B Combustion du butane : $C_4H_{10(g)} + \frac{13}{2} O_{2(g)} \longrightarrow 4 CO_{2(g)} + 5 H_2O_{(\ell)}$

① a) $\Delta_r H^\circ = \sum_i \nu_i \Delta_f H_i^\circ = -(-124{,}6) - \frac{13}{2}\times 0 + 4(-393{,}1) + 5(-285{,}5) = \boxed{-2875{,}3 \text{ kJ.mol}^{-1}}$

b) Comme $\xi = 1$ mol, on a $Q_{combustion} = -2875{,}3$ kJ $= -Q_{\substack{absorbée \\ par\ l'eau}}$

avec $Q_{abs} = Q_1 + Q_2 + Q_3$ - - - - - → dans le cas où il reste de la chaleur disponible après la vaporisation de l'eau,

$\underset{25°C}{H_2O(\ell)} \longrightarrow \underset{100°C}{H_2O(\ell)} \longrightarrow \underset{100°C}{H_2O(g)} \longrightarrow \underset{T_f}{H_2O(g)}$

donc il faut que $Q_3 = Q_{abs} - Q_1 - Q_2 > 0$ [sinon, il reste de l'eau liquide].

$n_{H_2O} = \frac{1000}{18} = \underline{55{,}56 \text{ mol}}$

$Q_1 = \int_{25}^{100} n_{H_2O} C_p^\circ(H_2O,\ell)\, dT = 55{,}56 \times 75{,}4 \times (100-25) = \underline{314{,}2 \text{ kJ}}$

$Q_2 = n_{H_2O} \cdot \Delta_{vap}H^\circ = \underline{2255{,}6 \text{ kJ}}$

donc $Q_3 = Q_{abs} - Q_1 - Q_2 = \underline{305{,}5 \text{ kJ}}$

On a donc $Q_3 = \int_{100}^{T_f} n_{H_2O} C_p^\circ(H_2O,g) \cdot dT = 55{,}56 \times 34{,}1 \times (T_f - 100) = 305{,}5.10^3$

soit $T_f = 100 + \frac{305{,}5.10^3}{55{,}56 \times 34{,}1} = \boxed{261°C}$ (ou 534 K)

② a) $\Delta_r H^\circ = \sum_i \nu_i \Delta_f H_i^\circ = -(-124{,}6) - \frac{13}{2}\times 0 + 4(-393{,}1) + 5(-241{,}6) = \boxed{-2655{,}8 \text{ kJ.mol}^{-1}}$

b)

en mol	$C_4H_{10\,(g)}$ +	$\frac{13}{2} O_{2\,(g)}$ ⟶	$4\ CO_{2\,(g)}$ +	$5\ H_2O_{(g)}$	et : $N_{2\,(g)}$
initial :	1	13	0	0	13×4 = 52
final : ($\xi = 1$)	0	6,5	4	5	52

c) On chauffe le mélange final, soit O_2, CO_2, H_2O et N_2, de T = 298 K à T_f inconnue.

$Q_{\substack{absorbée \\ par\ le\ mélange}} = -\underbrace{\frac{1}{2}}_{\text{seulement 50\% utile}} Q_{combustion} = -\frac{1}{2}\Delta_r H^\circ . \underbrace{\xi}_{=1\text{ mol}} = \underline{1327{,}9 \text{ kJ}} = \underbrace{Q_{O_2} + Q_{CO_2} + Q_{H_2O} + Q_{N_2}}_{\text{chaque gaz est porté de 298 K à } T_f}$

Comme $Q_i = \int_{298}^{T_f} n_i^f C_p^0(i)\, dT$ (avec $i = O_2/CO_2/H_2O/N_2$), on peut regrouper les différents termes :

$$Q_{abs} = \int_{298}^{T} [\underbrace{n_{O_2}^f C_p^0(O_2) + n_{CO_2}^f C_p^0(CO_2) + n_{H_2O}^f C_p^0(H_2O,g) + n_{N_2}^f C_p^0(N_2)}_{\Sigma}].\, dT$$

avec $\Sigma = 6{,}5 \times (30{,}0 + 1{,}00.10^{-3}T) + 4 \times (32{,}2 + 22{,}0.10^{-3}T) + 5 \times (34{,}1 + 21{,}0.10^{-3}T) + 52 \times (28{,}3 + 2{,}00.10^{-3}T)$

$= [195{,}0 + 128{,}8 + 170{,}5 + 1471{,}6] + [6{,}5 + 88{,}0 + 105 + 104].10^{-3}T$

$= \boxed{1965{,}9 + 0{,}3035\, T}$

On a donc : $Q_{abs} = \int_{298}^{T_f} \Sigma\, dT = \int_{298}^{T_f} 1965{,}9\, dT + \int_{298}^{T_f} 0{,}3035\, T\, dT = 1965{,}9\,(T_f - 298) + \frac{0{,}3035}{2}(T_f^2 - 298^2)$

Comme $Q_{abs} = 1327{,}9.10^3$ (on travaille ici avec les Q_i en J), on regroupe les termes constants, les termes en T et en T^2 pour obtenir une équation du 2nd degré :

$$\underbrace{0{,}15175}_{a}\, T_f^2 + \underbrace{1965{,}9}_{b}\, T_f \underbrace{-1\,927\,214{,}2}_{c} = 0$$

Déterminant : $\Delta = b^2 - 4ac = 5\,034\,581{,}8$ et donc
$$\left\{ \begin{array}{l} T_f^{(1)} = \dfrac{-b-\sqrt{\Delta}}{2a} = -13\,870 \text{ (K)} \\[2ex] T_f^{(2)} = \dfrac{-b+\sqrt{\Delta}}{2a} = 915{,}6 \text{ (K)} \end{array} \right.$$

La solution (1) n'est pas physiquement réaliste (on doit avoir $T_f > 0K$), on a donc :

$\boxed{T_f = 916\ K}$ (ou 642°C)