

①. • Travail fourni, $W = -1090 \text{ J}$ ^{↓ signes!}
 • Energie interne, $\Delta U = -2990 \text{ J}$
 $\Rightarrow \Delta U = Q + W \Rightarrow Q = \Delta U - W = -2990 - (-1090) = -1900 \text{ J}$ (a)

②. 1^{re} loi: $\Delta U = Q + W$
 l'affirmation d est la plus complete! (d)

③. "Dilatation" $\Rightarrow W = -2250 \text{ J}$
 $Q = +1930 \text{ J} \Rightarrow \Delta U = Q + W = 1930 - 2250 = -320 \text{ J}$ (a)

④. $\Delta R =$ hauteur de chute du poids $\Rightarrow \Delta E_{\text{pot}} = m^* g \Delta R$: variation de l'energie potentielle du poids
 • Si $v =$ constante, $\Rightarrow \Delta E_{\text{cin}} = 0 \Rightarrow \Delta E_{\text{mec}} = \Delta E_{\text{pot}} + \Delta E_{\text{cin}} = \Delta E_{\text{pot}} = m^* g \Delta R$: variation de l'energie mecanique du poids
 • ΔE_{mec} est "utilise" pour chauffer l'eau!: $\Delta E_{\text{mec}} = Q = c m^* \Delta T$ $m^* =$ masse du "poids"
 $\Rightarrow m^* g \Delta R = c m \Delta T \Rightarrow \Delta R = \frac{c m \Delta T}{m^* g} = 4186 \cdot \frac{2 \cdot 0,5}{2 \cdot 9,81} = \underline{21,3 \text{ m}}$ (a)
 ↑ ↑ ↑
 l'energie mecanique est transformee en chaleur

⑤. Machine thermique, $r = \frac{W}{Q_c}$ $Q_c = 3,3 \cdot 10^5 \text{ J}$
 • W se calcule avec la loi $W = \Delta E_{\text{mec}} = \Delta E_{\text{pot}} + \Delta E_{\text{cin}} = \Delta E_{\text{pot}} = m g \Delta R$
 $W = 2700 \cdot 9,81 \cdot 3$
 $\Rightarrow r = \frac{8100 \cdot 9,81}{3,3 \cdot 10^5} = \underline{0,24} \Rightarrow$ (b) ^{car $v =$ constante}

⑥. La machine est une machine thermique (travail fourni)
 $r = 1 - \frac{T_F}{T_C} = 1 - \frac{-73 + 273}{327 + 273} = 0,75$ (Carnot) avec r aussi egal a $r = \frac{W}{Q_c} = \frac{1000}{Q_c}$
 $\Rightarrow \frac{1000}{Q_c} = 0,75 \Rightarrow Q_c = \frac{1000}{0,75} = \underline{1333 \text{ J}}$ (b)

⑦. On determine d'abord Q_c ! Machine thermique $\Rightarrow r = \frac{W}{Q_c} = \frac{1500}{Q_c} = 0,4$
 $\Rightarrow Q_c = \frac{1500}{0,4} = 3750 \text{ J}$
 ↑
 pour 1 seconde

1 litre fourni $3,7 \cdot 10^4 \text{ J} \Rightarrow$ nombre de litres consommés $= \frac{3750}{3,7 \cdot 10^4} \cdot 3600 = \underline{0,36}$ (a)

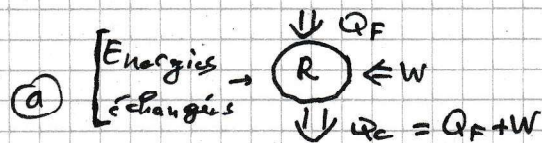
8. Machines thermiques. "Conditions identiques" $\Rightarrow Q_c$ sont les mêmes!

Si $W_B = 100 \text{ J}$, alors $W_A = 85 \text{ J}$ (15% en moins)

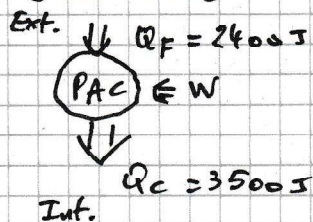
$$\Rightarrow r_A = \frac{85}{Q_c} \quad r_B = \frac{100}{Q_c} \Rightarrow \frac{r_A}{r_B} = \frac{85}{Q_c} \cdot \frac{Q_c}{100} = \underline{\underline{0,85}} \quad (b)$$

9. • C.A.F. = $\frac{Q_F}{W} = \frac{Q_F}{65} = 5 \Rightarrow Q_F = 5.65$

• On cherche $Q_c = Q_F + W = 5.65 + 65 = \underline{\underline{390 \text{ J}}}$



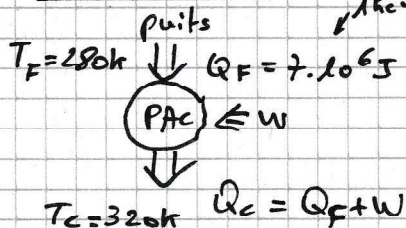
10. Energies échangées :



$$W = Q_c - Q_F = 1100 \text{ J}$$

$$FC = \frac{Q_c}{W} = \frac{3500}{1100} = \underline{\underline{3,2}} \quad (b)$$

11. Schéma PAC :



• Avec le FC on pourra trouver W!

$$FC_{\text{idéal}} = \frac{T_c}{T_c - T_F} = \frac{320}{40} = 8 = \frac{Q_c}{W}$$

$$\text{or } \frac{Q_c}{W} = \frac{Q_F + W}{W} = 8 \Rightarrow Q_F + W = 8W$$

$$Q_F = 7W$$

$$\Rightarrow W = \frac{1}{7} Q_F = \underline{\underline{1.10^6 \text{ J}}} \text{ par heure} \quad (b)$$

12. $W = -164 \text{ J}$ (dilatation par exemple)

$Q = +77 \text{ J}$ (chaleur reçue)

$$\Rightarrow \Delta U = Q + W = 77 - 164 = \underline{\underline{-87 \text{ J}}}$$

13. • On examine d'abord si les flux d'énergie sont corrects, c'est à dire si flux entrants = flux sortants (1^{ère} loi de la thermodynamique)

(a). Non! (b). oui (c). oui (d). Non! (e). oui

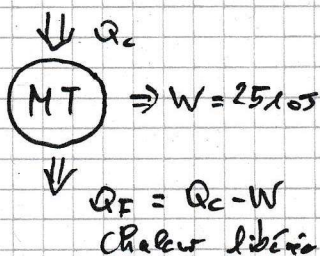
• On examine ensuite le respect de la 2^{ème} loi, selon les 2 formulations (On ne considère pas les situations sujettes à la 1^{ère} loi) (cf cours!)

(b). non! impossible machine thermique avec sens inverse!

(c). oui

(e). non! impossible ($Q_F \neq 0 \text{ J}$)

14. Schéma :



$$\text{Rendement } r = \frac{W}{Q_c} = \frac{W}{W + Q_F} = 0,22$$

$$\Rightarrow W = 0,22(W + Q_F) = 0,22W + 0,22Q_F$$

$$0,78W = 0,22Q_F$$

$$\Rightarrow Q_F = \frac{0,78}{0,22} W = \frac{78}{22} \cdot 2510 \hat{=} \underline{\underline{9000 \text{ J}}}$$

15) Schéma:
 $\downarrow Q_c$ absorbée
 (MT) $\Rightarrow W = 5500 \text{ J}$
 $\downarrow Q_F$ émise

$$\text{rendement} = \frac{W}{Q_c} = \frac{5500}{Q_c} = 0,64$$

$$\Rightarrow Q_c = \frac{5500}{0,64} = \underline{8594 \text{ J}}$$

$$Q_F = Q_c - W = \underline{3094 \text{ J}}$$

16) Schéma:
 $T_c = 845 \text{ K} \downarrow Q_c$
 (MT) $\Rightarrow W$
 $\downarrow Q_F$
 $T_F = 395 \text{ K}$

• On calcule d'abord le rendement, puis W et enfin Q_c !
 • rendement idéal, $r = 1 - \frac{T_F}{T_c} = 1 - \frac{395}{845} \approx 0,53$
 r aussi égal à $r = \frac{W}{Q_c} \Rightarrow Q_c = \frac{W}{r}$ (pour la suite)

• calcul de W avec la loi vue en classe: $W = \Delta E_{\text{mec}} = \Delta E_{\text{pot}} + \Delta E_{\text{cin}}$

$$\Delta E_{\text{pot}} = m g \Delta h = 15 \cdot 9,81 \cdot 5$$

$$\Delta E_{\text{cin}} = \frac{1}{2} m v_f^2 = \frac{1}{2} \cdot 15 \cdot 8,5^2$$

$$\Rightarrow W = 15 \cdot 9,81 \cdot 5 + \frac{1}{2} \cdot 15 \cdot 8,5^2 = 1,278 \cdot 10^3 \text{ J}$$

• donc $Q_c = \frac{W}{r} = \frac{1,278 \cdot 10^3}{0,53} \approx \underline{2411 \text{ J}}$

17) Schéma: (machine à vapeur)
 $T_c = 505 \text{ K} \downarrow Q_c$
 (MT) $\Rightarrow W = 84 \cdot 10^6 \text{ J/s}$
 $\downarrow Q_F$ Condenseur
 $T_F = 323 \text{ K}$

(a). rendement idéal, $r = 1 - \frac{T_F}{T_c} = 1 - \frac{323}{505} = \underline{0,36}$

(b). On cherche Q_F . De $r = \frac{W}{Q_c} = \frac{W}{W + Q_F} = 0,36$

$$\Rightarrow W = 0,36(W + Q_F) = 0,36W + 0,36Q_F$$

$$\Rightarrow 0,64W = 0,36Q_F \Rightarrow Q_F = \frac{0,64}{0,36} W = 1,493 \cdot 10^8 \text{ J/s}$$

En 24 heures: $Q_F(24h) = Q_F(1s) \cdot 24 \cdot 3600 = \underline{1,29 \cdot 10^{13} \text{ J}}$

18) NON! dans aucun cas on ne peut refroidir les pièces. À l'inverse, comme la chaleur soustraite sera ajoutée à l'énergie issue du travail des compresseurs, la température des pièces augmentera!

19) Schéma:
 $T_F \downarrow Q_F$
 (PAC) $\Leftarrow W$
 $\downarrow Q_c = 3350 \text{ J}$
 $T_c = 21^\circ\text{C} = 294 \text{ K}$

• On cherche d'abord la réponse littérale $FC = \frac{Q_c}{W} = \frac{T_c}{T_c - T_F}$ (en fonction de T_F)

$$\Rightarrow W = \frac{Q_c}{\frac{T_c}{T_c - T_F}} = (T_c - T_F) \cdot \frac{Q_c}{T_c} = (294 - T_F) \cdot \frac{3350}{294}$$

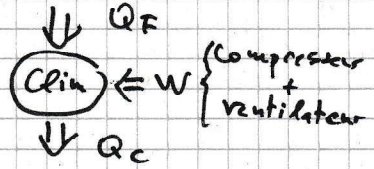
(a). $T_F = 0^\circ\text{C} = 273 \Rightarrow W \approx \underline{239 \text{ J}}$

(b). $T_F = -21^\circ\text{C} = -21 + 273 = 252 \text{ K} \Rightarrow W \approx \underline{479 \text{ J}}$

20

$$T_F = 21^\circ\text{C} = 294\text{K}$$

$$(a). \text{CAF}_{\text{idéal}} = \frac{T_F}{T_C - T_F} = \frac{294}{303 - 294} = \underline{19,6}$$



$$T_C = 36^\circ\text{C} = 309\text{K}$$

$$Q_F = 5 \cdot 10^6 \text{ J (1 heure)}$$

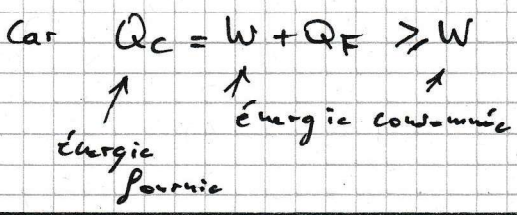
$$(b). Q_F = \text{chaleur à évacuer} = \text{chaleur qui entre dans la pièce}$$

$$\text{Donc } \text{CAF} = \frac{Q_F}{W} = 19,6 \Rightarrow W = \frac{Q_F}{19,6} = \underline{2,55 \cdot 10^5 \text{ J (1h)}}$$

$$(c). Q_C = Q_F + W = \underline{5,255 \cdot 10^6 \text{ J (1h)}}$$

21

La pompe à chaleur fournit au moins autant de chaleur qu'elle s'en consomme pour fonctionner!



24

rendement maximal machine thermique,

$$\eta = 1 - \frac{T_F}{T_C} = 1 - \frac{280}{298} \approx \underline{0,06}$$

$$\text{Ici, } T_C = 25 + 273 = 298\text{K}$$

$$T_F = 7 + 273 = 280\text{K}$$

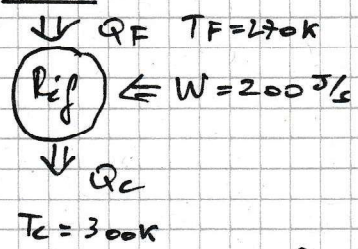
c'est très faible, l'écart entre les 2 températures de fonctionnement est trop petit.

25

En vertu du 2^{ème} principe, une telle machine ne peut pas fonctionner sur un cycle complet.

26

Schéma



$$\cdot \text{CAF}_{\text{idéal}} = \frac{T_F}{T_C - T_F} = \frac{Q_F}{W}$$

• On cherche Q_F

$$Q_F = W \cdot \frac{T_F}{T_C - T_F} = 200 \cdot \frac{270}{30} = 1800 \text{ J/s}$$

$$Q_F (\text{en 10 minutes}) = 1800 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 600 \text{ s} = \underline{1,08 \cdot 10^6 \text{ J}}$$

27

$$\Delta U = 0 \text{ J (isotherme)} \Rightarrow \Delta U = Q + W = 0 \text{ donc } Q = -W$$

Compression signifie: $W < 0 \Rightarrow Q > 0! \Rightarrow \text{réponse C}$

28

$$Q = 0 \text{ J} \Rightarrow \Delta U = W > 0 \Rightarrow \text{ligne b}$$

29. $W = -140'000 \text{ J}$

(a) "transpiration" $\Rightarrow$ eau évaporée ! Q correspondant = $L \cdot m = 2,42 \cdot 10^6 \cdot 0,15 < 0$
 ↑ chaleur latente de vaporisation
 ↑ masse d'eau évaporée
 ↑ car venant du corps !

donc $\Delta U = Q + W = -2,42 \cdot 10^6 \cdot 0,15 - 140'000$

$\Rightarrow \Delta U = \underline{\underline{-5,03 \cdot 10^5 \text{ J}}}$

(b) nombre de calories nutritionnelles = $\frac{5,03 \cdot 10^5}{4186} \leq \underline{\underline{120 \text{ kcal}}}$

30. $\Delta U = Q + W$ si $\Delta U = 0 \Rightarrow Q = -W$

Si compression ($\Delta V < 0$), alors $W < 0$ donc $Q > 0$!

la réponse (a) est la seule affirmation correcte.

31. $U_{\text{liquide}} > U_{\text{solide}}$ L'énergie de liaison dans le solide est plus grande, mais négative, que dans le liquide

32. Si le gaz peut se dilater, cela signifie qu'il transforme une partie de la chaleur Q reçue en travail. Donc sa température augmente moins qu'à volume constant. $\Rightarrow$ Il faut le chauffer à volume constant

33. $\Downarrow Q_c$
 $e_1 \text{ (M1)} \Rightarrow W_1$
 $\Downarrow Q_f$
 $e_2 \text{ (M2)} \Rightarrow W_2$
 $\Downarrow Q_f'$

$\cdot e = \frac{W_1 + W_2}{Q_c} \quad (1)$
 $\cdot \text{ici, } e_1 = \frac{W_1}{Q_c} \text{ et } e_2 = \frac{W_2}{Q_f} = \frac{W_2}{Q_c - W_1}$
 dans e_2 , on remplace W_1 par $W_1 = e_1 Q_c$ (*)
 $\Rightarrow e_2 = \frac{W_2}{Q_c - e_1 Q_c} = \frac{W_2}{Q_c(1 - e_1)} \Rightarrow W_2 = e_2 Q_c(1 - e_1) \quad (**)$

On remplace dans (1), W_1 (*) et W_2 (**): $e = \frac{e_1 Q_c + e_2 Q_c(1 - e_1)}{Q_c} = \underline{\underline{e_1 + e_2 - e_1 e_2}}$

34. Schéma
 $T_F = 19^\circ\text{C}$
 $\Downarrow Q_F = 10'500 \text{ J}$
 $\text{Clim} \Leftarrow W$
 $\Downarrow Q_c$
 $T_C = 33^\circ\text{C}$

$\cdot \text{C.A.F. idéal} = \frac{Q_F}{W} = \frac{T_F}{T_C - T_F}$ On cherche W
 $\frac{10'500}{W} = \frac{19 + 273}{33 - 19} \approx 20,86$
 $\Rightarrow W = \frac{10'500}{20,86} \approx \underline{\underline{503 \text{ W}}}$

35. Schéma: (a) $CAF_{idéal} = \frac{T_F}{T_C - T_F} = \frac{Q_F}{W} = \frac{6+273}{14} \approx \underline{\underline{19,93}}$

$\downarrow Q_F$ $T_F = 6^\circ C$

(R.) $\leq W$

$\downarrow Q_C$ $T_C = 20^\circ C$

(b). chaleur massique, à extraire de l'eau pour la refroidir:

$Q = c.m.\Delta T = 4186.5 \cdot (20 - 6) = 2,93 \cdot 10^5 J$

Ici, $Q = Q_F$ chaleur à sortir du réfrigérateur

D'après (a), on a $W = \frac{Q_F}{CAF} = \frac{2,93 \cdot 10^5}{19,93} = \underline{\underline{1,47 \cdot 10^4 J}}$

36. • rendement idéal de la machine, $r = 1 - \frac{T_F}{T_C} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{150}{400} = 1 - \frac{15}{40}$
 $\Rightarrow r = 0,625$

• $r = \frac{W}{Q_1} = 0,625$

• rendement idéal du réfrigérateur, $CAF = \frac{Q_F}{W} = \frac{T_F}{T_C - T_F} = \frac{Q_4}{W} = \frac{T_4}{T_3 - T_4} = \frac{225}{100} = 2,25$

• On sait aussi que $Q_3 = W + Q_4 \Rightarrow Q_4 = Q_3 - W$

On combine ces diverses relations :

$$\begin{cases} W = 0,625 Q_1 & (1) \\ Q_4 = 2,25 W & (2) \\ Q_4 = Q_3 - W & (3) \end{cases}$$

(3) dans (2): $Q_3 - W = 2,25 W \Rightarrow Q_3 = 3,25 W$

de (1): $Q_1 = \frac{W}{0,625}$

d'où $\frac{Q_3}{Q_1} = \frac{3,25 W}{\left(\frac{W}{0,625}\right)} = 3,25 \cdot 0,625 = \underline{\underline{2,03}}$

37. • Travail réalisé, $W = \Delta E_{mic} = \Delta E_{cin}$ ($\Delta R = 0$: trajectoire horizontale)

$W = \frac{1}{2} m v_f^2 \Rightarrow W(\text{moteur 1}) = \frac{1}{2} 125 \cdot 4 = 250 J = W_1$

(centrifuge = $0 m/s$) $\Rightarrow W(\text{moteur 2}) = \frac{1}{2} 125 \cdot 9 = 562,5 J = W_2$

• rendement moteur, $r = \frac{W}{Q_C} \Rightarrow W = r \cdot Q_C = 1450 \cdot r$

• rendement moteur 1: $r_1 = \frac{T_C - T_F}{T_C} = \frac{T_1 - 275}{T_1} \Rightarrow W_1 = 1450 \cdot r_1 = 1450 \cdot \frac{T_1 - 275}{T_1} = 250$

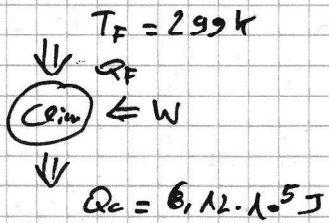
$\Rightarrow 1450(T_1 - 275) = 250 \cdot T_1 \Rightarrow 1450 T_1 - 250 T_1 = 1450 \cdot 275 \Rightarrow 1200 T_1 = 398750$

d'où $T_1 = \underline{\underline{332,3 K}}$

• rendement moteur 2: $r_2 = \frac{T_C - T_F}{T_C} = \frac{T_2 - 275}{T_2} \Rightarrow W_2 = 1450 r_2 = 1450 \cdot \frac{T_2 - 275}{T_2} = 562,5$

$\Rightarrow 1450(T_2 - 275) = 562,5 \cdot T_2 \Rightarrow 1450 T_2 - 1450 \cdot 275 = 562,5 T_2 \Rightarrow 887,5 T_2 = 398750$

$\Rightarrow T_2 = \underline{\underline{449,3 K}}$

38. Schéma

$$T_C = 312 \text{ K}$$

• On cherche Q_F .

• C.A.F. idéal = $\frac{T_F}{T_C - T_F} = \frac{Q_F}{W}$

$$\frac{T_F}{T_C - T_F} = \frac{299}{13} = 23 \Rightarrow \frac{Q_F}{W} = 23 \Rightarrow Q_F = 23 \cdot W \quad (1)$$

• 1^{ère} loi de la thermodynamique $Q_C = W + Q_F$

$$\Rightarrow W = Q_C - Q_F \quad (2)$$

On remplace (2) dans (1) : $Q_F = 23 \cdot W = 23 \cdot (Q_C - Q_F) = 23 Q_C - 23 Q_F$

$$\Rightarrow 24 Q_F = 23 Q_C$$

$$\Rightarrow Q_F = \frac{23}{24} Q_C = \frac{23}{24} \cdot 6,12 \cdot 10^5 = \underline{\underline{5,86 \cdot 10^5 \text{ J}}}$$