

Fente à base de fibres optiques pour le spectromètre CO2M

PRÉSENTATION DE LA MISSION CO2M

/// Mission Copernicus lancée suite à la COP21

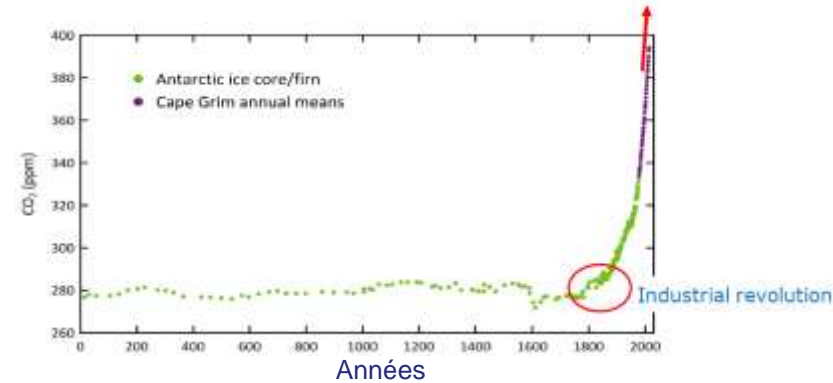
/// Clients finaux = ESA et commission Européenne

/// Consortium TAS / OHB (resp. satellite)

/// TAS est responsable de la charge utile

/// 2 satellites commandés (+ 1 en option)

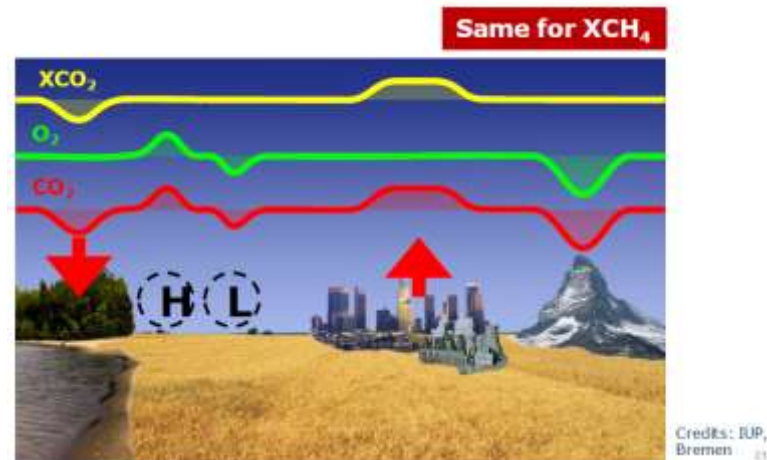
/// Développement très court



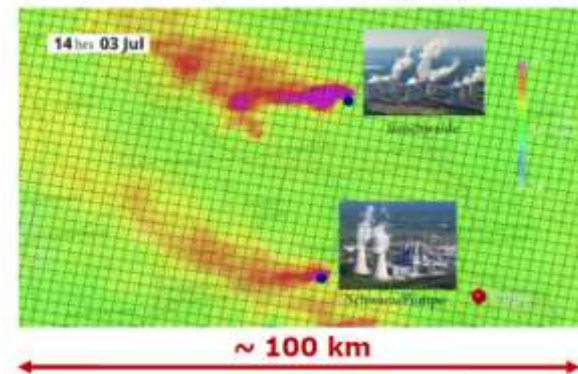
DESIGN DRIVER DE LA MISSION CO2M

/// Objectifs :

- Mesurer le CO₂ émis par l'activité humaine
 - Haute résolution spectrale
 - Haute précision radiométrique absolue
- Localiser les sources
 - Haute résolution spatiale (2 Km x 2 Km)
- Assurer un suivi court et long terme (7 ans)
 - Revisite fréquente → fauchée > 250 Km
 - Calibration radiométrique en vol



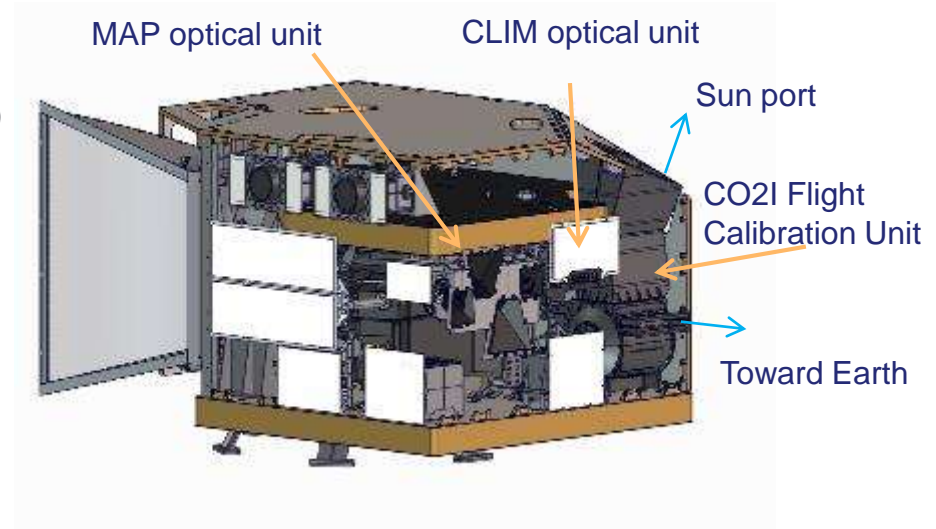
Simulated 2 km sampling



PRÉSENTATION DE LA CHARGE UTILE CO2M

/// La charge utile est constituée de 3 instruments optiques:

- CO2I : instrument principale destiné à la mesure du CO2 d'origine humaine (TAS-F)
 - Dispositif de calibration solaire (CSL)
 - Fenêtre dépolarisante (TAS-CH)
 - Télescope de tête (TAS-CH)
 - Fente 2D homogénéisante (TAS-CH)
 - Spectro (TAS-F)
- MAP : multi angle polarimeter (TAS-UK)
- CLIM : cloud imager (OIP)

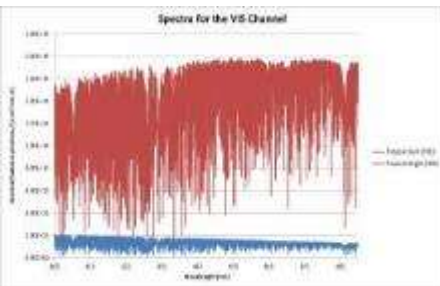


QU'EST CE QU'ON CHERCHE À MESURER ?

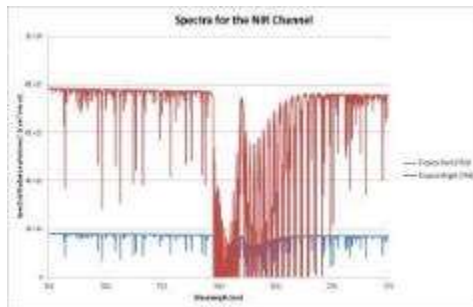
/// La mesure du CO2 émis par l'homme résulte de l'analyse des concentrations:

- En NO2 (dans la bande 405 - 490nm)
- En O2 (dans la bande 747 -773nm)
- En CO2 (dans les bandes 1590-1675 & 1990-2095 nm)
- En CH4 (dans les bandes 1590-1675 & 1990-2095 nm)

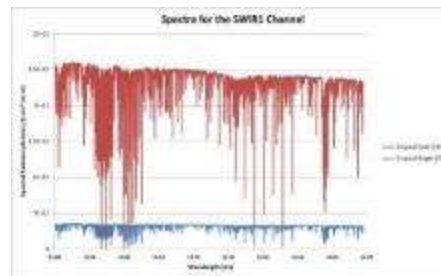
4 bandes spectrales
VIS, NIR et SWIR 1 & 2



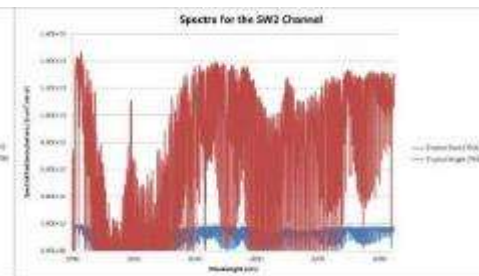
NO2



O2



CO2 + CH4

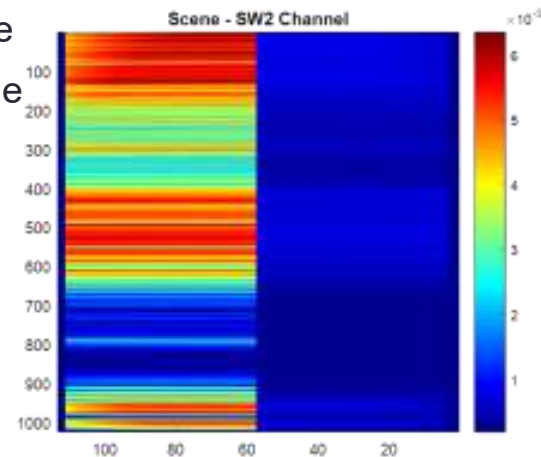


COMMENT ON MESURE ?

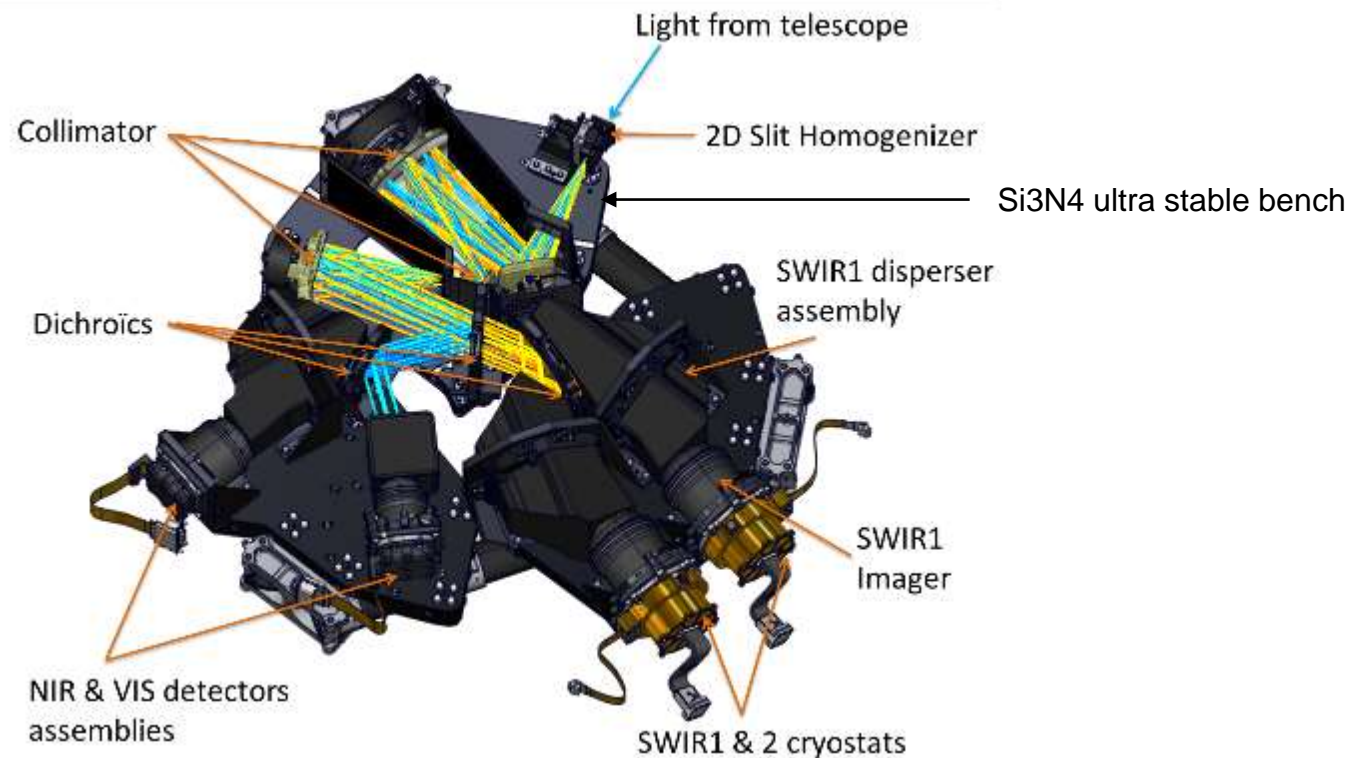
/// Acquisition de spectres à haute résolution et faible taux de lumière parasite :

| | VIS | NIR | SWIR 1 | SWIR 2 |
|--------------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|
| CO2M Spectral range (nm) | 405-490 | 747-773 | 1590-1675 | 1990-2095 |
| CO2M Spectral <u>resolution</u> (nm) | 0.6 | 0.12 | 0.3 | 0.35 |

- Exemple spectre théorique SWIR2 dans le cas d'une scène non uniforme
- Les niveaux de performance nécessaires à la mission s'accompagnent de besoins clés tels que :
 - de limiter et maîtriser la lumière parasite
 - de refroidir l'ensemble du spectro
 - des optiques avec forte ouverture
 - des calibrations sol et vol
 - une excellente stabilité instrumentale
 - de limiter la sensibilité de la réponse instrument (ISRF) aux non uniformités de la scène (utilisation d'une fente à fibres optiques).



ARCHITECTURE OPTIQUE CO2I GLOBALE

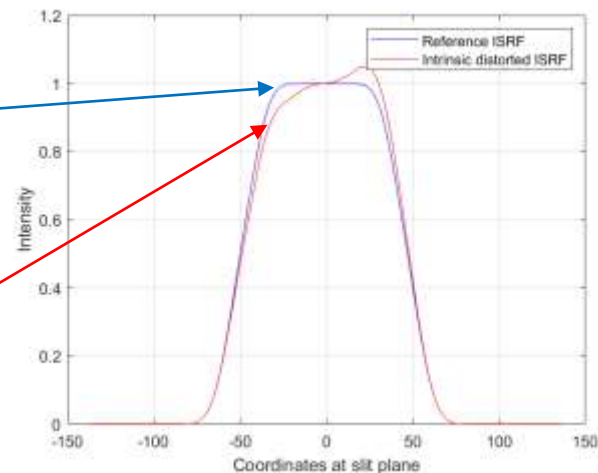
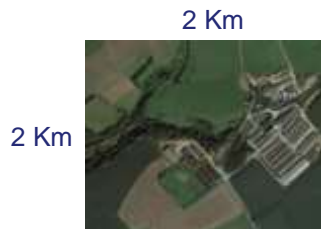


BESOIN EN HOMOGÉNÉISATION

/// L'instrument CO2M va mesurer le CO2 anthropique avec un champ de 250 Km sur des pixels de 2 Km x 2 Km.

/// Sans fonction d'homogénéisation dans la fente, la réponse spectrale d'un pixel peut dépendre de la scène observée et ne pas respecter la précision absolue demandée :

- Scène 1 : quasi uniforme
(émission de CO2 quasi uniforme dans la zone observée type paysage urbain)
- Scène 2 : non uniforme
(émission de CO2 localisée dans la zone observée type usine ou ferme dans un îlot de verdure)

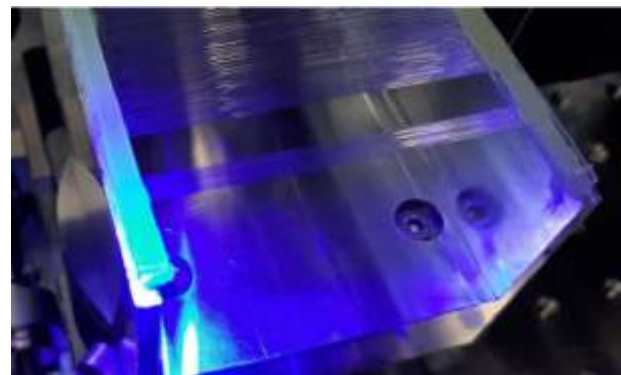
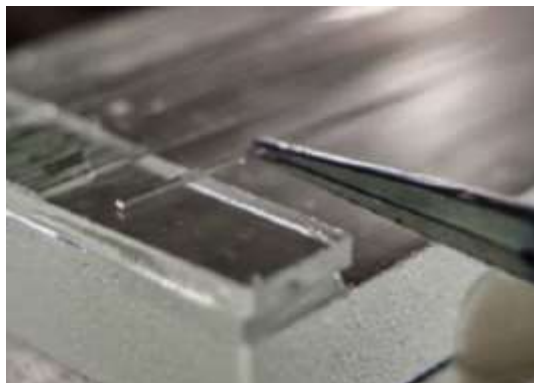


DESIGN FIBRE SÉLECTIONNÉ

/// L'écart de forme entre les ISRF obtenues en scène uniforme et non-uniforme doit être $< 1,5\%$ du pic sur toute la durée de vie

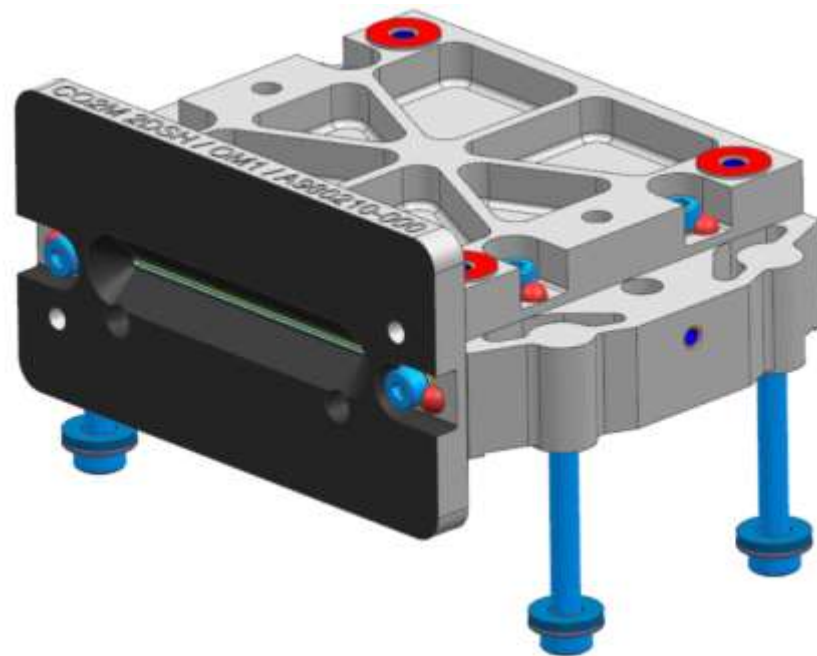
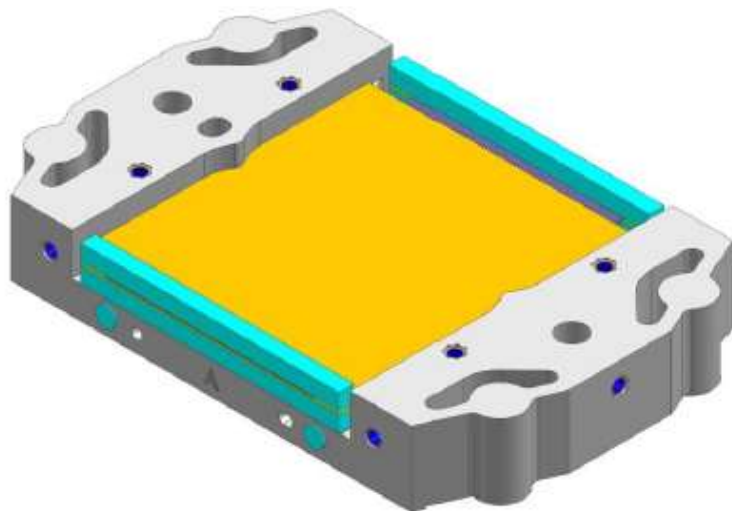
/// Nécessite l'introduction de fibres optiques au niveau de la fente pour homogénéiser l'image (mélanger l'information spectrale & spatiale dans chaque pixel)

- Fibre Optran WF NCC de forme rectangulaire (transparente dans la bande 300 – 2400 nm)

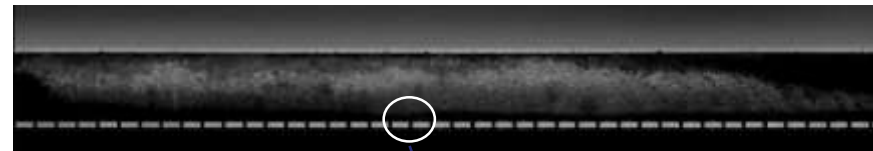


DESIGN FENTE SÉLECTIONNÉ

/// Réalisation d'une fente fibrées (env 110 fibres)

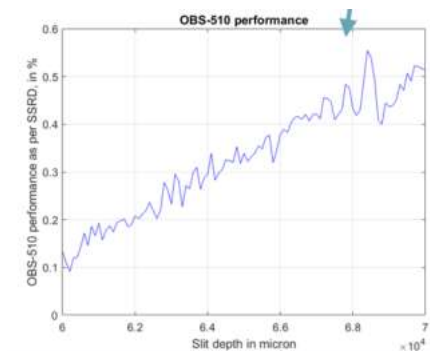
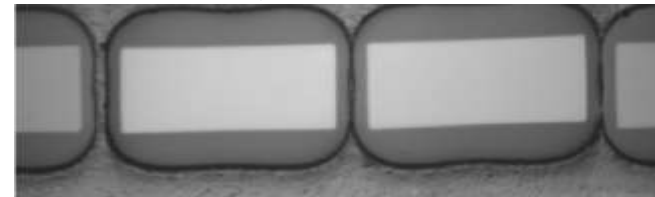


JUSTIFICATION DU DESIGN

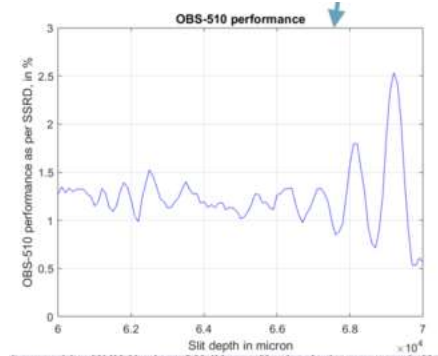


/// Dimensions des fibres optimisées pour le besoin:

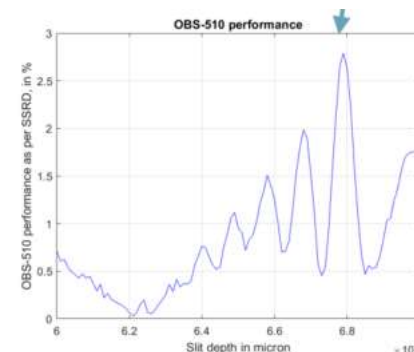
- Largeur fibre (env 300 μm) → donne, par projection au sol, la dimension spatiale du pixel (2 Km)
- Hauteur fibre (env 100 μm) → participe, par projection sur le plan focal, à la résolution spectrale (< 1nm)
- Longueur fibre (env 6,5 cm) → donne la perfo d'homogénéisation optimale pour les 4 bandes spectrales



NIR



SWIR1

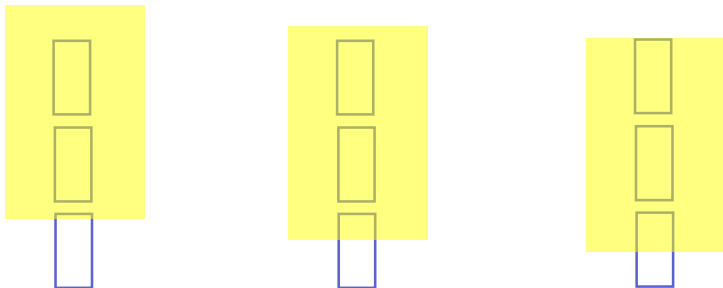


SWIR2

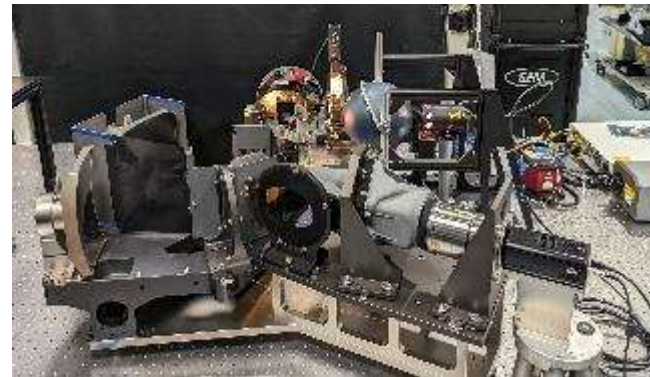
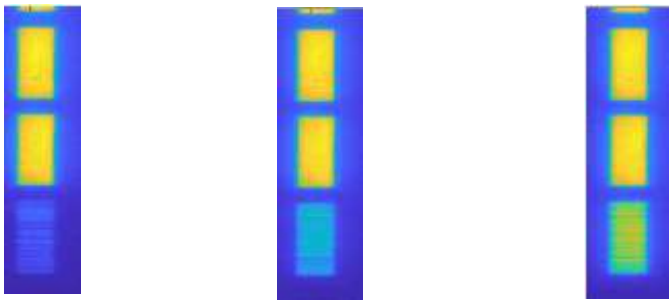
VALIDATION SUR MAQUETTE

/// Bords de plage mesurés sur maquette (EBB)

▪ En entrée :



▪ En sortie :



LOGIQUE DE DÉVELOPPEMENT

/// Maquette EBB :

- Statut : réalisée
- Objectifs : démontrer la faisabilité d'alignement des fibres et pré-qualification (vibrations, thermique)

/// Modèle OM / QM :

- Statut : en cours de réalisation
- Objectifs : démontrer la performance et qualification complète (vibrations, thermique, chocs, radiation)

/// Modèle PFM:

- Statut : prévu pour 2023
- Objectifs : prise en compte des dernières évolutions de design (si nécessaire) et delta qualification par des tests avec niveaux d'acceptance et durée de qualification.

/// Modèle FM2:

- Statut : prévu pour 2024
- Objectifs : vérification de son acceptabilité au vol par des tests d'acceptance.



CONCLUSIONS

/// La mission CO2M permettra d'identifier et de suivre les sources de CO2 d'origines humaines.

/// Les instruments CO2M sont en cours de développement (CDR prévue avant fin 2023) avec une CDR 2DSH en cours.

/// Une fente fibrée est utilisée pour la première fois dans une mission spatiale et permet:

- Une homogénéisation 2D du flux intra pixel (2DSH)
- Une limitation du flux parasite inter pixel (cross-talk)
- Un découplage entre les optimisations des résolutions spatiale et spectrale
- Une co-registation inter-bandes et intra-bande améliorée grâce à la séparation entre fibres
- Un volume réduit

Fin de qualification spatiale 2DSH prévue avant fin 2023

REMERCIEMENTS

Le travail présenté a été réalisé en utilisant les données obtenues dans le cadre du contrat ESA CO2M (n°4578522) financé par l'Union Européenne avec l'ESA. Les auteurs remercient l'équipe CO2M de l'ESA pour leur contribution significative. Ces travaux ont été réalisés avec le support financier de l'Union Européenne.