

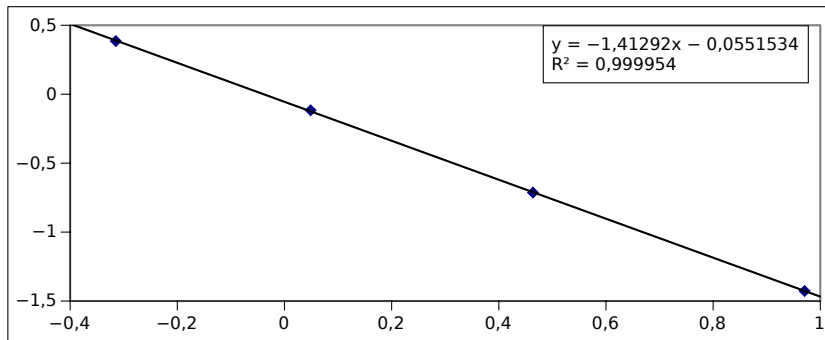
**Applications directes****AD 1. Loi de Laplace pour l'air**

Pour une transformation adiabatique et réversible et donc isentropique, dans le cas d'un gaz parfait la loi de Laplace impose  $PV^\gamma = cste$  ou tout aussi bien pour le volume massique :  $Pv^\gamma = cste$ .

Pour se ramener au tracé d'une droite, on considère le logarithme de l'expression précédente :

$$\ln P + \gamma \ln v = cste' \Rightarrow \boxed{\ln P = -\gamma \ln v + cste'}$$

À l'aide du tableau de données, on trace  $\ln P$  en fonction de  $\ln v$  :



On constate que les points s'alignent sur une droite et que la pente a bien la valeur attendue, celle de  $\gamma$  pour un gaz parfait diatomique.

Dans le domaine de température et de pression considéré, la loi de Laplace est vérifiée pour l'air.

**AD 2. Détente adiabatique**

1. Quantité de matière :

$$n = \frac{P_i V_i}{RT_i} = \frac{1,00 \times 10^6 \times 10,0 \times 10^{-3}}{8,31 \times 373} \Rightarrow \boxed{n = 3,23 \text{ mol}}$$

2. On applique le premier principe au gaz contenu dans le récipient :

$$\Delta U = W + Q = W \quad (\text{transformation adiabatique})$$

Pour une transformation monobare à la pression  $P_f$  (pression atmosphérique) :  $W = -P_f(V_f - V_i)$ .

$$n \frac{5R}{2} (T_f - T_i) = -P_f(V_f - V_i) = -P_f V_f + P_f V_i = -nRT_f + P_f V_i$$

$$n \frac{7R}{2} T_f = n \frac{5R}{2} T_i + P_f V_i = n \frac{5R}{2} T_i + \frac{P_f}{P_i} P_i V_i = n \frac{5R}{2} T_i + \frac{P_f}{P_i} nRT_i$$

$$T_f = \frac{2}{7} T_i \left( \frac{5}{2} + \frac{P_f}{P_i} \right) \Rightarrow \boxed{T_f = 277 \text{ K}}$$

Le volume final se déduit de la loi des gaz parfaits :

$$P_f V_f = nRT_f \Rightarrow V_f = \frac{nRT_f}{P_f} = \frac{3,23 \times 8,31 \times 277}{10^5} \Rightarrow \boxed{V_f = 74,4 \text{ L}}$$

3. On applique la formule pour un gaz parfait :

$$\Delta S = n \frac{5R}{2} \ln \left( \frac{T_f}{T_i} \right) + nR \ln \left( \frac{V_f}{V_i} \right) \Rightarrow \boxed{\Delta S = 33,9 \text{ J.K}^{-1}}$$

Pour un système isolé, la variation d'entropie s'identifie à l'entropie créée :

$$\boxed{S_c = \Delta S = 33,9 \text{ J.K}^{-1}}$$

**AD 3. Bilan entropique de la formation de glaçons**

1. Le congélateur impose la température finale du système  $T_f = T_2 = -18,0^\circ\text{C}$ . L'eau est sous forme de glace à la température  $T_2$ .

2. On décompose la transformation en trois étapes : refroidissement de l'eau liquide de  $T_1$  à  $T_0 = 0^\circ\text{C}$ , congélation de l'eau à  $T_0$ , puis refroidissement de la glace jusqu'à la température  $T_2$  :

$$\Delta S = 12 \times m \left[ c_L \ln \left( \frac{T_0}{T_1} \right) + \frac{-l_f}{T_0} + c_s \ln \left( \frac{T_2}{T_1} \right) \right]$$

Application numérique :

$$\Delta S = 12 \times 0,015 \times \left[ 4,18 \times \ln \left( \frac{273}{298} \right) + \frac{-333}{273} + 2,09 \times \ln \left( \frac{255}{273} \right) \right]$$

$$\boxed{\Delta S = -0,311 \text{ kJ.K}^{-1}}$$

Le système n'est pas isolé, la variation d'entropie peut avoir un signe quelconque.

3. La transformation se fait au contact de l'intérieur du congélateur à  $T_2$ ,  $S_e = \frac{Q}{T_2}$ , avec  $Q$  le transfert thermique reçu par les glaçons.

Pour une transformation monobare, le transfert thermique s'identifie à la variation d'enthalpie :

$$S_e = \frac{12 \times m [c_L(T_0 - T_1) + (-l_f) + c_s(T_2 - T_1)]}{T_2} \Rightarrow \boxed{S_e = -0,335 \text{ kJ.K}^{-1}}$$

$$\text{On en déduit : } S_c = \Delta S - S_e \Rightarrow \boxed{S_c = 24 \text{ J.K}^{-1}}$$

La transformation est fondamentalement irréversible, du fait de la différence de température initiale entre l'eau liquide et l'intérieur du congélateur.