V=10\,\delta$. Quelle valeur de R prendre ?
5. Pour que la lentille soit mince, on choisit $e=R/20$ (au maximum) : sans utiliser la trigonométrie, obtenir l'expression du diamètre D de la lentille, en fonction de son rayon de courbure R.

   AN avec la valeur obtenue à la question précédente.

II – Sujet de concours TSI (8,5 pts)

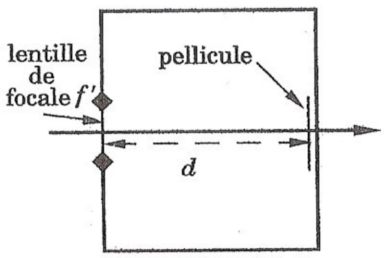
PHYSIQUE II

Étude sommaire d'un appareil photo jetable

Les appareils photos jetables sont conçus pour ne servir qu'une seule fois. Ils sont donc de conception très simple afin que le prix de revient soit le plus bas possible. Nous étudierons tour à tour l'optique, puis l'électronique de tels appareils. Nous nous intéresserons enfin à un cas de prise de vue d'un sujet en mouvement et à la dépense énergétique de ce sujet.
Chaque partie est indépendante des autres (I, II, III et IV).

Partie I - Étude de la partie optique

L'objectif n'est composé que d'une seule lentille mince (L), de diamètre utile D_L, et la pellicule se situe à une distance d fixe de la lentille. Aucune mise au point n'est possible, c'est-à-dire que la distance d est fixée lors de la fabrication et n'est pas modifiable par l'utilisateur. Nous travaillerons dans les conditions de Gauss.



I.A -

I.A.1) Rappeler en quoi consistent les conditions de Gauss ainsi que leurs avantages et leurs inconvénients.

I.A.2) Comment fait-on en pratique pour travailler dans les conditions de Gauss ?

I.B -

I.B.1) En fonctionnement usuel, les objets et les images données par L sur la pellicule sont réels.

En s'intéressant à la nature convergente ou divergente du faisceau incident et du faisceau émergent, déterminer la nature convergente ou divergente de la lentille L servant d'objectif.

Par la suite sa distance focale image sera notée f'.

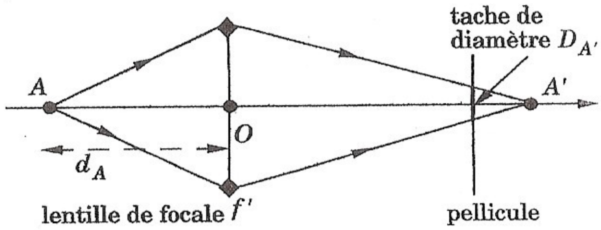
<u>Note pour la question I.D.1)</u> : pour un objet à l'infini AB_∞ , le diamètre apparent est la valeur absolue de l'angle des rayons émis par B_∞ , donc l'angle sous lequel on voit l'objet sans instrument d'optique.

I.C - L'objet à photographier étant situé à l'infini, déterminer la valeur de la distance d qu'il faut prévoir lors de la fabrication pour que son image soit nette sur la pellicule.

I.D -

I.D.1) Quelle est alors la dimension X, sur la pellicule, de l'image de la Lune qui a un diamètre apparent α (on pourra s'aider d'une construction pour répondre).

I.D.2) Faire l'application numérique avec $f' = 3,0$ cm et $\alpha = 0,5°$.



I.E - Un objet ponctuel A, qui n'est pas situé à l'infini, a son image en dehors du plan de la pellicule et donne sur la pellicule une tache de diamètre $D_{A'}$. Soit d_A la distance entre le point A et la lentille (d_A est une distance et donc positive).

I.E.1) Exprimer OA' en fonction de f' et d_A.

I.E.2) Montrer que l'expression de $D_{A'}$ en fonction de D_L (diamètre utile de la lentille), f' et d_A est :

$$D_{A'} = D_L \frac{f'}{d_A}.$$

I.F - La pellicule est formée de grains que l'on supposera circulaires et de même diamètre ε. Une image, après développement de la pellicule, paraît nette si un point objet n'a éclairé qu'un seul grain et a donc donné, sur la pellicule, une tache de diamètre inférieur ou égal à ε.

Sachant que $f' = 3,0$ cm, que $D_L = 2$ mm (partie utile de la lentille) et que $\varepsilon = 20 \mu$m, calculer numériquement la position du point A (d_A) le plus proche qui est encore net après développement.

I.G - Afin de pouvoir diminuer d_A, on augmente, lors de la fabrication, la distance d afin qu'un point à l'infini soit à la limite de netteté (il donne donc une tache de diamètre ε sur la pellicule).

I.G.1) Faire un schéma du dispositif montrant la tache donnée par 1 objet à l'infini sur l'axe.

I.G.2) Déterminer d et faire l'application numérique.

I.G.3) Déterminer la nouvelle distance d_A correspondant au point le plus près donnant lui aussi une tache de diamètre ε sur la pellicule et faire l'application numérique.

Concours Centrale-Supélec

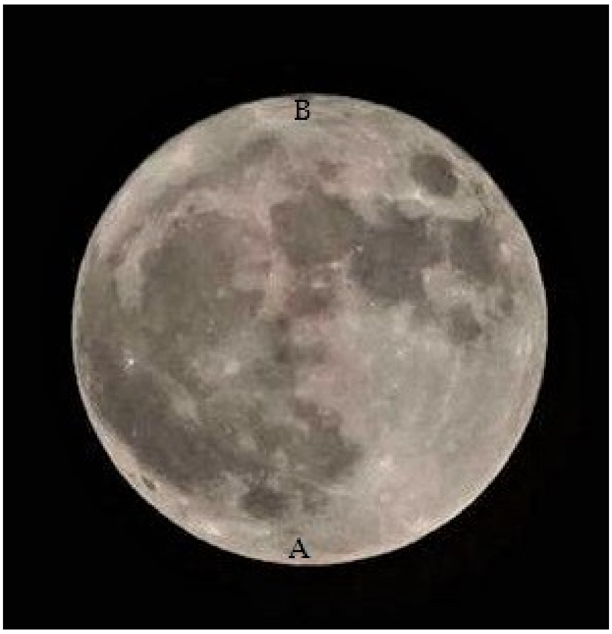
III – Optimisation de l'encombrement d'un appareil photographique (8 pts)

On désire photographier la Lune en prenant une photographie de grande dimension : on souhaite dans tout le problème que la dimension de l'image de la Lune sur le détecteur soit $h=|\overline{A'B'}|=A'B'=15\,\text{mm}$.

L'image occupera ainsi une bonne partie du détecteur de dimension 24mm x 36mm. Dans ce problème, la dimension des pixels constituant le détecteur est négligée.

La Lune a un diamètre $D_L=3440\,\text{km}$ et se trouve à la distance $D_{TL}=367000\,\text{km}$ de la Terre : on peut donc légitiment la supposer à l'infini du point de vue de l'optique.

L'objet à l'infini correspondant *AB* est tel que *A*, sur l'axe optique, correspond au bas du disque lunaire, et *B* au haut du disque :



A/ Modélisation de l'objectif par une lentille mince unique L1

En s'appuyant sur un schéma de principe et en justifiant les affirmations :

1. Calculer (littéral d'abord) en radian et en degré l'angle orienté α entre l'axe optique et les rayons émis par le point B_∞ .
2. Calculer la focale de la lentille f'_1 de l'objectif. Conclure sur l'encombrement (distance lentille détecteur) de l'appareil photographique.
3. En réalité, pour obtenir une image de la Lune centrée dans le détecteur, le point *A* sur l'axe optique est le centre de la Lune, et l'objet est symétrique par rapport à l'axe optique : on peut le noter B_1B_2 , où B_1 est le haut du disque lunaire.

   Exprimer rigoureusement l'angle orienté β entre les rayons émis par $B_{2,\infty}$ et ceux émis par $B_{1,\infty}$, en fonction de D_L et D_{TL} . Quelle est la relation entre α et β dans les conditions de Gauss ?

B/ Optimisation par ajout d'une lentille L3 : constructions graphiques

On souhaite, tout en gardant identique la dimension de l'image, ramener l'encombrement à la valeur encore élevée mais bien plus raisonnable $L=50\,\text{cm}$.

Pour ce faire, on place derrière la première lentille une deuxième lentille L3 de focale f'_3 , à une distance notée *e* de celle-ci.

Par ailleurs, on doit changer (sans la déplacer) la première lentille pour avoir le comportement souhaité : on la nomme L2, de focale f'_2 .

Le schéma optique, que l'on devra compléter, est sur **<u>l'annexe à rendre avec la copie</u>**. C'est un schéma de principe, les échelles de distance ne sont pas du tout respectées : on ne pourra donc pas obtenir une valeur correcte des focales utilisées par de simples mesures sur le graphique une fois la construction terminée.

On note A_iB_i l'image de la Lune par la première lentille.

Dans toutes les constructions, **on respectera avec soin les conventions de l'optique**. Toutes les justifications demandées devront être fournies **sur la copie**.

1. Écrire le diagramme de conjugaison.
2. Compléter le rayon fléché une fois et en déduire en justifiant la nature de la lentille L3. Compléter son symbole sur le schéma.
3. Expliquer pourquoi le rayon fléché deux fois, passant par le centre optique de la lentille L3, n'est pas dévié par la lentille. On ne cherchera pas à construire l'incident correspondant (sur L2).
4. Construire l'image intermédiaire A_iB_i à l'aide des rayons donnés et/ou construits.
5. Construire la partie du rayon fléché trois fois située entre les deux lentilles (rayon incident sur L3) et en déduire par construction un point caractéristique de L3, qu'on nommera sur la copie.
6. Placer le foyer principal image de la première lentille, avec une notation correcte pour ce point. Justifier.

On voit que L, h et α étant fixés, les focales des lentilles dépendent de la distance e, que l'on peut choisir librement entre 0 et L.

C/ Optimisation par ajout d'une lentille L3 : calculs

On s'appuie maintenant sur la construction finalisée pour déterminer, par le calcul, les caractéristiques des deux lentilles qu'il faut utiliser pour atteindre le but recherché.

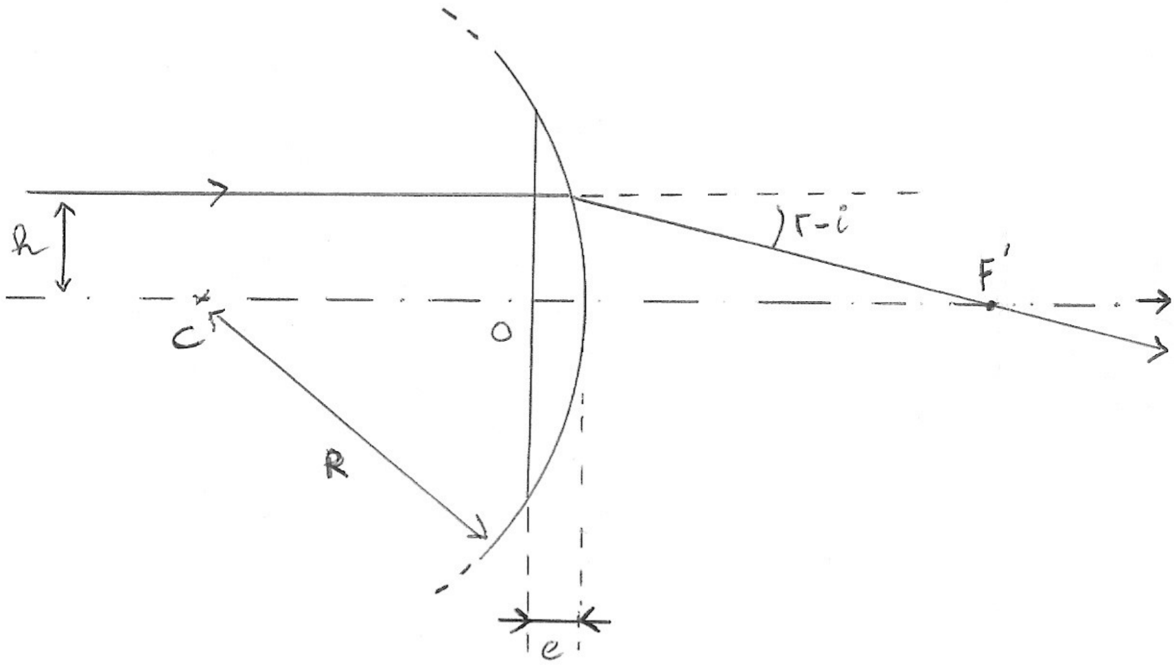
1. En s'appuyant sur le diagramme de conjugaison écrit à la question B/1., donner la <u>définition</u> du grandissement γ_3 de la conjugaison faite par la lentille L3.

   Donner son <u>expression</u>, ainsi que la relation de conjugaison, dites de Descartes, donc en fonction de distances algébriques par rapport au centre optique O_3 .
2. Démontrer que la focale f'_2 vérifie l'équation suivante : $\alpha f'_2=-\frac{f'_2-e}{L-e}h$, où α est l'angle, très petit, a été défini à la partie A.
3. Déduire de cette expression f'_2 en fonction des autres données.
4. Obtenir, après l'avoir définie, l'expression de la vergence V_3 de la lentille L3, en fonction de f'_2 , L et e.
5. Applications numériques pour $e=\frac{L}{2}$: calculer avec des unités pertinentes f'_2 , V_3 , et la focale f'_3 .

FIN

<u>Annexe à rendre avec la copie</u> **NOM, Prénom :**

Partie I :



Partie III-B :