

# Correction TD22

## Exercice 1

1) Un fleuve ou la mer peut servir de **source froide**.

2) le fluide fait tourner une turbine qui entraîne un **alternateur**.

3) Source chaude: eau du circuit primaire      Source froide: eau du circuit tertiaire

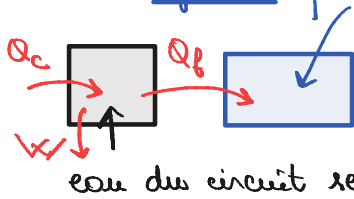
4)  $\eta = -\frac{W}{Q_c}$       1<sup>er</sup> principe  $\Rightarrow W = -(Q_c + Q_f)$        $\left\{ \begin{array}{l} \eta = 1 + Q_c/Q_f \\ \eta = 1 - \frac{T_f}{T_c} \end{array} \right.$

2<sup>o</sup> principe  $\Rightarrow \frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f} = 0$

5)  $T_c = 328^\circ\text{C}$      $T_f = 15^\circ\text{C}$        $\eta = 52\%$   
connot

6)  $\eta = \frac{1310}{3817}$        $\eta = 34\%$

7) Système { eau du circuit tertiaire }       $m_{\text{eau}} \Delta T = -\frac{Q_f}{>0} \rightarrow \Delta T = -\frac{Q_f}{m_{\text{eau}}}$



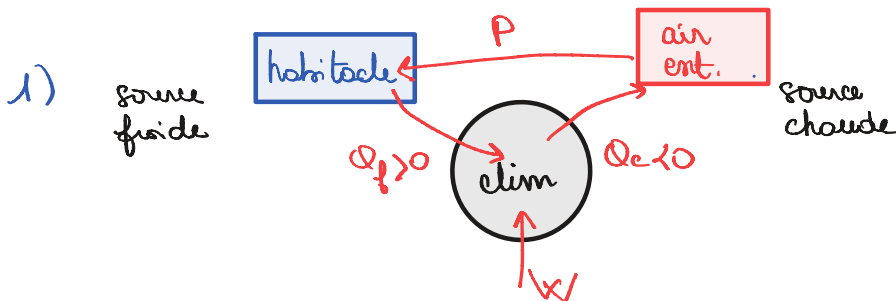
par unité de temps :  $\Delta T = -\frac{P_f}{D_m C_{\text{eau}}}$        $D_m$ : débit massique

$Q_c > 0$  et  $Q_f < 0$  }  $Q_c = |W| + |Q_f|$        $P_c = P_{\text{elec}} + |P_f|$

$W < 0$  }       $3817 \text{ MW}$        $1310 \text{ MW}$

$\Delta T = 13\text{K}$

## Exercice 2



Système : { agent thermique du clim }

2) Système : {habitable}  $\Delta T = 0 \Leftrightarrow$  "apport = pertes"

$$P_f = h(T_2 - T_1) \quad \text{AN: } P_f = 2550 \text{ W}$$

$$3) e = \frac{Q_b}{W} = \frac{P_f}{P} = 3 \rightarrow P = \frac{P_f}{e} \quad \text{AN: } P = 850 \text{ W}$$

$$4) \text{ 1L d'essence : } Q_{c, \text{ moteur}} = 35 \text{ MJ} \quad \eta = 10\% \rightarrow W_{\text{moteur}} = 3,5 \text{ MJ}$$

Etude sur 1h la clim nécessite  $W = P \Delta t = 3,06 \text{ MJ}$

1L  $\rightarrow 3,5 \text{ MJ}$  Cette quantité d'énergie nécessite 0,87L d'essence.  
 ?  $\rightarrow 3,06 \text{ MJ}$

### Exercice 3

1)  $A_1 \rightarrow A_2$  : on peut appliquer les lois de Laplace  $P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$   $P_2 = P_1 \alpha^\gamma = 44,3 \text{ bars}$

$$T_2 = \frac{P_2 V_2}{nR} = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} T_1 \quad T_2 = 866 \text{ K}$$

2)  $A_2 \rightarrow A_3$  : isobare  $T_3 = \frac{P_2 V_3}{nR} = \frac{P_2 V_3}{P_1 V_1} T_1$   $T_3 = T_2 \frac{\alpha}{\beta} = 2598 \text{ K}$

$A_3 \rightarrow A_4$  : on peut appliquer les lois de Laplace  $T_4 = T_3 \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1}$   $T_4 = T_3 \beta^{1-\gamma} = 1365 \text{ K}$

$A_4 \rightarrow A_1$  : isochore

$$P_4 = \frac{nRT_4}{V_4 = V_1} \quad P_4 = \frac{P_1 T_4}{T_1} = 4,6 \text{ bars}$$

$$3) \eta = -\frac{W}{Q_c} = 1 + \frac{Q_b}{Q_c} \quad Q_f = Q_{4 \rightarrow 1} = \Delta U_{4 \rightarrow 1} = \frac{nR}{\gamma-1} (T_1 - T_4)$$

$$Q_c = Q_{2 \rightarrow 3} = \Delta H_{2 \rightarrow 3} = \frac{nR\gamma}{\gamma-1} (T_3 - T_2)$$

$$\eta = 1 + \frac{1}{\gamma} \frac{T_1 - T_4}{T_3 - T_2} \quad \eta = 56\%$$

4)  $V_1 = 2L$   $T_1 = 293K$   $P_1 = 1bar$   $m_{air} = \frac{P_1 V_1}{T_1} M_{air}$   $m_{air} = 2,38g$

5)  $Q_c = Q_{2 \rightarrow 3} = m_{air} c_p (T_3 - T_2) = 4,1 kJ$  et  $Q_c = q_{comb} m_{comb}$   $m_{comb} = 88 mg$

6) 1 cycle = 2 tours durée d'1 cycle :  $\Delta t_{cycle} = \frac{2 \times 60}{3000} = 40 ms$

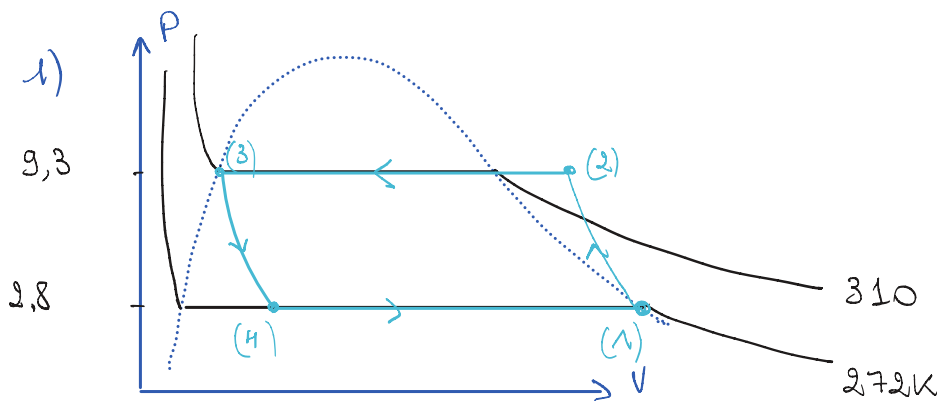
$d = v \times \Delta t_{cycle} \rightarrow d = 1,44 mm$

7)  $D = 100 km \rightarrow nb \text{ de cycles} = \frac{D}{d_{cycle}}$  quantité de carburant :  $m_c = m_{comb} \frac{D}{d_{cycle}}$   
pour 1 cycle

Volume de carburant =  $\frac{m_c}{\rho} = \frac{100 \times 10^3 \times 88 \times 10^{-3}}{1,44 \times 0,8} = 7,6L$  pour 100km

8)  $P = \frac{W_{cycle}}{\Delta t_{cycle}} = \frac{\eta Q_{2 \rightarrow 3}}{\Delta t_{cycle}} = 57,4 kW$  soit  $78 ch$

### Exercice 4



2)  $T_2 = T_1 \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = 332K$

3)  $Q_{2 \rightarrow 3} = \Delta H_{refroidissement} + \Delta H_{liq.} = m c_{p,m} (T_3 - T_2) - m \Delta_{vap} h = -389 kJ / min$   
soit  $Q_c$

4)  $h_{v1} = h_{v3} = h_v(310K)$

$n_v h_{v1} + (1-n_v) h_v(272K)$

$252 = 402 n_v + 198(1-n_v)$   $n_v = 26,5\%$

$$5) Q_{L \rightarrow 1} = (1 - \alpha_0) \Delta_{\text{ocph}}(272K) \times m_{\text{v}} = 337 \text{ kJ}$$

$$Q_{L \rightarrow 1} = m_{\text{eau}} c_{\text{eau}} \Delta T \quad m_{\text{eau}} = \frac{337 \times 10^3}{5 \times 4180} = 16 \text{ L/min} \quad \text{soit } 16 \text{ kg/min}$$

↳ donné pour 1 minute

$$6) e = \frac{Q_f \leftarrow Q_{L-1}}{W \leftarrow W_{1 \rightarrow 2}}$$

$$W_{1 \rightarrow 2} = \Delta U_{1 \rightarrow 2} \text{ car adiabatique} \quad W_{1 \rightarrow 2} = \frac{mR}{\gamma - 1} (T_2 - T_1) = 4 \text{ G J}$$

ou  $\frac{c_{p,m}}{\gamma}$  pendant 1 minute

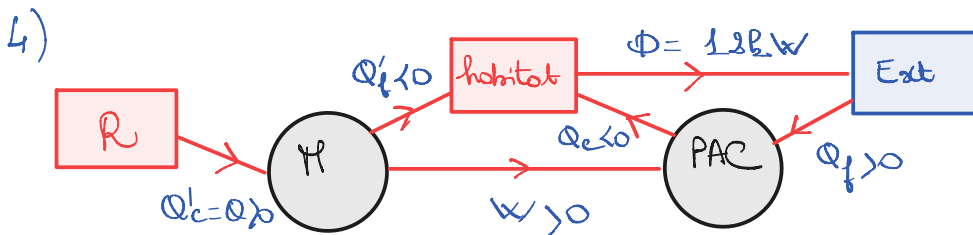
$$e = 7$$

### Exercice 5

$$1) \text{ Il faut fournir } 12,2 \text{ kW} \times 3600 = 43,2 \text{ MJ} \rightarrow m_{\text{B}} = 2,4 \text{ kg}$$

$$2) \text{ cf. cours : } \dots \quad e = \frac{T_c}{T_c - T_f} = \frac{T_u}{T_u - T_e} = 11,7$$

$$3) e = \frac{P}{P_{\text{elec}}} \rightarrow P_{\text{elec}} = 0,82 \text{ kW}$$



les flèches indiquent le sens des transferts.

$$5) \text{ Sur un cycle moteur : } Q + Q_f - W = 0$$

$$\text{Sur un cycle de la PAC : } Q_f + Q_c + W = 0$$

$$W = Q\eta \quad Q_c = -eW \rightarrow Q_c = -e\eta Q$$

$$Q_F = -W / -Q_c \rightarrow Q_F = Q\eta(e-1) \quad Q_F' = W - Q \rightarrow Q_F' = Q(\eta-1)$$

$$6) Q_H = -(Q_c + Q_F') = -(-e\eta Q + Q\eta - Q) = Q(e\eta - \eta + 1)$$

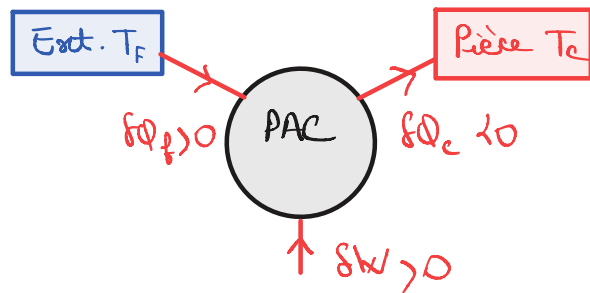
$$7) m'_B = \frac{Q}{g_B} = \frac{P\Delta t}{g_B(e\eta - \eta + 1)} \quad m'_B = 0,31 \text{ kg} < m_B \quad (\eta = 1 - \frac{T_H}{T})$$

### Exercice 6

1) Systeme : { fluide de la PAC }

$$* \quad dU = 0 = \delta W + \delta Q_c + \delta Q_f$$

$\swarrow$   $P_m dt$        $\downarrow$   $-\delta Q_{\text{pièce}}$



$\hookrightarrow$   $\delta W$  fournie par le compresseur

Bilan de puissance :  $P_m - \frac{\delta Q_{\text{pièce}}}{dt} + \frac{\delta Q_f}{dt} = 0$

$$* \quad dS = 0 = \frac{\delta Q_c}{T_c} + \frac{\delta Q_f}{T_F} = 0 \rightarrow \frac{\delta Q_f}{dt} = \frac{T_F}{T_c} \frac{\delta Q_{\text{pièce}}}{dt}$$

2) Systeme : { pièce }       $\delta Q_{\text{pièce}} = dU_{\text{pièce}} \text{ avec } V = Cte \quad \delta Q_{\text{pièce}} = C dT_c$

$$C \frac{T_F}{T_c} \frac{dT_c}{dt} - C \frac{dT_c}{dt} + P_m = 0 \rightarrow P_m dt = C dT_c - C T_F \frac{dT_c}{T_c}$$

3) On intègre sur 1 durée  $\tau$  telle que  $T_c$  passe de  $T_0$  à  $T_0 + \Delta T$ .

$$P_m \tau = C \Delta T - C T_F \ln\left(\frac{T_0 + \Delta T}{T_0}\right) \rightarrow \tau = \frac{C \Delta T - T_F \ln(1 + \frac{\Delta T}{T_0})}{P_m}$$

AN:  $\tau =$

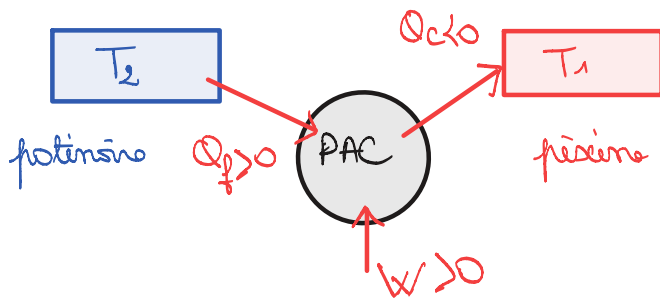
k) Dans le cas d'une transformation réversible :  $dS = \delta S^e + \delta S^c$

$$\frac{\delta Q_F}{T_F} + \frac{\delta Q_C}{T_C} + \delta S^c = 0 \quad \rightarrow \quad \delta Q_F = -\delta S^c - \frac{T_F}{T_C} \delta Q_C = -\delta S^c + \frac{T_F}{T_C} C dT_C$$

l'équation différentielle devient :  $P_m dt = \underbrace{\delta S^c}_{>0} + C dT_C - C T_F \frac{dT_C}{T_C}$

la durée est augmentée.

### Exercice 7



Système : { fluide de la PAC }  $\rightarrow$   $Q_f, Q_c$  et  $W$

$$Q_f = -Q_{\text{eau potéinsine}} \quad Q_c = -Q_{\text{eau piscine}}$$

1) eau liquide (2)  $T_{2,0} \rightarrow T_2'$   $\Delta$   $T_1$  et  $T_2$  orient  $\rightarrow$  pseudo-isothermes.

$$dU = 0 = \delta Q_f + \delta Q_c + \delta W \quad dS = \frac{\delta Q_f}{T_2} + \frac{\delta Q_c}{T_1} = 0 \quad (\text{hyp: réversible})$$

$$\delta Q_f = -m_2 c_e dT_2 \quad \delta Q_c = -m_1 c_e dT_1 \quad \rightarrow \quad m_2 \frac{dT_2}{T_2} + m_1 \frac{dT_1}{T_1} = 0$$

$$m_2 \ln \frac{T_2'}{T_{2,0}} + m_1 \ln \frac{T_1'}{T_{1,0}} = 0 \quad \left(\frac{T_2'}{T_{2,0}}\right)^{m_2} \left(\frac{T_1'}{T_{1,0}}\right)^{m_1} = 1 \quad \rightarrow \quad T_1' = T_{1,0} \left(\frac{T_{2,0}}{T_2'}\right)^{m_2/m_1}$$

$$T_1' = 281K$$

2) Pendant la solidification à  $P = P_0, T = T_0 = T_2'$   $\delta Q_f = dm_2 \Delta_{\text{fus}} h \rightarrow Q_f = m_2 \Delta_{\text{fus}} h$

$$dm_2 \frac{\Delta_{\text{fus}} h}{T_2'} - m_1 c_e \frac{dT_1}{T_1} = 0$$

$$m_2 \frac{\Delta_{\text{fus}} h}{T_2'} - m_1 c_e \ln \frac{T_1''}{T_1'} = 0$$

$$T_1'' = T_1' \exp\left(\frac{m_2}{m_1 c_e} \frac{\Delta_{\text{fus}} h}{T_2'}\right)$$

$$T_1'' = 298K$$

3) m<sup>me</sup> raisonnement qu'au 1) mais lieu de la potinsière est solide

$$m_2 c_g \ln \frac{T_{2f}}{T_2} + m_1 c_e \ln \frac{T_{1f}}{T_1'} = 0 \rightarrow T_{1f} = T_1' \left( \frac{T_2}{T_{2f}} \right)^{m_2 c_g / m_1 c_e}$$

AN:  $T_{1f} = 299K$

4)  $\delta W + \delta Q_e + \delta Q_f = 0 \quad \delta W = -\delta Q_e - \delta Q_f$

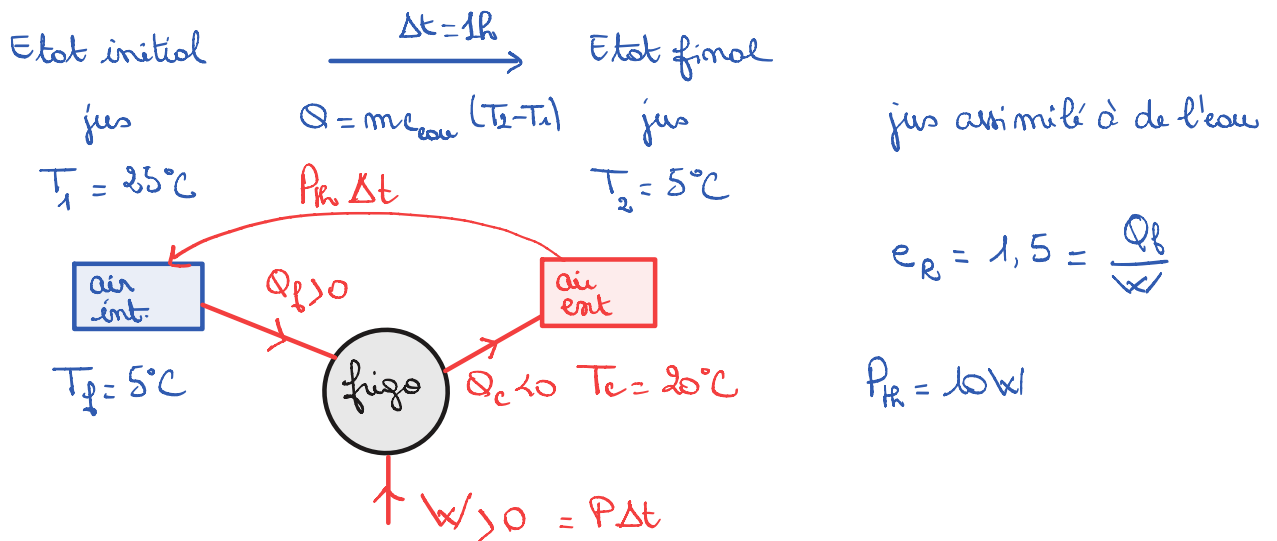
1<sup>ère</sup> étape:  $W_1 = m_1 c_e (T_1' - T_0) + m_2 c_e (T_2' - T_0)$

2<sup>e</sup> étape:  $W_2 = m_1 c_e (T_1' - T_1'') - m_2 \Delta_{\text{fus}} h$

3<sup>e</sup> étape:  $W_3 = m_1 c_e (T_{1f} - T_1'') + m_2 c_g (T_{2f} - T_2')$

→ Trouvail total:  $W = W_1 + W_2 + W_3 = m_2 W \rightarrow W = 7,54 \times 10^3 J \cdot kg^{-1}$

Exercice 8



Pour refroidir une masse m de jus il faut prélever  $|Q_f| = m c_{\text{eau}} (T_1 - T_2)$  à  $P = C_{\text{te}}$ .

$$\Delta H_{\text{jus}} = m c_{\text{eau}} (T_2 - T_1) = -Q_f + P_R \Delta t \rightarrow Q_f = P_R \Delta t - m c_{\text{eau}} (T_2 - T_1)$$

$$W = \frac{Q_f}{e} = \frac{P_R \Delta t - m c_{\text{eau}} (T_2 - T_1)}{e} = 3,6 \times 10^5 J$$

$1 kWh = 10^3 \times 3600 = 3,6 \times 10^6 J \rightarrow \text{Coût} = 2 \text{ centimes}$