Lunette astronomique et observation de Mars
(Bac Spécialité Physique-Chimie - Afrique - mars 2022)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie

A. Distance maximale Terre-Mars permettant d'observer la calotte polaire Nord

La lunette modélisée

1. voir schéma page suivante.
L'objectif est la lentille qui se trouve du côté de l'objet à observer.
L'oculaire est celle qui est du côté de l'œil.

2. voir schéma page suivante.
3. voir schéma page suivante.
4. voir schéma page suivante.

5. Cette lunette est dite afocale car d'un objet AB à l'infini, elle donne une image A'B' à l'infini.

Visibilité de la calotte polaire

6. $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha}$, avec α' : angle sous lequel on voit l'astre à travers l'instrument
α : angle sous lequel on le voit à l'œil nu

7. Les angles α et α' étant très petits, on peut faire les approximations suivantes : $\tan\alpha \approx \alpha$ (en rad)
et $\tan\alpha' \approx \alpha'$ (en rad)

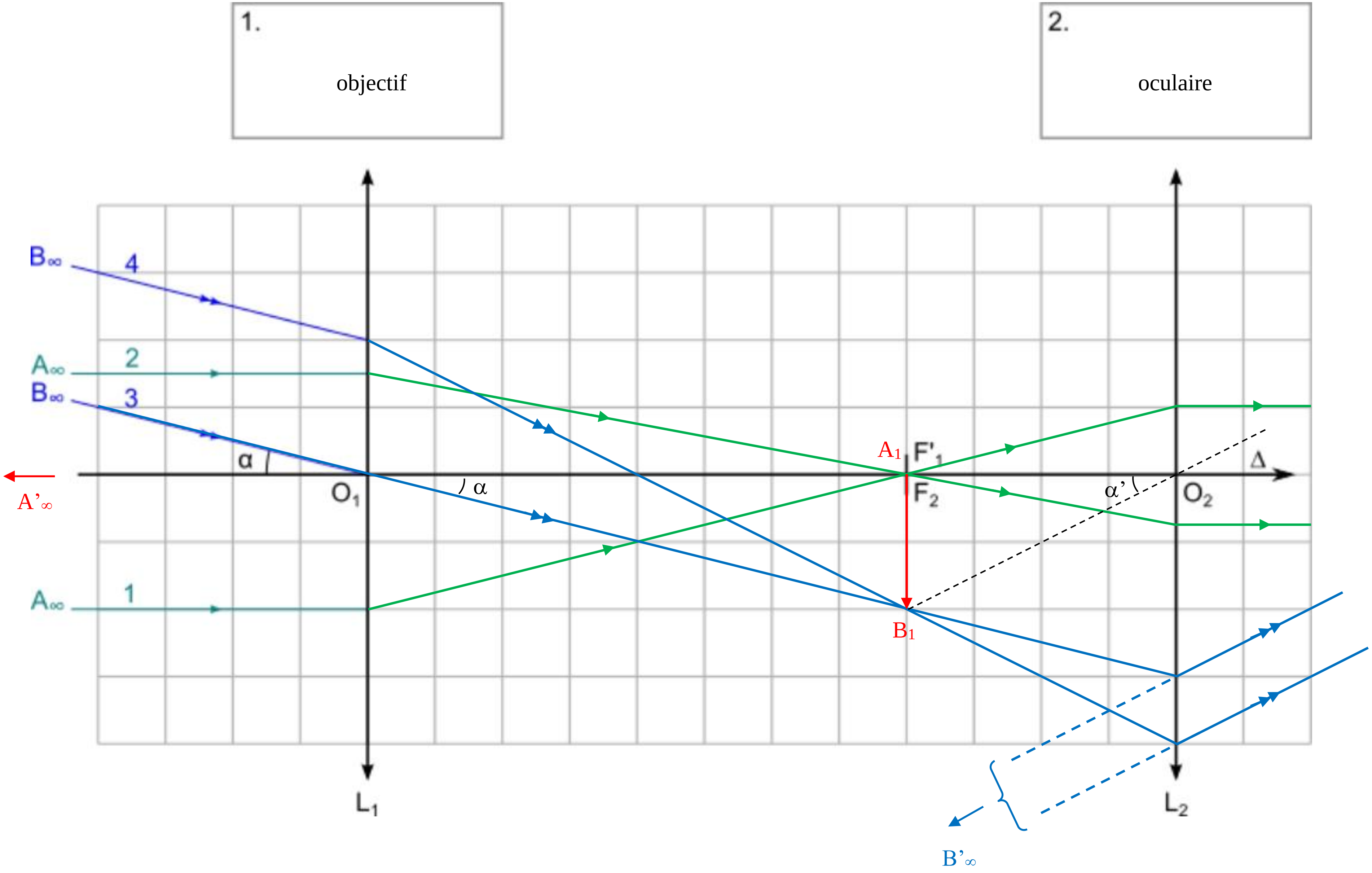
L'angle α sous lequel on voit l'objet AB à l'œil nu est aussi l'angle sous lequel on voit l'image intermédiaire A_1B_1 depuis O_1 :

$$\alpha \approx \tan\alpha = \frac{A_1B_1}{O_1A_1} = \frac{A_1B_1}{f_1'}$$ *(utilisation du triangle rectangle ($O_1A_1B_1$))*

L'angle θ' sous lequel on voit l'image A'B' est aussi l'angle sous lequel on voit l'image intermédiaire A_1B_1 depuis O_2 :

$$\alpha' \approx \tan\alpha' = \frac{A_1B_1}{O_2A_1} = \frac{A_1B_1}{f_2'}$$ *(utilisation du triangle rectangle ($O_2A_1B_1$))*

On en déduit que $$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{\dfrac{A_1B_1}{f_2'}}{\dfrac{A_1B_1}{f_1'}} = \frac{A_1B_1}{f_2'} \times \frac{f_1'}{A_1B_1} = \frac{f_1'}{f_2'}$$


1.
objectif
2.
oculaire
B∞
4
A∞
2
B∞
3
α
O1
A'∞
α
A1
F'1
F2
Δ
α'
O2
A∞
1
B1
L1
L2
B'∞

8. $G = \dfrac{\alpha'}{\alpha} \Rightarrow \alpha' = G \times \alpha = \dfrac{f'_1}{f'_2} \times \alpha$

Pour qu'un objet soit observable avec la lunette, il faut que α' soit supérieur à θ_0,

$$\Rightarrow \text{ que } \frac{f'_1}{f'_2} \times \alpha > \theta_0$$

$$\Rightarrow \text{ que } \alpha > \frac{f'_2}{f'_1} \times \theta_0$$

La valeur minimale de l'angle α pour qu'un objet soit visible avec la lunette est donc :

$\alpha_{min} = \dfrac{f'_2}{f'_1} \times \theta_0 = \dfrac{20}{910} \times 2{,}7\times10^{-4} = 5{,}9\times10^{-6}$ rad

9. $\tan\alpha = \dfrac{d}{D}$ et α tant très petit, $\tan\alpha \approx \alpha$ (en rad) $\Rightarrow \alpha = \dfrac{d}{D}$

$\alpha > \alpha_{min} \Rightarrow \dfrac{d}{D} > \alpha_{min} \Rightarrow D < \dfrac{d}{\alpha_{min}}$

La valeur maximale de D est donc :

$D_{max} = \dfrac{d}{\alpha_{min}} = \dfrac{10^3}{5{,}9\times10^6} = 1{,}7\times10^8 \text{ km} = \dfrac{1{,}7\times10^8}{150\times10^6} = 1{,}1 \text{ UA}$

10. La calotte polaire Nord de Mars sera donc visible quand la distance Terre-Mars sera comprise entre 0,5 et 1,1 UA , mais pas quand elle sera distante de 1,1 à 2,5 UA.

B. Mise en température avant observation

11. Le transfert thermique a lieu du corps chaud vers le corps froid, donc de la lunette astronomique vers l'air extérieur.

12. Si un système fermé subit une transformation, alors sa variation d'énergie totale est égale à la somme des travaux W des forces autres que les forces conservatives et des transferts thermiques Q :
$\Delta E_{totale} = W + Q$

c'est-à-dire : $\Delta E_m + \Delta U = W + Q$

avec ΔE_m → variation d'énergie mécanique du système (en J)
ΔU → variation d'énergie interne du système (en J)
W → somme des travaux des forces autres que les forces conservatives (en J)
Q → somme des transferts thermiques (en J)

13. D'après le 1er principe de la thermodynamique, $\Delta E_m + \Delta U = W + Q$
Or ici, $\Delta E_m = 0$ J et $W = 0$ J
On en déduit que : $\Delta U = Q$

De plus, $\Delta U = C\Delta\theta$ et $Q = \Phi \times \Delta t$

$\Rightarrow \quad C\Delta\theta = \Phi \times \Delta t$

Enfin, d'après la loi phénoménologique de Newton, $\Phi = hS\,(\theta_e - \theta)$

On obtient ainsi : $C\,\Delta\theta = hS\,(\theta_e - \theta) \times \Delta t$

14. On en déduit que : $C\,\dfrac{\Delta\theta}{\Delta t} = hS\,(\theta_e - \theta)$

$$\Rightarrow \quad C\,\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = hS\,\theta_e - hS\,\theta$$

$$\Rightarrow \quad C\,\frac{\Delta\theta}{\Delta t} + hS\,\theta = hS\,\theta_e$$

$$\Rightarrow \quad \frac{\Delta\theta}{\Delta t} + \frac{hS}{C}\,\theta = \frac{hS}{C}\,\theta_e$$

Faisons tendre Δt vers 0.

$\lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{\Delta\theta}{\Delta t} = \dfrac{d\theta}{dt}$, donc on obtient : $\dfrac{d\theta}{dt} + \dfrac{hS}{C}\,\theta = \dfrac{hS}{C}\,\theta_e$

c'est-à-dire : $\dfrac{d\theta}{dt} + \dfrac{\theta}{\tau} = \dfrac{\theta_e}{\tau}$, avec $\tau = \dfrac{C}{hS}$

15. À l'issue du refroidissement, la lunette astronomique devrait avoir la même température que celle de l'air extérieur ($\theta_e = 9{,}0°C$).

D'après l'énoncé, $\theta(t) = A\,e^{-\frac{t}{\tau}} + B$

Quand t tend vers $+\infty$,

$$\left.\begin{array}{l}\theta \text{ tend vers } \theta_e \\ A\,e^{-\frac{t}{\tau}} + B \text{ tend vers } B\end{array}\right\} \Rightarrow \quad B = \theta_e$$

On en déduit que : $\theta(t) = A\,e^{-\frac{t}{\tau}} + \theta_e$

16. Déterminons A en utilisant la condition initiale : à $t = 0$ s, $\theta = \theta_0$

$$\left.\begin{array}{l}\theta(t = 0s) = A\,e^{-\frac{t}{\tau}} + \theta_e = A + \theta_e \\ \theta(t = 0s) = \theta_0\end{array}\right\} \Rightarrow \quad A + \theta_e = \theta_0 \quad \Rightarrow \quad A = \theta_0 - \theta_e$$

Finalement, $\theta(t) = (\theta_0 - \theta_e) \times e^{-\frac{t}{\tau}} + \theta_e$

17. Les points expérimentaux sont proches de la courbe théorique. Il y a donc accord entre le modèle théorique et les résultats expérimentaux.

18. La température théorique atteinte au bout de 2,0 h vaut :

$$\theta\ (t = 2{,}0\ \text{h}) = (19{,}5 - 9{,}0) \times e^{-\frac{2{,}0 \times 3600}{1414}} + 9{,}0 = 9{,}1°\text{C}$$

L'écart entre la température de l'air extérieur (9,0°C) et celle de la lunette (9,1°C) est inférieur à 1°C, donc on peut considérer qu'à cet instant, la lunette est "à température".