

Nouvelle installation de cyclages thermiques au CSL

Wide Range Thermal cycling Facility (WRTF)

Benoît Marquet

Journées liquéfacteurs 2019



- **Centre de recherche de l'Université de Liège, autofinancé via ses propres projets : Industrie / Régional / Fédéral / Européens / Agences spatiales**
- **3 programmes : Instrumentation spatiale, Tests environnementaux, Partenariats technologiques**
 - Design, développement, intégration de systèmes / sous-systèmes de charges utiles
 - Calibration (optique) d'instruments spatiaux, au sol et en vol
 - Qualification et tests environnementaux : vide, thermique (& cryogéniques), vibrations
 - Partenariats technologiques dans des domaines d'expertises pointus : micro-fabrication, additive manufacturing, surface engineering (coatings, ...)

- **Situation**

- Liège (Belgique)
Parc Scientifique du Sart Tilman

- **Personnel**

- ~90 employés
 - >50 ingénieurs/scientifiques
 - ~25 techniciens
 - ~15 personnel administratif
- <10 PhD's

- **Clients/partenaires**

- Agences spatiales : ESA, NASA, JAXA
- Industrie : Airbus, OHB, Thales Alenia Space, Leonardo,...
- Universités/Centres de recherche
- ...



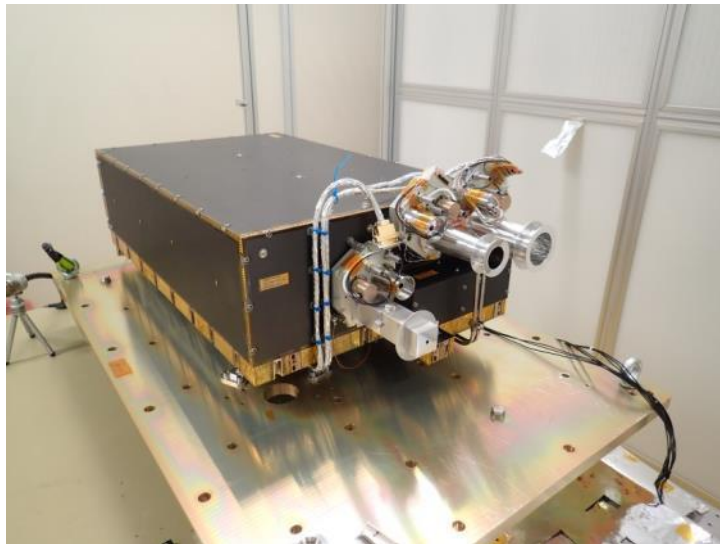
- Quelques instruments



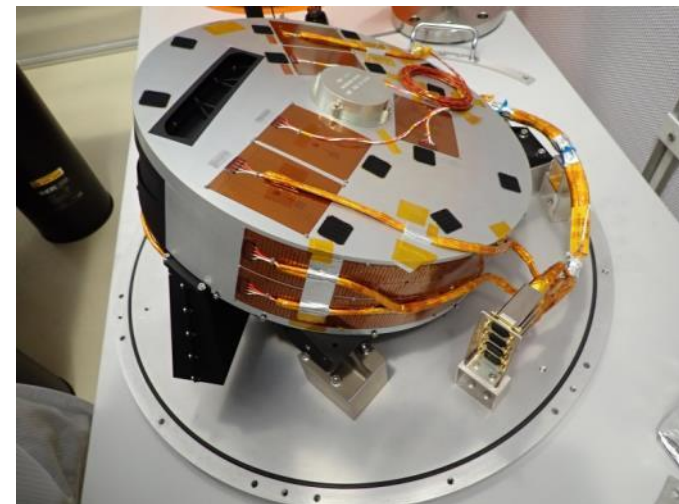
Sentinel-4 / UVN



CHEOPS



Solar Orbiter / EUI

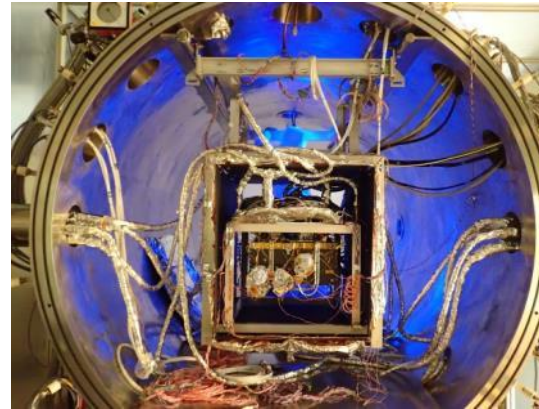


Sentinel-3 / OLCI

- **Les cuves à vide**

Focal 3

Ø3m / verticale



Focal 2

Ø2m / horizontale

Focal 5

Ø5m / horizontale



Focal 6.5

Ø6.5m / verticale

- **Les liquéfacteurs/réfrigérateurs (2x 50l/h – 300W@20K)**

- 1 Linde TCF 20 + 1 compresseur Kaeser + 1 dewar 500 l



- 1 Koch 1630 + 2 compresseurs RS + 1 dewar 250 l (non utilisé depuis 2009...)



- **1 boîte de distribution + lignes de distribution SIV (faites "maison")**
- **1 installation de récupération : boudruche / compresseur BAUER / "torpilles" (2.4 m³ @200 bars)**
- **1 système de refroidissement eau/glycol en boucle fermée**



- **Les tests cryos, dans un environnement $< 20\text{K}$, sont très souvent "one shot" \rightarrow refroidissement / test / réchauffage**
 - On ouvre progressivement la vanne HP pour alimenter en gaz froid ($\sim 12\text{ K}$)
 - Le gaz se réchauffe et se détend dans le circuit (lignes + panneaux thermiques)
 - La pression dans la ligne est limitée à 3 bars (soupapes de sécurité)
 - On ré-injecte le gaz de retour dans la BP du liquéfacteur à différents endroits en fonction de la température de retour
 - En amont de l'échangeur LN2 si T_{retour} de 300 $\rightarrow \sim 30\text{-}40\text{ K}$
 - En amont de l'échangeur suivant (30K) si $T_{\text{retour}} < \sim 30\text{-}40\text{ K}$
- **Le réchauffage se fait en fermant progressivement l'alimentation en gaz puis en "flushant" au gaz chaud (compresseur uniquement) et éventuellement à l'aide de lampes IR dans la cuve**
- **Toutes les opérations sont manuelles et dépendent fortement du setup de test et de la séquence à réaliser \rightarrow très compliqué pour un grand nombre de cycles**

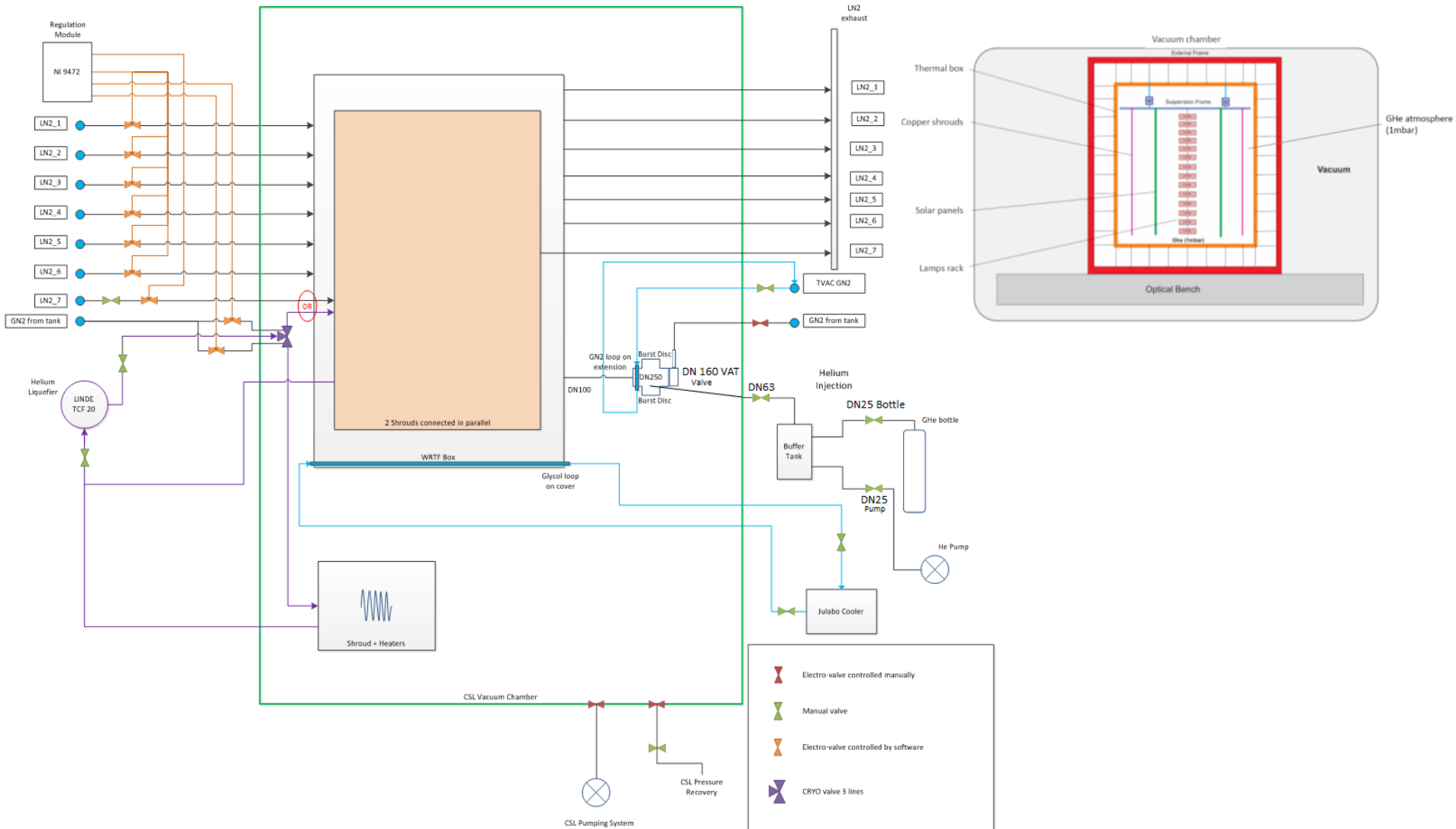
- **JUICE (mission vers Jupiter) : cyclages des panneaux solaires**

- Températures plus basses (38 K) → Nécessité du GHe
- Large gamme de températures : 38 – 433 K
- Nombres de cycles important : ~200 !
→ Automatisation et réduction du temps de cycle



- **Développement de la facilité WRTF**

- Une cuve dans une cuve
 - La cuve intérieure est pressurisée à ~1 mbar de GHe pour augmenter le transfert thermique grâce à la conduction dans le gaz
 - La cuve est refroidie au LN2 dans les cas froid pour diminuer les charges thermiques sur les panneaux → elle est allégée au maximum (1 mm d'épaisseur)
 - La cuve à vide (extérieure) sert à l'isolation
 - Maximum 3 mbar de ΔP entre l'extérieur et l'intérieur → Protection par burst disks (14 mbar)
- Fonctionnement continu et stabilisé du liquéfacteur en mode réfrigération grâce à un bypass et une vanne 3-voies





**Cuve intérieure (BOX – 6 x 2.5 x 4 m)
en inox (1mm d'épaisseur) avec
circuit LN2**



**Système pompage/remplissage
+ burst disks (14 mbars)**



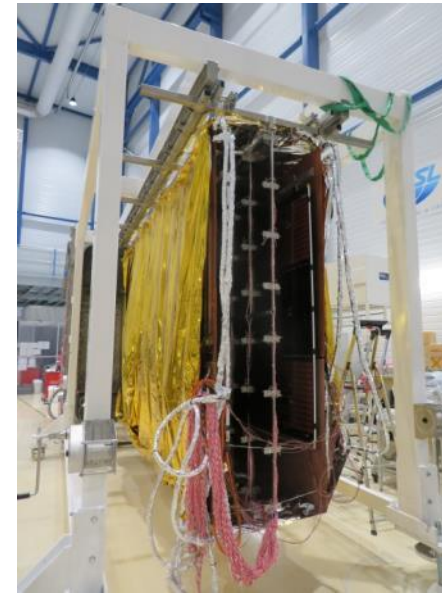
**Vanne 3-voies
pneumatique
"Fait
maison"**



Setup de test complet :

Box isolée (MLI) et shrouds + panneaux solaires + lampes dans la Box

- **200 cycles réalisés sur panneaux JUICE**
 - Fonctionnement continu depuis 3 mois (sans opération)
 - Pas de problème à déclarer
 - Cycles réalisés en 7-8 h (spec < 12 h)



Mur de lampes

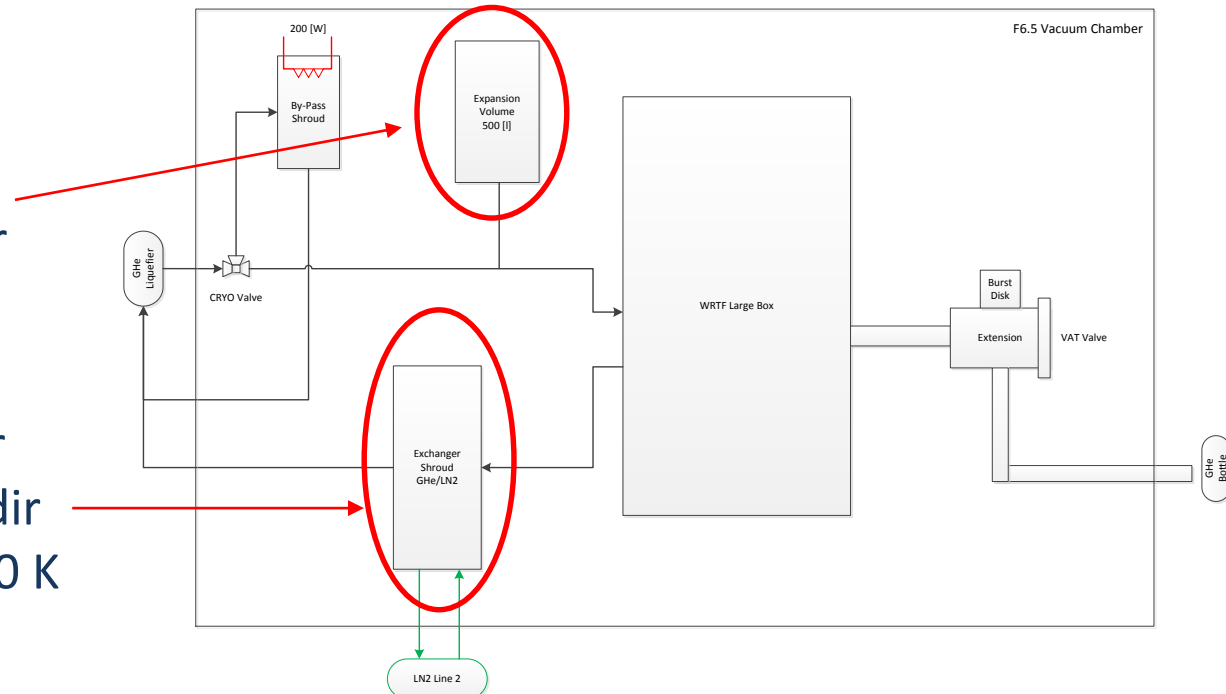
Installation
Panneaux + shrouds
+ lampes



- **WRTF a été conçue pour réaliser les cycles en 2 étapes**
 - Cycles "chauds" à l'azote : 93 K – 433 K
 - Cycles "froids" à l'hélium : 38 K – 168 K
 - Limite max due au pic de pression dans les lignes lors de la réinjection de l'hélium froid (11 K) dans les shrouds chauds lorsqu'on démarre le cas froid

- **Augmentation de la gamme**

- Ajout d'un volume tampon de 500 l pour amortir le pic de pression
- Ajout d'un échangeur LN2/GHe pour refroidir l'hélium en sortie à 80 K avant retour vers le liquéfacteur



- **Augmentation de la limite chaude en fonctionnement GHe à 50°C**
 - Validation :
 - Cycles réalisés sans interventions sur le liquéfacteur entre 35 K et 323 K ! (température des shrouds)
 - Test ENEO :
 - 10 cycles entre 68 K et 323 K sur panneaux solaires
 - Temps de cycle : 12.5 h/cycle



**Volume tampon de
500 litres**

**Echangeur
LN2/GHe**

- **Augmentation de la capacité de stockage impur : torpilles + bouteilles B50**
- **Groupe de refroidissement supplémentaire (redondance)**
- **Grosse maintenance et remise en service du KOCH 1630 (à l'arrêt depuis 2009)**

- **Compresseurs**

- Réparation de fuites visibles (et non visibles? → leak test)
- Remplacement des charbons actifs dans l'adsorbeur d'huile
- Vidange / remise à niveau d'huile ? Vidange nécessaire ?
- Pressurisation et leak test

- **Liquéfacteur**

- Démontage des pistons, remplacement des courroies, des roulements de bielles, des feutres et O-rings, réglage (remplacement?) des soupapes, ...
- Démontage, vérification, remplacement de tous les détendeurs puis réglages
- ...
- Pompage, purge, et nettoyage du circuit → circulation avec ADL LN2 adsorber



- **Appel à l'équipe**

- Contacts pour achat pièces de rechange ?
- Support technique ?
- Expérience / Lessons learned ?