Exercice 1.

On effectue de 3 manières différentes une compression qui amène un mélange air - essence de l'état 1 à l'état 2 avec :

état 1 : P1 = 1 bar et V1 = 3 litres
état 2 : P2 = 3 bars et V2 = 1 litres

La première évolution est isochore puis isobare, la deuxième est isobare puis isochore, la troisième est isotherme (P.V = Cte)

1. Sachant que l'on a $\Delta U = CV.\Delta T$ pour ce gaz (10), calculez ΔU (variation d'énergie interne entre les états 1 et 2).
2. Calculez les travaux dans les 3 cas. Déduisez-en les chaleurs échangées : sont-elles reçues ou évacuées ?

Solution :

fonction d'état

1.

ΔU ne dépend pas du chemin suivi, donc ΔU peut être calculée sur l'isotherme (c), en se souvenant que cela reste également vrai pour les transformations (a) et (b). On a donc $\boxed{\Delta U = C_V.\Delta T} = C_V \times 0 = 0$ J

2.

Il suffit de calculer les surfaces situées entre l'axe des abscisses et le trajet de la transformation.

$\boxed{W_a = P_2 \times (V_1 - V_2)} \approx 3.10^5 \times (3.10^{-3} - 1.10^{-3}) \approx 600$ J

$\boxed{W_b = P_1 \times (V_1 - V_2)} \approx 1.10^5 \times (3.10^{-3} - 1.10^{-3}) \approx 200$ J

$W_c = -\int_{V_1}^{V_2} P.dV = -\int_{V_1}^{V_2} \frac{C^{te}}{V}.dV = C^{te}.[\ln V]_{V_2}^{V_1}$ (attention au signe), d'où $\boxed{W_C = P_1.V_1\left(\ln \frac{V_1}{V_2}\right)}$

$\approx 1.10^5 \times 3.10^{-3} \times \ln\left(\frac{3.10^{-3}}{1.10^{-3}}\right) = 300.\ln 3 \approx 327$ J

On peut en déduire les chaleurs échangées car $W + Q = \Delta U = 0$ pour les 3 transformations. Ainsi : $\boxed{Q_a = -W_a} \approx -600$ J, $\boxed{Q_b = -W_b} \approx -200$ J, $\boxed{Q_c = -W_c} \approx -327$ J . le signe est négatif, donc ces chaleurs sont perdues par le gaz (qui s'échauffe donc)...on s'en doutait car quand on comprime un gaz avec une pompe à vélo on a une nette sensation de chaleur au niveau du doigt qui bouche l'évacuation d'air.

Exercice 3.

Une mole d'un gaz parfait est contenue dans un cylindre vertical ... mobile, de masse négligeable en contact avec une atmosphère extérieure ...

constante P_o = 1,0 bar et à la température T_o= 300 K. Constante des gaz parfaits : R = 8,31 J.K-1.mol-1

1. On réalise la compression isotherme de ce gaz parfait. La température T_o du gaz est maintenue constante grâce à l'atmosphère. On note P_1= 2,0 bars la pression finale. Déterminer le travail W des forces de pression lors de cette évolution.

On réalise maintenant cette compression brutalement, en posant sur le piston de section S une masse M calculée de telle sorte que la pression finale à l'équilibre thermodynamique soit P_1 à la température T_o.

2. Déterminer le travail W' des forces de pression lors de cette évolution.

3. Représenter le travail fourni dans ces deux situations en traçant $y = W/(nRT_o)$ et $y' = W'/(nRT_o)$ en fonction de $x = P_1/P_o$. On vérifiera que le travail fourni au gaz dans la transformation brutale, décrite ici, est toujours supérieur au travail fourni dans la compression isotherme.

4. Quelle est la chaleur échangée avec l'air dans les deux cas.

Solution :

1. Compression isotherme.

Lors d'une compression isotherme on a à chaque stade de la transformation :

$$T_{ext} = T_o = T_{gaz} = cste$$

$$p_{ext} = p_{gaz}$$

Le travail des forces de pression s'écrit alors :

$$W = -\int_i^f p_{ext}dV = -\int_i^f p_{gaz}dV$$

Le gaz étudié est supposé parfait, d'où :

$$p_{gaz} = \frac{nRT_o}{V}$$

$$W = -\int_i^f \frac{nRT_o}{V}dV = nRT_o \ln\frac{V_o}{V_1}$$

$$W = nRT_o \ln\frac{P_1}{P_o} \qquad W = 1,7\,10^3 \text{ J}$$

2. Compression brutale.

Si à l'équilibre thermodynamique à l'état final la pression est égale à P_1 pour le gaz, cela veut dire que la pression extérieure lors de cette compression est justement P_1 et qui est constante

$$W' = -\int_i^f p_{ext}dV = -\int_i^f p_1 dV = -p_1(V_1 - V_o)$$

$$W' = -p_1V_1\left(1 - \frac{V_o}{V_1}\right)$$

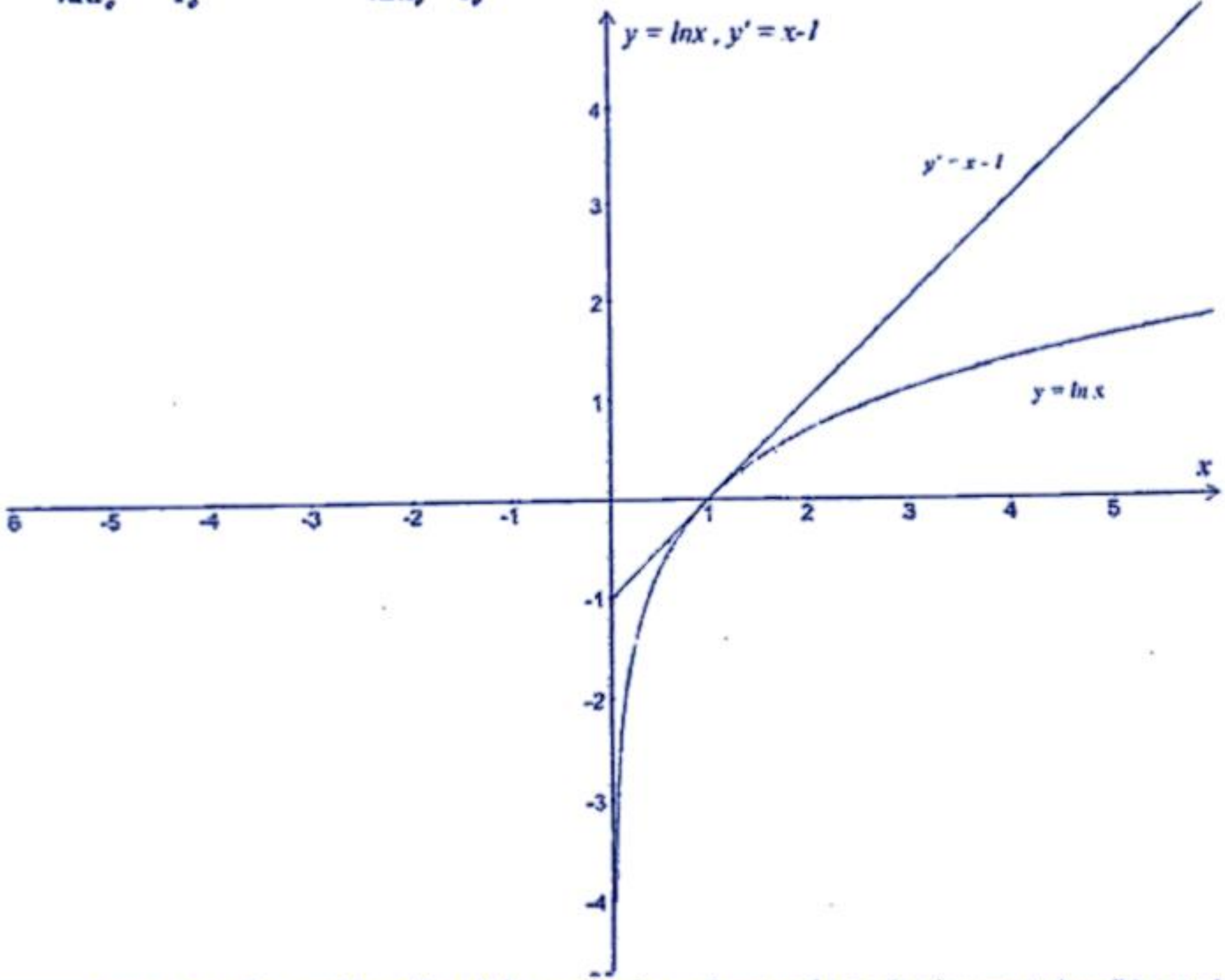
Or $p_1V_1 = nRT_o$ et $p_oV_o = nRT_o$ d'où :

$$W' = -nRT_o\left(1 - \frac{P_1}{P_o}\right)$$

$$W' = nRT_o\left(\frac{P_1}{P_o} - 1\right) \qquad W' = 2,5\,10^3 \text{ J}$$

3. Représentation graphique.

On pose : $y = \frac{W}{nRT_e} = \ln\frac{P_1}{P_e} = \ln x$ et $y' = \frac{W'}{nRT_e} = \frac{P_1}{P_e} - 1 = x - 1$



On peut remarquer que : $y' \geq y$. Le travail fourni lors de la compression isotherme qui est mécaniquement réversible est plus faible que celui fourni lors de la compression brutale.

4. Chaleur échangée.

Dans les cas , la température finale du gaz parfait est la même que celle de son état initial. D'où :

$$\Delta U = W + Q = 0 \Rightarrow Q = -W$$

$$\Delta U = W' + Q' = 0 \Rightarrow Q' = -W'$$