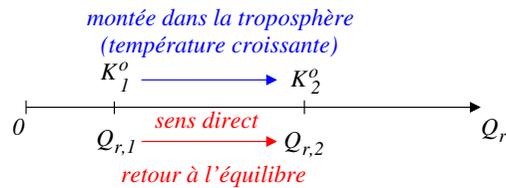
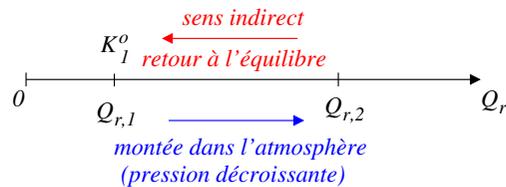


Dans la stratosphère : la température augmente avec l'altitude, il en va de même de la constante d'équilibre ; un retour à l'équilibre nécessite donc une augmentation du quotient de réaction est une **réaction dans le sens direct, la formation d'ozone est favorisée**.



Le raisonnement précédent a tenu compte du seul paramètre d'équilibre température. Lors de l'élévation dans l'atmosphère, on observe également une baisse de la pression. Le quotient de réaction s'écrit : $Q_r = \frac{n_{O_3}^2 n_{tot}}{n_{O_2}^3} \times \frac{p^o}{p_{tot}}$.

Une baisse de la pression entraîne une augmentation du quotient d'équilibre, un retour à l'équilibre est alors marqué par une réaction dans le sens indirect. **Une élévation associée à une baisse de pression favorise la réaction dans le sens indirect**. Cet effet nuance les résultats obtenus avec la seule température.



Q10. L'équilibre I.1 conduisant à la formation de l'ozone nécessite la présence de dioxygène et un rayonnement ultraviolet ; en basse altitude la concentration en dioxygène est maximale mais le rayonnement UV est filtré par l'ozone ; en haute altitude le rayonnement UV est maximal mais la présence de dioxygène quasi-nulle.

On conçoit donc une concentration maximale à une altitude intermédiaire.

Q11. D'après l'équation de réaction I.1, $K_R^o = \frac{p_{O_3}^2}{p_{O_2} p_{O}}$.

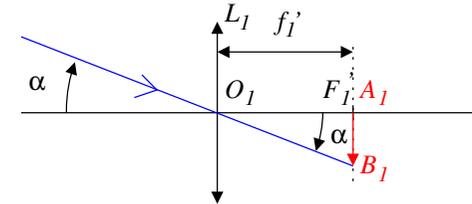
Q12. D'après la réaction I.2 vérifiant la loi de Van't Hoff :

$$v_{O_3} = k p_{O_2} p_{O} \Rightarrow v_{O_3} = k \sqrt{K_R^o p^o} \times p_{O_2}^{3/2}$$

C'est à dire un ordre $\boxed{3/2}$ par rapport au dioxygène.

Q13. Soit $d_{TS} \approx 1,5 \times 10^{11}$ m la distance Terre-Soleil et $D_E = 3,9 \times 10^{16}$ m la distance Soleil-*Proxima Centauri*, comme $d_{TS} \ll D_E$, on peut assimiler la distance Terre-*Proxima Centauri* à la distance Soleil-*Proxima Centauri*.

Q14. $f_1' \ll D_E$, l'étoile *Proxima Centauri* est considérée à l'infini, **l'image intermédiaire se forme dans le plan focal image** de la lentille L_1 .



Q15. L'étoile *Proxima Centauri* est vue sous un angle $\alpha \approx \frac{2R_E}{D_E}$ (approximation des petits angles). D'après la figure obtenue à la question 14 :

$$A_1 B_1 = f_1' \alpha \Rightarrow \boxed{A_1 B_1 = \frac{2R_E f_1'}{D_E}}$$

Q16. Schéma synoptique : $A_1 \xrightarrow{L_2} A_2$; en appliquant la formule de grandissement et de conjugaison, il vient :

$$\frac{1}{\overline{O_2 A_2}} - \frac{1}{\overline{O_2 A_1}} = \frac{1}{f_2'} \quad \text{et} \quad \gamma = \frac{\overline{O_2 A_2}}{\overline{O_2 A_1}}$$

En combinant les deux relations, on en déduit : $\boxed{\overline{O_2 A_1} = \frac{1-\gamma}{\gamma} f_2' = 1,5 \text{ cm}}$.

La lentille L_2 se trouve placée 1,5 cm avant l'image intermédiaire.

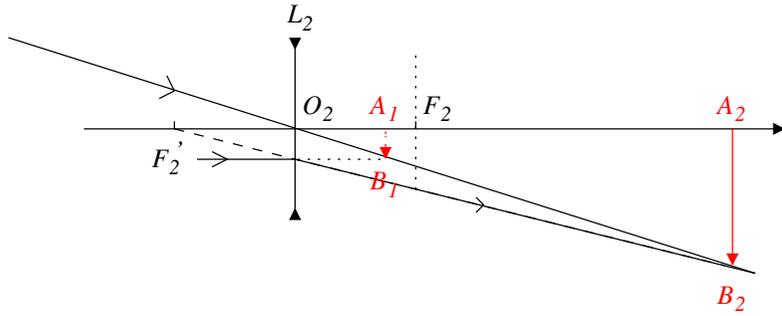
Il est sans doute préférable de proposer ce résultat que celui demandé par l'énoncé :

$$\overline{O_1 O_2} = \overline{O_1 A_1} + \overline{A_1 O_2} \Rightarrow \boxed{\overline{O_1 O_2} = f_1' + \frac{\gamma-1}{\gamma} f_2'}$$

Q17. Pour le tracé de l'image finale, on considère deux rayons pour effectuer le tracé.

- le rayon incident passant par le centre optique (et dont le prolongement passe par B) n'est pas dévié ;
- le rayon parallèle à l'axe optique (et donc le prolongement passe par B) émerge avec son prolongement qui passe par F_2' .

L'intersection des deux rayons fournit le point B_2 et le point A_2 par projection sur l'axe.



Q18. Compte tenu du facteur de grandissement : $A_2B_2 = \frac{2\gamma R_E f'_1}{D_E}$.

AN. : $A_2B_2 = \frac{2 \times 4 \times 9,81 \times 10^4 \times 8}{3,99 \times 10^{13}} \Rightarrow A_2B_2 = 0,16 \mu\text{m}$.

La taille de l'image sur la plaque est inférieure à la taille d'un cristal, **l'image apparaît ponctuelle**.

Q19. Soit L et ℓ les dimensions du capteur, a le côté d'un pixel et N le nombre de pixels :

$$Na^2 = L \times \ell \Rightarrow a = \sqrt{\frac{L \times \ell}{N}}$$

AN. : $a = \sqrt{\frac{24 \times 10^{-3} \times 36 \times 10^{-3}}{10^8}} \Rightarrow a = 3 \mu\text{m}$.

Là encore la taille de l'image est plus petite que la taille d'un pixel, **l'image est ponctuelle**.

Q20. Démarche :

— *Puissance de Proxima Centauri à la surface de la Terre*

Faute d'information supplémentaire, on supposera que la puissance totale \mathcal{P}_0 émise par *Proxima Centauri* est identique à celle émise par le Soleil. Du fait de l'émission supposée isotrope, cette puissance se répartit sur une sphère, c'est à dire pour des sphères ayant respectivement le rayon de la distance Terre-Soleil d_{ST} puis le rayon de la distance Terre-*Proxima Centauri* D_E :

$$\mathcal{P}_0 = p_{PC} \times 4\pi \frac{D_E^2}{4} = p_S \times 4\pi \frac{d_{ST}^2}{4} \Rightarrow p_{PC} = p_S \times \frac{d_{ST}^2}{D_E^2}$$

Avec p_{PC} la puissance surfacique de *Proxima Centauri* à la surface terrestre et $p_S = 600 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ la puissance surfacique du Soleil à la surface de la

Terre.

— *Flux de photons entrant dans la lunette*

En multipliant par la section d'entrée de la lunette, on en déduit la puissance électromagnétique qui entre dans la lunette ; il suffit alors de prendre en compte l'énergie moyenne d'un photon $h\nu = hc/\lambda$ pour en déduire le flux de photons :

$$\phi = p_S \times \frac{d_{ST}^2}{D_E^2} \times \pi \frac{D_1^2}{4} \times \frac{\lambda}{hc}$$

— On considère alors la durée d'exposition et le rendement quantique pour en déduire le nombre d'électrons :

$$N = QE \times \phi \times T \Rightarrow N = p_S \times \frac{d_{ST}^2}{D_E^2} \times \pi \frac{D_1^2}{4} \times \frac{\lambda}{hc} \times QE \times T$$

$$N = 600 \times \left(\frac{1,5 \times 10^{11}}{3,99 \times 10^{16}} \right)^2 \times \frac{\pi \times (0,50)^2}{4} \times \frac{6,0 \times 10^{-7}}{6,626 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8} \times 0,30 \times 12 \times 60$$

$$N = 1,1 \times 10^{12} \text{ électrons} \text{ et donc pour la charge, en valeur absolue, } |Q| = Ne = 1,7 \times 10^{-7} \text{ C}.$$

Q21. L'ouverture de la lunette de rayon D_1 génère une diffraction dont le demi-angle vaut, en ordre de grandeur :

$$\theta_{\text{dif.}} \approx \frac{\lambda}{D_1} = \frac{6 \times 10^{-7}}{5 \times 10^{-1}} \Rightarrow \theta_{\text{dif.}} \approx 10^{-6} \text{ rad}$$

Cette angle étant supérieur à l'angle α sous lequel est vue l'étoile, il est gênant pour la résolution.

Q22. Le satellite Hipparcos tournant au voisinage de la Terre, on peut à l'échelle de la distance Terre-Soleil confondre sa position avec celle de la Terre.

Dans la limite des « petits angles » : $P_E \approx \frac{O_1 O_2}{SE} = \frac{2d_{TS}}{SE}$, il vient :

$$SE = \frac{2d_{TS}}{P_E}$$

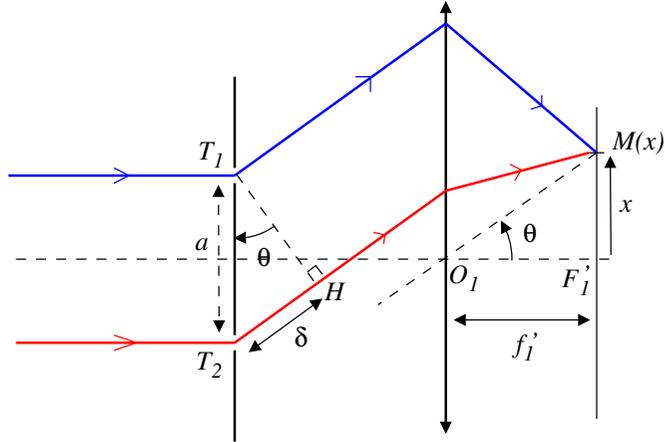
A.N. : $SE = \frac{2 \times 1,50 \times 10^8}{1545 \times 10^{-3} \times \frac{1}{3600} \times \frac{\pi}{180}} \Rightarrow SE = 4,00 \times 10^{13} \text{ km}$

L'énoncé propose une valeur $D_E = 3,99 \times 10^{13} \text{ km}$, **les résultats sont cohérents**, la question suivante permet de proposer une explication de l'écart relatif de l'ordre

de 0,2%.

Q23. La distance entre le Soleil et la Terre varie au cours de l'année car la Terre parcourt une **ellipse** d'excentricité 0,017 et non un cercle.

Q24. Les rayons qui convergent en M point du plan focal image sont nécessairement issus de rayons incidents parallèles entre eux, on les obtient en traçant le rayon d'appui qui passe par le centre optique de la lentille et par M .



La source étant à l'infini sur l'axe, la différence de marche est nulle au niveau des trous d'Young. Par retour inverse de la lumière, on a nécessairement $(T_1M) = (HM)$, au final :

$$\delta_S(x) = (SM)_2 - (SM)_1 \Rightarrow \boxed{\delta_S(x) = T_2H}$$

Q25. Dans la limite des petits angles, $\delta_S(x) \approx a\theta$ et $\theta \approx x/f'_1$, il vient pour la différence de marche $\delta_S(x) = ax/f'_1$. Par définition de l'ordre d'interférence :

$$p_S(M) = \frac{\delta_S(x)}{\lambda} \Rightarrow \boxed{p_S(M) = \frac{ax}{\lambda f'_1}}$$

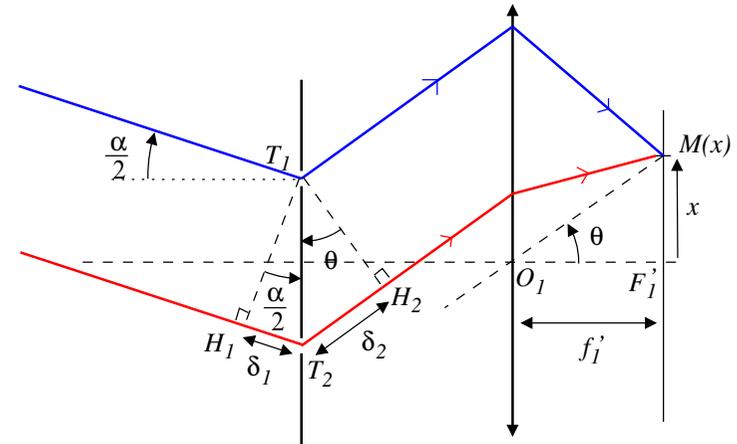
Q26. Un ordre d'interférence fixé est associé à un x fixé, la figure d'interférences correspond à des **franges d'interférences** avec une frange claire au centre $x = 0$.

Q27. Pour une interférence à deux ondes de même amplitude :

$$\boxed{I(x) = I_0 \times \left[1 + \cos \left(\frac{2\pi ax}{\lambda f'_1} \right) \right]}$$

Q28. Les rayons interférant au même point M , le déphasage est le même en aval des trous d'Young. Il faut ajouter le déphasage en amont du fait d'un angle α non

nul (l'angle à considérer est $\alpha/2$ car α est associé au diamètre).



Q29. Pour la nouvelle différence de marche : $\delta_{S'}(x) = \frac{a\alpha}{2} + \frac{ax}{f'_1}$ et l'ordre d'interférence :

$$\boxed{p_{S'}(M) = \frac{a\alpha}{2\lambda} + \frac{ax}{\lambda f'_1}}$$

Q30. Les deux sources étant incohérentes, on somme les intensités des deux figures d'interférences. Les ordres d'interférence diffèrent de $\frac{a\alpha}{2\lambda}$, il y aura brouillage quand cette différence vaudra une valeur demi-entière, les deux systèmes de frange seront alors décalés de telle façon que les franges brillantes d'un système correspondent aux franges sombres de l'autre système et le contraste s'annulera. La première valeur de a vérifiant cette condition est :

$$\frac{a_{\min}\alpha}{2\lambda} = \frac{1}{2} \Leftrightarrow \boxed{a_{\min} = \frac{\lambda}{\alpha}}$$

Q31. A.N. : $a_{\min} = \frac{6,00 \times 10^{-7}}{1,02 \times 10^{-3} \times (1/3600) \times (\pi/180)} \Rightarrow \boxed{a_{\min} = 121 \text{ m}}$

Cette distance paraît très significative mais elle est réalisable en utilisant deux télescopes mobiles (cas du VLT).

Q32. On peut appliquer le raisonnement en associant deux à deux les points de l'étoile comme indiqué sur le schéma suivant, pour chacun des couples il y a brouillage pour a_{\min} .