CCP MP 98 — Partie B — INTERFEROMETRIE STELLAIRE ①

1. Système Optique : / = 18

a. $F_p$ est à $\frac{30}{2} = 15\,m$ à gauche de $S_1$ /0,5

b. $\frac{1}{\overline{S_2F_p}} + \frac{1}{\overline{S_2F_c}} = \frac{2}{\overline{S_2C_2}} \iff \frac{1}{\overline{S_2F_c}} + \frac{1}{-6} = \frac{2}{-32} \Rightarrow \overline{S_2F_c} = 9{,}6\,m$, $\overline{S_1F_c} = 0{,}6\,m$ /1

2.a. - La lentille ramène les rayons se croisant à l'∞ dans le plan focal image de L /0,5
- déphasage entre 2 rayons ~~doit~~ vient de 0 /0,5
- la fct $\exp i\pi(ux+vy)$ a comme fréquence en x : u /0,5

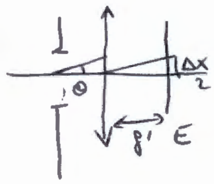
2.b. $\psi(u,v) = \int_{-\infty}^{+\infty} dy\, e^{-i2\pi vy} \cdot \int_{-\varepsilon/2}^{\varepsilon/2} dx\, e^{-i2\pi ux} = \underbrace{\left[\frac{e^{-i2\pi vy}}{-i2\pi v}\right]_{-\infty}^{+\infty}}_{Ⓐ} \underbrace{\left[\frac{e^{-2i\pi ux}}{-2i\pi u}\right]_{-\varepsilon/2}^{\varepsilon/2}}_{Ⓑ}$

Ⓐ $= \frac{\sin 2\pi v Y}{2\pi v} \to 0$ si $Y \neq 0$ Ⓑ $= \frac{\sin \pi u\varepsilon}{\pi u\varepsilon} \cdot \varepsilon = \varepsilon \,\mathrm{sinc}(\pi u\varepsilon)$

$I(u) = \psi\psi^* = \varepsilon^2 \mathrm{sinc}^2(\pi u \varepsilon)$ / 1,5

le 1° maximum secondaire est en : $\pi u\varepsilon = \frac{3\pi}{2}$ $\frac{I(u)}{I(0)} = \frac{1}{(\frac{3\pi}{2})^2} = 4{,}5.10^{-2}$ /0,5

2.c. le 1° min nul est pour $\pi u\varepsilon = \pi$ soit $u = \frac{1}{\varepsilon}$

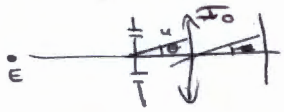


or $u = \frac{\sin\theta}{\lambda} \Rightarrow$ le 1° min est à $\sin\theta = \frac{\lambda}{\varepsilon}$

après la lentille : $\Delta x = 2f' \,\mathrm{tg}\,\theta \simeq 2f'\frac{\lambda}{\varepsilon} = 2{,}18.10^{-4}\,m$

et $\frac{\Delta x}{2f} = \frac{\lambda}{\varepsilon} = 4{,}5.10^{-6}\,rad = 907\,m''$ /1

3. a. $I(u) = I_0\,(1 + \cos(2\pi a u))$ avec $u = \frac{x}{f\lambda}$



/1

b. L'interfrange vaut : $2\pi u a = 2\pi$ soit comme $u = \frac{\sin\theta}{\lambda} \Rightarrow \sin\theta = \frac{\lambda}{a}$
$\Rightarrow \theta = 181\,m''$ /0,5 voir fin (+1,5)

c. si $\varepsilon/a \to 0$, il ne reste que les interférences, le sinc tendant vers 1, /0,5

4.a. $I_1 = I_S\left[1 + \cos\left(\frac{2\pi a x}{f\lambda} + \frac{2\pi a x_{S1}}{\lambda D_S}\right)\right]$ $I_2 = I_S\left[1 + \cos\left(\frac{2\pi a x}{f\lambda} - \frac{2\pi a x_{S2}}{D_S\lambda}\right)\right]$ /2 si chaque fente reçoit $I_S/2$.

b. chaque figure est centrée en $\frac{x_{S2}f'}{D_S}$ et $-\frac{x_{S1}f'}{D_S}$
Si l'écart correspond à une ½ interfrange soit $\frac{\lambda f'}{2a}$, l'éclairement est uniforme soit $\frac{x_{S2}}{D_S}f' + \frac{x_{S2}f'}{D_S} = \mathrm{tg}\,\theta \cdot f' = \frac{\lambda f'}{2a} \Rightarrow a = \frac{\lambda}{2\theta}$ /1

c. $I = 2I_S\left\{1 + \cos\left(\frac{2\pi a x_S}{\lambda D_S}\right)\cos\left(\frac{2\pi a x}{\lambda f}\right)\right]$ car $x_{S1} = -x_{S2}$ $\theta = 54{,}5\,m''$ /1

5.a. $\overrightarrow{T_1E_1}\begin{vmatrix} D_S - \frac{a}{2}\cos\alpha' \\ -\frac{a}{2}\sin\alpha' + x_{S1}\end{vmatrix}$ $\overrightarrow{T_2E_1}\begin{vmatrix} D_S - \frac{a}{2}\cos\alpha' & \text{axe } OS \\ +x_{S1} + \frac{a}{2}\sin\alpha' & \text{axe } x_S\end{vmatrix}$ . $\alpha' = \frac{\pi}{2} - \alpha$

$\phi_1 = \frac{2\pi}{\lambda}(T_1E_1 - T_2E_1 + L_S) = \frac{2\pi}{\lambda}\left(D_S\left((1 + \frac{a}{D_S}\cos\alpha' + \frac{a^2}{4D_S^2}\cos^2\alpha' + \left(\frac{x_{S1} - \frac{a}{2}\sin\alpha'}{D_S}\right)^2\right)^{1/2}\right.$
$\left. - D_S\left(\left(1 - \frac{a}{D_S}\cos\alpha' + \frac{a^2}{4D_S^2}\cos^2\alpha' + \left(\frac{x_{S1} + \frac{a}{2}\sin\alpha'}{D_S}\right)^2\right)^{1/2} + L_S\right)$

$\phi_1 = \frac{2\pi}{\lambda}\left(a\sin\alpha - \frac{a x_{S1}}{D_S}\cos\alpha + L_S\right)$

$\phi_2 = \frac{2\pi}{\lambda}\left(a\sin\alpha + \frac{a x_{S2}}{D_S}\cos\alpha + L_S\right)$ /2

5.b. $I = I_1 + I_2 = 2I_s\left(1 + \cos\frac{\phi_1+\phi_2}{2}\cos\frac{\phi_1-\phi_2}{2}\right) = 2I_s\left(1+\cos\frac{2\pi}{\lambda}(a\sin\alpha + L_s)\cos\left(\frac{\pi}{\lambda}\frac{a\,x_s}{D_s}\cos\alpha\right)\right)$ ①

$\underline{P = a\sin\alpha}$ $\qquad \underline{b = a\cos\alpha}$ car $\theta = \frac{x_s}{D_s}$ $\qquad$ /1

5.c. $\frac{\pi b\theta}{\lambda} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \underline{\theta} = \frac{\lambda}{2a\cos\alpha} = \underline{20{,}8\ m''}$ $\qquad$ / 0,5

5.d. $I = 2I_s\left(1 + \cos\frac{\pi b\theta}{\lambda}\right)$ la seule cause de disparition des franges est $\theta$. /0,5

6.a. $I = I_{s,1}(1+\cos\phi_1) + \cancel{\mu} I_{s2}(1+\cos\phi_2)$

$= (I_{s,1}+I_{s2})\left(1 + \frac{1}{1+\mu}\left(\cos\frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{ax}{f} + \frac{a\,x_{s1}}{D_s}\right) + \mu\cos\frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{ax}{f} - \frac{a\,x_s}{D_s}\right)\right)\right)$

$= (I_{s1}+I_{s2})\left(1 + \mathrm{Re}\left[e^{i\frac{2\pi}{\lambda}\frac{ax}{f}}\left[\frac{1}{1+\mu}e^{i\frac{2\pi}{\lambda}\frac{a\,x_{s1}}{D_s}} + \frac{\mu}{1+\mu}e^{-i\frac{2\pi}{\lambda}\frac{a\,x_{s1}}{D_s}}\right]\right]\right)$

$\underline{c_1 = \frac{1}{1+\mu} = \frac{c_2}{\mu}}$ $\qquad P_s = \frac{\lambda D_s}{2x_{s1}}$ $\qquad$ / 2

or ici $\mathrm{tg}\,\theta = \frac{2x_{s1}}{D_s} = \theta \Rightarrow \underline{P_s = \frac{\lambda}{\theta}}$

$\mathrm{Re}(\underline{\gamma_s}) = \frac{\cos\frac{\pi a}{P_s} + \mu\cos\frac{\pi a}{P_s}}{1+\mu} = \cos\frac{\pi a}{P_s}$ /0,5 $\qquad \mathrm{Im}(\underline{\gamma_s}) = \sin\frac{\pi a}{P_s}\cdot\frac{1-\mu}{1+\mu}$ /0,5

$\alpha_s = \mathrm{arctg}\left(\frac{1-\mu}{1+\mu}\,\mathrm{tg}\left(\frac{\pi a}{P_s}\right)\right)$ / 0,5 $\qquad \gamma_s = \left[\cos^2\frac{\pi a}{P_s} + \left(\frac{1-\mu}{1+\mu}\right)^2\cdot\sin^2\frac{\pi a}{P_s}\right]^{1/2} = \frac{\sqrt{1+\mu^2+2\mu\cos\frac{2\pi a}{P_s}}}{1+\mu}$ /0,5

6.b) $I(P) = (I_{s1}+I_{s2})\left(1 + \gamma_s\cos\left(\frac{2\pi a x}{\lambda f} + \alpha_s\right)\right)$

donc $\underline{V = \gamma_s}$ module. $\qquad$ / 0,5

6.c. $V = \sqrt{\frac{(1-\mu)^2 + 4\mu\cos^2\left(\frac{\pi a}{P_s}\right)}{(1+\mu)^2}}$ $\qquad V_{max} = 1$ $\qquad V_{min} = \left|\frac{1-\mu}{1+\mu}\right|$ $\qquad$ / 0,5

si $\mu = 1$ $\quad V_{min} = 0$.

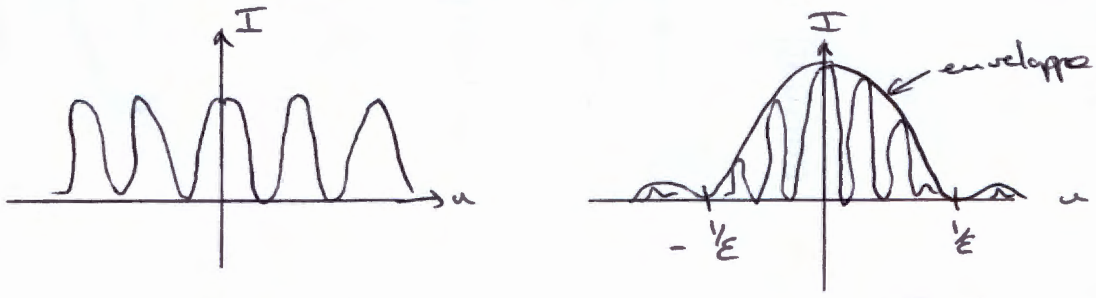
6.d. $\cancel{\theta = \frac{\lambda}{2}}$ $V_{min} \Rightarrow \frac{\pi a}{P_s} = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \frac{\theta a}{\lambda} = \frac{1}{2} \Rightarrow \underline{\theta} = \frac{\lambda}{2a} = \underline{55\ m''}$ /0,5

$1-\mu > 0$ car $\alpha_s > 0 \Rightarrow \frac{1-\mu}{1+\mu} = V_{min} \Leftrightarrow \frac{1-V_{min}}{1+V_{min}} = \mu \Leftrightarrow \underline{\mu = 0{,}48}$

0,5

3.b. suite : la diffraction va moduler l'éclairement $I_0$

qui devient $I_0\,\mathrm{sinc}^2(\pi\varepsilon u)$ avec $u = \frac{x}{\lambda f}$ $\qquad$ / 0,5



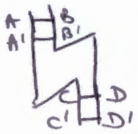

sans diffraction $\qquad\qquad$ avec diffraction.

/1

si $\varepsilon \to 0$ la tache centrale s'élargit.

Thermodynamique /37



1. 


$1^{er}$ ppe au syst à $t$ : $AA'BB' + A'B'CD$
à $t+dt$ : $A'B'CD + CC'DD'$

$$d(U+E_c+E_p) = \delta W_p + \delta W_u + \delta Q \quad (1)$$

avec $\delta W_p = p_e S_e c_e dt - p_s S_s c_s dt = \frac{p_e}{\rho_e} dm - \frac{p_s}{\rho_s} dm$

$\delta W_u = w\, dm$

$\delta Q = q\, dm$

(1) $U_{CC'DD'} + \cancel{U_{A'B'CD}} + E_{c\,CC'DD'} + \cancel{E_{c\,A'B'CD}} + E_{p\,CC'DD'} + \cancel{E_{p\,A'B'CD}}$
$- U_{AA'BB'} - \cancel{U_{A'B'CD}} - E_{c\,AA'BB'} - \cancel{E_{c\,A'B'CD}} - E_{p\,AA'BB'} - \cancel{E_{p\,A'B'CD}} = \frac{p_e}{\rho_e} dm - \frac{p_s}{\rho_s} dm + w\,dm + q\,dm$

$u_s\, dm + \frac{1}{2} c_s^2 dm + dm\, g z_s - u_e dm - \frac{1}{2} c_e^2 dm - dm\, g z_e = \frac{p_e}{\rho_e} dm - \frac{p_s}{\rho_s} dm + w\,dm + q\,dm$

$\Rightarrow$ $h_s - h_e + \frac{1}{2}(c_s^2 - c_e^2) + g(z_s - z_e) = q + w$ /2

2. GP $\Rightarrow$ $h_s - h_e = c_{pm}(T_s - T_e)$

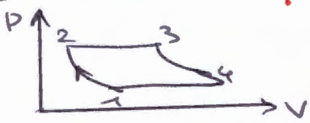
$c_s \simeq c_e \simeq 0$ et pas d'$E_p$ $\Rightarrow$ $c_{pm}(T_s - T_e) = q + w$ (1) / ~~0,5~~ 1,5

3. Mayer $\Rightarrow$ $c_p - c_v = R$ et $\frac{c_p}{c_v} = \gamma$ $\Rightarrow$ $c_p = \frac{\gamma R}{\gamma - 1}$ et $c_v = \frac{R}{\gamma - 1}$ /0,5

$\Rightarrow$ $c_{pm} = \frac{\gamma R}{\Pi(\gamma-1)}$ $c_{vm} = \frac{R}{\Pi(\gamma-1)}$

4. $c_{pm} = 1.10^3\, JK^{-1}kg^{-1}$ $c_{vm} = 7{,}2.10^2\, JK^{-1}kg^{-1}$ /0,5

5. 2 isentropiques + 2 isobares.




$1 \to 2$ : isentropique $p \nearrow$ et $pv^\gamma = cte$ $\Rightarrow$ $p = \frac{cte}{v^\gamma}$ /1

$2 \to 3$ : chauffage isobare $T_3 > T_2$

$3 \to 4$ : détente isentropique

$4 \to 1$ : refroidissement isobare.

6. $dS = \frac{\delta Q_{rev}}{T} = \frac{C_p dT}{T} - \frac{V dp}{T}$ $\Rightarrow$ $\underset{\text{massique}}{ds} = c_{pm}\frac{dT}{T} - \frac{R\,dp}{\Pi p}$ car $pv = \frac{R}{\Pi} T$ (massique !)

$\Rightarrow ds = \frac{\gamma R}{\Pi(\gamma-1)} \frac{dT}{T} - \frac{R\,dp}{\Pi p}$ $\Rightarrow$ $s(T,p) = s(T_0,p_0) + \frac{\gamma R}{\Pi(\gamma-1)} \ln\frac{T}{T_0} - \frac{R}{\Pi}\ln\frac{p}{p_0}$

ou $s(T,p) = s(T_0,p_0) + \frac{R}{\Pi(\gamma-1)} \ln \frac{T^\gamma p^{1-\gamma}}{T_0^\gamma p_0^{1-\gamma}}$ /1,5

7. isobare $\Rightarrow$ $dp = 0$ $\Rightarrow$ $s(T,p) = s_0 + \frac{\gamma R}{\Pi(\gamma-1)} \ln\frac{T}{T_0}$ $\Rightarrow$ $T = T_0 e^{\frac{s - s_0}{c_{pm}}}$ /0,5

8. dans les échangeurs $w = 0$

(1) $\Rightarrow$ $q_{23} = c_{pm}(T_3 - T_2)$ et $q_{41} = c_{pm}(T_1 - T_4)$ /1

9. isentropique $\Rightarrow$ $q_{12} = 0$ $\Rightarrow$ $w_{12} = c_{pm}(T_2 - T_1)$ /0,5

10. isentropique $\Rightarrow$ $q_{34} = 0$ $\Rightarrow$ $w_{34} = c_{pm}(T_4 - T_3)$ /0,5

11. $w_{net} = |w_{turbine}| - |w_{compresseur}|$ car $w_{net} > 0$

$w_{net} = -w_{34} - w_{12}$ /0,5 car $w_{34} < 0$ et $w_{12} > 0$

12. $w_{net} = c_{pm}(T_1 - T_2 + T_3 - T_4)$ /0,5

13. $\eta = \frac{w_{net}}{q_{23}} = \frac{\text{énergie récupérée}}{\text{énergie fournie}}$ /0,5

14. $\eta = \frac{c_{pm}(T_1 - T_2 + T_3 - T_4)}{c_{pm}(T_3 - T_2)} = 1 + \frac{T_1 - T_4}{T_3 - T_2}$

or $\Delta s_{cycle} = 0 = \underbrace{\cancel{\Delta s_{12}}}_{isentrop} + \Delta s_{23} + \underbrace{\cancel{\Delta s_{34}}}_{isentrop} + \Delta s_{41} = c_{pm} \ln \frac{T_3}{T_2} + c_{pm} \ln \frac{T_1}{T_4}$ (4)

$\Rightarrow T_3 T_1 = T_2 T_4$

$\eta = 1 + \dfrac{T_1 - \frac{T_3 T_1}{T_2}}{T_3 - T_2} = 1 - \dfrac{T_1}{T_2}$ /2

15. Laplace $\Rightarrow p_1^{1-\gamma} T_1^{\gamma} = p_2^{1-\gamma} T_2^{\gamma} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \tau^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \Rightarrow \eta = 1 - \tau^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \Rightarrow z = \tau^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$ /1

16. il faut augmenter $\tau$ taux de compression
—— —— $\gamma$ en choisissant un meilleur gaz. /1
—— des transformations réversibles.

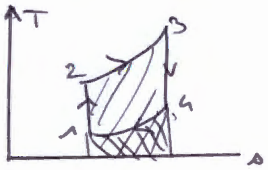
17.

$\delta W = -p_{ext}\, dV \underset{\text{réversible}}{=} -p dV \Rightarrow$ Pour chaque étape, le travail est l'aire sous la courbe.

donc l'aire du cycle est le travail total du cycle

or $w_{cycle} = -w_{net} \Rightarrow$ l'aire du cycle est $|w_{net}|$ /1

18.



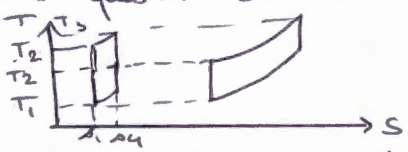
$2^{nd}$ ppe : $ds = \frac{\delta q_{rev}}{T} = \frac{\delta q}{T}$ car rév ici

$\Rightarrow \delta q = T ds \Rightarrow$ l'aire sous la courbe est le transfert thermique.

//// $q_{23}$ \\\\ $q_{41}$ $\Rightarrow$ aire du cycle est $q_{23} + q_{41}$ /1,5

19. on a un cycle donc $\Delta h = 0 = w_{cycle} + q_{cycle} = -w_{net} + q_{cycle} \Rightarrow q_{cycle} = w_{net}$ cqfd. /0,5

20. a.b. question évidente !!




0,5

21. si $T_2$ est proche de $T_3$, l'aire du cycle est faible car $s_4$ proche de $s_1$
si $T_2$ est loin de $T_3$, —————— $T_2$ proche de $T_1$
donc si $T_2$ est loin de $T_3$ et de $T_1$, l'aire doit passer par un maximum. /1

22. $\eta = 1 - \frac{1}{z} = \frac{w_{net}}{q_{23}} = \frac{w_{net}}{c_{pm}(T_3 - T_2)}$ or cf 15 $T_2 = T_1 z$

$\Rightarrow w_{net} = c_{pm}\left(1 - \frac{1}{z}\right)(T_3 - z T_1)$ /1

23. $\frac{dw_{net}}{dz} = 0 = +\frac{1}{z^2}(T_3 - zT_1) + \left(1 - \frac{1}{z}\right)(-T_1) = T_3 - \cancel{zT_1} - z^2 T_1 + \cancel{zT_1} \Rightarrow z = \sqrt{\frac{T_3}{T_1}}$ /1

24. $w_{net} = c_{pm}\left(1 - \sqrt{\frac{T_1}{T_3}}\right)\left(T_3 - \sqrt{\frac{T_3}{T_1}}\, T_1\right) = c_{pm} T_3 \left(1 - \sqrt{\frac{T_1}{T_3}}\right)^2$ /0,5

25. $z = \sqrt{\frac{T_1}{T_3}} = 1{,}83 \Rightarrow w_{net} = 200\ \mathrm{kJ.kg^{-1}}$

$T_2 = z T_1 \Rightarrow T_2 = 548\,\mathrm{K}$

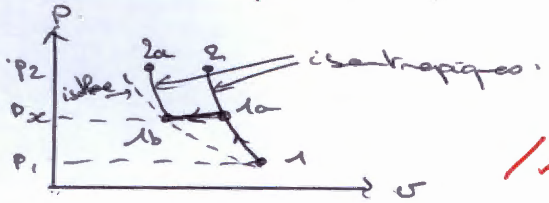
3-4 : Laplace $\Rightarrow \frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{p_4}{p_3}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \tau^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = z \Rightarrow T_4 = \frac{T_3}{z} = 548\,\mathrm{K} = T_2$ /2

$\eta = 1 - \frac{1}{z} = 0{,}452$

26. isotherme : $p = \frac{mRT}{V} \propto \frac{1}{v}$ isentropique : $p \propto \frac{1}{v^{\gamma}} \Rightarrow$ pente isotherme < pente isentropique

/0,5

27.




/1

28. On a $T_{2a} < T_2$

Par ailleurs $\Delta h = w_u + q$ ici $q = 0 \Rightarrow w_u = \Delta h$

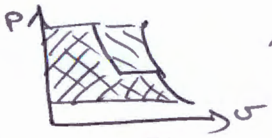
~~donc~~ $dh = T\cancel{ds} - v\,dp$ car $h = u + pv \Rightarrow dh = du + d(pv)$

$\overset{\|}{0}$ ici

$= \delta Q_{rev} + \delta W_{rev} + d(pv)$

$= T ds - p dv + d(pv)$

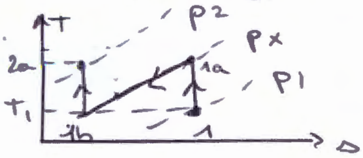
donc $w_u = \int -v\,dp$ c'est l'aire à gauche de la courbe.




//// $w_u$(2 étages)

\\\\ $w_u$(1 étage) > $w_u$(2 étages) /1

29.




/1

30. voir feuille annexe. /2

31. $4 \to 5$, $5 \to 6$, $9 \to 10$, $10 \to 1$ } pas de partie mobile $\Rightarrow w = 0 \Rightarrow c_{pm}(T_j - T_i) = q_{ij}$ /1

32. $\eta = \dfrac{w_{net}}{q_{56} + q_{78}}$ ~~on~~ ne compte pas $q_{45}$ car il est pris à l'air de $9 \to 10$.

$$= \frac{-w_{12} - w_{34} - w_{67} - w_{89}}{q_{56} + q_{78}} = \frac{-c_{pm}(T_2 - T_1) - c_{pm}(T_4 - T_3) - c_{pm}(T_7 - T_6) - c_{pm}(T_9 - T_8)}{c_{pm}(T_6 - T_5) + c_{pm}(T_8 - T_7)}$$

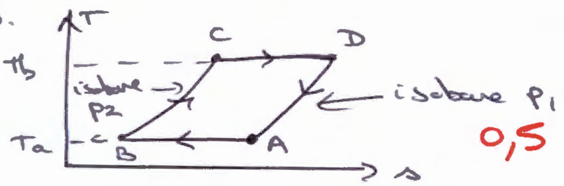
or $T_4 = T_2$ $T_1 = T_3$ $T_5 = T_7$ et $T_6 = T_8$ $\Rightarrow \eta = \dfrac{T_1 - T_2 + T_6 - T_5}{T_6 - T_5} = 1 - \dfrac{T_2 - T_1}{T_6 - T_5}$ /1,5

33. $n$ étages $\Rightarrow \dfrac{P_2}{P_{xn}} = \dfrac{P_{xn}}{P_{xn-1}} = \dots = \dfrac{P_{x2}}{P_{x1}} = \dfrac{P_{x1}}{P_1} = \tau_1$

si on fait le produit de ces rapports $\Rightarrow \dfrac{P_2}{P_1} = \tau_1^{n+1} \Rightarrow \tau_1 = \left(\dfrac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1}{n+1}}$ /1

34. $n \to \infty \Rightarrow \tau_1 \to 1$ /0,5

35.




0,5

36. $A \to B$ : compression

$B \to C$ : réchauff. régénérateur.

$C \to D$ : détente

$D \to A$ : refroidissement régénérateur. /0,5

37. $s_D - s_C = c_{pm} \ln \cancel{\dfrac{T_D}{T_C}} - \dfrac{R}{M} \ln \dfrac{P_D}{P_C}$ cf question 6.

isoth.

or $P_D = P_1$ et $P_C = P_2$ $\Rightarrow s_D - s_C = -\dfrac{R}{M} \ln \dfrac{P_2}{P_1} = \dfrac{q_{ch}}{T_b}$ car réversible

$\Rightarrow q_{ch} = \dfrac{T_b R}{M} \ln \dfrac{P_2}{P_1}$ /1

38. ^ de même $\Rightarrow q_{fr} = -\dfrac{R T_a}{M} \ln \dfrac{P_2}{P_1}$ /0,5

39. $\eta = -\dfrac{w}{q_{ch}}$ or $w + q_{ch} + q_{fr} = 0$ 1er ppe $\Rightarrow \eta = 1 + \dfrac{q_{fr}}{q_{ch}} = 1 - \dfrac{T_a}{T_b}$ /1

40. On obtient le rendement du cycle de Carnot qui est un max. /1

3 étages pour ne pas trop encombrer.

# DOCUMENT ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE :
# FIGURE 8