

Concours blanc 2026

Exercice 1 :

Q1. Pour cette machine frigorifique, la source chaude est l'air extérieur et la source froide est la masse d'eau à la surface de la patinoire.

Q2. Le fluide caloporteur reçoit du transfert thermique prélevé à l'eau de la patinoire
 $\Rightarrow \boxed{Q_F > 0}$

Le fluide libère du transfert thermique à l'air extérieur $\Rightarrow \boxed{Q_C < 0}$

Le fluide reçoit du travail mécanique de la part du compresseur $\Rightarrow \boxed{W > 0}$

Q3. D'après le premier principe appliqué au fluide sur 1 cycle :

$$\Delta U = W + Q_C + Q_F$$

U étant une fonction d'état $\Delta U = 0$ sur un cycle.

$$\Rightarrow \boxed{W + Q_C + Q_F = 0}$$

$$Q4. \quad e = \frac{\text{énergie d'intérêt}}{\text{énergie coûteuse}}$$

Pour une machine frigorifique, l'énergie d'intérêt est Q_F et l'énergie coûteuse est W .

$$\Rightarrow e = \frac{Q_F}{W} \quad \text{or} \quad W = -Q_F - Q_C$$

$$\Rightarrow \boxed{e = \frac{-Q_F}{Q_F + Q_C}}$$

Q5. D'après le second principe appliqué au fluide sur 1 cycle :

$$\Delta S = S_{\text{créée}} + S_{\text{éch}} = 0 \quad (S \text{ fonction d'état})$$

$$\text{Avec } S_{\text{éch}} = \frac{Q_F}{T_F} + \frac{Q_C}{T_C}$$

Pour un cycle réversible $S_{\text{créée}} = 0$

$$\Rightarrow \frac{Q_F}{T_F} + \frac{Q_C}{T_C} = 0 \quad \Rightarrow \frac{Q_C}{Q_F} = -\frac{T_C}{T_F}$$

$$\text{Or } e = \frac{-1}{1 + \frac{Q_C}{Q_F}} = \frac{-1}{1 - \frac{T_C}{T_F}} = \frac{T_F}{T_C - T_F}$$

$$\boxed{e = \frac{T_F}{T_C - T_F}} \quad \text{AN: } e = \frac{263}{293 - 263} = \underline{\underline{8,77}}$$

Q6. L'évaporateur est situé au niveau de la source froide car le fluide reçoit du transfert thermique pour effectuer le changement d'état liquide \rightarrow vapeur.

Le condenseur est situé au niveau de la source chaude car le fluide cède du transfert thermique à la source chaude lors du changement d'état vapeur \rightarrow liquide.

Q7. D'après les données :

* le fluide est à l'état de vapeur saturante dans l'état 1 $\Rightarrow x_1 = 1$

* la vapeur commence à se condenser dans l'état 3 $\Rightarrow x_3 = 1$

* l'état 4 correspond à la liquéfaction totale $\Rightarrow x_4 = 0$

Remarque: ces valeurs peuvent aussi se déduire du diagramme entropique: état 1 et 3 sur la courbe de rosée et état 4 sur la courbe d'ébullition.

Q8. Le fluide R717 est à l'état gazeux dans l'état 1, il suit la loi des gaz parfaits:

$$P_1 V_1 = n R T_1 = \frac{m}{M} R T_1$$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{m R T_1}{M P_1}$$

$$\text{AN: } V_1 = \frac{1,00 \cdot 8,314 \cdot 263}{17 \cdot 10^{-3} \cdot 3,0 \cdot 10^5} = \underline{0,43 \text{ m}^3}$$

Q9. D'après le second principe de la thermodynamique $\Delta_{1 \rightarrow 2} S = S_{\text{créée},12} + S_{\text{échangée},12}$

La transformation 1 \rightarrow 2 est adiabatique réversible donc $S_{\text{échangée},12}$ et $S_{\text{créée},12}$ sont nulles sur cette portion du cycle.

$$\Rightarrow \Delta_{1 \rightarrow 2} S = 0 \quad \text{et} \quad s = \frac{S}{m}$$

$$\Rightarrow \Delta_{1 \rightarrow 2} s = 0 \quad \text{donc} \quad s \text{ est constante sur } 1 \rightarrow 2$$

Q10. La transformation 1 \rightarrow 2 est adiabatique réversible, le système est gazeux et se comporte comme un gaz parfait de coefficient thermodynamique γ constant et il n'y a pas de travaux autres que ceux des forces de pression donc les lois de Laplace sont applicables: $P V^\gamma = \text{cte}$

donc $P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$

$$\Rightarrow V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{1/\gamma}$$

D'après la loi des gaz parfaits :

$$T_2 = \frac{n P_2 V_2}{m R}$$

AN: $V_2 = 0,43 \left(\frac{30}{10} \right)^{1/1,3} = 0,17 \text{ m}^3$

$$T_2 = \frac{17 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 10^5 \cdot 0,17}{1,00 \cdot 8,314} = 348 \text{ K}$$

(ou $35 \cdot 10^2 \text{ K}$
avec 2 C.S.)

Q11. $c_{p,m} = \frac{\gamma R}{\gamma - 1} \Rightarrow c_p = \frac{\gamma R}{n(\gamma - 1)}$

Q12. En considérant que le gaz se comporte comme un gaz parfait, il suit la 2^{ème} loi de Joule :

$$\Delta_{2 \rightarrow 3} H = m c_p (T_3 - T_2)$$

$$\Rightarrow \Delta_{2 \rightarrow 3} h = \frac{\gamma R}{n(\gamma - 1)} (T_3 - T_2)$$

Q13. Entre l'état 5 et l'état 1 la masse $m_e = m - m_r = (1 - x_5)m$ se vaporise à pression et température constante :

$$\Delta_{5 \rightarrow 1} h = (1 - x_5) \Delta_{\text{vap}} h$$

Q14. Par définition $\Delta_{5 \rightarrow 1} h = h_1 - h_5$

$$\Rightarrow (1 - x_5) \Delta_{\text{vap}} h = h_1 - h_5$$

$$\Rightarrow \Delta_{\text{vap}} h - x_5 \Delta_{\text{vap}} h = h_1 - h_5$$

$$\Rightarrow x_5 = \frac{\Delta_{\text{vap}} h - h_1 + h_5}{\Delta_{\text{vap}} h}$$

AN: $x_5 = \frac{1297 \cdot 10^3 - 1450 \cdot 10^3 + 320 \cdot 10^3}{1297 \cdot 10^3}$

$$x_5 = 0,13$$

Q15 * Etat 1 : sur la courbe de rosée
à $P_1 = 3,0 \text{ bar}$.

* Etat 2 : $P_2 = 10 \text{ bar}$; $V_2 = 0,17 \text{ m}^3$

$$0,17 = 0,1 \times 10^{x/355} \Rightarrow x = 355 \log 1,7$$

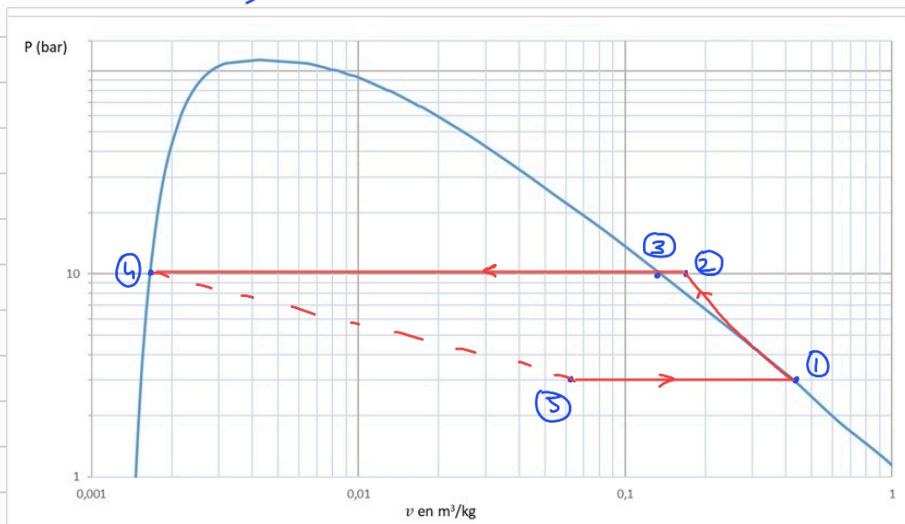
$$x = 0,8 \text{ cm}$$

- * Etat 3 : $P_3 = 10 \text{ bar}$ sur la courbe de rosée
- * Etat 4 : $P_4 = 10 \text{ bar}$ sur la courbe d'ébullition.
- * Etat 5 : $P_5 = 3,0 \text{ bar}$ et $x_5 = 0,13$

avec d'après le théorème des moments :

$$x_5 = \frac{v - v_L}{v_r - v_L} \Rightarrow v = v_L + x_5(v_r - v_L)$$

à 3 bar $v_L = 0,001 \times 10^{0,7/355} = 1,57 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$
 et $v_r = 0,47 \text{ m}^3/\text{kg}$ (donc $v_L \ll v_r$)
 $\Rightarrow v = 0,0625 \text{ m}^3/\text{kg}$



Q16 Q_F est reçu sur la portion 5 \rightarrow 1 (vaporisation du fluide R717 dans l'évaporateur).

Q17.
$$Q_F = (1 - x_5) m \cdot \Delta_{vap} h$$

AN: $Q_F = (1 - 0,13) \cdot 100 \cdot 1297 \cdot 10^3$
 $Q_F = 1,1 \cdot 10^6 \text{ J}$

Q18. $e_{réelle} = \frac{Q_F}{W_{comp}}$

AN: $e_{réelle} = 6,6$ (avec la valeur non arrondie de Q_F)

Cette valeur est inférieure à l'efficacité de Carnot correspondant à un cycle réversible.

Q19. On étudie le système {masse d'eau} pendant une durée Δt .
 Ce système subit un changement d'état à température et pression constante : $\Delta H = m \Delta_{scl} h$

D'après le 1^{er} principe enthalpique pour une transformation monobare en absence de travaux autres que ceux des forces de pression :

$$\Delta H = Q \text{ avec } Q = (\Phi_{S \rightarrow F} - |P_H|) \Delta t$$

$$\Rightarrow m \Delta_{scl} h = (\Phi_{SF} - |P_H|) \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{P_{eau} \cdot ct \cdot \Delta_{scl} h}{h S (T_F - T_S) - |P_H|}$$

$$AN: \Delta t = \frac{1000 \cdot 1800 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot (-334 \cdot 10^3)}{20 \cdot 1800 (10) - 1050 \cdot 10^3}$$

$$\Delta t = 3,5 \cdot 10^4 \text{ s} = \underline{10 \text{ heures}}$$

Q20. Principe de la cogénération : l'énergie thermique cédée à la source chaude est récupérée pour le chauffage des locaux.
 Cette énergie vaut $|\Phi_c| = \Phi_F + \Phi_{\text{comp}}$

$$\text{soit } |\Phi_c| = (P_F + P_{\text{comp}}) \Delta t$$

l'économie réalisée est donc

$$\frac{|\Phi_c|}{E} = \frac{(P_F + P_{\text{comp}}) \Delta t}{E}$$

$$AN: \bar{\text{économie}} = \frac{1050 + 160}{35 \cdot 10^3} \cdot 3 \cdot 3600$$

$$\bar{\text{économie}} = \underline{375 \text{ L de fioul}}$$

Exercice 2 : Haut-parleurs et sélectivité fréquentielle [Extrait Centrale-Supélec MPI 2025] (1h)

Q21. On utilise la relation entre fréquence et longueur d'onde : $\lambda = c_a/f$ avec $c_a = 345 \text{ m.s}^{-1}$ la vitesse du son dans l'air. Le diamètre de la membrane est grossièrement de l'ordre d'une demi-longueur d'onde, d'où :

- pour le woofer on prend $f = 500 \text{ Hz}$ au milieu de la bande passante souhaitée : $D_w = \frac{1}{2} \frac{345}{500} \approx 30 \text{ cm}$.
- Pour le tweeter on prend $f = 10 \text{ kHz}$ au milieu de la bande passante souhaitée : $D_t = \frac{1}{2} \frac{345}{10^4} = 2 \text{ cm}$, en ne conservant qu'un seul chiffre significatif compte tenu de l'expression 'grossièrement'.

Q22. La puissance maximale du haut-parleur est de l'ordre de $P \simeq \frac{U_{\text{eff}}^2}{R_b} = \frac{U_{\text{max}}^2}{R_b}$ car $U_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$ d'où :

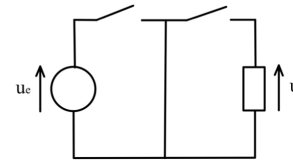
$$R_b \simeq \frac{2U_{\text{eff}}^2}{R_b} \simeq \frac{2 \times 20^2}{80} \simeq 10 \Omega$$

On souhaite que les impédances des bobines, condensateurs et haut-parleurs soient comparables à f_c soit :

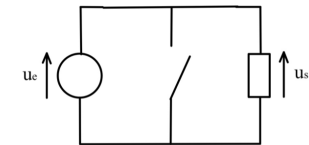
$$R_b \simeq L\omega_c \simeq \frac{1}{C\omega_c} \quad \text{soit} \quad L \simeq \frac{R_b}{2\pi f_c} \simeq 2 \text{ mH} \text{ et } C = \frac{1}{2\pi R_b f_c} \simeq 20 \mu\text{F}$$

avec un chiffre significatif compte tenu de l'expression 'soient comparables'.

Q23. H_1 correspond à un filtre passe-bas, tandis que H_2 correspond à un filtre passe-haut. A basse fréquence $|Z_C| \rightarrow \infty$ (interrupteur ouvert) et $|Z_L| \rightarrow 0$ (fil). On obtient donc les circuits équivalents ci-dessous à basse fréquence :



Circuit équivalent du CLC à basse-fréquence.
 $u_s \sim 0$ car $i = 0$



Circuit équivalent du LCL à basse-fréquence.
 $u_s \sim u_e$

A haute fréquence, les deux circuits équivalents sont intervertis donc CLC est un circuit passe-haut donc peut correspondre à H_2

LCL est un circuit passe-bas donc peut correspondre à H_1 . Avec une maille on peut obtenir un filtre d'ordre 2 avec (L, C) , une deuxième maille comportant seulement (R, C) on peut prévoir un filtre d'ordre 3 soit un module au carré de 6 soit $n = 3$.

Q24. On calcule $|B_2(jx)|^2$ pour déterminer la condition par identification.

$$|B_2(jx)|^2 = \frac{1}{(1-x^2)^2 + \alpha^2 x^2} = \frac{1}{1 + (\alpha^2 - 2)x^2 + x^4}$$

Ce filtre vérifie la condition (1) pour $n = 2$ si $\alpha = \sqrt{2}$ (réel positif).

Q25. De même pour le filtre d'ordre 3 :

$$|\underline{B}_3(jx)|^2 = \frac{1}{(1 - \alpha'_2 x^2)^2 + (\alpha'_1 x - x^3)^2} = \frac{1}{1 + (\alpha_1'^2 - 2\alpha_2')x^2 + (\alpha_2'^2 - 2\alpha_1')x^4 + x^6}$$

Ce filtre vérifie la condition (1) pour $n = 3$ si :

$$\begin{cases} \alpha_1'^2 = 2\alpha_2' \\ \alpha_2'^2 = 2\alpha_1' \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \alpha_1'^3 = 8 \\ \alpha_2' = \frac{\alpha_1'}{2} \end{cases}$$

et on déduit $\alpha_1' = \alpha_2' = 2$.

Q26. Pour la situation 0, si on considère que la différence de longueur ΔL entre les deux câbles est inférieure à 20 cm, alors la différence de temps de parcours est de l'ordre de $\frac{\Delta L}{c} = 1$ ns, toujours négligeable devant 0.1 ms.

Rq : La vitesse de la lumière dans le câble est inférieure à celle dans le vide (environ 2/3 de c).

Q27. Pour le calcul de Δt_1 , on considère le déphasage entre les deux fonctions de transfert. On note φ_a et φ_g respectivement. À l'ordre 0, ce déphasage est $\pi/2$, d'après l'expression des fonctions de transfert :

$$\Delta\varphi = \varphi_g - \varphi_a = \arg\left(\frac{H_g}{H_a}\right) = \arg(jx^3) = \frac{\pi}{2} \quad (1)$$

$$\Delta t_1 = \frac{\Delta\varphi}{\omega_0} = \frac{T}{4} \quad (2)$$

Si on veut aller plus loin avec $\omega \approx \omega_0$, on fait un développement au 1er ordre. Il vient :

$$\Delta\varphi = \varphi_g(\omega_0) + \frac{d\varphi_g}{d\omega}(\omega - \omega_0) - \varphi_a(\omega_0) - \frac{d\varphi_a}{d\omega}(\omega - \omega_0) \quad (3)$$

$$\Delta\varphi = \frac{\pi}{2} + (\Upsilon_g - \Upsilon_a) \times (\omega - \omega_0) \quad (4)$$

$$\Delta t_1 = \frac{T}{4} + \frac{1}{\omega_0} (\Upsilon_g - \Upsilon_a) \times (\omega - \omega_0) \quad (5)$$

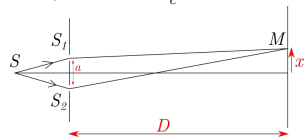
Q28. La fonction `calcH` permet de calculer la fonction de transfert des filtres CLC et LCL de la figure 8.

Q29. On reconnaît le calcul d'une dérivée discrète $\frac{dy}{dx}$, qui sert à calculer les coefficients $\Upsilon = \frac{d\varphi}{d\omega}$.

Q30. La variation de Δt_1 est forte à proximité de ω_0 . On obtient un décalage non nul constant à basse fréquence, nul constant à haute fréquence. Le décalage maximal reste inférieur à 20 μ s et est toujours négligeable.

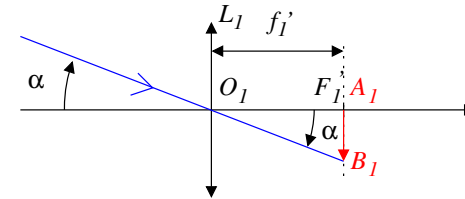
Q31. Pour Δt_2 , on tient compte de la propagation dans l'air et du décalage latéral de l'auditeur. On retrouve la situation des trous d'Young : deux sources ponctuelles séparées de $a = 50$ cm. À une distance de $D = 5$ m, si l'auditeur est placé sur l'axe de symétrie, il ne perçoit aucun décalage. S'il est décalé latéralement d'une distance x , alors la différence de marche s'écrit $\delta = \frac{ax}{D} = 10$ cm dans l'approximation $x \ll D$ et $a \ll D$. Le décalage temporel correspondant est $\Delta t_2 = \frac{\delta}{c}$. Application numérique : $\Delta t_2 = 0.3$ ms

L'approximation n'est pas terrible, on peut faire le calcul direct avec Pythagore $\delta = S_2M - S_1M = 5$ cm, d'où $\Delta t_2 = \frac{\delta}{c} = 0.15$ ms



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 :

$$A_1B_1 = f'_1 \alpha \quad \Rightarrow \quad \boxed{A_1B_1 = \frac{2R_E f'_1}{D_E}}$$

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

$$\frac{1}{\overline{O_2A_2}} - \frac{1}{\overline{O_2A_1}} = \frac{1}{f'_2} \quad \text{et} \quad \gamma = \frac{\overline{O_2A_2}}{\overline{O_2A_1}}$$

En combinant les deux relations, on en déduit : $\boxed{\overline{O_2A_1} = \frac{1-\gamma}{\gamma} f'_2 = 1,5 \text{ cm}}$.

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

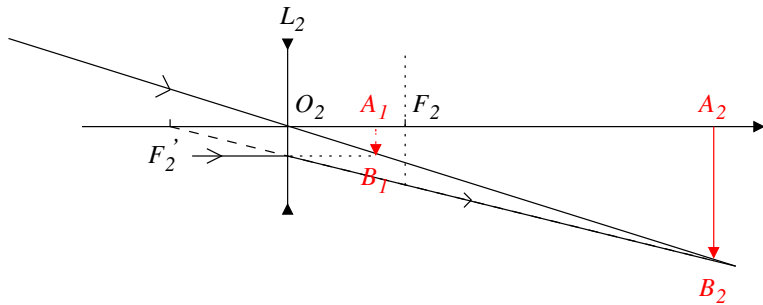
Il est sans doute préférable de proposer ce résultat que celui demandé par l'énoncé :

$$\overline{O_1O_2} = \overline{O_1A_1} + \overline{A_1O_2} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\overline{O_1O_2} = f'_1 + \frac{\gamma-1}{\gamma} f'_2}$$

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 un 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 :

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

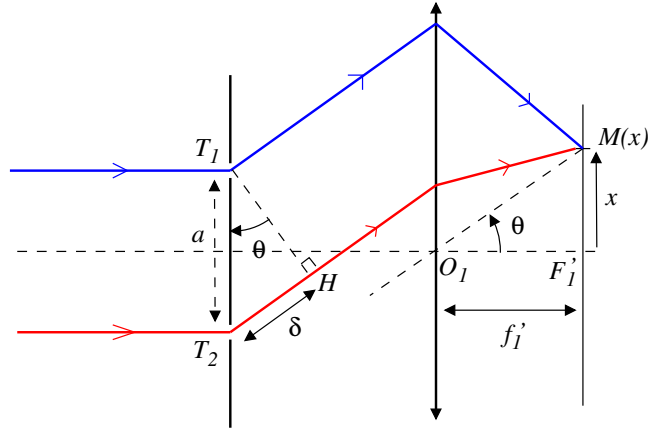
A.N. : $SE = \frac{2 \times 1,50 \times 10^8}{1545 \times 10^{-3} \times \frac{1}{3600} \times \frac{\pi}{180}} \Rightarrow SE = 4,00 \times 10^{13} \text{ km}$

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 :

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

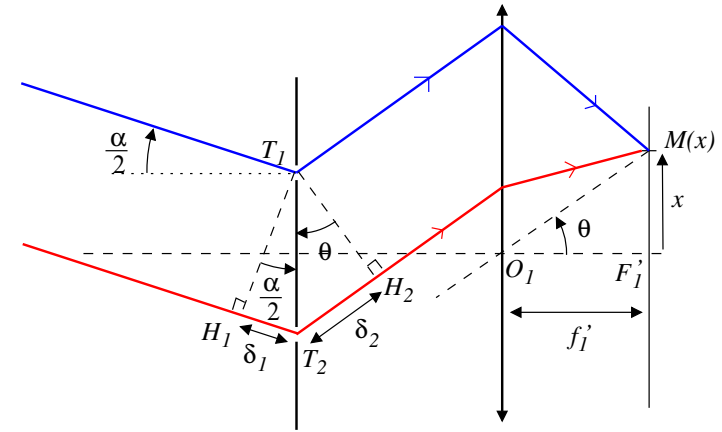
Q26. Un ordre d'interférence fixé est associé à un x fixé, la figure d'interférences correspond à des **franges d'interférences** avec une frange claire au centre $x = 0$.

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} .