

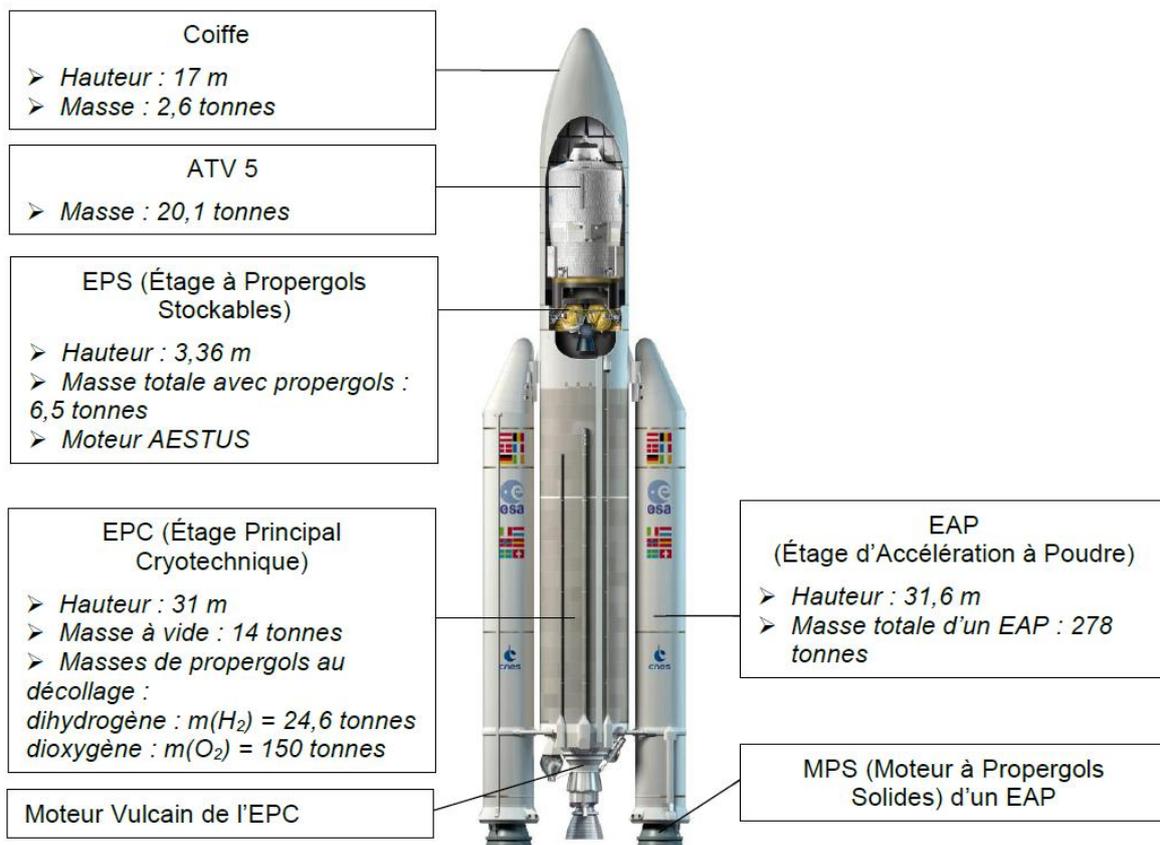
Mission spatiale ATV 5

Dans la matinée du mercredi 30 juillet 2014, le cinquième véhicule automatique de transfert (ATV 5) construit par l'Agence Spatiale Européenne (ESA) a été lancé dans l'espace par la fusée Ariane 5 depuis la base de Kourou en Guyane française. Comme ses prédécesseurs, cet ATV était chargé de convoier la nourriture, l'eau, l'oxygène et les carburants nécessaires au ravitaillement de la Station Spatiale Internationale (International Spatial Station : ISS) et de ses six membres d'équipage, qui orbitent à 400 km de la surface de la Terre.

Placé par Ariane en orbite circulaire, l'ATV 5 a ensuite rejoint la Station grâce à ses propres systèmes de propulsion et de guidage automatiques, sous la surveillance des ingénieurs et astronomes du Centre de Contrôle de l'ATV basé à Toulouse.

Architecture de la fusée Ariane 5 (d'après www.arianespace.com)

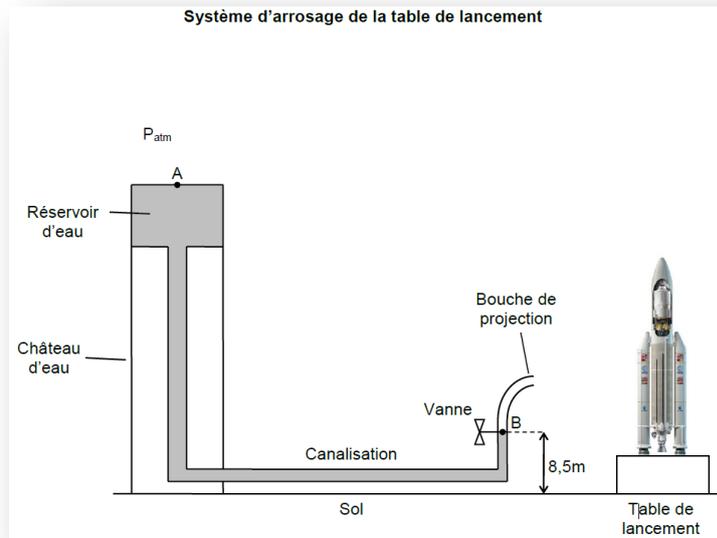
Architecture de la fusée Ariane 5 (d'après www.arianespace.com)



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

Lors du décollage de la fusée, les tuyères (orifices de sortie) des moteurs de la fusée éjectent des gaz très chauds et à très grande vitesse. Pour protéger la table de lancement des effets néfastes des gaz d'échappement et atténuer le bruit produit lors du décollage, les gaz et la table sont arrosés d'eau par l'intermédiaire de **68 bouches de projection** de section **$S = 126 \text{ cm}^2$ chacune** (voir annexe 1). L'alimentation en eau est assurée par un château d'eau raccordé aux bouches de projection par un réseau de canalisations muni de vannes dont l'ouverture permet de déclencher l'arrosage.

Ce système d'arrosage doit assurer un débit volumique d'eau total **$Dv = 30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$** pendant une **durée de 50 secondes** lors du décollage.



A1 Quel doit être le volume V_R du réservoir d'eau du château d'eau pour assurer l'arrosage lors d'un décollage ?

$$Dv = \frac{V}{\Delta t} \text{ d'où } V = Dv \times \Delta t = 30 \times 50 = 1500 \text{ m}^3$$

A.2 Calculer le débit volumique Dv_1 de l'eau projetée par une bouche. (attention il y en a 68 !)

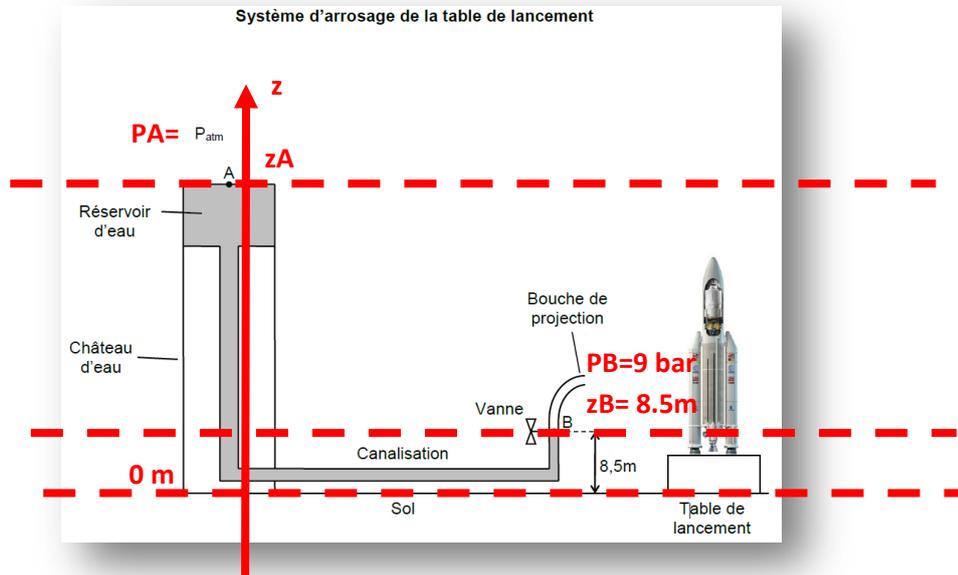
$$Dv_1 = \frac{30}{68} = 0.44 \text{ m}^3/\text{s}$$

A.3 En déduire la vitesse v d'éjection de l'eau à chaque bouche de projection au moment du décollage.

$$\text{Section d'une bouche} = S = 126 \text{ cm}^2 = 0.0126 \text{ m}^2 = 1.26 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Dv}{S} = \frac{0,44}{1,26 \times 10^{-2}} = 34.9 \text{ m/s}$$

A.4 Pour que le système d'arrosage puisse fonctionner efficacement, la pression minimale de l'eau au niveau des vannes doit être de **9 bars** lorsque celles-ci sont fermées.
En déduire la hauteur minimale du niveau de l'eau dans le château d'eau.



$$P_B = 9 \text{ bars} = 900\,000 \text{ Pascals}$$

$$P_A = P_{\text{atm}} = 1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pascals}$$

$$z_B = 8.5 \text{ m}$$

on cherche z_A !

$$\text{l'équation : } P_A + \rho \cdot g \cdot z_A = P_B + \rho \cdot g \cdot z_B$$

$$\text{devient : } \rho \cdot g \cdot z_A = P_B + \rho \cdot g \cdot z_B - P_A$$

$$\text{et } z_A = \frac{P_B + \rho \cdot g \cdot z_B - P_A}{\rho \cdot g} = \frac{900\,000 + 1000 \times 10 \times 8,5 - 100\,000}{1000 \times 10}$$

$$z_A = 88.5 \text{ m}$$

(logique ! 9 bars = 1 bar (atmosphère) + 8 bars (hauteur d'eau))

une hauteur d'eau de 80 m donne 8 bars !

+ 8.5 m hauteur de vanne

$$= 88.5 \text{ m !}$$

B. Remplissage des réservoirs du moteur principal de la fusée

Pour produire la force de poussée nécessaire à la propulsion de la fusée, ses différents moteurs thermiques utilisent deux substances chimiques appelées propergols.

Les propergols nécessaires au fonctionnement du moteur principal d'Ariane 5 (le moteur Vulcain) sont le dihydrogène H_2 et le dioxygène O_2 .

Quelques heures avant le décollage, on procède au remplissage en propergols des deux réservoirs séparés, situés dans l'étage principal cryotechnique (EPC) de la fusée.

B.1 Pendant et après le remplissage des réservoirs, le dihydrogène est maintenu à la température $T = 20\text{ K}$ et sous la pression $P = 2,2\text{ bar}$. Le dioxygène est maintenu à $T = 90\text{ K}$ sous $P = 3,6\text{ bar}$. Placer les points correspondant à ces valeurs sur les diagrammes $P(T)$ du document ci dessous.

B.2 En déduire l'état physique des deux ergols (dihydrogène H_2 et dioxygène O_2) stockés dans les réservoirs de l'EPC de la fusée.

DR1 : diagramme pression-température $P(T)$ du dihydrogène et du dioxygène

