

Mission spatiale ATV 5

Partie A : objectifs de la mission ATV 5 et préparatifs du lancement

A.1. Objectifs de la mission ATV 5

A.1.1. Les objectifs de la mission ATV 5 sont :

- ravitailler (nourriture, eau, oxygène carburant) la station spatiale internationale
- transporter de nouveaux équipements
- tester un nouveau système de capteurs optiques pour la phase d'approche et d'amarrage
- permettre de relever l'altitude de la station
- manœuvrer la station afin d'éviter qu'elle n'entre en collision avec des météorites ou des débris.
- servir de module pressurisé supplémentaire
- évacuer les déchets produits par les astronautes

A.1.2. La cause de la baisse d'altitude de l'ISS au cours du temps est la trainée atmosphérique c'est-à-dire les frottements exercés par l'atmosphère sur la station.

A.1.3 la durée approximative de la mission est d'environ six mois.

A.1.4 D'après le document annexe A2, en six mois soit $6 \times 30,5 = 183$ jours la station passe d'une altitude de 400 km à 382 km. La perte d'altitude totale subie par la Station Spatiale Internationale au cours de la durée de la mission de l'ATV 5 est donc de 18 km.

A.2. Préparatifs du lancement de l'ATV par Ariane 5

A.2.1. Inspection du système d'arrosage de la table de lancement

A.2.1. a) Calcul du volume V_R

On a la relation :

$$D_V = \frac{V_R}{t} \quad \text{donc} \quad V_R = D_V \times t = 30 \times 50 = 1500 \text{ m}^3$$

A.2.1. b) Le débit total est indiqué pour 68 bouches donc pour une bouche :

$$D_{V1} = \frac{D_V}{68} = \frac{30}{68} = 0,44 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

A.2.1. c) Calcul de la vitesse d'éjection de l'eau :

On a la relation :

$$D_{V1} = v \times S \quad \text{donc} \quad v = \frac{D_{V1}}{S} = \frac{0,44}{0,0126} = 35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

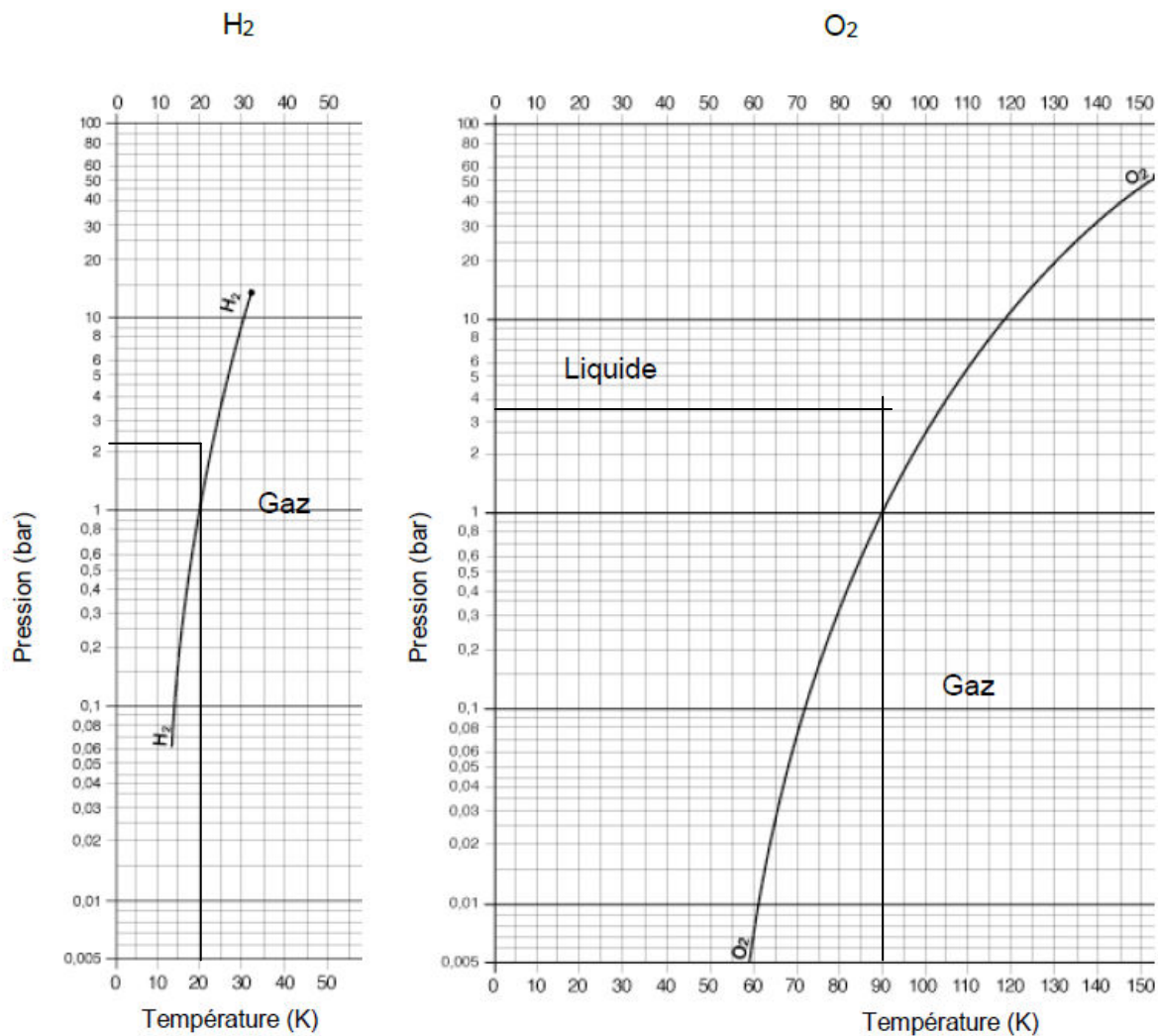
A.2.1. d) D'après le principe fondamental de l'hydrostatique entre les points A et B, on a la relation :

$$P_A + \rho g z_A = P_B + \rho g z_B \quad \text{donc} \quad \rho g (z_A - z_B) = P_B - P_A$$

$$z_A - z_B = \frac{P_B - P_A}{\rho g} \quad \text{donc} \quad z_A = z_B + \frac{P_B - P_A}{\rho g} = 8,5 + \frac{9 \times 10^5 - 1 \times 10^5}{1000 \times 9,81} = 90 \text{ m}$$

A.2.2. Remplissage des réservoirs du moteur principal de la fusée

A.2.2. a)

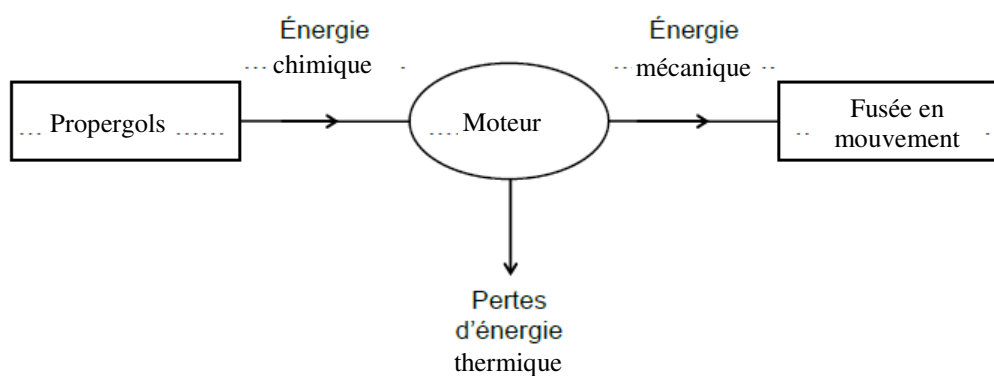


A.2.2 b) D'après les diagrammes précédents, le dihydrogène et le dioxygène se trouvent à l'état liquide dans les réservoirs.

Partie B : lancement de l'ATV 5 par Ariane 5

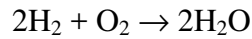
B.1. Étude du fonctionnement du moteur Vulcain lors du lancement

B.1.1. Schéma énergétique du moteur



B.1.2. Etude de la réaction

B.1.2 a) Equation-bilan de la réaction :



B.1.2 b) Calcul de la quantité de matière d'eau :

D'après le texte, le dioxygène est le réactif limitant. Donc, on a la relation :

$$n_{\text{O}_2} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{2} \quad \text{donc} \quad n_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \times n_{\text{O}_2} = 2 \times 4,7 \times 10^6 = 9,4 \times 10^6 \text{ mol}$$

B.1.2 c) Calcul de la masse d'eau produite :

On a la relation :

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \quad \text{donc} \quad m_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{H}_2\text{O}} \times M_{\text{H}_2\text{O}} = 9,4 \times 10^6 \times 18 = 1,7 \times 10^8 \text{ g} = 170 \text{ t}$$

B.1.2 d) Calcul de la durée de fonctionnement du moteur :

D'après le document B1, le débit massique en propergols est de $320 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$.

On a la relation :

$$D_m = \frac{m}{t} \quad \text{donc} \quad t = \frac{m}{D_m} = \frac{170 \times 10^3}{320} = 531 \text{ s} = 8,8 \text{ min}$$

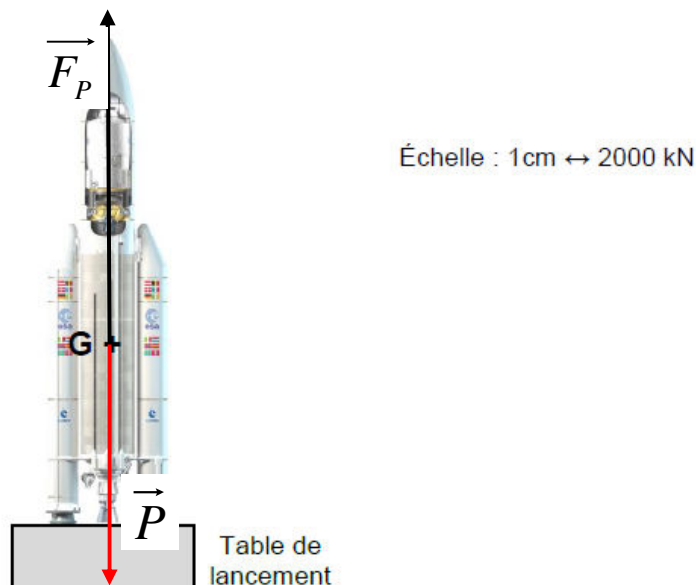
B.2. Étude du décollage et de la phase d'ascension verticale de la fusée

B.2.1. Calcul du poids P

On a la relation : $P = m \times g = 774 \times 10^3 \times 9,81 = 7,6 \times 10^6 \text{ N} = 7,6 \times 10^3 \text{ kN}$

B.2.2. Représentation des forces :

Avec l'échelle 1 cm pour 2000 kN, P est représenté par un vecteur de 3,8 cm et F_P est représentée par un vecteur de 6,5 cm.



B.2.3. Calcul de l'accélération a :

Les forces extérieures appliquées à la fusée sont \vec{F}_p et \vec{P}

D'après le principe fondamental de la dynamique, on a la relation :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \quad \text{donc} \quad F_p - P = ma$$
$$a = \frac{F_p - P}{m} = \frac{13 \times 10^6 - 7,6 \times 10^6}{774 \times 10^3} = 6,98 \text{ m.s}^{-2}$$

B.2.4. Calcul de l'altitude z atteinte par la fusée :

En début de décollage, $v_i = 0 \text{ m.s}^{-1}$ et $z_i = 0 \text{ m}$

D'après le document B2, la durée Δt de décollage est de $18 - 5 = 13 \text{ s}$

D'après la relation donnée dans l'énoncé :

$$z = \frac{1}{2} a \times \Delta t^2 + v_i \times \Delta t + z_i = \frac{1}{2} \times 6,98 \times 13^2 + 0 + 0 = 590 \text{ m}$$

B.2.5. Calcul du travail de la force de poussée :

D'après le document B1, la valeur de la force de poussée F_{vulc} est de 1100 kN

On a la relation :

$$W_{vulc} = F_{vulc} \times z = 1100 \times 10^3 \times 590 = 6,5 \times 10^8 \text{ J}$$

B.2.6. Calcul de l'énergie théorique libérée par le moteur :

D'après le document B1, le rendement du moteur est de 40 %

On a la relation :

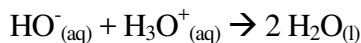
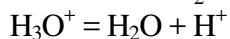
$$\eta = \frac{E_{utile}}{E_{reçue}} = \frac{W_{vulc}}{E_{th}} \quad \text{donc} \quad E_{th} = \frac{W_{vulc}}{\eta} = \frac{6,5 \times 10^8}{0,4} = 1,6 \times 10^9 \text{ J}$$

B.3. Traitement de l'eau polluée

B.3.1. La nature chimique de la solution formée par dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau projetée sur le pas de tir de la fusée est acide.

B.3.2. Pour éviter que cette solution ne pollue l'environnement, il faut augmenter son pH avant de l'évacuer. Il faut donc diminuer la concentration en ions H_3O^+ de la solution. Pour cela, les techniciens ajoutent de la soude (solution basique) à la solution.

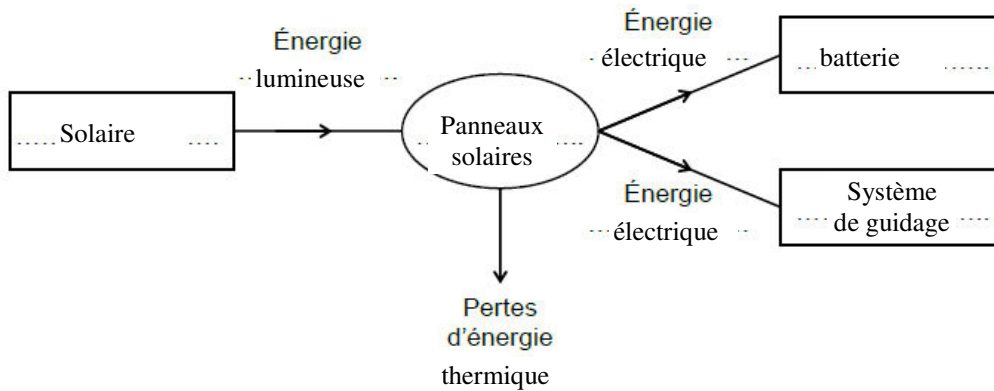
B.3.3. Equation de la réaction acido-basique :



Partie C : les équipements de l'ATV 5 et son vol autonome jusqu'à l'ISS

C.1. Production et stockage de l'énergie nécessaire au fonctionnement du système de guidage de l'ATV

C.1.1



C.1.2. Le fonctionnement du système de guidage de l'ATV nécessite une puissance $P_{sg} = 900 \text{ W}$.

C.1.2 a. D'après le document C1, la surface des panneaux solaires est de $33,6 \text{ m}^2$ donc

$$P_a = 1370 \times 33,6 = 4,6 \times 10^4 \text{ W} = 46 \text{ kW}$$

D'après le document C1, le rendement est de 17% et on a la relation :

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} \quad \text{donc} \quad P_u = \eta \times P_{reçue} = 0,17 \times 46 = 7,8 \text{ kW}$$

On a également la relation :

$$P_u = P_{batt} + P_{sg} \quad \text{donc} \quad P_{batt} = P_u - P_{sg} = 7,8 - 0,9 = 6,9 \text{ kW}$$

C.1.2 b. Calcul de l'intensité débitée par la batterie du système de guidage :

On a la relation :

$$P_{sg} = U \times I \quad \text{donc} \quad I = \frac{P_{sg}}{U} = \frac{900}{57,6} = 15,6 \text{ A}$$

C.1.2 c. D'après l'énoncé, l'ATV n'est pas éclairé pendant 31 min. On a la relation :

$$Q = I \times \Delta t = 15,6 \times 31 \times 60 = 2,9 \times 10^4 \text{ C}$$

C.1.2 d. La charge initiale Q_0 de la batterie est de 160 A.h, donc

$$Q_0 = 160 \times 3600 = 5,76 \times 10^5 \text{ C}$$

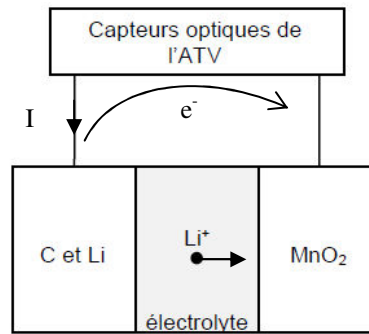
Par rapport à la charge Q consommée, cela représente :

$$\frac{2,9 \times 10^4}{5,76 \times 10^5} \times 100 = 5 \%$$

Donc ces batteries permettent de faire fonctionner correctement le système de guidage.

C.1.3

DR5 : principe de fonctionnement d'une pile Li-MnO₂ de l'ATV



	Électrode C et Li	Électrode MnO ₂
Nom de l'électrode	Anode	Cathode
Nom de la réaction	Oxydation	Réduction
Équation de la réaction	$\text{Li} = \text{Li}^+ + \text{e}^-$	

C.2. Mise en œuvre du système optique lors de la phase d'approche et d'amarrage de l'ATV à la station spatiale

C.2.1.

C.2.1. a. On détermine l'intervalle de longueur d'onde :

On a la relation :

$$E_1 = \frac{hc}{\lambda_1} \quad \text{donc} \quad \lambda_1 = \frac{hc}{E_1} = \frac{6,62 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{1,99 \times 10^{-22}} = 9,98 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$E_2 = \frac{hc}{\lambda_2} \quad \text{donc} \quad \lambda_2 = \frac{hc}{E_2} = \frac{6,62 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{2,48 \times 10^{-19}} = 8,01 \times 10^{-7} \text{ m}$$

La longueur d'onde est comprise entre : $8,01 \times 10^{-7} \text{ m} < \lambda < 9,98 \times 10^{-4} \text{ m}$

C.2.1 b. D'après le document annexe C2, ces ondes sont des ondes électromagnétiques appartiennent au domaine de l'infrarouge.

C.2.2. Le son ne se propage pas dans le vide contrairement à la lumière. Donc dans ce cas, on ne pourrait pas utiliser d'émetteurs-recepteurs à ultrasons.