



Post-doctorat (septembre 2016 – septembre 2018)

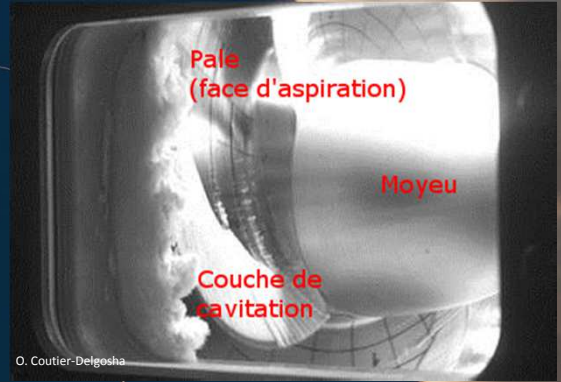
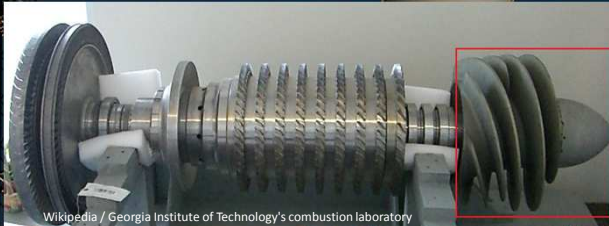
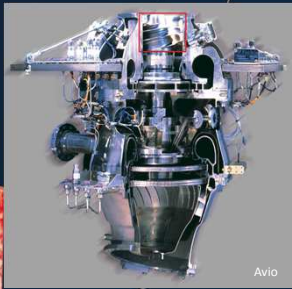
Etude et caractérisation de moyens de mesure de champs de température en fluide cryogénique cavitant

Aurélia CHARRIER (CNES), Sylvie FUZIER (ENSAM), Olivier COUTIER-DELGOSHA (ENSAM), Sébastien Le Martelot (CNES), Davide DURÌ (ArianeGroup)

Inducteur des turbopompes spatiales et cavitation

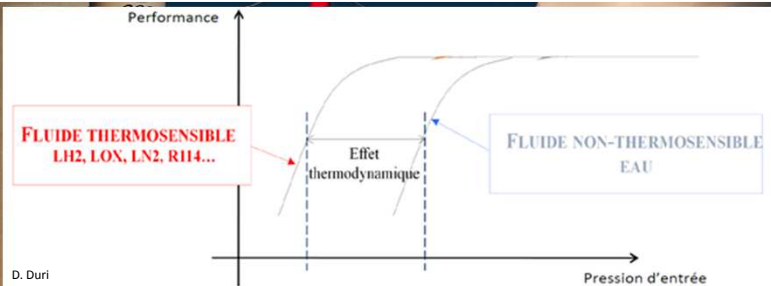
Le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) et ArianeGroup s'intéressent depuis de nombreuses années au phénomène de cavitation qui se développe dans les inducteurs des turbopompes spatiales. Le phénomène de cavitation consiste en l'apparition d'une phase vapeur (bulles de cavitation) à l'intérieur d'un liquide suite à une baisse locale de la pression. Les structures (ou poches) de cavitation sont problématiques pour les structures dans lesquelles elles se développent car, lors de leur disparition, quatre principales sources de problèmes apparaissent :

- des vibrations,
- des chargements mécaniques instationnaires,
- des ondes de choc,
- des frottements et une érosion au niveau de la surface sur laquelle la bulle vient imploser, provoquant par là-même des instabilités et de sérieux dommages. La prise en compte de ce phénomène et des limites technologiques des systèmes destinés à le réduire impacte le dimensionnement et les performances des lanceurs spatiaux.

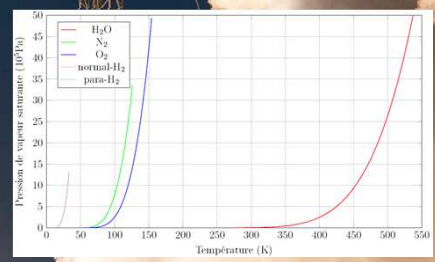
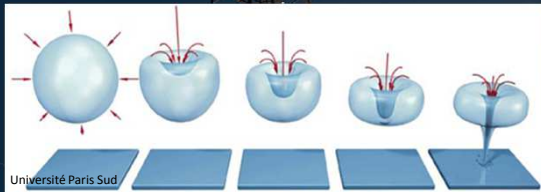


Cryogénie et cavitation

La cavitation est un phénomène endothermique. En effet, la transformation du liquide en vapeur consomme de l'énergie (énergie principalement prélevée au fluide environnant via la chaleur latente de vaporisation du fluide) créant un refroidissement local dans la poche constituée d'un mélange liquide/vapeur. Dans le cas de l'eau froide, ce refroidissement est très faible et influence peu les grandeurs thermodynamiques du fluide. L'oxygène liquide (LOX) et plus encore l'hydrogène liquide (LH2) utilisés dans la propulsion spatiale cryogénique sont des fluides dits thermosensibles : la pression de vapeur saturante (définie entre le point triple et le point critique) évolue rapidement avec la température. Pour une température locale plus faible, la pression de vapeur saturante diminue et le développement de la cavitation est atténué. C'est ce que l'on nomme le retard thermique à la cavitation. A l'heure actuelle, il est relativement difficile de prédire la cavitation en présence de fluides thermosensibles. L'accès aux champs de température et aux champs de pression donnera donc des informations clés sur le phénomène.



Les mesures de champs de température permettent de mesurer simultanément la température dans les bulles et le liquide environnant sachant que ces zones sont advectées par l'écoulement moyen. Ces techniques de mesure doivent être le moins intrusives possible (une partie des applications concerne des fluides à grande vitesse et la présence de thermométrie intrusive perturberait l'écoulement et pourrait entraîner l'apparition de cavitation dans son sillage).



Développement de moyens de mesure de température et d'un cryostat dédié à la cavitation en azote liquide

Les moyens de mesures se doivent d'être les moins intrusifs possible. A l'heure actuelle, les quatre voies en cours d'implémentation sont :

- les sondes Cernox (0,9 mm * 0,7 mm * 0,2 mm),
- les microthermocouples,
- les particules thermosensibles,
- la thermographie infrarouge (collaboration avec le CEA/IRFU dans le cadre du LABEX FOCUS pour l'emprunt d'une matrice).

Collaboration avec le LABEX FOCUS :

Pour l'azote, les longueurs d'onde d'étude sont situées entre 20 µm et 70 µm.

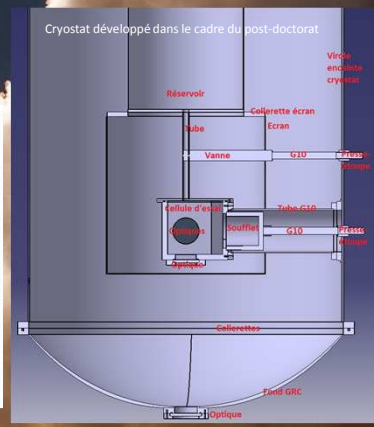
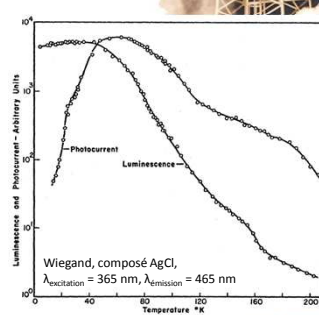
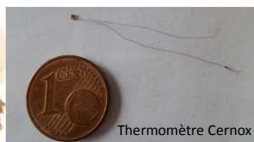
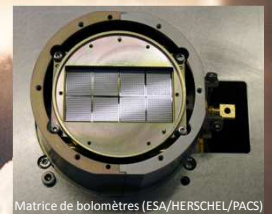
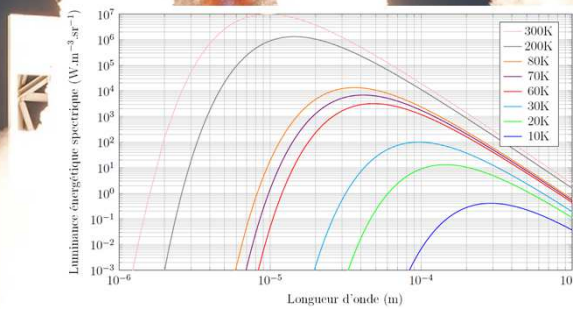
Pour l'hydrogène, les longueurs d'onde d'étude sont, quant à elles, situées entre 70 µm et 200 µm.

Dans le cas des détecteurs de ESA/Herschel/PACS, les détecteurs sont des bolomètres.

L'assemblage complet comprend 64*32 matrices de bolomètres pour le photomètre à ondes courtes de PACS (60 µm – 85 µm et 85 µm – 130 µm). Le plan focal (suspendu à un encastrement à 2 K) consiste en quatre ensembles de deux matrices secondaires de 16*16 pixels chacune. Le plan focal opère à 0,300 K.

Le design du cryostat sous CATIA

Réalisation en partie maison (forge et usinage Arts et Métiers Lille)



Perspectives

Montage complet du cryostat et tests en azote liquide avec différents moyens de mesure de température

Participation à ISROMAC 2017 à Hawaï / USA du 16 au 21 décembre 2017

