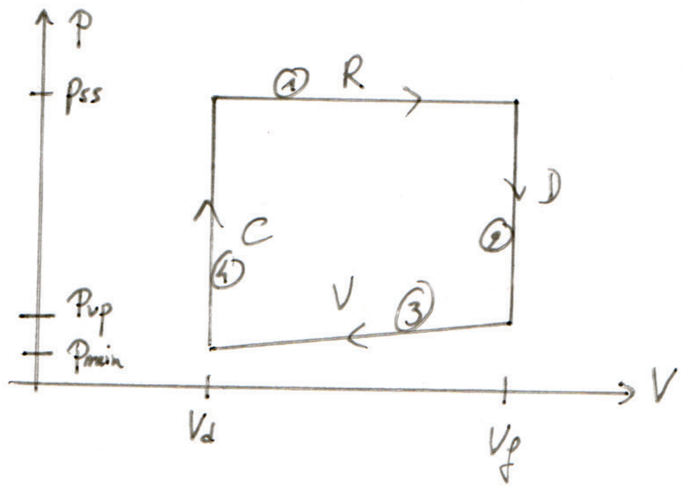
# Physique : DM1

## I – Thermodynamique du cœur (E3A – PSI – 2017)

F1 Pour un cycle moteur il faut un sens horaire

F2




- La phase R se fait à pression constante d'où R = ①.
- La phase C — volume constant, mais c'est une compression ⇒ C = ④
- La phase D — " — " — " détente ⇒ D = ②
- La phase V ne se fait pas à volume constant de plus on change de "récipient" d'où une pression différente.

F3 Soit l'Aire : $A = (p_{ss} - p_{min})(V_f - V_d) - \frac{1}{2}(p_{vp} - p_{min})(V_f - V_d)$

$= \left(p_{ss} - \frac{1}{2}p_{vp} - \frac{1}{2}p_{min}\right)(V_f - V_d)$

or $W<0 \Rightarrow \boxed{W = \left[p_{ss} - \frac{1}{2}(p_{vp} + p_{min})\right]S \text{ où } S = V_f - V_d}$

F.4 Comme $\begin{cases} p_{min} \ll p_{ss} \text{ et } p_{vp} \ll p_{ss} \\ \text{et} \\ W_g = -W \end{cases} \Rightarrow \boxed{W_g = p_{ss}.S}$

F5 De m̂ : $\boxed{W_d = \alpha p_{ss} S}$

F6) Durant un cycle : $W_{cycle} = W_g + W_f = P_{ss} S (1+\alpha)$

d'où $P = \dfrac{W_{cycle}}{T_{cycle}} = W_{cycle} \times f$.

$\Rightarrow \boxed{P = P_{ss} S f (1+\alpha)}$

F7) D'après l'annexe 4 : • $\alpha = \dfrac{20}{130} \simeq 0{,}15$

• $P_{ss} = 110\,mmHg$ (Diagramme) et $S = 50\,mL$

On choisit $f = 1\,Hz$ (1 battement par seconde)

$\Rightarrow \underline{\underline{P = 0{,}85\,W \simeq 1\,W}}$

Sur une journée : $\underline{\mathcal{E} = 73\,kJ}$ (car $\Delta t = 86400\,s$)

C'est une puissance modeste comparée aux centaines de watts que peuvent développer nos muscles.

G1) On peut définir : $\boxed{\eta = \dfrac{\text{Energie mécanique fournie au sang}}{\text{Energie consommée par le coeur}}}$

Les apports nutritionnels recommandés sont de 2000 kcal/jour (1 cal = 4,18 J)

$\Leftrightarrow 8{,}4\,MJ/jour$

D'où $E_{conso,coeur} = 8{,}4.10^6 \times 0{,}14$

$= 1{,}18\,MJ$.

D'où $\underline{\eta = 6{,}2\,\%}$

G.2) Soit $\eta = \dfrac{-W}{Q_c}$ or $\begin{cases} W = -Q_c - Q_F \\ \text{et} \\ Q_c/T_c + Q_F/T_F \leq 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \eta = 1 + \dfrac{Q_F}{Q_c} \\ \text{et } \dfrac{Q_F}{Q_c} \leq -\dfrac{T_F}{T_c} \end{cases}$

$\Rightarrow \boxed{\eta \leq 1 - T_F/T_c}$ L'égalité correspond au <u>rendement de Carnot</u> avec des transformations purement réversibles.

6.3 • Soit $\eta \leq 1 - \frac{T_F}{T_C}$

$\Leftrightarrow \eta T_C \leq T_C - T_F \Leftrightarrow T_C \geq \frac{T_F}{1-\eta}$

Avec $\begin{cases} T_F = 293\,K \\ \eta = 0{,}062 \end{cases} \Rightarrow T_C \geq 312\,K \Rightarrow \underline{T_C \geq 39\,°C}$

• Le modèle proposé reste approximatif mais il propose le bon ordre de grandeur.

# II - Modélisation d'une machine frigorifique (CCP – PSI – 2017)

**Q1** . $1 \to 2$ est une compression isentropique d'où $\underline{w_{1\to2} = \Delta h_{1\to2} > 0}$.

. $2 \to 3$ est l'échange thermique isobare avec la source chaude, or le fluide réchauffe la source chaude $\underline{q_{23} = \Delta h_{2\to3} < 0}$

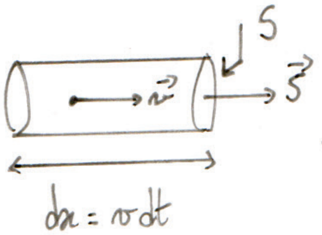
. $4 \to 1$ ______ froide d'où $\underline{q_{41} = \Delta h_{4\to1} > 0}$

**Q2** Il n'y a pas de travail lors de ces transformations donc l'échange thermique est naturel :

$$\boxed{\begin{cases} T_{fluide} > T_{chaud} \\ T_{fluide} < T_{froid} \end{cases}}$$

**Q3** $\begin{cases} \text{La source froide est l'intérieur du réfrigérateur} \\ \text{\_\_\_\_\_\_ chaude est l'air ambiant de la maison} \end{cases}$

**Q4**




$\Rightarrow$ La quantité de masse $\delta m$ qui traverse $S$ pendant $dt$ s'écrit :

$$\delta m = \mu S\, dx$$

$$\Leftrightarrow \delta m = \mu S \cdot v\, dt$$

$$\Leftrightarrow \boxed{D_m = \mu S v}$$

**Q5** . En régime permanent $D_m = cste$, or $S = cste$

d'où $\mu v = cste$

. Avant la compression $\mu$ est minimale d'où $\underline{v \text{ est maximale}}$

**Q6** On a $\begin{cases} (\Delta e_c)_{max} = \dfrac{1}{2} v_{max}^2 = 0{,}5\ J.kg^{-1} \\ \text{et} \\ h_2 = 440\ kJ/kg \text{ et } h_1 = 390\ kJ/kg \Rightarrow \Delta h_{12} = 50\ kJ/kg \end{cases}$

Donc $\Delta h \gg (\Delta e_c)_{max} \Rightarrow$ $\boxed{\text{on peut négliger les variations d'}e_c}$

**Q7** Si $\Delta z = 2\,m$ on a $\Delta(gz) \simeq 20\,J/kg \ll \Delta h_{1\to 2}$

$\Rightarrow$ On peut négliger les variations d'$e_p$

**Q8** Sur la figure 3 on lit : $\begin{cases} T_1 = -20°C \\ T_{sat}(p_{BP}) = -30°C \end{cases}$ $\Rightarrow \boxed{T_1 - T_{sat}(p_{BP}) = 10°C}$

**Q9** ——————— : $\begin{cases} T_3 = 30°C \\ T_{sat}(p_{HP}) = 40°C \end{cases}$ $\Rightarrow \boxed{T_3 - T_{sat}(p_{HP}) = -10°C}$

**Q10** Les parois sont calorifugées donc $q_{34} = 0$. De plus il n'y a pas de pièces mobiles donc le travail utile est nul $w_{34} = 0$.

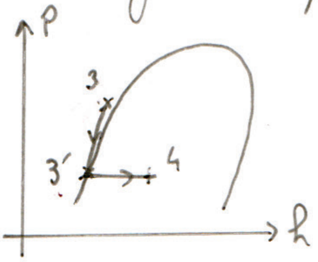
$\Rightarrow \boxed{\Delta h_{34} = 0} \Rightarrow$ étape isenthalpique.

**Q11** . Soit $\Delta h = \Delta\left(u + \frac{P}{\mu}\right) \Leftrightarrow \Delta u + \frac{\Delta P}{\mu_{liq}} = 0$

or $\Delta u = c_v \Delta T \Rightarrow \Delta T = -\frac{\Delta P}{c_v \mu_{liq}} = \frac{-2.10^5}{1000 \times 1300} = \underline{-0{,}15\,K}$

. D'où $\Delta T$ proche de $0\,K$ $\Rightarrow$ Une isenthalpe en zone liquide est assimilable à une isotherme

**Q12** L'énoncé nous fait décomposer la transformation en 2 étapes :




$\Delta h_{3\to4} = \Delta h_{3\to3'} + \Delta h_{3'\to4}$

$\Leftrightarrow \boxed{\Delta h_{3\to4} = c_p(T_4 - T_3) + \Delta x_{vap} L_{vap}(T_4)}$

**Q13** Graphiquement $\boxed{L_{vap}(T_4) \simeq 220\,kJ.kg^{-1}}$

Or $\Delta h_{3\to4} = 0 \Rightarrow \boxed{T_4 - T_3 = -\Delta x_{vap} L_{vap}(T_4) / c_p \simeq -80\,K}$

Graphiquement : $T_4 - T_3 = -60\,K$, l'ordre de grandeur est cohérent.

**Q14** Les transformations sont isobares s'il n'y a pas de pertes de charge dans les échangeurs $\Rightarrow$ on <u>néglige la viscosité du fluide</u>.

**Q15** Compression isentropique $\Leftrightarrow$ compression <u>adiabatique réversible</u>.

**Q16** – Energie massique coûteuse = Travail massique du compresseur = $w_{12}$

– —"— utile = $q_{41}$.

$$\Rightarrow e = \left|\frac{q_{41}}{w_{12}}\right| \quad \text{où} \quad \begin{cases} w_{12} = h_2 - h_1 = 440 - 390 = 50\,\text{kJ.kg}^{-1} \\ q_{41} = h_1 - h_4 = 390 - 240 = 150\,\text{kJ.kg}^{-1} \end{cases}$$

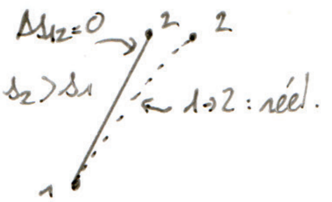
$$\Rightarrow \boxed{e = 3}$$

**Q17** • Pour un cycle : $\begin{cases} W + Q_C + Q_F = 0 \\ \dfrac{Q_C}{T_C} + \dfrac{Q_F}{T_F} = 0 \end{cases}$

$$\text{Or } e = \left|\frac{Q_F}{W}\right| = \left|\frac{-Q_F}{Q_F + Q_C}\right| = \left|\frac{-1}{1 + \frac{Q_C}{Q_F}}\right|$$

$$\Leftrightarrow e_{rév} = \left|\frac{-1}{1 - \frac{T_C}{T_F}}\right| \Leftrightarrow \boxed{e_{rév} = \frac{1}{\frac{T_C}{T_F} - 1}} = \underline{7{,}4 > e}$$

• L'irréversibilité est due à la différence de température entre le fluide et les deux sources chaude et froide




**Q18** Pour $1 \to 2$, $q_{12} = 0$ $\Rightarrow \Delta s_{1\to 2} = s_c > 0$ d'où $s_2 > s_1$

Par conséquent $\Delta h_{12}$ augmente $\Rightarrow \boxed{e \text{ diminue}}$

**Q19** Le sous refroidissement permet d'avoir $h_3$ plus petit donc $h_4$ aussi.

$\Rightarrow q_{41}$ augmente $\Rightarrow \boxed{e \text{ augmente}}$