

Objectifs : Mettre en oeuvre un dispositif expérimental pour étudier l'écoulement permanent d'un fluide et pour tester la relation de Bernoulli.

Lors du décollage du lanceur Ariane , on utilise d'énormes volumes d'eau pour :

- atténuer l'onde acoustique générée par le lancement et assurer ainsi la protection des charges utiles embarquées ;
- atténuer l'onde de surpression générée par le lancement et protéger les installations ;
- protéger la table de lancement et les carreaux des effets thermiques des jets du lanceur (car la température des flammes peut atteindre 3 000 °C) ;
- alourdir le nuage issu de la combustion du propergol des propulseurs et limiter les vibrations liées au bruit qui pourraient endommager les satellites.



Immédiatement après le décollage, plus de 500 m³ d'eau sont ainsi déversés sur le pas de lancement. Cette phase se nomme : « le déluge ».

sources : <https://videothèque.cnes.fr/index.php?include=allFolders> et <http://www.cnes-csg.fr/web/CNES-CSG-fr/11443-faq.php?item=9090>

Problématique

La hauteur du château d'eau et le diamètre des canalisations permettent-ils un « déluge » d'eau de débit suffisant pour assurer la protection des installations de la zone de lancement ELA 4 juste après l'allumage du moteur Vulcain d'Ariane 6 ?

Documents mis à disposition

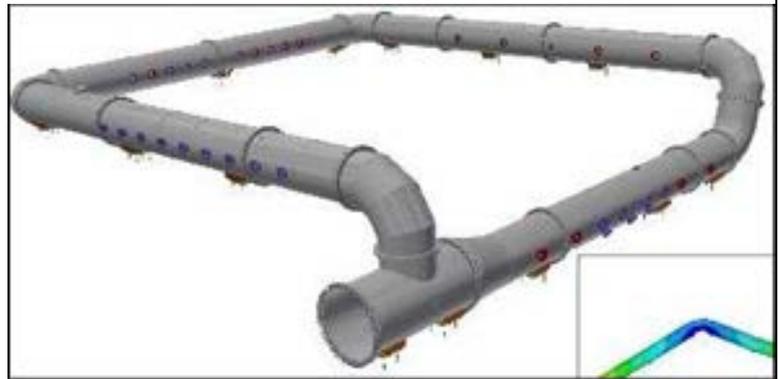
Doc n°1 : Les principales fonctions du déluge

Le principe du déluge est de déployer une couverture liquide aussi dense que possible pour deux fonctions : protéger la table des effets directs du jet des EAP (risque d'endommagement thermomécanique, chimique, corrosion...) et atténuer le bruit en augmentant de façon artificielle la densité du milieu dans lequel se propage l'onde acoustique. On réduit ainsi la vitesse du jet par transfert de la quantité de mouvement de la phase gazeuse à la phase liquide, la puissance acoustique étant proportionnelle au cube de la vitesse d'éjection des gaz. Pour que le déluge soit efficace, il faut injecter un débit d'eau au moins deux fois supérieur à celui des gaz éjectés ; on peut ainsi monter jusqu'à 30 m³/s. Le timing d'ouverture des vannes déluge est très précis.

source : http://www.capcomespace.net/dossiers/espace_europeen/CSG/ELA3/zone_lancement.htm

Doc n°2 : ELA 4, le nouveau site de lancement d'Ariane

- Ci-dessous, le château d'eau juste après sa construction et la pose de la canalisation principale. Le diamètre de la canalisation principale est de 2 m. La hauteur du château d'eau (90 m) assure une pression d'au moins 10 bars. En 4 secondes, le déluge équivaut à $\frac{2}{3}$ du volume d'une piscine olympique, soit 1000 m^3 . Le château assure aussi le lavage du pad après le lancement (massif, table, mat et portique), le remplissage de la piscine et le réseau de noyage du moteur Vulcain.



Ci-dessus à droite, la canalisation de 2 m qui entoure le massif. Elle alimente les différentes buses aussi bien pour les carneaux (16 buses réparties sous la table), la fosse du Vulcain et la table elle-même avec 2 systèmes, un adossé au mât (16 buses) et devant les palettes (2 x 5 buses).

source : http://www.capcomespace.net/dossiers/espace_europeen/CSG/ELA4/ELA4_2018.htm

s

Doc n°3 : Relation de Bernoulli

La relation de Bernoulli exprime la conservation d'énergie entre deux points d'un même fluide. Elle s'écrit :

$$\frac{\rho v_A^2}{2} + \rho g z_A + p_A = \frac{\rho v_B^2}{2} + \rho g z_B + p_B$$

où ρ est la masse volumique du fluide en $(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$

g est l'intensité du champ de pesanteur : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

v_A est la vitesse du fluide au point A (en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

z_A est l'altitude au point A (en m)

p_A est la pression au point A (en Pa)

Attention ! Cette relation n'est valable sous cette forme que dans les conditions suivantes :

- on considère un fluide non visqueux de masse volumique constante ;
- l'écoulement est laminaire (non turbulent) et se déroule dans un champ de pesanteur uniforme ;
- la vitesse en un point du fluide est indépendante du temps (régime permanent).

Doc n°4 : Comment mesurer la vitesse d'un écoulement ?

En 1643, Torricelli a établi que le carré de la vitesse d'écoulement d'un fluide sous l'effet de la pesanteur est proportionnel à la hauteur de fluide située au-dessus de l'ouverture par laquelle il s'échappe du cylindre qui le contient :

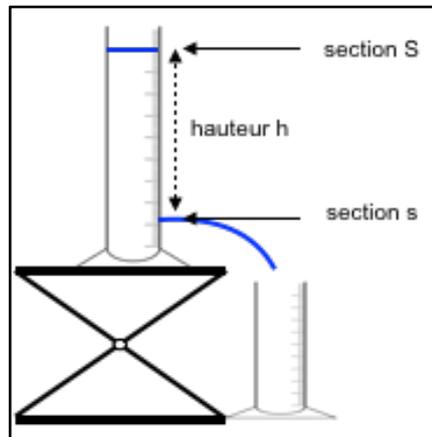
$$v^2 = 2 \times g \times h$$

où v est la vitesse d'écoulement du fluide (en m.s^{-1})

h est la hauteur du fluide (en m)

g est l'intensité du champ de

pesanteur (en m.s^{-2})



A partir du dispositif expérimental ci-dessus, d'un chronomètre, et en utilisant la conservation du débit volumique Q , on peut, connaissant les surfaces des sections S et s , mesurer la vitesse d'écoulement v en fonction de la hauteur h .

Conservation du débit $Q = S_1 \times v_1 = S_2 \times v_2 = \text{constante}$ volumique :

- Q1. A partir de la relation de Bernoulli, en utilisant des points judicieux, établir la formule de Torricelli. (ANA)
- Q2. Proposer un protocole expérimental pour vérifier la formule de Torricelli et le mettre en oeuvre. (REA)
- Q3. A l'aide des documents et des résultats précédents, calculer la vitesse d'écoulement de l'eau dans la canalisation lors du déluge, en déduire le débit volumique de l'eau déversée lors de la phase de décollage. Répondre à la problématique. (VAL)
- Q4. Présenter votre travail sous forme d'un compte-rendu numérique. (COM)