

EXERCICE 1 : MOTEUR À ERGOLS CRYOGÉNIQUES

Extrait doc.Safran-SNECMA : le moteur cryotechnique Vulcain®2 d'une poussée de 137 tonnes propulse l'Etage Principal Cryotechnique (EPC) d'Ariane 5 (**figure 1 page 3/9**). C'est le dernier étage de la fusée, il est également composé de deux réservoirs de 30 mètres de hauteur. L'un contient 26 tonnes de dihydrogène liquide (LH2) à - 253°C et l'autre 132,5 tonnes de dioxygène liquide (LOX) à - 183°C qui constituent les ergols cryogéniques de ce moteur. On donne :

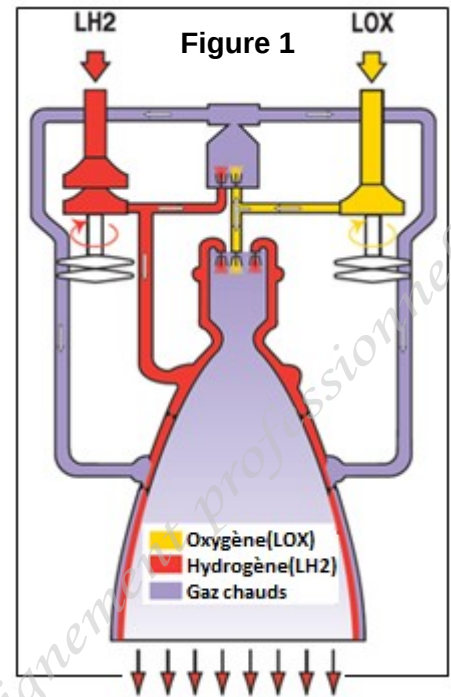
- masses volumiques des ergols liquides :

$$\rho_{H_2} = 70,8 \text{ kg.m}^{-3} \text{ et } \rho_{O_2} = 1141 \text{ kg.m}^{-3};$$

- masses molaires atomiques :

$$M(H) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1} \text{ et } M(O) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1};$$

- l'intensité de la pesanteur est $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$.



A - Quelques généralités

Dans la documentation technique du constructeur il est indiqué une poussée du moteur, dans le vide, de 1340 kN et l'extrait ci-dessus indique une poussée de 137 tonnes.

Q.1 - Comment relie-t-on ces deux indications différentes qui caractérisent la poussée ?

$$F = m \times g$$

$$= 137.10^3 \times 9,8$$

$$F = 1,34.10^6 \text{ N}$$

Q.2 - Préciser, en une phrase, laquelle de ces deux valeurs est juste d'un point de vue scientifique.

La force de poussée s'exprime en Newton c'est donc 1340 kN qui est juste d'un point de vue scientifique.

Q.3 - Calculer les volumes V_{H_2} et V_{O_2} (en m^3) des ergols H_2 et O_2 contenus dans chacun des réservoirs.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V_{H_2} = \frac{m_{H_2}}{\rho_{H_2}}$$

$$\text{A. N: } V_{H_2} = \frac{26000}{70,8}$$

$$V_{H_2} = 367 \text{ m}^3$$

$$V_{H_2} = \frac{m_{O_2}}{\rho_{O_2}}$$

$$\text{A. N: } V_{H_2} = \frac{132500}{1141,8}$$

$$V_{H_2} = 116 \text{ m}^3$$

Q.4 - Donner, en une phrase, une raison qui justifie le stockage de ces ergols sous forme liquide.

Pour diminuer le volume des réservoirs.

Q.5 - Calculer les quantités de matière notées n_{H_2} et n_{O_2} , en moles, contenues dans ces réservoirs.

$$n_{H_2} = \frac{m_{H_2}}{M_{H_2}}$$

A.N:

$$n_{H_2} = \frac{26.10^6}{2.1}$$

$$n_{H_2} = 13.10^6 \text{ mol}$$

$$n_{O_2} = \frac{m_{O_2}}{M_{O_2}}$$

A.N:

$$n_{O_2} = \frac{132,5.10^6}{2.16}$$

$$n_{O_2} = 4,1.10^6 \text{ mol}$$

B - Chimie de propulsion

Q.6 - La réaction chimique entre le dihydrogène et le dioxygène produit uniquement de la vapeur d'eau. Écrire et équilibrer l'équation de cette transformation chimique.



Q.7 - Les ergols sont-ils embarqués dans les proportions stoechiométriques de la réaction précédente ? Justifier votre réponse en une phrase.

Le rapport stoechiométrique est de 2 moles de dihydrogène pour 1 mole de dioxygène.

Les ergols ne sont pas embarqués dans les proportions stoechiométriques.

On considère un mélange initial de 13.10^6 moles de dihydrogène et 4.10^6 moles de dioxygène.

Q.8 - Compléter le tableau d'avancement du **document réponse n° 1 page 8/9**, en justifiant la valeur de l'avancement final x_{FINAL} et en supposant que la transformation chimique est totale.

EQUATION CHIMIQUE		$2 H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$		
état du système	avancement	quantité de matière (mol)		
état initial : instant $t = t_0$	$x = 0$	13.10^6	4.10^6	0
en cours de transformation : t	x quelconque	$13.10^6 - 2x$	$4.10^6 - x$	$0 + 2x$
état final : $t = t_{FINAL}$	$x = x_{FINAL} = 4.10^6$	$13.10^6 - 2.4.10^6$ $= 4.10^6$	$4.10^6 - x_f = 0$	8.10^6

Q.9 - Préciser la composition molaire du mélange final.

4.10^6 moles de dihydrogène et 8.10^6 moles d'eau.

Q.10 - Calculer la masse d'eau produite par cette réaction.

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \times 1 + 16 = 18 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 8.10^6 \cdot 18$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 144 \text{ tonnes}$$