

IASI-NG Instrument

Calibration radiométrique et spectrale de l'instrument IASI-NG au sol

IAS-PS-ADST-1001952623_IASING_Calibration_Sol

DEFENCE AND SPACE

IASI-NG Team
25 Juin 2024

AIRBUS

SOMMAIRE

- ❑ Quelques éléments sur l'instrument IASI-NG

- ❑ Calibration spectrale
 - Principe
 - La cellule à gaz
 - Le Fabry Perrot
 - Les mesures spectrales instrument

- ❑ Calibration radiométrique
 - Principe
 - Les Corps Noirs
 - Les mesures radiométriques instrument

Présentation de l'instrument IASI-NG

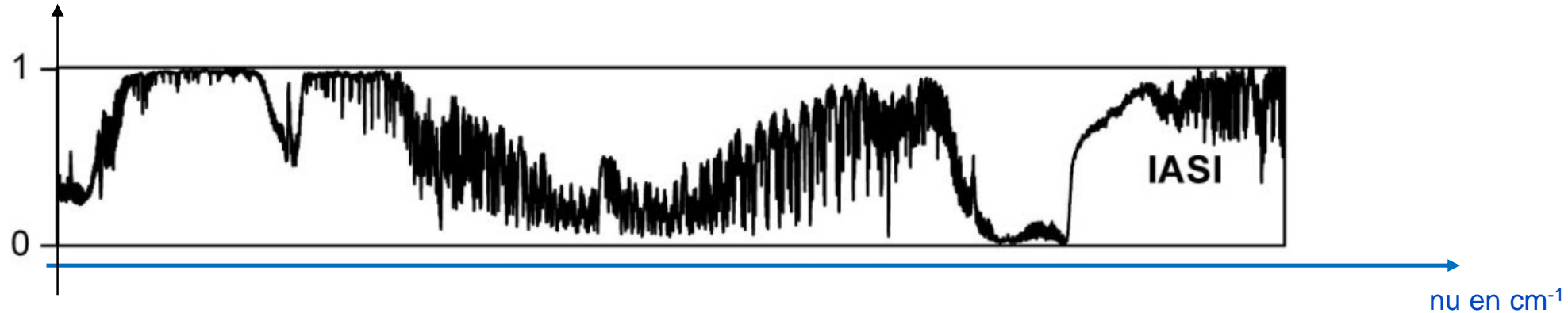
□ En quelques mots:

- Spectromètre infrarouge couvrant la gamme spectrale [3.6 μm – 15.5 μm]
- Interféromètre à compensation de champ (principe de Mertz)
- 16 pixels sondeur simultanés de 11.5 km au sol
- Miroir de SCAN couvrant +/- 49 ° en 14 steps
- Calibration radiométrique assurée en Vol toutes les 15s avec 1 vue espace froid et une vue interne d'un corps noir de calibration à ~ 300 K



Calibration spectrale : Principe

- ❑ Le but de la calibration spectrale est simple: il faut associer à chaque élément de l'axe des abscisses d'un spectre un nombre d'onde



NB : La convention dans la spectroscopie infrarouge est de travailler en nombre d'onde. La relation avec les longueurs d'onde est la suivante: $\nu \text{ (cm}^{-1}\text{)} = 0.01/\lambda \text{ (m)}$

- ❑ Le principe consiste à utiliser des sources dont on connaît parfaitement la position de raies caractéristiques et à corréler la mesure avec la prédiction. Les sources utilisées sur IASI-NG sont:
 - Cellule à Gaz
 - Etalon Fabry-Pérot
 - Lasers

Calibration spectrale : Cellule à Gaz

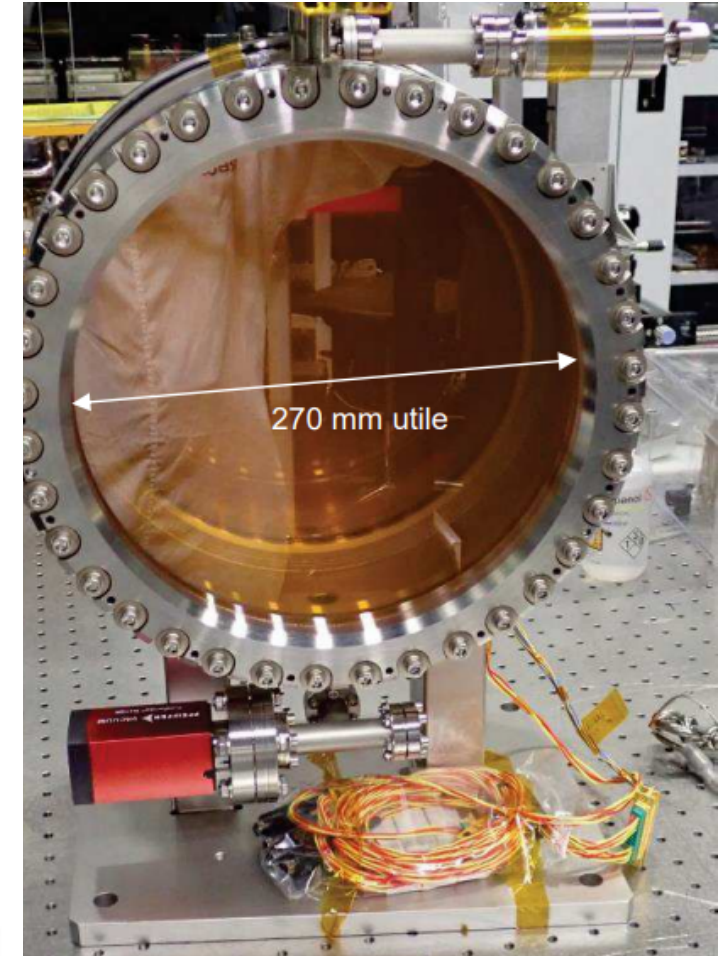
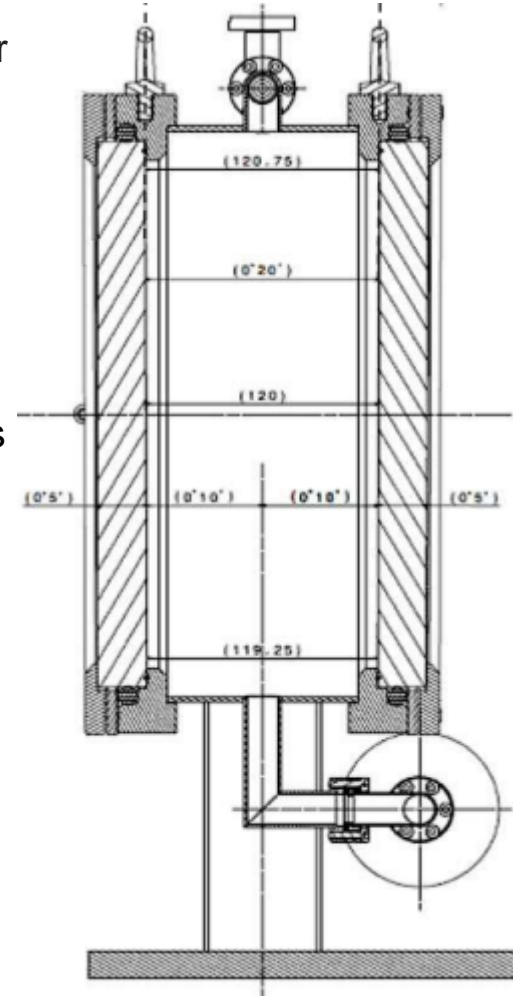
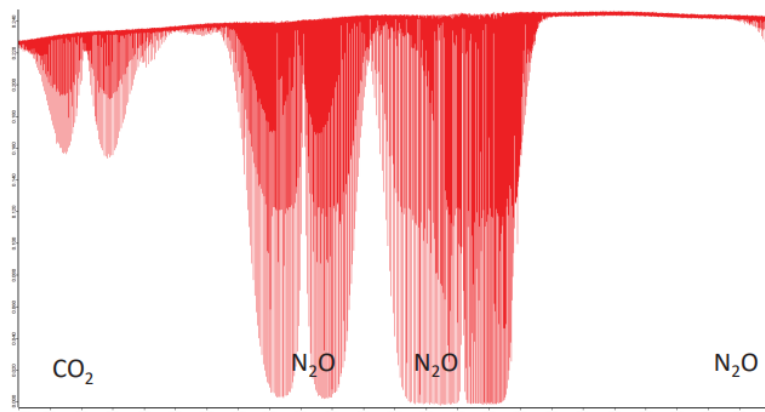
- ❑ La cellule à gaz (CAG) est une enceinte à vide composée de 2 hublots en ZnSe (développement [AIRBUS](#)).
- ❑ Le choix des gaz et le remplissage de la CAG est assuré par le laboratoire [LERMA](#).

La composition du mélange choisi est la suivante:

- $P(\text{N}_2\text{O}) = \sim 20 \text{ mbar}$
- $P(\text{CO}) = \sim 10 \text{ mbar}$
- $P(\text{CO}_2) = \sim 1 \text{ mbar}$
- $P_{\text{total}} = \sim 31 \text{ mbar}$ @ $T = 295.5 \text{ K}$

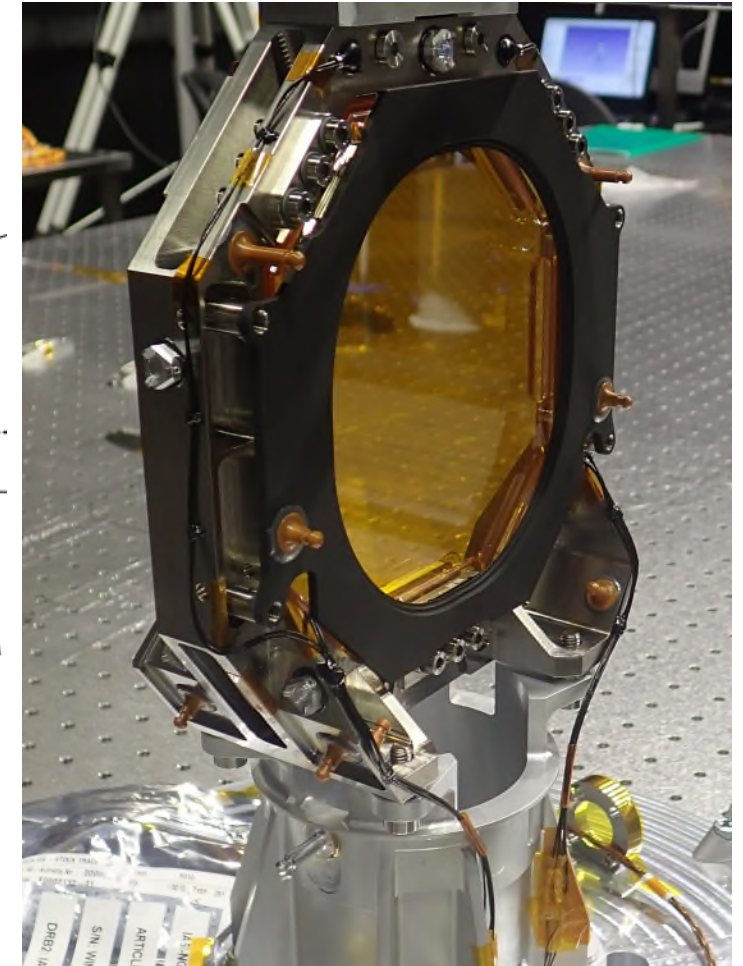
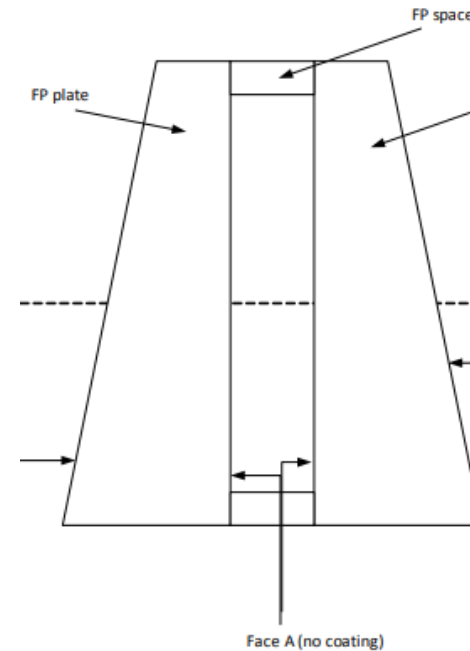
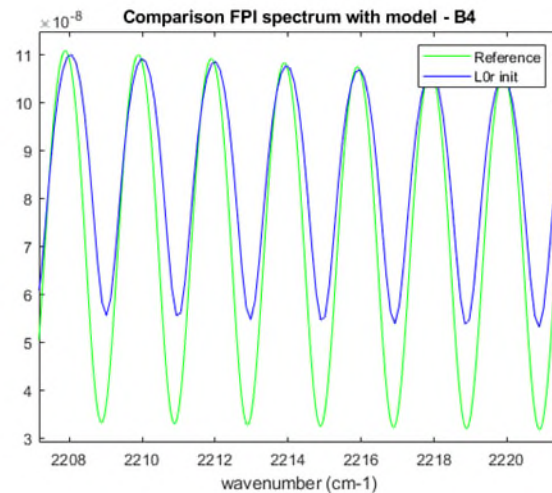
Ce mélange garanti la présence de raies dans chacune des bandes spectrales de l'instrument IASI-NG

- ❑ Le [LERMA](#) fourni le profil spectral théorique d'absorption du mélange. La localisation des raies est connue à qq 10^{-6}



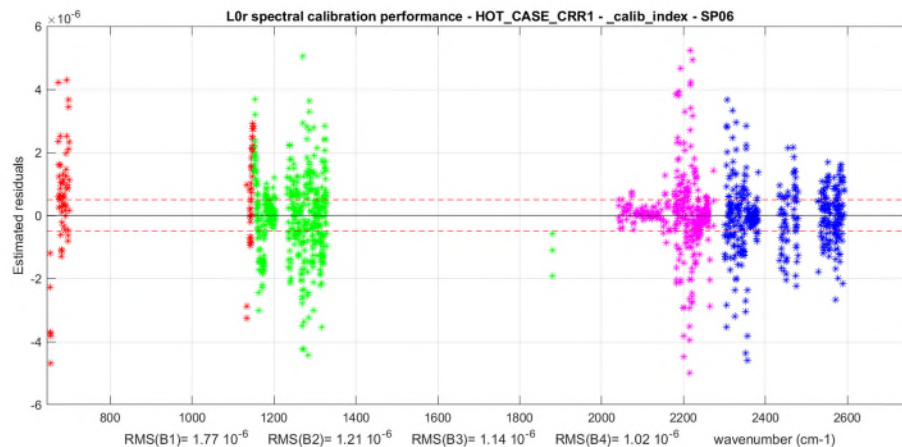
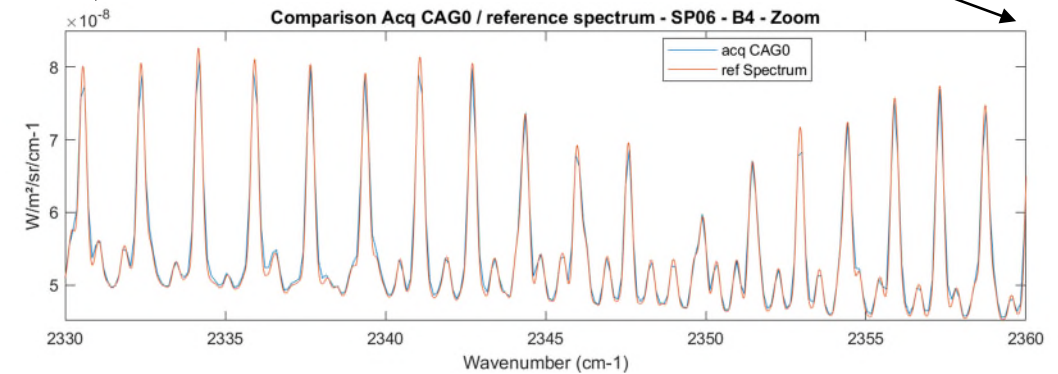
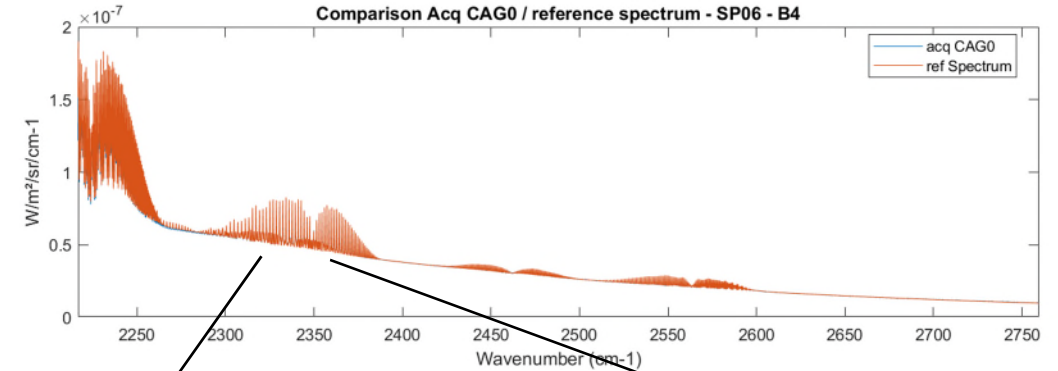
Calibration spectrale : Etalon Fabry-Pérot

- ❑ L'étalon Fabry-Pérot (FPI) est un équipement de Vol de l'instrument IASI-NG. Les optiques sont fournies par la société [WinLight](#), la mécanique est développée par [AIRBUS](#). Il est utilisé au Sol pour la vérification de la calibration spectrale. Il est composé de 2 lames ZnSe dont les 2 faces intérieures sont parfaitement parallèles et la distance connue.
- ❑ Cet étalon permet de générer des raies d'émission dont l'intervalle en nombre d'onde est quasi constant le long du spectre. La connaissance relative de position des raies est donc très bonne. La connaissance spectrale absolue dépend du recalage du modèle FPI avec les mesures CAG.



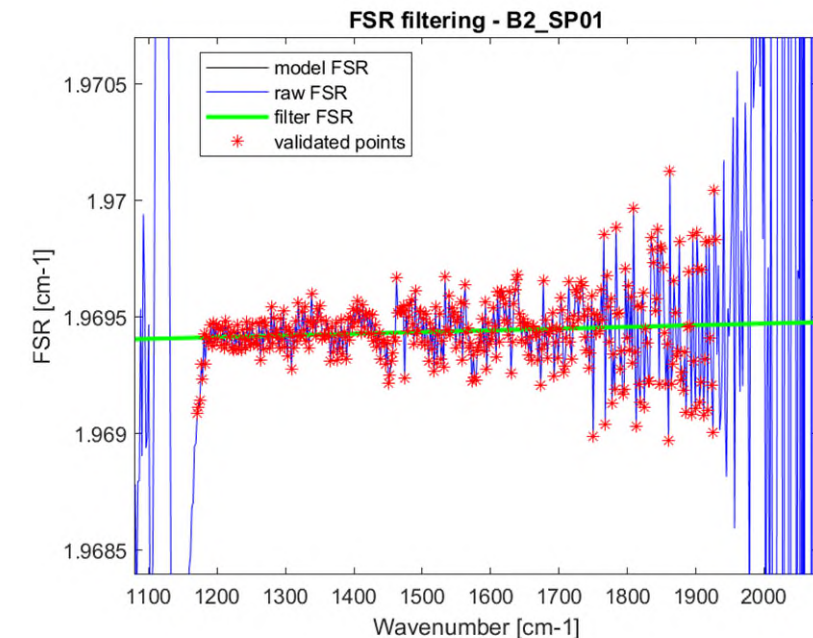
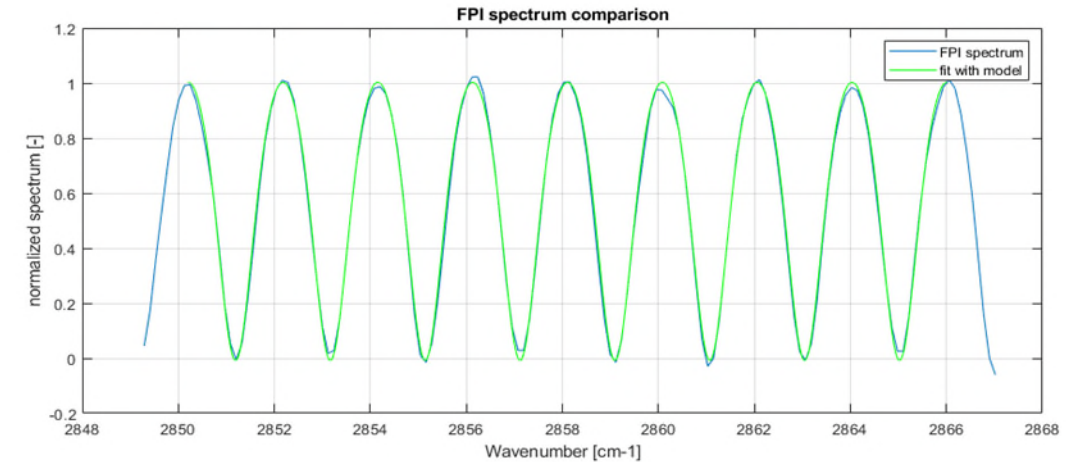
Calibration spectrale : Mesures instrument CAG

- ❑ Les mesures instrument de la CAG sont comparées au modèle d'émission théorique de cette même CAG. Un exemple est donné ici pour la bande spectrale B4.
- ❑ La calibration spectrale est déterminée lorsque le modèle théorique soit parfaitement corrélé avec la mesure.
- ❑ Après calibration spectrale, l'écart relatif entre les positions instrument et théoriques des raies spectrales est de l'ordre de 10^{-6} (précision de connaissance du LERMA)



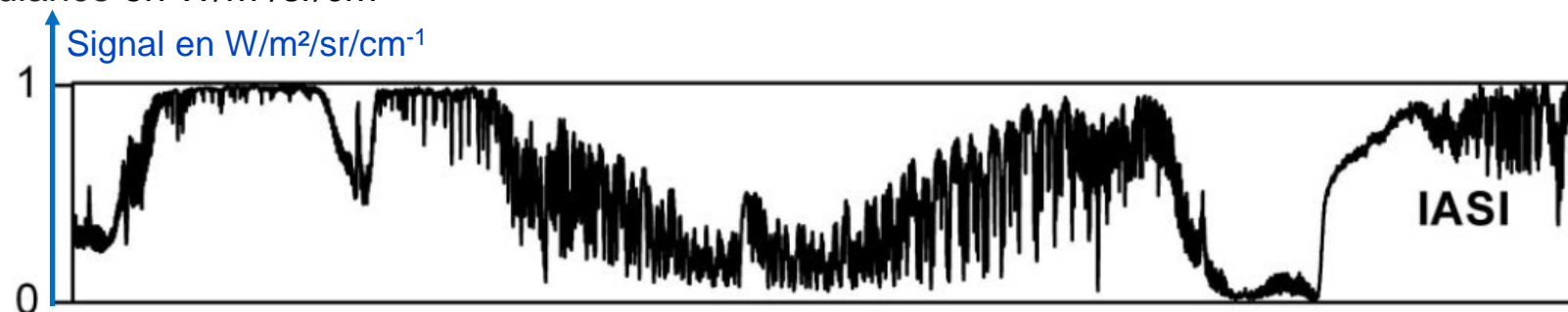
Calibration spectrale : Mesures instrument FPI

- ❑ Le modèle du FPI ne permet pas de connaître en absolu la position des raies spectrales, mais par contre il permet de connaître précisément la période entre 2 raies (environ tous les 2 cm^{-1}).
- ❑ Les mesures instrument de la FPI sont comparées au modèle d'émission théorique du FPI après recalage en absolue grâce à la CAG.
- ❑ Le calcul de la FSR (Free Spectral Range – distance spectrale inter-raie) le long du spectre permet de valider que la calibration spectrale est correcte entre les raies de calibration de la CAG.
Ici, un exemple de calcul de la FSR en B2 pour un des 16 pixels sondeur.



Calibration Radiométrique : Principe

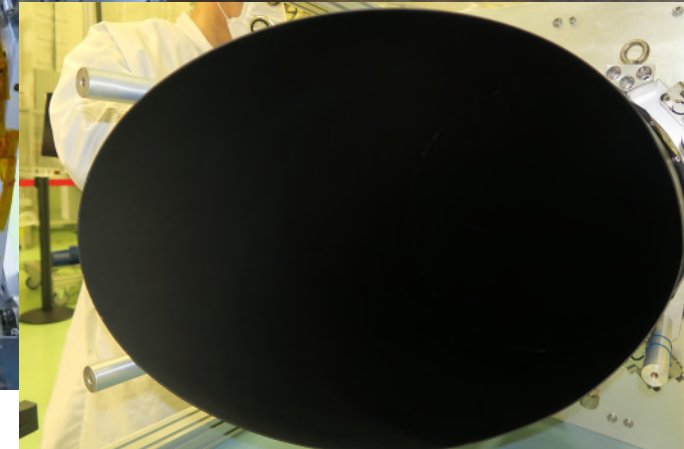
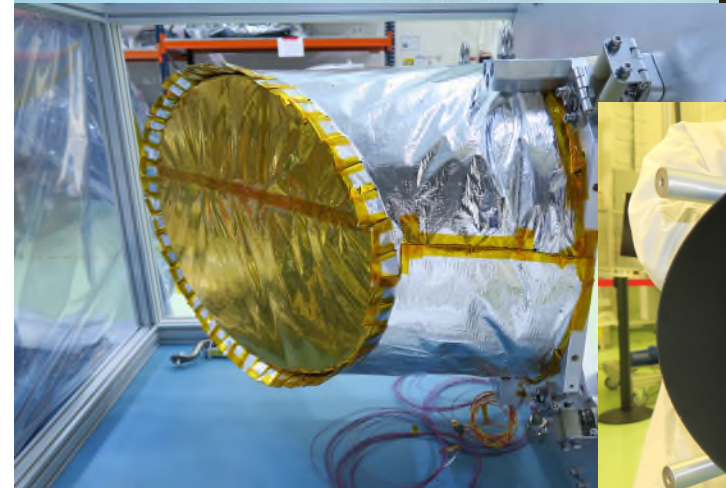
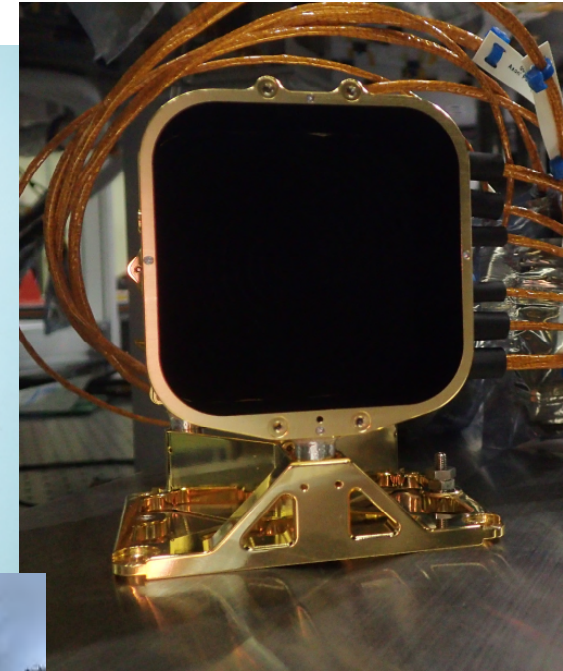
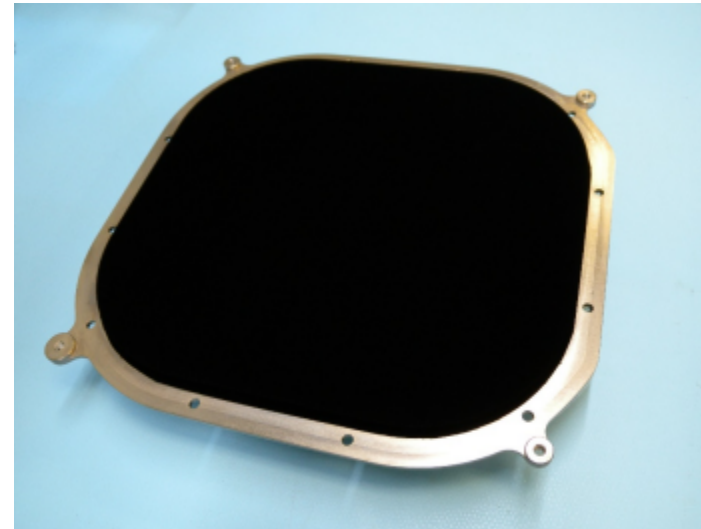
- ❑ Le but de la calibration radiométrique est d'associer à chaque élément de l'axe des ordonnées d'un spectre une radiance en $\text{W/m}^2/\text{sr}/\text{cm}^{-1}$



- ❑ La principe utilisé est classique et consiste à faire 2 acquisitions devant 2 scènes de radiance parfaitement connues pour estimer l'offset et le gain. On aura au préalable pris soin de corriger la non linéarité éventuelle des détecteurs. Les 2 scènes utilisées en Vol sur IASI-NG sont, comme pour la plupart des instruments infrarouge, une scène froide (espace froid @ ~ 4 K) et une scène chaude interne à l'instrument (un corps noir de calibration @ 300 K)
- ❑ Au sol, la calibration radiométrique est vérifiée en utilisant un corps noir froid (@ ~ 85 K) simulant l'espace froid, le corps noir interne (@ 300 K) et des corps noirs « chaud » simulant la scène Terre entre 210 K et 320 K.
Ce n'est donc pas véritablement un « étalonnage » qui est réalisé au Sol mais plutôt une vérification de la bonne performance de l'étalonnage qui sera réalisé régulièrement en Vol.

Calibration Radiométrique : Les Corps Noirs

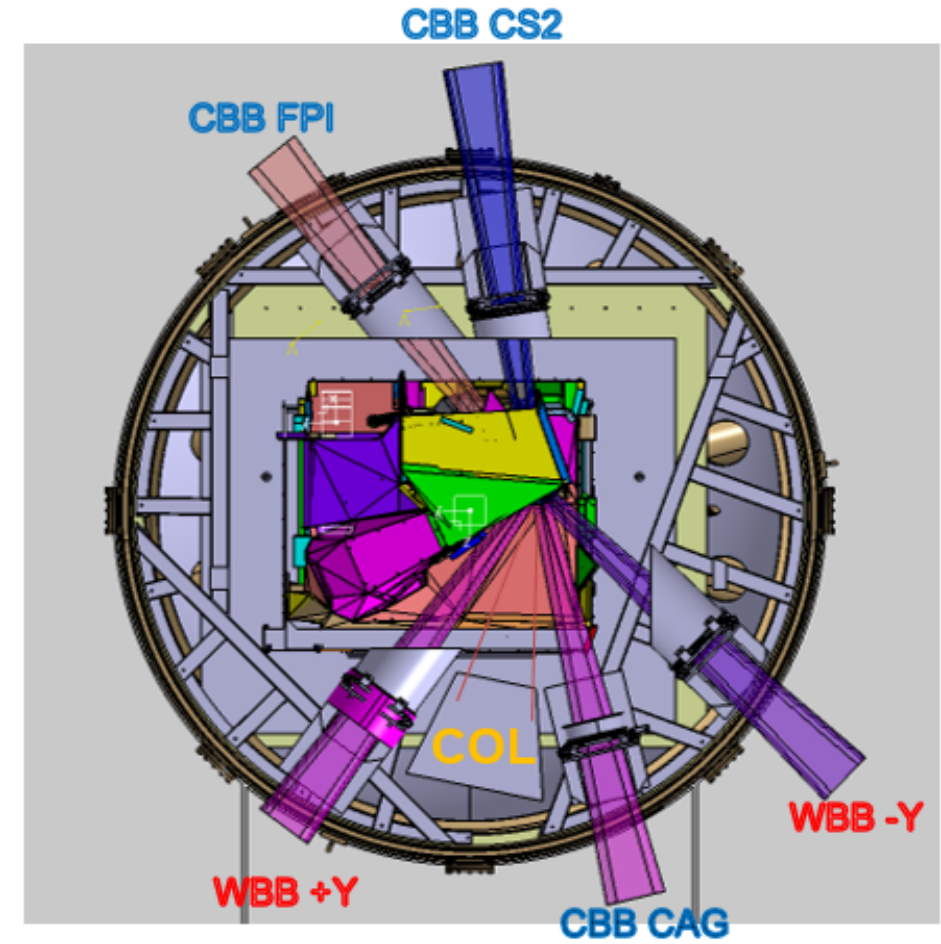
- ❑ Les Corps noirs sont fournis par la société [ABB](#)
- ❑ Ils sont de 2 types:
 - Les corps noirs de Vol (1 sondeur et 1 imageur par instrument)
 - Les corps noirs pour les tests au Sol (5 modèles différents compatibles des essais sous vide thermique)
- ❑ Les design de ces corps noirs sont assez similaires:
 - La plaque émissive (ce qui est directement vu par l'instrument) est recouverte d'un traitement noir très absorbant (émissivité > 0.996 dans l'IR).
 - Un système de réchauffage (ou refroidissement) à l'arrière de la plaque émissive permet de contrôler la température.
 - La température de ces plaques est mesurée précisément par des sondes de température calibrées (de 3 à 6 sondes par plaque émissive)
 - Un baffle plus ou moins profond selon les besoins recouvre la plaque émissive de manière à réduire les effets de l'environnement extérieur.



Calibration Radiométrique : Les mesures Instrument

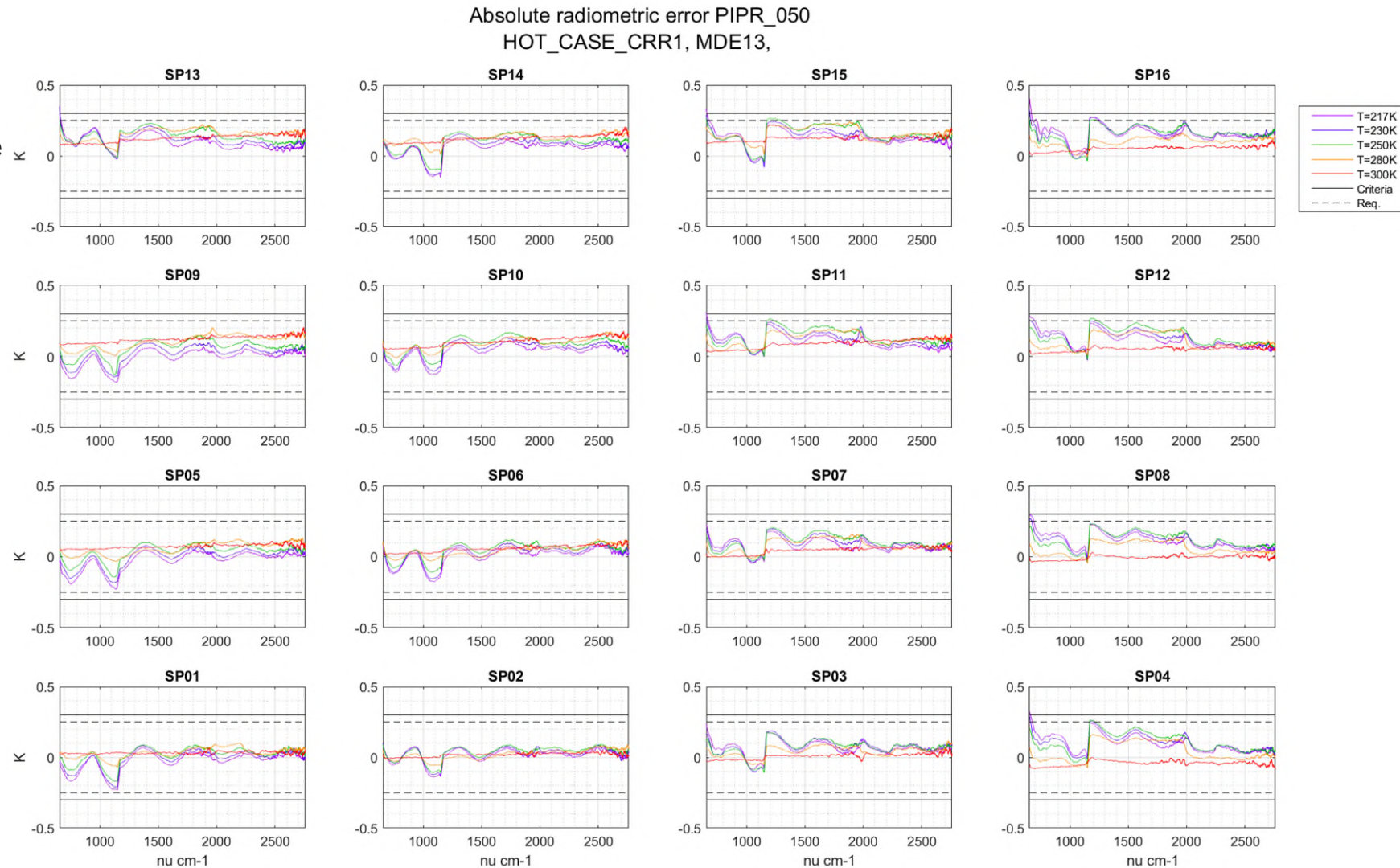
- ❑ Les mesures radiométriques instrument sont réalisées dans une enceinte à vide (4 m de diamètre)
- ❑ Les 5 Corps noirs de test sont utilisés pour :
 - 1 corps noir froid (~85 K) en arrière de la CAG
 - 1 corps noir froid (~85 K) en arrière du FPI
 - 1 corps noir froid (~85 K) en face de la vue froide (« CS2 »)
 - 2 corps noir couvrant une gamme de température de [210K-310K] coté vue Terre [WBB+Y et WBB-Y]
- ❑ Les mesures radiométriques consistent à opérer l'instrument de manière nominale, d'appliquer le processus de calibration radiométrique interne (Corps noir de calibration interne @300 K + mesure sur la vue froide CS2) et de comparer le signal « Terre » mesuré par l'instrument avec celui estimé à partir de la température des Corps noir de test [WBB+Y et WBB-Y].

Vue de dessus de la cuve à vide – Instrument IASI-NG au centre



Calibration Radiométrique : Les mesures Instrument

- ❑ Les résultats préliminaires sont positifs, l'erreur radiométrique entre le signal mesuré par l'instrument et le signal estimé à partir des données des Corps noirs de test est inférieure à 0.3 K
- ❑ Le graphique ci-joint présente les erreurs pour les 16 pixels sondeurs et pour 5 températures de scènes différentes allant de 217 K à 300 K



Questions ?

Merci de votre attention !

Export Control Information

Section 1 (not applicable in France, please go to section 3)

This document contains Technical Information :

Yes ☐ No ☐

If No to section1: please complete Section 2

If Yes to section1: please complete Section 3 as applicable

Section 2 (not applicable in France, please go to section 3)

I confirm the document does not contain Technical Information and is « **Not-Technical** »

Name:

Date:

Section 3

3a. National and EU regulations Export Control Assessment

This document has been assessed against applicable export control regulations in

☒ France ☐ Germany ☐ Spain ☐ UK ☐ Other: [Specify the country]

☒ and does not contains Controlled Technology¹ and is therefore « **Not Listed / Not Controlled** »

☐ and contains Controlled Technology with export control classification [Insert classification number, e.g ML22x, xExxx, AMAx]

Note: Any transfer of this document in part or in whole must be made in accordance with the appropriate export control regulations. Prior to any transfer outside of the responsible legal entity, confirmation of an applicable export licence or authorisation must be obtained from the local Export Control Officer (ECO).

3b. US (ITAR/EAR) Export Control Assessment

☒ This document does not contains US origin Technical Data (Technology)

☐ This document contains « Technology » which is controlled by the U.S government under [USML category number / ECCN] and which has been received by [Legal entity] under the authority of [Licence number / ITAR exemption / EAR licence exception / NLR]

☐ This document contains technology which is designated as EAR99 (subject to EAR and not listed on the USML/CCL.)

Note: Any re-export or re-transfer of this document in part or in whole must be made in accordance with the appropriate regulation (ITAR or EAR) and applicable authorization. If in any doubt please contact your local ECO.

3c. Technical Rater Information

This document has been assessed by the following Technical Rater :

Assessed and classified by:

Date classification completed:

¹ "Controlled Technology" is defined as any Information necessary for the design, development, production, use, operation, maintenance or repair of export controlled goods. Examples of such Information are blueprints, plans, diagrams, models, engineering designs, manuals, requirements specifications and instructions etc. If in any doubt please contact your local Export Control Officer (ECO)