

Machines thermiques

SAVOIR-FAIRE

Savoir-faire 1 - Utiliser le théorème des moments

La masse totale du mélange et son volume total nous sont donnés. On en déduit ainsi le volume massique du mélange  $v : v = \frac{V}{m}$ .

D'après le théorème des moments :

$$w_l = \frac{v - v_v}{v_l - v_v} = \frac{\frac{V}{m} - v_v}{v_l - v_v} \quad \text{soit, numériquement} \quad w_l = 6\%$$

$$w_v = 1 - w_l \quad \text{soit, numériquement} \quad w_l = 94\%$$

Je vous rappelle que vous pouvez redémontrer le théorème des moments, vous n'êtes pas obligés de le savoir par cœur !

Savoir-faire 2 - Imaginer un chemin fictif pour déterminer un état final

Peu de grandeurs sont introduites dans cet énoncé, il va falloir, pour être clair, en introduire nous-mêmes.

Notons :

- $m_g$  la masse de glaçons, inconnue pour le moment ;
- $m_l$  la masse de jus d'orange, assimilé à de l'eau. Pour 20 cL d'eau, on a donc  $m_l = 200$  g ;
- $T_1$  la température initiale du glaçon  $T_1 = -18^\circ\text{C}$  ;
- $T_2$  la température initiale du jus  $T_2 = 30^\circ\text{C}$  ;
- $T_0$  la température finale du mélange  $T_0 = 0^\circ\text{C}$  ;

On étudie le système {jus d'orange+glaçons}.

Les états initial et final sont les suivants, on souhaite atteindre un état dans lequel tout le glaçon a fondu et le milieu est à  $0^\circ\text{C}$  :

$$\text{EI} \left| \begin{array}{l} m_g \text{ solide à } T_1 = -15^\circ\text{C} \\ m_l \text{ liquide à } T_2 = 30^\circ\text{C} \end{array} \right. \rightarrow \text{EF} \left| \begin{array}{l} m_g \text{ liquide à } T_0 = 0^\circ\text{C} \\ m_l \text{ liquide à } T_0 = 0^\circ\text{C} \end{array} \right.$$

La transformation étudiée met en jeu un changement d'état. Nous allons donc nous intéresser à la variation d'enthalpie du système. Commençons donc par un bilan d'enthalpie.

La transformation est monobare et l'équilibre mécanique est vérifié à l'instant initial et à l'instant final (évolution à l'air libre). On peut donc appliquer le premier principe « version H », ce qui donne, compte tenu qu'il n'y a pas de travail autre que celui des forces de pression :

$$\Delta H = Q_{\text{reçu}}$$

Or, on suppose dans l'énoncé qu'aucun transfert thermique n'est reçu par le système, donc  $\Delta H = 0$  entre l'état initial et l'état final.

N'ayant aucune information sur le chemin effectivement suivi par le système, nous allons utiliser un chemin fictif pour nous simplifier la tâche.

Introduisons un état dans lequel glaçon et jus sont à  $0^\circ\text{C}$  afin que le changement d'état soit isotherme :

$$\text{EI} \left| \begin{array}{l} m_g \text{ solide à } T_1 = -15^\circ\text{C} \\ m_l \text{ liquide à } T_2 = 30^\circ\text{C} \end{array} \right. \xrightarrow{\text{thermalisation}} \text{EO} \left| \begin{array}{l} m_g \text{ solide à } T_0 = 0^\circ\text{C} \\ m_l \text{ liquide à } T_0 = 0^\circ\text{C} \end{array} \right. \xrightarrow{\text{chgt état}} \text{EF} \left| \begin{array}{l} m_g \text{ liquide à } T_0 = 0^\circ\text{C} \\ m_l \text{ liquide à } T_0 = 0^\circ\text{C} \end{array} \right.$$

La seule inconnue de ce problème est la masse de glaçon  $m_g$ . On peut décomposer la variation d'enthalpie totale en deux variations :

$$\Delta H = H_F - H_I = H_F - H_0 + H_0 - H_I = \Delta H_{0F} + \Delta H_{I0}$$

Or, on a :

- $\Delta H_{T_0} = \Delta H_g + \Delta H_l$  par extensivité de l'enthalpie, la variation d'enthalpie du système est la somme de celles des deux phases constituant le système (cf calorimétrie). Ces deux phases étant des phases condensées idéales, on a ainsi :

$$\Delta H_{0F} = m_g c_{\text{sol}}(T_0 - T_1) + m_l c_{\text{liq}}(T_0 - T_2)$$

- $\Delta H_{0F} = m_g \ell_{\text{fus}}$  car seul le glaçon change d'état.

$$\text{Ainsi : } \Delta H = m_g \ell_{\text{fus}} + m_g c_{\text{sol}}(T_0 - T_1) + m_l c_{\text{liq}}(T_0 - T_2)$$

Cette variation étant nulle, on en déduit :

$$m_g = \frac{m_l c_l (T_2 - T_0)}{c_g (T_0 - T_1) + \ell_{\text{fus}}}$$

L'application numérique donne :  $m_g = 69 \text{ g}$