

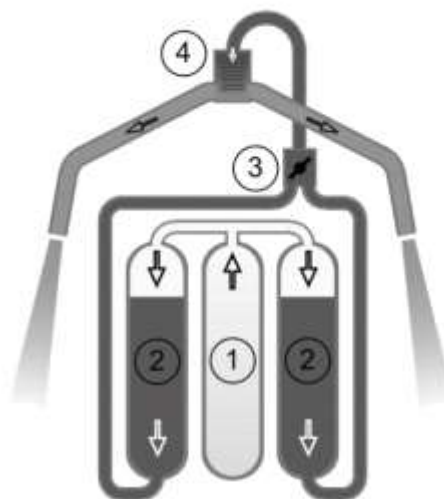
8 Exercices type écrit (à rendre en DM pour le 06/02/2019)

(CCP TSI 2016)

II.3. Propulseur à eau oxygénée



5.1 Photo extraite du film *Thunderball* de Terence Young



5.2 Schéma, issu de l'article anglais *Bell Rocket Belt* de wikipedia.org

FIGURE 5 – La *rocketbelt* de James Bond

Dans certains films (figure 5.1), les personnages utilisent des ceintures fusées (ou *rocketbelts* en anglais) pour se déplacer. Ces ceintures utilisent une solution concentrée d'eau oxygénée comme carburant.

Document 1 – Description et caractéristiques réelles

La figure 5.2 schématise une ceinture fusée et distingue quatre éléments constitutifs principaux. Lorsque la valve régulatrice 3 est ouverte, le diazote $N_{2(g)}$ gazeux, comprimé à $P_i = 35,0$ bar dans la bouteille 1, chasse l'eau oxygénée $H_2O_{2(l)}$, concentrée à 90 % en masse, contenue dans les bouteilles 2. Un catalyseur 4 (une grille d'argent $Ag_{(s)}$ solide) accélère la décomposition de l'eau oxygénée selon la réaction totale



On rappelle que cette réaction est lente en l'absence de catalyseur.

La décomposition de la solution concentrée d'eau oxygénée produit des gaz à haute température ($T_c = 1\,350$ °C). Ces gaz passent dans une tuyère calorifugée où ils sont accélérés par détente et refroidissement jusqu'à une température $T_f = 400$ °C. Étant donné la dimension de la ceinture fusée, la variation d'énergie potentielle de pesanteur des gaz est négligeable par rapport à la variation de leur énergie cinétique.

Chacune des deux bouteilles 2 (figure 5.2) contient initialement un volume $V_{H_2O_2} = 19,0$ L d'eau oxygénée. La puissance mécanique développée par une ceinture fusée est $\mathcal{P} = 1\,500$ ch (soit 1,10 MW) pendant une durée $\Delta t = 21,0$ s. Elle permet au pilote d'atteindre une vitesse approchant $v_{pilote} = 15,0$ m.s⁻¹.

Document 2 – Hypothèse simplificatrice et données thermodynamiques

On considèrera que l'eau oxygénée utilisée est pure et introduite à $T_i = 25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. À cette température, elle est liquide et sa masse volumique est $\mu_{\text{H}_2\text{O}_2} = 1,44.10^3\text{ kg.m}^{-3}$.

Dans les conditions imposées par la ceinture fusée, on donne les enthalpies standard de formation $\Delta_f H^\circ$ et les capacités thermique molaires à pression constante $C_{p,m}$ suivantes (toutes les grandeurs sont supposées indépendantes de la température) :

Espèce chimique	$\text{H}_2\text{O}_{2(l)}$	$\text{O}_{2(g)}$	$\text{H}_2\text{O}_{(g)}$
$\Delta_f H^\circ$ en kJ.mol^{-1}	-187		-285
$C_{p,m}$ en $\text{J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$		29,4	64,6

On rappelle les masses molaires :

- de l'hydrogène $M_H = 1,01\text{ g.mol}^{-1}$;
- de l'oxygène $M_O = 16,0\text{ g.mol}^{-1}$.

II.3.a. Exprimer et calculer numériquement l'enthalpie standard $\Delta_r H^\circ(298\text{ K})$ de la réaction (5) de décomposition de l'eau oxygénée à 298 K. Commenter qualitativement quant à la possibilité d'utiliser l'eau oxygénée comme carburant d'une ceinture fusée.

II.3.b. Construire le tableau d'avancement de la réaction (5), pour la décomposition d'une mole d'eau oxygénée.

II.3.c. On suppose que l'enthalpie $\Delta_r H(T, P)$ de la réaction (5) est indépendante de la pression et de la température : $\Delta_r H(T, P) = \Delta_r H^\circ(298\text{ K})$. Exprimer le transfert thermique molaire Q_m algébriquement fourni par la décomposition de l'eau oxygénée à la pression constante $P_i = 35\text{ bar}$; faire l'application numérique. En déduire la valeur numérique du transfert thermique massique q correspondant.

II.3.d. Quel est le rôle joué par le catalyseur ? Aurait-on pu ne pas l'utiliser ? Justifier.

II.3.e. Rappeler l'énoncé du premier principe de la thermodynamique pour un écoulement stationnaire unidimensionnel d'un système à une entrée et une sortie. Expliquer alors qualitativement pourquoi le passage des gaz de combustion dans la tuyère provoque leur accélération.