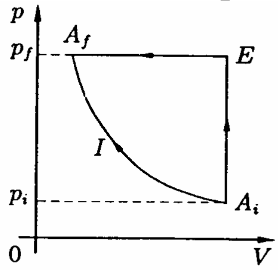
4bis. Compression d'un solide.

Un solide a un coefficient de compressibilité isotherme $\chi_T = -\frac{1}{\mathcal{V}}\left(\frac{\partial \mathcal{V}}{\partial p}\right)_T$ qu'on supposera constant, (c'est-à-dire indépendante de $\mathcal{V}$, p, et T). Il subit une transformation isotherme telle que la pression passe de la valeur p_1 à la valeur p_2.
1) Pourquoi peut-on dire que $p = p_e$ à chaque instant?
2) Calculer le travail reçu par ce solide. Application numérique : $\chi_T = 10^{-11}\ Pa^{-1}$; $p_1 = 1\ bar$, $p_2 = 100\ bar$, $\mathcal{V} = 1\ l$.
3) Comparer au travail que recevrait un gaz parfait de même volume initial sous la pression p_1, lors d'une augmentation identique de la pression.

5. Puissance d'une pompe.
Calculer la puissance d'une pompe servant à comprimer quasistatiquement à la température constante de *0°C*, $1\ m^3$ d'air (assimilé à un gaz parfait) par minute de *1 atm* à *3,5 atm*. *Rappel : 1 atm = 1,013 bar.*
Rép : 2115 W

6. Calculs de différents travaux reçus par un gaz parfait entre des états extrêmes identiques
On comprime une mole de dioxygène, assimilé à un gaz parfait diatomique de température $T_i = 300\ K$ et de pression $p_i = 1\ bar$, jusqu'à une température $T_f = T_i$ et une pression $p_f = 5\ bar$. $R = 8{,}314\ J.K^{-1}.mol^{-1}$.
La compression peut se produire de deux façons différentes (voir figure) : la première A_iIA_f est isotherme et la seconde suit le chemin A_iEA_f.
1) Calculer le travail qu'il reçoit au cours de l'évolution A_iIA_f. En déduire la chaleur reçue.
2) Mêmes questions au cours de l'évolution A_iEA_f.



Rép : $W_I = 4014\ J$; $Q_I = -4014\ J$; $W_E = 9977\ J$; $Q_E = -9977\ J$.

7. Fil conducteur
La quantité de chaleur cédée par unité de temps par un fil conducteur au milieu extérieur est exprimée par une loi de la forme : $\frac{dQ}{dt} = K.S.(T_e - T_a)$
où K est un coefficient qui dépend de la nature du fil, S est la surface du conducteur, T_e la température d'équilibre du conducteur, T_a la température du milieu environnant.
Exprimer la différence $T_e - T_a$ en fonction de la résistivité et du diamètre du fil
- lorsque celui-ci est parcouru par un courant I
- lorsque celui-ci est soumis à une tension U.
On rappelle que la résistance R d'un conducteur assimilable à un conducteur cylindrique s'exprime par :
$R = \rho\frac{l}{S}$ ρ, *l et S* désignant respectivement la résistivité, la longueur et la section du conducteur.

Rép : $\frac{16\rho.l.I^2}{\pi^2D^2K}$; $\frac{U^2}{K\rho l}$ *D désignant le diamètre.*

8. Moteur électrique
Un moteur électrique fonctionnant en régime permanent développe une puissance mécanique de *1,5 kW* et cède en *1* minute au milieu extérieur une quantité de chaleur de *7,19 kJ*. On demande :
1) La puissance consommée par le moteur.
2) La tension d'alimentation sachant que le courant est $I = 13{,}5\ A$.
3) Le rendement industriel du moteur.
4) L'énergie consommée en huit heures.
Rép : 1,62 kW ; 120 V ; 92,6 % ; 13,0 kW.h = 46,7 MJ

9. Travail reçu par un gaz parfait diatomique au cours d'une évolution adiabatique
Une masse de *1 kg* d'air, assimilé à un gaz parfait diatomique, subit une compression adiabatique qui fait passer sa température de $T_i = 293\ K$ à $T_f = 333\ K$. Trouver l'expression du travail nécessaire à la compression. Application numérique : on donne : $C_{Vm} = 5R/2$; $M(air) = 29\ g.mol^{-1}$.
Rép : 28,7 kJ

10. Calculs de différents travaux reçus par un gaz parfait

On comprime une masse de 1 kg d'air, de température $T_i = 300\ K$ et de pression $p_i = 2\ bar$, de telle sorte que son volume initial soit réduit de moitié. Sachant que l'air peut être considéré comme un gaz parfait diatomique, de masse molaire $M = 29\ g.mol^{-1}$, calculer le travail qu'il reçoit dans les évolutions suivantes pour lesquelles l'équilibre mécanique est réalisé

1) La compression se fait à la pression constante p_i.
2) La compression est isotherme à la température T_i.
3) La compression est adiabatique (on rappelle la loi de Laplace $p.\mathscr{V}^{\gamma} = Cte$, γ étant le rapport des capacités thermiques à pression et volume constants) $\gamma = 1,4$.
4) La compression suit la loi : $p\ \mathscr{V}^{k} = Cte$, dite loi des transformations polytropiques. Comparer graphiquement ce cas aux précédents en supposant $1 < k < \gamma$.

11. Détente adiabatique réversible d'un gaz parfait diatomique

1) Etablir la relation entre la température et la pression d'un gaz parfait au cours d'une évolution adiabatique réversible.
2) Un gaz parfait diatomique subit une détente adiabatique réversible entre l'état initial ($p_i = 5\ bar$, $T_i = 323\ K$) et l'état final à la pression de $1\ bar$. Calculer sa température finale. On rappelle que $\gamma = 7/5$.

13. Compressions quasistatiques adiabatiques d'1 litre d'azote

1) On fait subir une compression quasistatique adiabatique à *1 litre* d'azote ($\gamma = 1,4$) avec un rapport volumétrique de $1,9$. Les conditions initiales étant $T_i = 273,15\ K$ et $p_i = 101325\ Pa$, calculer la température finale, la pression finale et le travail reçu par le gaz.
2) Mêmes questions que précédemment, avec les mêmes conditions initiales, mais le volume final étant cette fois $999,6\ cm^3$. On donnera la variation relative de pression.

Rép :1) 80°C ; $2,49.10^5$ Pa ; 74,2 J ; 2) 0,044°C ; $5,6.10^{-4}$; 0,0406 J

14. Cycle d'un turboréacteur

Tracer dans le diagramme de Clapeyron le cycle d'un turboréacteur, composé d'une compression adiabatique AB, d'un chauffage isobare BC, d'une détente adiabatique CD, et d'un refroidissement isobare DA. Exprimer le rendement en fonction du rapport de compression $a = p_B/p_A$, et du coefficient γ du gaz supposé parfait.

Rép : $1 - a^{(1-\gamma)/\gamma}$

15. Capacité thermique molaire du chrome

La capacité thermique molaire du chrome est donnée, en $J.K^{-1}.mol^{-1}$, en fonction de la température absolue, par la formule :

$C_m = 22,4 + 9,88.10^{-3}.T - 1,84.10^5/T^2$.

Calculer la capacité thermique molaire moyenne entre $0\ °C$ et $300\ °C$.

16. Chauffe-eau électrique

On veut réaliser un chauffe-eau électrique à partir d'un ballon cylindrique calorifugé dont les dimensions intérieures sont : *hauteur = 1 m ; diamètre = 50 cm*. On désire que la température de l'eau soit portée en *6 heures* de *15°C* à *60°C*.

1) Quelle valeur de résistance électrique chauffante faut-il placer à l'intérieur sachant que la tension d'alimentation est de *220 V* ?
2) Quelle valeur de fusible convient-il de prévoir pour cette installation ?
3) Quelle est en euros la consommation de cette opération sachant que le *kWh* coûte *0,077 €* ?

Données :
- capacité thermique massique de l'eau : $4\ 180\ J.K^{-1}.kg^{-1}$
- capacité thermique de l'enceinte du chauffe-eau : $14\ 000\ J.K^{-1}$

On négligera les pertes thermiques avec le milieu extérieur.

17. Effets calorifiques du courant

Un conducteur immergé dans un calorimètre de capacité thermique $C_0 = 41,8\ J.K^{-1}$ et contenant *100g* de pétrole est parcouru pendant *3 min* par un courant d'intensité *1,5 A*. L'élévation de température de l'ensemble est de 7,2 °C. Calculer la résistance du conducteur sachant que la capacité thermique massique du pétrole est $2,09\ J.K^{-1}.g^{-1}$.

18. Calorimétrie

1) Un calorimètre contient *95 g* d'eau à *20 °C*. On ajoute *71 g* d'eau à *50 °C*. Quelle serait la température d'équilibre si l'on pouvait négliger la capacité thermique du vase et des accessoires?
2) La température d'équilibre observée est *31,3 °C*. En déduire la valeur en eau du vase et des accessoires.
3) Le même calorimètre contient maintenant *100 g* d'eau à *15 °C*. On y plonge un échantillon métallique pesant *25 g* sortant d'une étuve à *95 °C*. La température d'équilibre étant *16,7 °C*, calculer la capacité thermique massique du métal. On donne pour l'eau $c_0 = 4{,}18\ J.K^{-1}.g^{-1}$ au voisinage de *15 °C*.

Rép : 32,8 °C ; 22,5 g ; $0{,}445\ J.K^{-1}.g^{-1}$

18bis. Compression et détente d'un gaz.

On s'intéresse à un gaz parfait diatomique, pour lequel $\gamma = 1{,}40$.
1. Il subit une compression adiabatique réversible de rapport volumétrique égal à *5*. Sa température initiale étant de 50°C, calculer :
  a) le rapport de la pression finale sur la pression initiale.
  b) la température en fin de compression.
2. Il subit maintenant une détente adiabatique réversible qui le fait passer de la pression de *10 bar* à la pression de *1 bar*. Sa température initiale étant de 20°C, calculer la température en fin de détente.

$\boxed{4}^{\text{bis}}$ La tranformation est isotherme, ce qui suppose qu'elle est suffisamment lente pour que l'équilibre thermique soit réalisé à chaque instant. Celui-ci étant généralement beaucoup plus long à atteindre que l'équilibre mécanique, on peut supposer qu'à chaque instant $p = p_e$

* compression d'un solide

$$W = -\int_{p_1}^{p_2} p_e \, dV = -\int_1^2 p \, dV$$

$$\kappa_T = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T = -\frac{1}{V}\frac{dV}{dp} \quad \text{puisque la transf est isotherme}$$

$$\Rightarrow dV = -V \kappa_T \, dp$$

$$\Rightarrow W = +\int_1^2 V \kappa_T \, p \, dp$$

Le volume d'un solide variant peu, on peut être tenté de le considérer comme une constante. Vérifions la validité de cette hypothèse :

$$dV = -V\,K_T\,dp \Rightarrow \int_1^2 \frac{dV}{V} = \int_1^2 -K_T\,dp$$

$$\Rightarrow \ln\frac{V_2}{V_1} = -K_T\,(p_2 - p_1)$$

$$\frac{V_2}{V_1} = e^{-K_T(p_2-p_1)} \qquad \text{A.N.} \quad \frac{V_2}{V_1} = 0{,}9999$$

on peut donc considérer que $V_1 = V_2 = V = 1\,l$

d'où $W = V\,K_T \int_{p_1}^{p_2} p\,dp = \boxed{V\,K_T\,\frac{1}{2}\left(p_2^2 - p_1^2\right)}$

A.N. $W = 10^{-3} \times 10^{-11} \times \frac{1}{2}\,(1{,}013.10^5)^2\,(100^2 - 1^2)$

$$\boxed{W = 0{,}513\ J}$$

* compression d'un gaz parfait

$$W = -\int_1^2 p_e\,dV = -\int_1^2 p\,dV$$

$$pV = nRT \Rightarrow V = \frac{nRT}{p} \quad \text{et} \quad dV = -\frac{nRT}{p^2}\,dp$$

$$W = \int_1^2 p\,\frac{nRT}{p^2}\,dp = nRT\int_{p_1}^{p_2}\frac{dp}{p}$$

$$\boxed{W = p_1 V_1 \ln\frac{p_2}{p_1}}$$

A.N. $W = 1{,}013.\,105 \times 10^{-3}\,\ln 100$

$$\boxed{W = 466{,}5\ J}$$

conclusion : W(gaz) >> W(solide). dans le cas où un système contiendra un solide et un gaz on négligera le travail reçu par le solide.

---

5 quasistatique ⇒ équilibre mécanique, $p = p_e$

Le travail reçu par le gaz en 1 min vaut :

$W = p_1 V_1 \ln\frac{p_2}{p_1}$ cf exercice précédent pour la compression du gaz

avec ici $V_1 = 1\ m^3$

La puissance de la pompe est donc $\mathcal{P} = \frac{W}{t}$ $t = 1\,\text{min}$

$$\boxed{\mathcal{P} = \frac{p_1 V_1}{t} \ln \frac{p_2}{p_1}}$$

A.N. $\mathcal{P} = \frac{1{,}013 . 10^5 \times 1}{60} \ln 3{,}5$ $\boxed{\mathcal{P} = 2115\ W}$

---

6 1) $A_i\, I\, A_f$

$W_I = -\int p_e\, dV$ La lecture du diagramme énergétique nous indique que la transformation est quasistatique, cela implique en particulier que l'équilibre mécanique est réalisé. En supposant l'absence de frottement, on en déduit que $p = p_e$ à chaque instant.

$$W_I = -\int_i^f p\, dV = -\int_i^f nRT \frac{dV}{V} = -nRT_i \ln \frac{V_f}{V_i} = nRT_i \ln \frac{V_i}{V_f}$$

$V = \frac{nRT}{p}$ donc $\frac{V_i}{V_f} = \frac{p_f}{p_i}$

$\boxed{W_I = nRT_i \ln \frac{p_f}{p_i}}$ A.N $W_I = 8{,}314 \times 300 \times \ln 5$

$\boxed{W_I = 4014\ J}$

Q_I ? $\Delta U = W_I + Q_I \Rightarrow Q_I = \Delta U - W_I$

$\Delta U = U_f - U_i = \frac{3}{2} nR (T_f - T_i) = 0$

donc $\boxed{Q_I = -W_I}$ $\boxed{Q_I = -4014\ J}$

2) $A_i\, E\, A_f$

$$W_E = W_{A_iE} + W_{EA_f} = \underbrace{-\int_{A_i}^{E} p\, dV}_{0 \text{ car } V\text{cst}} - \int_E^{A_f} p\, dV$$

$$W_E = -p_f \int_E^{A_f} dV = -p_f (V_f - V_i) = p_f (V_i - V_f)$$

$V = \frac{nRT}{p}$

$$W_E = p_f \left(\frac{nRT_i}{p_i} - \frac{nRT_f}{p_f} \right)$$

$\boxed{W_E = nR \left(\frac{T_i p_f}{p_i} - T_f \right)}$ A.N. $W_E = 8{,}314 (300 \times 5 - 300)$

$= 8{,}314 \times 300 \times 4$

$\boxed{W_E = 9977\ J}$

Q_E ? $\Delta U = W_E + Q_E \Rightarrow Q_E = \Delta U - W_E$ $\boxed{Q_E = -W_E = -9977\ J}$

Rq : $\Delta U_I = \Delta U_E$ car U est une fonction d'état.

[7] Système = fil subissant pendant dt une transfo. cyclique au cours de laquelle il échange avec l'extérieur le travail électrique $\delta W = UI\,dt$ et la chaleur $\delta Q = -\frac{\Delta Q}{\Delta t}\,dt$

Le 1er principe conduit à $\delta W = -\delta Q$ cad

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = KS(\theta_e - \theta_a) = RI^2 = \frac{U^2}{R}$$

donc

$$* \quad \theta_e - \theta_a = \frac{RI^2}{KS} = \frac{\rho l I^2}{KS^2} = \frac{16 \rho l I^2}{K \pi^2 D^2}$$

$$* \quad \theta_e - \theta_a = \frac{U^2 S}{KS\rho l} = \frac{U^2}{K\rho l}$$

---

[8] $\mathcal{P}_{méca} = -1{,}5$ kW

$Q = -1{,}72$ kcal pour $\Delta t = 1$ min

1) $\mathcal{P}_{élec}$? sur un cycle élémentaire,

$$\delta W_{méca} = \mathcal{P}_{méca} \cdot dt$$

$$\delta W_{élec} = \mathcal{P}_{élec} \cdot dt$$

$$\delta Q = \mathcal{P}_{th} \cdot dt = \frac{Q}{\Delta t}\,dt$$

$$dU = 0 = \delta W_{méca} + \delta W_{élec} + \delta Q$$

d'où $\mathcal{P}_{élec} = -\mathcal{P}_{méca} - \mathcal{P}_{th} = -\mathcal{P}_{méca} - \frac{Q}{\Delta t}$

$$= 1{,}5 + \frac{1{,}72 \times 4{,}18}{60} = 1{,}6198$$

$$\boxed{\mathcal{P}_{élec} = 1{,}62 \text{ kW}}$$

2) $\mathcal{P}_{élec} = U I \Rightarrow U = \frac{\mathcal{P}_{élec}}{I} = 119,99$

$U = 120 V$

3) $\eta = \left|\frac{\text{gain}}{\text{dépense}}\right| = -\frac{\mathcal{P}_{méca}}{\mathcal{P}_{élec}} = \frac{1,5}{1,6198}$

$\eta = 92,6 \%$

4) $W_{elec} = \mathcal{P}_{elec} \times \Delta t = 12,9584 \text{ kWh} \simeq 13,0 \text{ kWh}$

ou bien $= 1,6198 \times 8 \times 3600 \times 1000$

$= 46,7 \text{ MJ}$

---

9 1er principe $\Delta U = W + Q$

or ici $Q = 0$ et $\Delta U = C_v \Delta T$ (G.P. et C_v cst)

donc $W = m C_{vm} \Delta T = \frac{m}{M} C_{vm} \Delta T$

$W = \frac{1000}{29} \times \frac{5 \times 8,314}{2} (333 - 293) = 28668,97$

$\boxed{W \approx 28,7 \text{ kJ}}$

---

10 $W = -\int p_e \, dV = -\int p \, dV$ (équilibre méca)

1) $p = cte = p_1$

$W = -p_1 \int_{V_1}^{V_2} dV = p_1 (V_1 - V_2) = p_1 (V_1 - \frac{1}{2} V_1) = \frac{1}{2} p_1 V_1$

$= \frac{1}{2} n R T_1 = \frac{1}{2} \frac{m}{M} R T_1$

A.N $\boxed{W = 43 \text{ kJ}}$ (43003 J)

2) $T = cte = T_1$

$W = -n R T_1 \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = n R T_1 \ln \frac{V_1}{V_2} = \frac{m R}{M} T_1 \ln 2$

A.N. $\boxed{W = 59,6 \text{ kJ}}$

3) $pV^\gamma = cte$ et GP ⇒ transfo quasistatique et adiabatique

⇒ $W = \Delta U = C_v(T_2 - T_1) = \frac{nR}{\gamma - 1}(T_2 - T_1)$

T_2 ? $p_2 V_2^\gamma = p_1 V_1^\gamma \Rightarrow T_2 V_2^{\gamma-1} = T_1 V_1^{\gamma-1}$

⇒ $T_2 = T_1 \times 2^{\gamma-1}$

d'où $W = \frac{mRT_1}{M(\gamma-1)}\left(2^{\gamma-1} - 1\right)$

A.N. $W = 68,7\ kJ$

4)

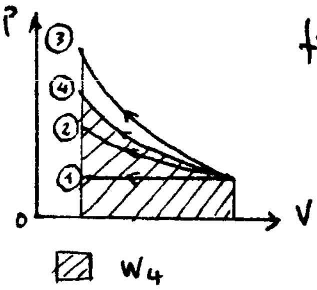


figure dans le cas où $1 < \delta < 1,4$

① : isobare $pV^0 = cte$

② : isotherme $pV^1 = cte$

③ : Laplace $pV^{1,4} = cte$

④ : $pV^\delta = cte$

On a dans ce cas $W_2 < W_4 < W_3$

---

11 évolution adiabatique réversible d'un G.P.

⇒ loi de Laplace $pV^\gamma = K$ (cte)

or $p\left(\frac{nRT}{p}\right)^\gamma = K \Rightarrow p^{1-\gamma}T^\gamma = \frac{K}{(nR)^\gamma} = K'$

⇒ $p_2^{1-\gamma} T_2^\gamma = p_1^{1-\gamma} T_1^\gamma$

$T_2^\gamma = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{1-\gamma} T_1^\gamma$ $\qquad T_2 = T_1\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$

A.N. $\boxed{T_2 = 204\ K}$

13 1) $\boxed{p_f = p_i\left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma} = 101325 \times 1{,}9^{1{,}4} = 248\,869\ \text{Pa}}$

(loi de Laplace)

$$\left.\begin{array}{l} p_f V_f = nRT_f \\ p_i V_i = nRT_i \end{array}\right\} \Rightarrow T_f = \frac{p_f V_f}{p_i V_i} T_i = \frac{248\,869 \times 273{,}15}{101325 \times 1{,}9} = 353{,}10\,\text{K}$$

$$\boxed{T_f = 79{,}95\,°\text{C}}$$

W ? $\Delta U = W$ car $Q = 0$ et $\Delta U = C_v \Delta T$ car GP

donc $W = \frac{nR}{\gamma - 1}(T_f - T_i) = \frac{p_f V_f - p_i V_i}{\gamma - 1} = \frac{V_i}{\gamma - 1}\left(\frac{p_f}{1{,}9} - p_i\right)$

$= \frac{10^{-3}}{0{,}4}\left(\frac{248869}{1{,}9} - 101325\right)$ $\boxed{W = 74{,}15\,\text{J}}$

2) $V_f = 0{,}9996\ \ell$

* $T_f = T_i\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma - 1} = 273{,}15 \times \left(\frac{1}{0{,}9996}\right)^{0{,}4} = 273{,}194\ \text{K}$

$T_f = 0{,}044\,°\text{C}$

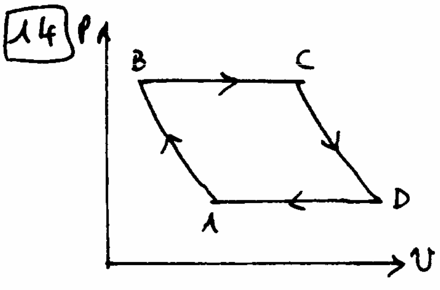
* $p_f = \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma} p_i = 0{,}9996^{-1{,}4} \times 101325 = 101382\ \text{Pa}$

$\frac{p_f - p_i}{p_i} = 5{,}6 \cdot 10^{-4}$

* $W = \frac{p_f V_f - p_i V_i}{\gamma - 1} = \frac{101381{,}77 \times 0{,}9996 - 101325}{1000 \times 0{,}4} = 0{,}040543$

$W \approx 0{,}0405\ \text{J}$

14



$\eta = \left|\frac{\text{gain}}{\text{dépense}}\right| = \frac{|W|}{Q_{ch}} = \frac{Q_{ch} + Q_{Fr}}{Q_{ch}}$

$\eta = 1 + \frac{Q_{Fr}}{Q_{ch}}$

car les transfo suivent un équilibre isobare

$Q_{Fr} = Q_{DA} = \Delta H_{DA}$ car p cste

$= C_P(T_A - T_D)$

de même $Q_{ch} = Q_{BC} = C_P(T_C - T_B)$

d'où $\eta = 1 + \dfrac{T_A - T_D}{T_C - T_B}$ or $T = \dfrac{pV}{nR}$

donc $\eta = 1 + \dfrac{p_A V_A - p_D V_D}{p_C V_C - p_B V_B}$ avec $p_B = p_C = a\, p_A$ et $p_D = p_A$

$$\eta = 1 + \frac{V_A - V_D}{a\,(V_C - V_B)}$$

or $p_A V_A^{\gamma} = p_B V_B^{\gamma} = a\, p_A V_B^{\gamma} \Rightarrow V_A^{\gamma} = a\, V_B^{\gamma}$

$\Rightarrow V_A = a^{1/\gamma} \cdot V_B$. De même, $V_D = a^{1/\gamma} \cdot V_C$

d'où $\eta = 1 + \dfrac{a^{1/\gamma} \cdot (V_B - V_C)}{a\,(V_C - V_B)} = 1 - \dfrac{a^{1/\gamma}}{a} = 1 - a^{\frac{1}{\gamma} - 1}$

$$\boxed{\eta = 1 - a^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}}$$

---

15 $C_m = 22{,}4 + 9{,}88 \cdot 10^{-3}\, T - 1{,}84 \cdot 10^{5}\, T^{-2}$ $(C_m = C_{mp})$

$$\langle C_m \rangle = \frac{1}{300} \int_{273}^{573} (a + bT - cT^{-2})\, dT$$

$$= \frac{1}{300} \left(a \times 300 + \frac{b}{2}(573^2 - 273^2) + c\left(\frac{1}{573} - \frac{1}{273}\right) \right)$$

$= 25{,}402988$ $\langle C \rangle \approx 25{,}4 \ J.K^{-1}.mol^{-1}$

---

16 1) système = eau + ballon

L'évolution étant isochore, le travail des forces de pression est nul, le 1er ppe s'exprime par $\Delta U = Q$

avec $Q = \dfrac{U^2}{R} \times t$ (chaleur fournie par la résistance) (pas de perte thermique)

D'autre part, pour une évolution isochore $\Delta U = C_V \Delta T$ (1er ppe p 11/13)

donc ici $\Delta U = \Delta U\,(\text{eau}) + \Delta U\,(\text{ballon})$

$= [C_V\,(\text{eau}) + C_V\,(\text{ballon})]\, \Delta T$

$= [m c_V\,(\text{eau}) + C_V\,(\text{ballon})]\,(T_f - T_i)$

avec $m = \rho h \dfrac{\pi D^2}{4} = 1000 \times 1 \times \dfrac{\pi \times 0{,}5^2}{4} = 196{,}35\ kg$

d'où $R = \dfrac{U^2\ t}{[m c_v(eau) + C_v(ballon)](T_f - T_i)}$

$= \dfrac{220^2 \times 6 \times 3600}{(196{,}35 \times 4180 + 14000](60-15)} = 27{,}8314$

$\boxed{R = 27{,}8\ \Omega}$

2) $I = \dfrac{U}{R} = 7{,}905$ $\boxed{I = 7{,}9\ A}$ fusible 10 A

3) le travail électrique reçu par la résistance est égal à la chaleur cédée par celle-ci.

$W = \dfrac{U^2}{R} \times t = 37{,}6\ MJ = 10{,}43\ kWh$

coût : $\boxed{5{,}22\ F}$

$\boxed{17}$ $C_0 = 4{,}18 \times \mu = 41{,}8\ J.K^{-1}$

$c = 0{,}5 \times 4{,}18 = 2{,}09\ J.K^{-1}.g^{-1}$

système = pétrole + calorimètre

L'évolution est monobare, le 1er principe s'exprime donc à l'aide de l'enthalpie par $\Delta H = Q$ avec $Q = RI^2t$ (chaleur fournie par la résistance)

D'autre part, pour une évolution monobare $\Delta H = C_p \Delta T$
(1er ppe p 11/13)

Ici $\Delta H = (C_0 + mc)\Delta T$

d'où $R = \dfrac{(C_0 + mc)\Delta T}{I^2 t} = \dfrac{(41{,}8 + 100 \times 2{,}09) \times 7{,}2}{1{,}5^2 \times 3 \times 60}$

$\boxed{R \approx 4{,}5\ \Omega}$ (4,45867)

$\boxed{18}$ Les évolutions considérées sont monobares.
Le 1er principe s'exprime donc par $\Delta H = Q$ avec
ici $Q = 0$ les parois du calorimètre étant adiabatiques.
D'autre part, pour une évolution monobare ΔH est de la forme $C_p \Delta T$.

1°/ système = eau chaude + eau froide

donc $\Delta H = 0 = C_p(\text{eau ch.})\Delta T(\text{eau ch.}) + C_p(\text{eau fr.})\Delta T(\text{eau fr.})$
$= c_0 (m_{ch}(T_f - T_{ch}) + m_{fr}(T_f - T_{fr}))$

avec T_f = température d'équilibre

$\Rightarrow T_f(m_{ch} + m_{fr}) = m_{ch}T_{ch} + m_{fr}T_{fr}$

$$T_f = \frac{m_{ch}T_{ch} + m_{fr}T_{fr}}{m_{ch} + m_{fr}} = \frac{71 \times 50 + 95 \times 20}{71 + 95} = 32,83$$

$$\boxed{T_f = 32,8\,°C}$$

2°/ système = eau chaude + eau froide + calorimètre, $T_f = 31,3\,°C$

$\Delta H = 0 = c_0 (m_{ch}(T_f - T_{ch}) + (m_{fr} + m'_0)(T_f - T_{fr}))$

m'_0 étant la valeur en eau du calorimètre

$\Rightarrow \boxed{m'_0 = 22,5\text{ g}}$

3°/ On note $m_0 = 100\text{g}$ $T_0 = 15°C$ $m = 25\text{g}$ $T_1 = 95°C$
$T_f = 16,7°C$

$\Delta H = 0 = c_0(m_0 + m'_0)(T_f - T_0) + c\,m(T_f - T_1)$

$$c = \frac{c_0(m_0 + m'_0)(T_f - T_0)}{m(T_1 - T_f)}$$

$$\boxed{c = 0,445\ \text{J.K}^{-1}.\text{g}^{-1}}$$