

Exercices de Thermodynamique - Indications et réponses numériques

I.: a. $Q=\Delta U=2,5.10^5$ J b. $W=-1,7.10^5$ J, $Q=5,8.10^5$ J, $\Delta U=4,1.10^5$ J c. $W=-1,7.10^5$ J, $Q=2,3.10^6$ J, $\Delta U=2,1.10^6$ J

II. 1) $P_2=3,9.10^5$ Pa $V_3=17,7$ L $T_4=169$ K = -104 °C 2) $n=1,28$ mol 3) en mol 16% diazote, 84% dihydrogène. En masse 73% de diazote et 27% de dihydrogène

III. A 0°C : 1,3 kg.m⁻³ A 25°C : 1,2 kg.m⁻³

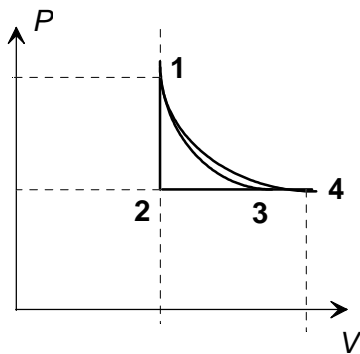
IV.1) Ci-contre

2) $n=5,1$ mol 3) $T_4=300$ K $P_2=P_3=P_4=8,0.10^4$ Pa $V_2=0,080$ m³ $T_2=150$ K $V_3=0,130$ m³

4a) $W_{1\rightarrow 2}=0$ 4b) $W_{2\rightarrow 4}=-6,4$ kJ 5a) $Q_{1\rightarrow 3}=0$ 5b) $Q_{1\rightarrow 2}=-15,9$ kJ 5c)

$Q_{2\rightarrow 4}=2,2.10^4$ J

6) $\Delta U=0$



V)1) $P_{eau}=0,5$ bar $P_{air}=1,5$ bar 2a) $P_{eau}=2$ bars $P_{air}=6$ bar 2b) $P_{eau}=1$ bar $P_{air}=6$ bar $P_{totale}=7$ bar 2c) 1,2 g sous forme vapeur et autant sous forme liquide

VI) $P_{eau}=1,4.10^3$ Pa 2) . On détermine la quantité de matière d'eau n_{eau} en

appliquant la loi des gaz parfaits (en utilisant la pression partielle de la vapeur d'eau) puis on utilise la masse molaire (en kg!) pour calculer $m=17$ kg

VII) 1) de l'extérieur vers le fluide, refroidissement de l'environnement. 2) du fluide vers l'extérieur, réchauffement de l'environnement 3) Le fluide passe, dans l'ordre, dans le compresseur, l'évaporateur, le détenteur et le condenseur. Dans le cas de la pompe à chaleur la vaporisation doit avoir lieu à l'extérieur et la liquéfaction dans le local, donc sens de circulation est le sens des aiguilles d'une montre. Dans l'autre sens on a une machine frigorifique, la vaporisation se fait dans le local et la liquéfaction à l'extérieur.

VIII) 1) 510 cm³ 2) loi des gaz parfaits : $n=0,020$ mol 3a) $Q=0$ 3b) Equation des adiabatiques réversibles :

$PV^\gamma=cste$ donc ici $P_1V_1^\gamma=P_2V_2^\gamma$ soit $P_2=P_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma=2,0.10^6$ Pa (on obtient ici γ en calculant $\gamma=C_p/C_v=1,40$)

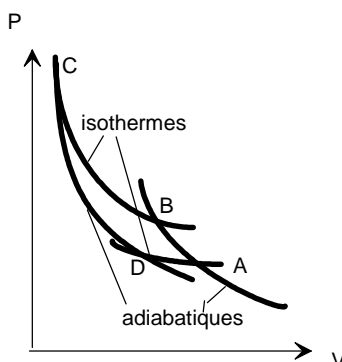
3c) Loi des gaz parfaits : $T=722$ K, en utilisant pour le calcul les valeurs arrondies de n et P_2 données

précédemment. Si on utilise les valeurs non arrondies, ou que l'on calcule T avec l'autre forme de l'équation des adiabatiques réversibles $T.V^{(\gamma-1)}=cste$, on trouve $T=705$ K. 3d) $(U_2-U_1)=n.C_v.(T_2-T_1)=175$ J (ou 172 J avec les valeurs non arrondies) 4) Loi des gaz parfaits avec $V=60$ cm³ et $n'=0,021$ mol. $P_3=3,5.10^6$ Pa (c'est

cette pression qui repousse le piston, le temps "explosion suivi d'une détente" est le temps moteur) 5a)

$P_4=1,7.10^5$ Pa et $T_4=497$ K 5b) $\Delta U=n.C_v.(T_2-T_1)=-301$ J = $W+Q=W$ ($Q=0$ car adiabatique) W est négatif car les gaz fournissent en fait du travail, ce qui est logique puisque c'est le temps moteur.

Les valeurs sont approximatives car les adiabatiques ne sont en fait pas réversibles, mais les ordres de grandeur sont assez réalistes.



IX) $Q_1>0$ $Q_2<0$ $W>0$ (voir le cours) 2.a) Les deux isothermes sont des hyperboles, une adiabatique qui croise une isotherme a toujours une plus grande pente qu'elle au point de croisement.

A → B et B → C : compression donc V diminue et P augmente.

Inversement lors des deux phases de détente P diminue et V augmente. Les adiabatiques et les isothermes sont concaves.

2b) La définition est $e_c=-Q_1/W$ (chaleur effectivement prélevée dans le local à rafraîchir, divisée par le travail reçu, fourni par le compresseur).

Pour la suite du calcul voir le cours $e_c=20$ 3d) $e'=9$ 3e) $e'<e_c$ comme prévisible (l'efficacité est toujours moins bonne si on ne suit pas un cycle de Carnot)

X)1) $C_4H_{10} + 13/2 O_2 \rightarrow 4CO_2 + 5 H_2O$ 2) 1,00kg de butane C_4H_{10} produit 1,55kg d'eau dont la liquéfaction libère 3,9 MJ. Le PCS vaut donc 49,5 MJ.kg⁻¹ 3) 1m³ contient 2,4kg de butane sous 1bar, 20°C donc libère 118 MJ

XI)1) $C_3H_8 + 5 O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4 H_2O$ 2) puissance fournie par la combustion $P_c=Pu/\eta$. (PCS et non PCI car chaudière à condensation). Masse de propane brûlée par seconde $m=P_c/PCS_{massique}=3,4.10^{-4}$ kg

3) qu. de mat brûlée par sec. $n=m/M=7,8.10^{-3}$ mol donc $n_{O_2}=5n$ (cf équation) et $V_{O_2}=0,95$ L 4) $V_{air}=4,8$ L