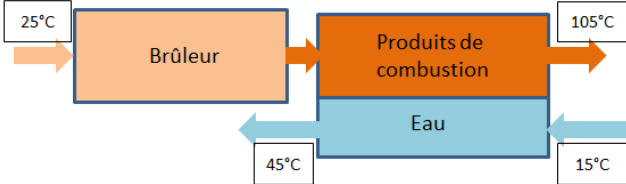


Corrigé – barème IE2 (5 mai 2017)

Dans les 2 exercices : pas de justification → pas de points, et pas d'unité dans les A.N → pas de points non plus

		10pt+1ptbonus
I.1	1 et 3 sont brutales = rapides = pas de temps pour les échanges thermiques (en A et B il y a seulement équilibre mécanique et pas thermique) 2 et 4 : la pression extérieure est constante : $P_{\text{ext}} = P_{\text{gaz}(\text{debut})} = P_{\text{gaz}(\text{fin})}$	0.5
I.2	a) 1, 2, 3, 4 $P_{\text{ext}} = \text{cst} \rightarrow W = -P_{\text{ext}}\Delta V \rightarrow W_1 = -2P_o(V_A - V_o)$, $W_2 = -2P_o(V_o/2 - V_A)$, $W_3 = -P_o(V_B - V_o/2)$ et $W_4 = -P_o(V_o - V_B)$ b) 1 et 3 adiabatiques $Q=0 \rightarrow Q_1=Q_3=0$ 2 et 4 monobares $Q=\Delta H = n\overline{C}_p(\Delta T) \rightarrow Q_2 = n_o\overline{C}_p(T_o - T_A)$ et $Q_4 = n_o\overline{C}_p(T_o - T_B)$	1 0.5 0.5
I.3	Cycle $\Delta U=0=W+Q$ et $Q_{\text{piece}} = -Q$ Donc $Q_{\text{piece}} = -Q = W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = P_o V_o/2$	0.5 0.5
I.4	$T_i = T_f$ donc $\Delta U_{1+2} = n_o\overline{C}_v(\Delta T) = 0$ donc $Q_{1+2} = -W_{1+2}$ $n\overline{C}_p(T_o - T_A) = -P_o V_o = -n_o R T_o \rightarrow T_A = T_o \frac{2\gamma-1}{\gamma}$ de même : $n_o\overline{C}_p(T_o - T_B) = P_o V_o/2 = -n_o R T_o/2 \rightarrow T_B = T_o \frac{\gamma+1}{2\gamma}$	0.5 0.5 0.5
I.5	Cycle $\Delta S=0$ (S est une fonction d'état) $\Delta S_{\text{piece}} = Q_{\text{piece}}/T_o = -(Q_2+Q_4)/T_o$ car la pièce est un thermostat $\Delta S_{\text{piece}} = -(Q_2+Q_4)/T_o = -n_o\overline{C}_p(2T_o - T_B - T_A)/T_o = n_o\overline{C}_p(\gamma-1)/2\gamma$	0.5 0.5 0.5
I.6	$S_c = \Delta S_{\text{univers}} = \Delta S + \Delta S_{\text{piece}} = n_o\overline{C}_p(\gamma-1)/2\gamma$ $S_c > 0 \rightarrow$ possible irréversible	0.5
I.7	$n_{\text{pièce}} = P_o V / R T_o$ (pas de pt si les notations de l'énoncé ne sont pas respectées) → $n_{\text{pièce}} = 1,0 \cdot 10^3$ moles (accepter entre 1 et 3 cs, pas plus !)	0.5+0.5
I.8	$Q_{\text{total}} = n_{\text{pièce}} \overline{C}_p(\Delta T)$ (pas de point si n à la place de $n_{\text{pièce}}$) → $Q_{\text{total}} = 1,2 \cdot 10^5 \text{ J}$ (accepter entre 1 et 3 cs, pas plus !). Accepter $Q_{\text{total}} = n_{\text{pièce}} \overline{C}_v(\Delta T) = 0,86 \cdot 10^5 \text{ J}$ si ils considèrent volume cst au lieu de P cste	0.5+0.5
I.9	$F = P_o \cdot S = 100 \text{ N} \rightarrow$ correspond à lever 10kg : bon entraînement !	0.5(+0.5bonus)
I.10	$N_{\text{cycle}} = Q_{\text{total}}/W_{1\text{cycle}} = 1200$ cycles (resp. 860 si V cst) (→ Vu qu'il faut attendre le refroidissement ça risque de faire un peu long mais en regardant youtube ça passe. (tout commentaire faisant allusion au refroidissement non instantané mérite le 0,5bonus)	0.5(+0.5bonus)

		10pt																												
II.1		0,25																												
II.2	$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 4H_2O(g) + 3CO_2(g)$	0,5																												
II.3	<p>A l'entrée du brûleur :</p> $\dot{n}_{O_2,e} = 1,4 \times 5 \times \dot{n}_{C_3H_8,e} = 0,07 \text{ mol/s}$ <p>d'où $\dot{n}_{N_2,e} = 4 \times \dot{n}_{O_2,e} = 0,28 \text{ mol/s}$</p> <table border="1" data-bbox="185 463 1342 716"><thead><tr><th>Composé</th><th>C_3H_8</th><th>O_2</th><th>N_2</th><th>CO_2</th><th>H_2O</th><th>Total</th></tr></thead><tbody><tr><td>Entrée brûleur (mol/s)</td><td>$\dot{n}_{C_3H_8,e} = 0,01$</td><td>$\dot{n}_{O_2,e} = 0,07$</td><td>$\dot{n}_{N_2,e} = 0,28$</td><td>$\dot{n}_{CO_2,e} = 0$</td><td>$\dot{n}_{H_2O,e} = 0$</td><td>$\dot{n}_{tot,e} = 0,36$</td></tr><tr><td>Etat intermédiaire</td><td>$0,01 - \xi$</td><td>$0,07 - 5\xi$</td><td>0,28</td><td>3ξ</td><td>4ξ</td><td>$0,36 + \xi$</td></tr><tr><td>Sortie brûleur (mol/s)</td><td>$\dot{n}_{C_3H_8,s} = 0$</td><td>$\dot{n}_{O_2,s} = 0,02$</td><td>$\dot{n}_{N_2,s} = 0,28$</td><td>$\dot{n}_{CO_2,s} = 0,03$</td><td>$\dot{n}_{H_2O,s} = 0,04$</td><td>$\dot{n}_{tot,s} = 0,37$</td></tr></tbody></table>	Composé	C_3H_8	O_2	N_2	CO_2	H_2O	Total	Entrée brûleur (mol/s)	$\dot{n}_{C_3H_8,e} = 0,01$	$\dot{n}_{O_2,e} = 0,07$	$\dot{n}_{N_2,e} = 0,28$	$\dot{n}_{CO_2,e} = 0$	$\dot{n}_{H_2O,e} = 0$	$\dot{n}_{tot,e} = 0,36$	Etat intermédiaire	$0,01 - \xi$	$0,07 - 5\xi$	0,28	3ξ	4ξ	$0,36 + \xi$	Sortie brûleur (mol/s)	$\dot{n}_{C_3H_8,s} = 0$	$\dot{n}_{O_2,s} = 0,02$	$\dot{n}_{N_2,s} = 0,28$	$\dot{n}_{CO_2,s} = 0,03$	$\dot{n}_{H_2O,s} = 0,04$	$\dot{n}_{tot,s} = 0,37$	1,75 (-0,25/erreur)
Composé	C_3H_8	O_2	N_2	CO_2	H_2O	Total																								
Entrée brûleur (mol/s)	$\dot{n}_{C_3H_8,e} = 0,01$	$\dot{n}_{O_2,e} = 0,07$	$\dot{n}_{N_2,e} = 0,28$	$\dot{n}_{CO_2,e} = 0$	$\dot{n}_{H_2O,e} = 0$	$\dot{n}_{tot,e} = 0,36$																								
Etat intermédiaire	$0,01 - \xi$	$0,07 - 5\xi$	0,28	3ξ	4ξ	$0,36 + \xi$																								
Sortie brûleur (mol/s)	$\dot{n}_{C_3H_8,s} = 0$	$\dot{n}_{O_2,s} = 0,02$	$\dot{n}_{N_2,s} = 0,28$	$\dot{n}_{CO_2,s} = 0,03$	$\dot{n}_{H_2O,s} = 0,04$	$\dot{n}_{tot,s} = 0,37$																								
II.4	$\Delta_r H^\circ_{298} = 4 \times (-241,8) + 3 \times (-393,5) - (-103,8) - 5 \times 0 = -2043,9 \text{ kJ/mol}$	0,5																												
II.5	<p>a) $\dot{Q}_r = \dot{n}_{C_3H_8,e} \times \Delta_r H^\circ_{298} = \dot{n}_{C_3H_8,e} \times \Delta_r H^\circ_{298}$</p> $\dot{Q}_{eau} = \frac{\dot{m}_{eau}}{M_{H_2O}} \times \overline{C}_p(\text{eau liq}) \times (T_{e,s} - T_{e,e})$ $\dot{Q}_{gaz} = \int_{T_{g,e}}^{T_{g,s}} (\dot{n}_{H_2O,s} \times \overline{C}_p(H_2O) + \dot{n}_{CO_2,s} \times \overline{C}_p(CO_2) + \dot{n}_{N_2,s} \times \overline{C}_p(N_2) + \dot{n}_{O_2,s} \times \overline{C}_p(O_2)) dT$	0,5 0,5 0,5																												
II.6	$\dot{Q}_r + \dot{Q}_{eau} + \dot{Q}_{gaz} = 0$	0,5																												
II.7	$\dot{Q}_r = 0,01 \times (-2043,9) = -20,44 \text{ kW}$ $\dot{Q}_{gaz} = \int_{298}^{378} (0,04 \times 32,59 + 0,03 \times 39,80 + 0,28 \times 28,14 + 0,02 \times 28,97) dT = 876,5 \text{ W}$ $\dot{m}_{eau} = \frac{M_{H_2O}}{\overline{C}_p(\text{eau liq}) \times (T_{e,s} - T_{e,e})} \times (-\dot{Q}_r - \dot{Q}_{gaz}) = \frac{18}{75,32 \times 30} \times (20,44 \cdot 10^3 - 876,5)$ $= 155,8 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$	0,5 0,5 1																												
II.8	<p>On peut chauffer 155,8 g d'eau par seconde avec un débit de propane de 0,01 mol/s, soit une puissance reçue par l'eau égale à $\dot{Q}_{eau} = 20,44 - 0,8765 = 19,56 \text{ kW}$</p> <p>Pour fournir 100 kW.h à l'eau, il faudra donc brûler</p> $m_{C_3H_8} = M_{C_3H_8} \times \dot{n}_{C_3H_8,e} \times 3600 \times 100 \cdot \frac{10^3}{\dot{Q}_{eau}} = 8098 \text{ g} = 8,098 \text{ kg de propane, soit un coût de } 13,77\text{€}$	0,5 0,5																												
II.9	<p>Si toute l'eau est à l'état vapeur à 45°C en sortie du brûleur, d'après le bilan matière $x_{H_2O,s} = \frac{0,04}{0,37} = 0,11$ soit une pression partielle en eau de 0,11 bar = 11000 Pa > $P^*_{45^\circ C}$</p> <p>Donc une partie de l'eau est à l'état liquide.</p>	1																												
II.10	<p>Accepter plusieurs raisonnements suivant que les étudiants considèrent que l'on garde soit le débit d'eau, soit le débit de propane constant, et/ou que la liquéfaction de l'eau est incluse dans le \dot{Q}_r ou dans le \dot{Q}_{gaz}. Mettre le point si il y a ces 2 idées : chauffer les gaz de combustion à 45° plutôt que 105° « gâche moins d'énergie » (0,5) et former de l'eau liquide plutôt que de l'eau vapeur « gâche » moins d'énergie aussi (0,5).</p> <p>Par exemple raisonnement on considérant que le débit de propane est constant et que la réaction forme de l'eau liquide : $\dot{Q}_r < \dot{Q}'_r$ donc $\dot{Q}_r > \dot{Q}'_r$.</p> <p>La température de sortie des produits de combustion est plus faible donc $\dot{Q}'_{gaz} < \dot{Q}_{gaz}$</p> <p>Si \dot{Q}_{gaz} et \dot{Q}_r diminuent, alors \dot{Q}_{eau} augmente donc on peut chauffer plus d'eau pour le même prix, le coût diminue.</p>	1																												