

Nom et Prénom :

Exercice 1 : Lunette afocale (7 points)

On se propose d'étudier une lunette astronomique qui permet d'observer l'image du Soleil. Cette lunette est constituée :

- d'un objectif convergent de diamètre 70 mm et de distance focale $f_1' = 900$ mm ;
- d'un oculaire convergent de distance focale $f_2' = 20$ mm.

Données

- Diamètre apparent du Soleil : $\alpha = 9,33 \times 10^{-3}$ rad.
 - Grossissement de la lunette : $G = \frac{\alpha'}{\alpha}$.
- (α' est le diamètre apparent exprimé en radian de l'image définitive $A'B'$).

Dans la suite de l'exercice, on assimilera l'objectif de cette lunette à une lentille mince (L_1) convergente de centre optique O_1 , de foyers objet et image respectifs F_1 et F_1' .

L'oculaire sera assimilé à une lentille mince (L_2) convergente de centre optique O_2 , de foyers objet et image respectifs F_2 et F_2' .

L'objectif de cette lunette, donne d'un objet AB très éloigné (considéré à l'infini), une image intermédiaire A_1B_1 située entre l'objectif et l'oculaire. L'oculaire qui sert à examiner cette image intermédiaire, en donne une image définitive $A'B'$. Lorsque cette image définitive est à l'infini, la lunette est dite afocale.

Les schémas des figures 1 et 2 ont été réalisés sans considérations d'échelle.

1. Le point A de l'objet AB situé à l'infini, est sur l'axe optique de la lentille L_1 .

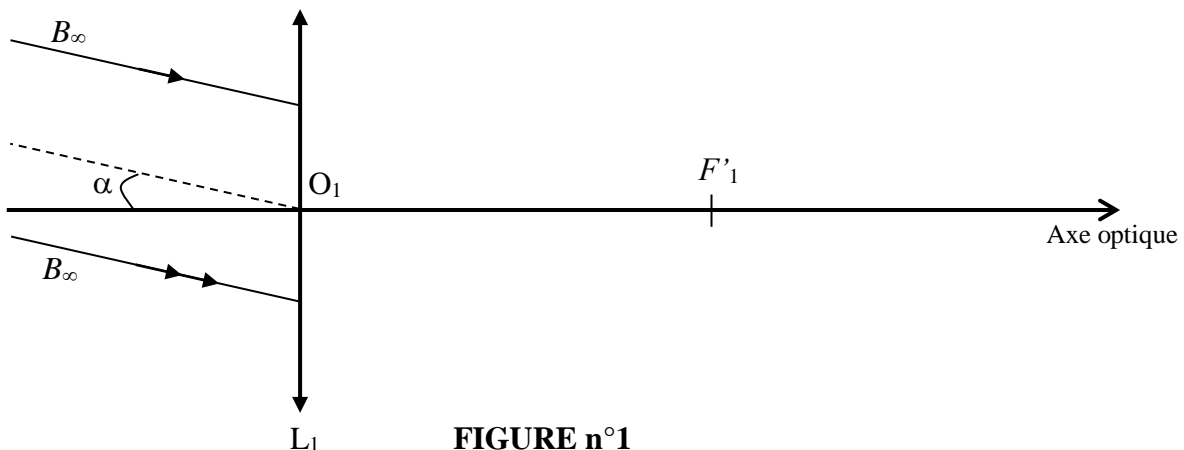


FIGURE n°1

- 1.1. Où se forme l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet AB par rapport à l'objectif ? Construire cette image sur la figure 1 ci-dessus.
- 1.2. Calculer la taille de A_1B_1 . L'angle α étant petit, on pourra utiliser l'approximation $\tan \alpha \approx \alpha$ avec α en radian.

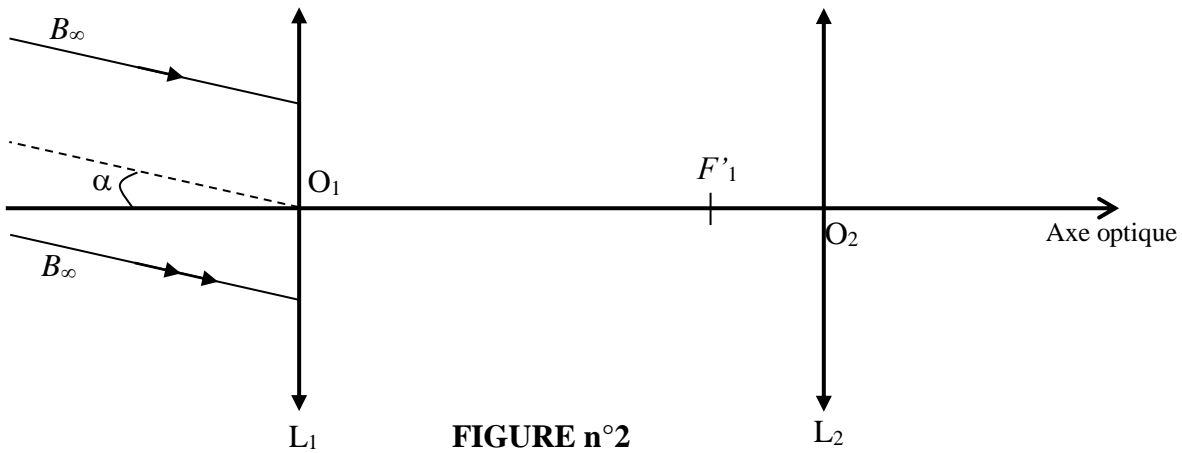
1
1

2. L'image intermédiaire A_1B_1 donnée par l'objectif constitue un objet pour l'oculaire.
- 2.1. Quelle position particulière doit occuper A_1B_1 pour que l'image $A'B'$ soit rejetée à l'infini ?
- 2.2. Où se trouve alors le foyer objet F_2 de l'oculaire par rapport au foyer image F'_1 de l'objectif pour que la lunette soit afocale ?
3. Placer sur la figure 2 ci-dessous, les foyers F_2 et F'_2 de l'oculaire et construire la marche d'un rayon lumineux incident issu de B_1 émergent de la lentille L_2 .

0,5

0,5

1,5



4. Dans cet exercice, on parle du diamètre apparent image α' .
- 4.1. Donner sa définition et le représenter sur la **figure 2**.
- 4.2. Calculer α' . L'angle α' étant petit, on pourra utiliser l'approximation $\tan \alpha' \approx \alpha'$ (rad).
5. En déduire la valeur du grossissement G de cette lunette.

1

1

0,5

Exercice 2 : (10,5 points)

La résistance d'une bouilloire convertit l'énergie électrique en énergie thermique et transfère cette énergie à l'eau qu'elle contient. Toutes les bouilloires sont munies d'un dispositif permettant de couper l'alimentation une fois que l'eau est à ébullition. Certains modèles sont dits à température réglable, ils disposent d'un capteur de température et permettent de chauffer l'eau jusqu'à une température de consigne.

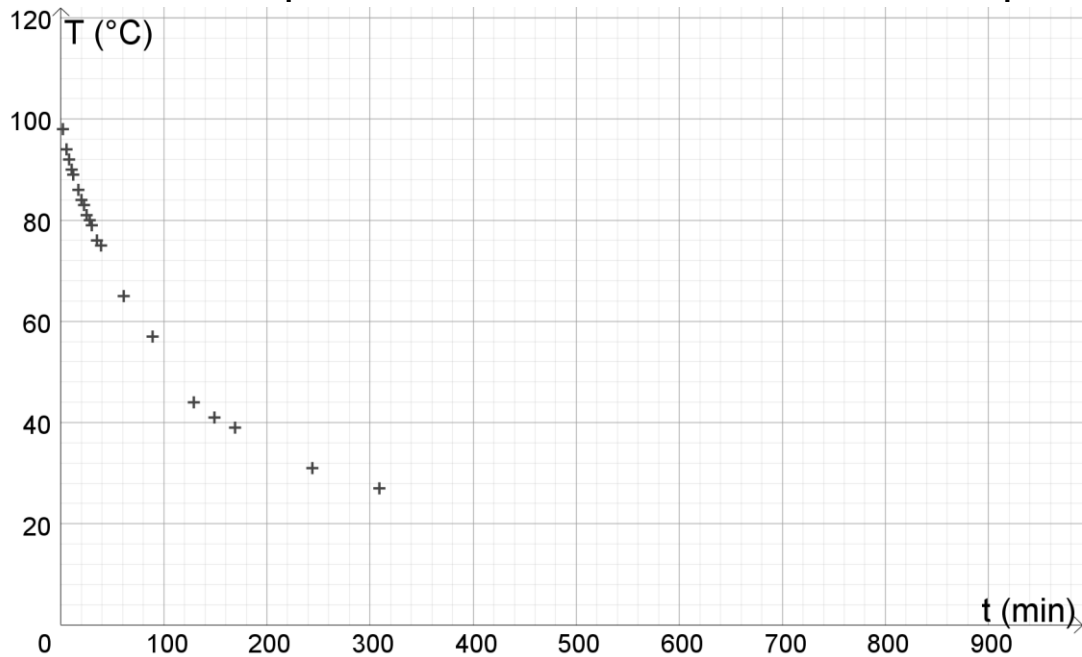
Le but de l'exercice est d'étudier l'évolution de la température de l'eau après que le dispositif a coupé l'alimentation de la résistance de la bouilloire.

Caractéristiques de la bouilloire :

- puissance électrique : 2,0 kW sous 230 V ;
- contenance : 1,7 L ;
- masse totale : 1,0 kg ;
- surface latérale : $S = 0,080 \text{ m}^2$;
- diamètre de la base : 15 cm ;
- diamètre du couvercle : 12,5 cm.



Évolution de la température de l'eau dans la bouilloire au cours du temps



Le système étudié est constitué de la bouilloire et d'un litre d'eau porté, à l'instant choisi comme origine des temps, à la température $T_i = 100 \text{ }^\circ\text{C}$. Le système est ensuite laissé en contact avec le milieu extérieur considéré comme un thermostat à la température $T_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. La température externe de la bouilloire est supposée égale à chaque instant à la température de l'eau. On note $T(t)$ la température du système à l'instant t . On note C la capacité thermique du système {bouilloire + eau}.

On modélise les transferts thermiques du système vers le milieu extérieur par la loi de Newton :

$$\phi = h S (T_0 - T(t))$$

avec :

- ϕ le flux thermique convectif exprimé en W ;
- h le coefficient d'échange convectif exprimé en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$;
- S est la surface latérale de la bouilloire (la base et le couvercle sont isolés et ont une contribution négligeable dans les pertes thermiques) ;
- C la capacité thermique en $\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$.

1. Représenter sur un schéma le(s) transfert(s) d'énergie entre le système {bouilloire + eau} et l'extérieur. Préciser le sens dans lequel se fait (font) ce(s) transfert(s) d'énergie(s).

1

2. Donner l'expression de la variation de l'énergie interne ΔU du système {bouilloire + eau} durant la phase de refroidissement en fonction de la variation de sa température ΔT et de sa capacité thermique C .

0,5

3. A l'aide du 1^{er} principe de la thermodynamique et de la loi de Newton, montrer que l'évolution temporelle de la température suit l'équation différentielle :

3

$$\frac{dT}{dt} = a (T_0 - T(t))$$

Exprimer a en fonction de h , S et C .

4. Montrer que les solutions de l'équation différentielle sont de la forme : $T(t) = A e^{-at} + T_0$.

2

Donner l'expression de A en fonction de T_0 et T_i .

5. Déterminer l'unité de la grandeur $\tau = \frac{1}{a}$ puis la déterminer graphiquement en faisant apparaître la démarche sur le graphique. On rappelle que les Joules (J) sont équivalents à des watt.seconde (W.s).

2

6. Indiquer, en justifiant la réponse, si l'affirmation suivante est vraie ou fausse :

1

- la durée τ sera d'autant plus grande que le diamètre de la base de la bouilloire est élevé.

7. Pour consommer le thé vert, il est recommandé de débiter l'infusion avec une eau à 75 °C. Ne disposant pas d'une bouilloire à température réglable, on fait bouillir 1 litre d'eau dans la bouilloire. Calculer la durée du refroidissement du système {bouilloire + eau} de 100 °C à 75 °C pour pouvoir verser sur le thé. Vérifier graphiquement votre réponse.

1
