

# Design optique de l'imageur de MTG

J. Ouaknine, T. Viard - TAS

WE LOOK AFTER THE EARTH BEAT

15/01/2014

Ref.:

THALES ALENIA SPACE INTERNAL

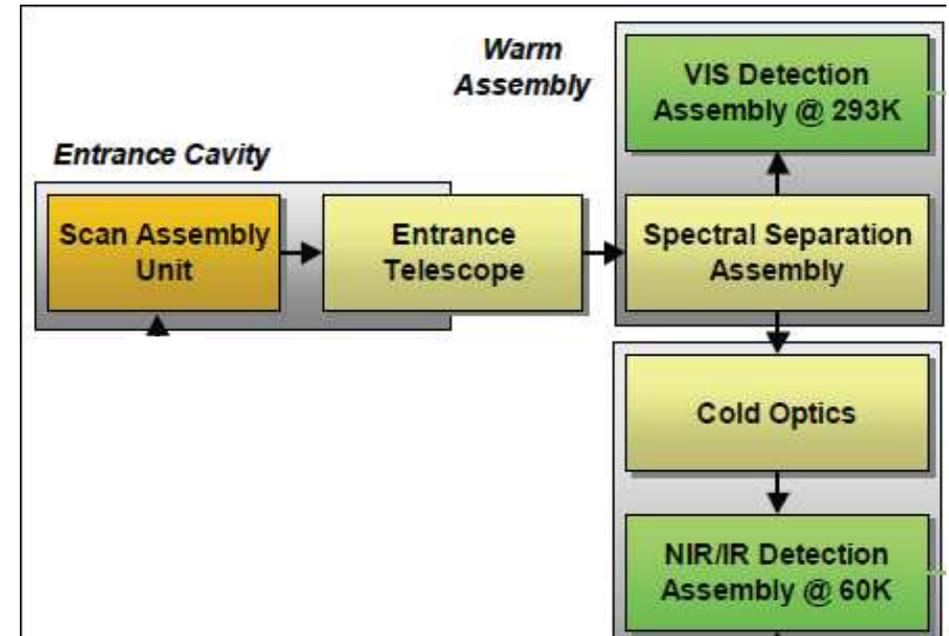
ThalesAlenia  
A Thales / Finmeccanica Company *Space*

882303652-DOC-TAS-EN-002

# Sommaire de la présentation

2

- Objectifs / mission de MTG
- Design optique du FCI
  - Télescope
  - Séparation spectrale
  - Optiques froides
  - Filtrage spectrale
- Performances optiques
  - Qualité image
  - Transmission / polarisation
  - Stabilité de ligne de visée
  - Lumière parasite
- Conclusion



15/01/2014

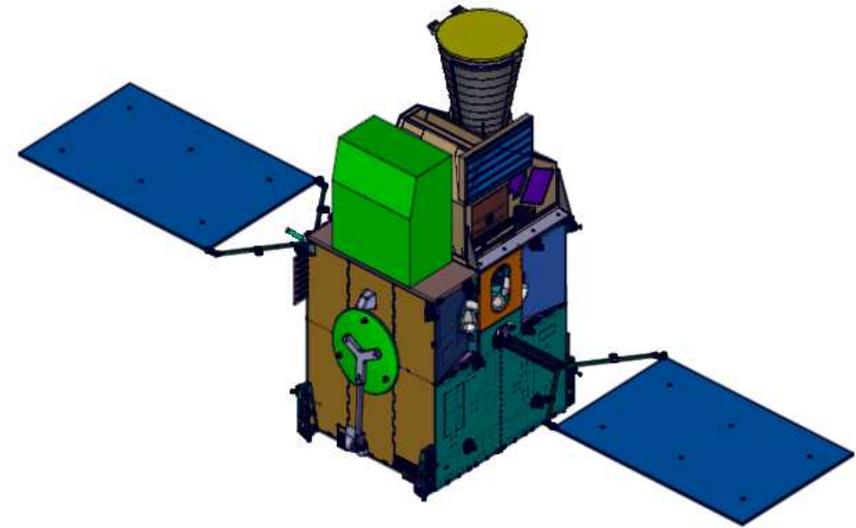
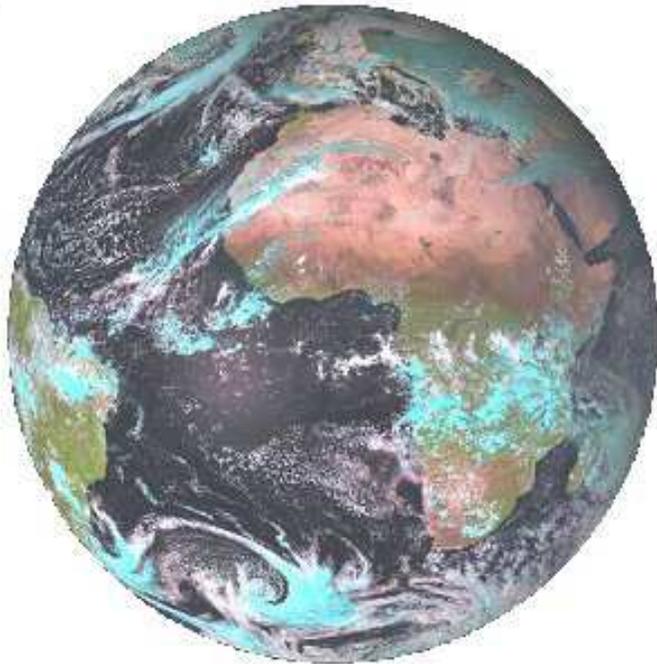
THALES ALENIA SPACE INTERNAL

Ref.:

This document is not to be reproduced, modified, adapted, published, translated in any material form in whole or in part nor disclosed to any third party without the prior written permission of Thales Alenia Space - © 2013, Thales Alenia Space

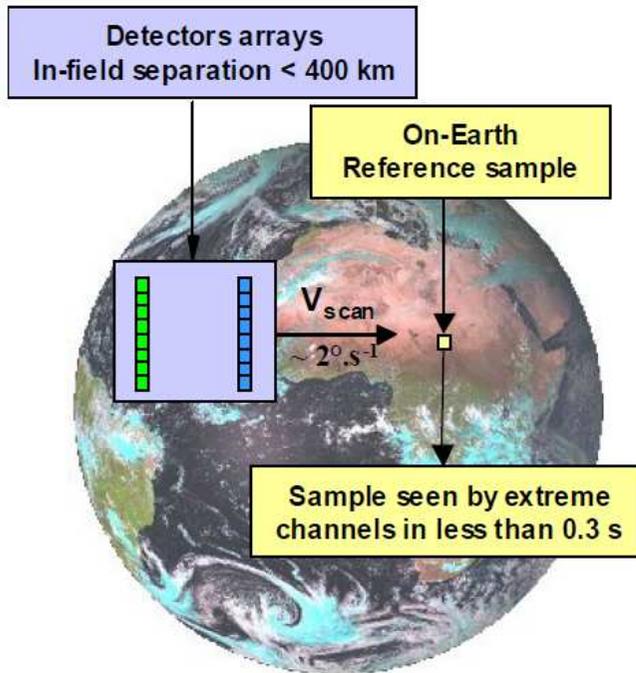
**ThalesAlenia**  
Space

# Missions principales MTG (1/2)



- MTG et un programme ESA dédié à la météo (3<sup>ème</sup> génération)
- Satellite géo stabilisé 3 axes (permet d'atteindre des temps d'intégration plus élevé)
- 2 missions :
  - Imagerie : 4 MTG-I : FCI (Flexible Combined Imager) instrument développé sous maîtrise d'œuvre TAS
  - Sondage : 2 MTG-S (instrument type FTS).

# Missions principales MTG (2/2)



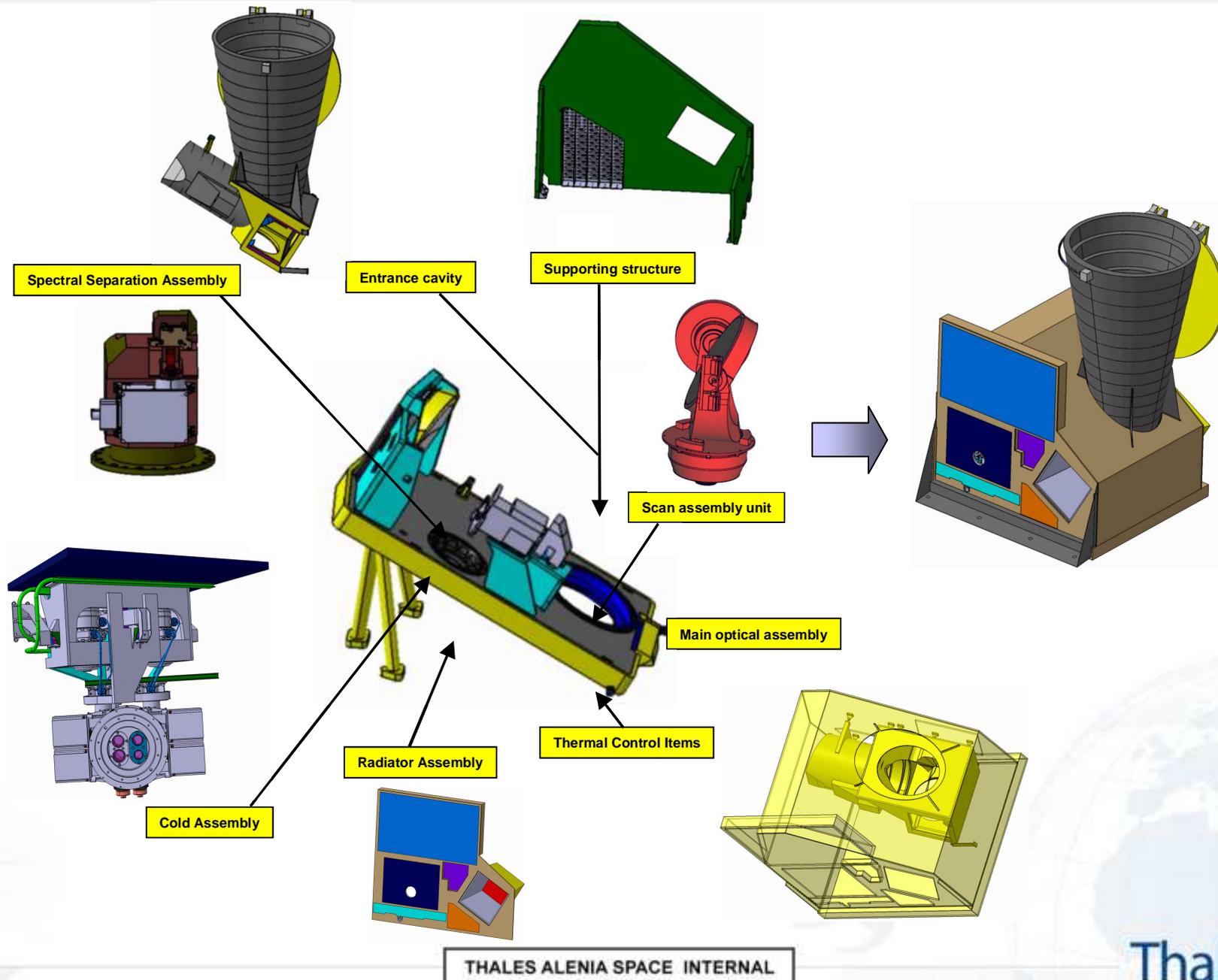
Characteristics	MSG performance	MTG performance
Full-disk Image cycle	 15 mn	 10 mn
Spectral Channels	HRV VIS 0.6 VIS 0.8  NIR 1.6  IR 3.8 IR 6.2 (WV) IR 7.3 (WV) IR 8.7 IR 9.7 (O <sub>3</sub> ) IR 10.8 IR 12.0 IR 13.4 (CO <sub>2</sub> )	VIS 0.4 VIS 0.5 VIS 0.6 VIS 0.8 VIS 0.9 NIR 1.3 NIR 1.6 NIR 2.2 IR 3.8 IR 6.3 (WV) IR 7.3 (WV) IR 8.7 IR 9.7 (O <sub>3</sub> ) IR 10.5 IR 12.3 IR 13.3 (CO <sub>2</sub> )
Sampling Distance	1 km (HRV) 3 km (others)	0.5 – 1.0 km (VIS-NIR) 1.0 – 2.0 km (IR)
Telescope Diameter	500 mm	300 mm
Scan Principle	N/S scan mirror E/W spinned satellite	N/S and E/W single scan mirror 3-axis stabilized satellite

# Design optique FCI: caractéristiques instrument

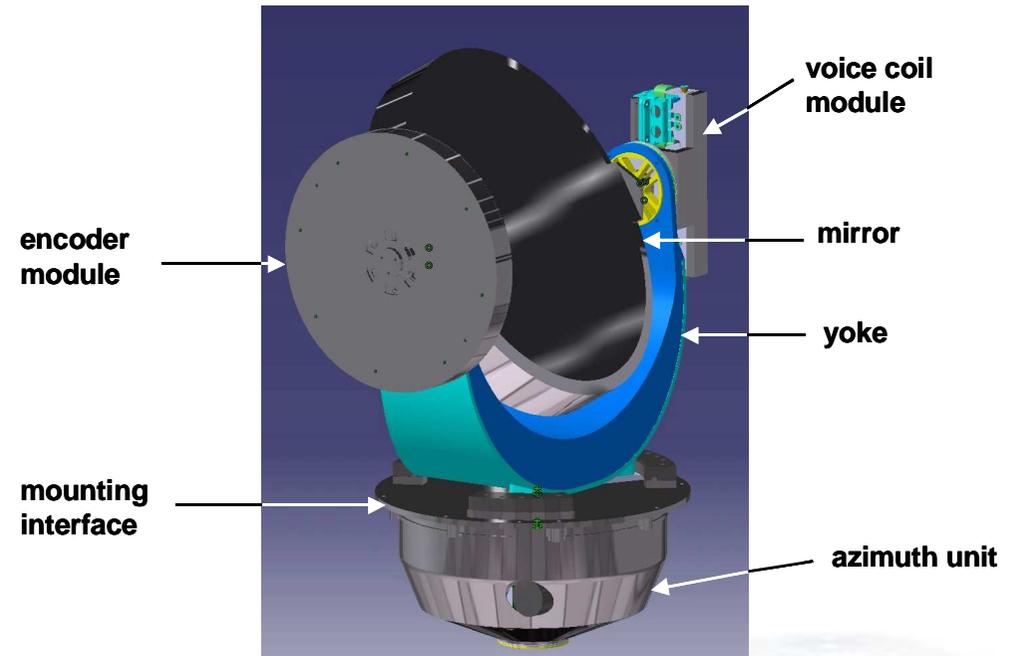
	VIS	NIR	IR1	IR2	IR3
Paraxial focal length (mm)	1650	890	450	450	450
Entrance pupil diameter (mm)	300	300	300	300	300
Instantaneous field of view N/S*E/W (°)	0.40*0.40	0.40*0.40	0.40*0.74	0.40*0.74	0.40*0.74

Spectral Channel	Central Wavelength, $\lambda_0$ ( $\mu\text{m}$ )	Spectral Width, $\Delta\lambda_0$ ( $\mu\text{m}$ )	On-ground spatial sampling distance (km)
VIS 0.4	0.444	0.060	1.0
VIS 0.5	0.510	0.040	1.0
VIS 0.6	0.640	0.050	1.0 / 0.5
VIS 0.8	0.865	0.050	1.0
VIS 0.9	0.914	0.020	1.0
NIR 1.3	1.380	0.030	1.0
NIR 1.6	1.610	0.050	1.0
NIR 2.2	2.250	0.050	1.0 / 0.5
IR1 3.8	3.800	0.400	2.0 / 1.0
IR1 6.3	6.300	1.000	2.0
IR1 7.3	7.350	0.500	2.0
IR2 8.7	8.700	0.400	2.0
IR2 9.7	9.660	0.300	2.0
IR3 10.5	10.500	0.700	2.0 / 1.0
IR3 12.3	12.300	0.500	2.0
IR3 13.3	13.300	0.600	2.0

# Design optique FCI : architecture générale



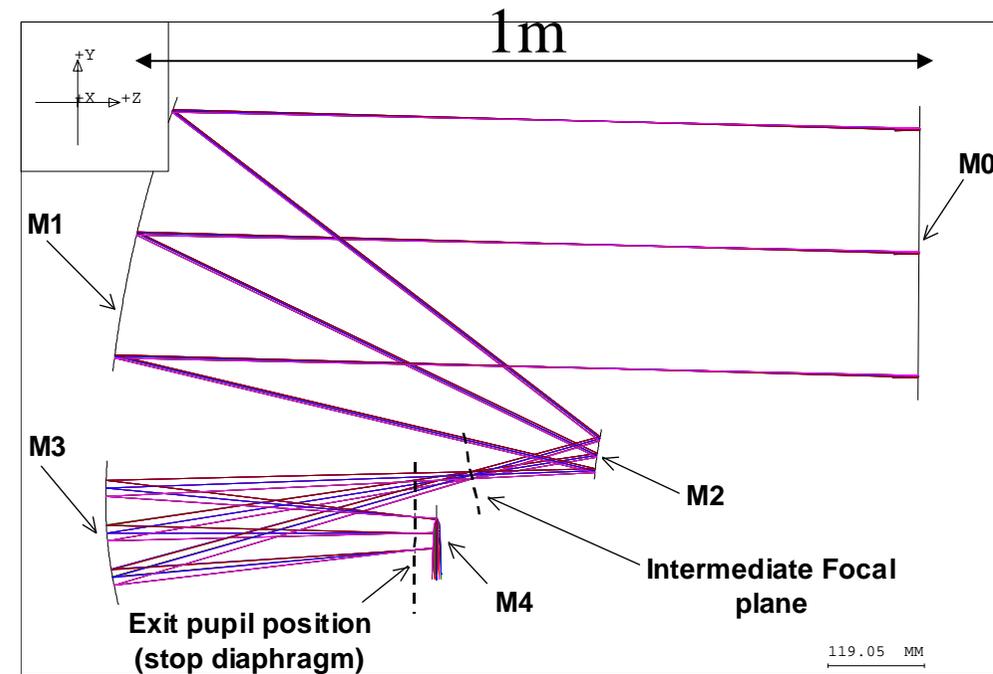
- Mécanisme 2 axes (Nord / Sud et Est / Ouest)
- Pupille d'entrée localisée sur le miroir pour minimiser sa dimension
- Incidence moyenne de 30° pour minimiser la polarisation
- Qualité miroir : WFE < 30 nm rms



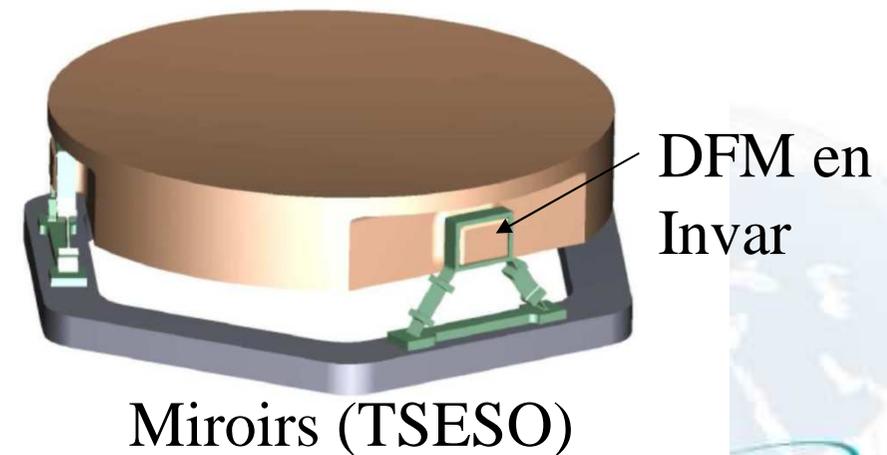
# Design optique FCI : Télescope

8

- Télescope type TMA avec pupille réelle en amont et image intermédiaire
- WFE globale en vol  $< 70$  nm rms (avec le scan) dans tout le champ
- Miroirs en Zerodur avec un traitement argent protégé
- Système de refoc au niveau du M2
- Image intermédiaire avec diaphragme de champ
- Pupille de sortie réelle commune à toutes les voies



15/01/2014



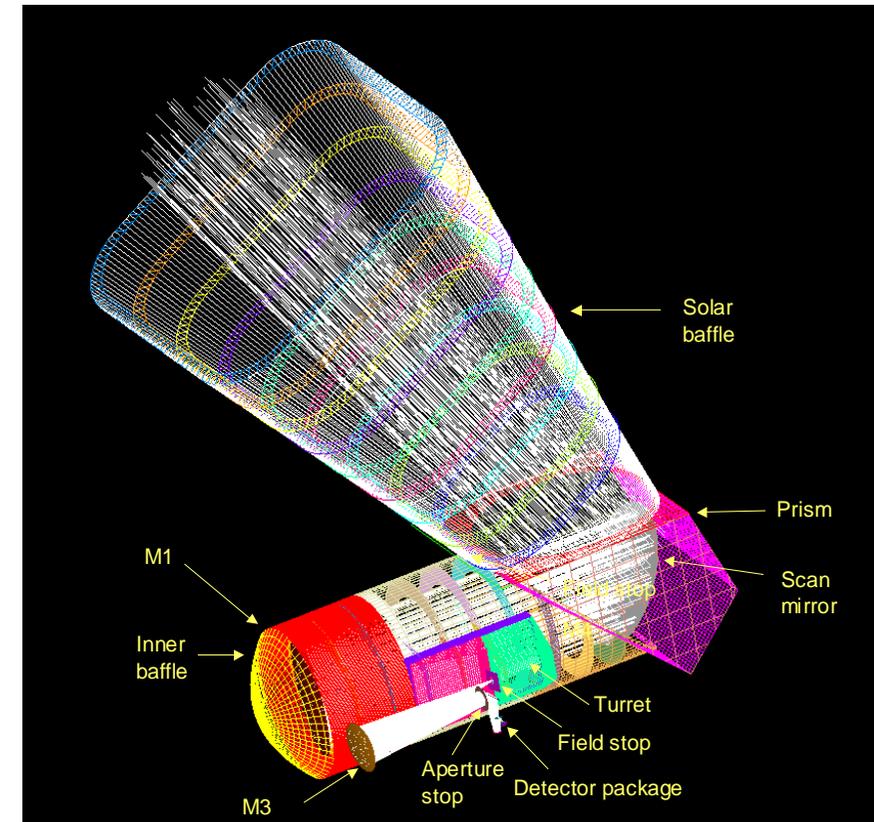
THALES ALENIA SPACE INTERNAL

Ref.:

This document is not to be reproduced, modified, adapted, published, translated in any material form in whole or in part nor disclosed to any third party without the prior written permission of Thales Alenia Space - © 2013, Thales Alenia Space

ThalesAlenia  
Space

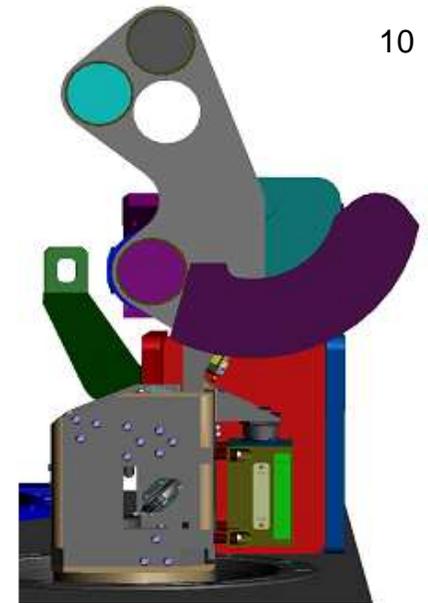
- Nécessaire pour limiter la lumière parasite et les entrées thermiques liées au soleil :
- Baffle d'entrée avec rejection solaire d'environ 20°
- Baffles interne (cavité avant) permettant de piéger les flux parasites entrants
- Diaphragme de champ et pupille de sortie réelle permettent également de diminuer le taux de lumière parasite dans le PF.



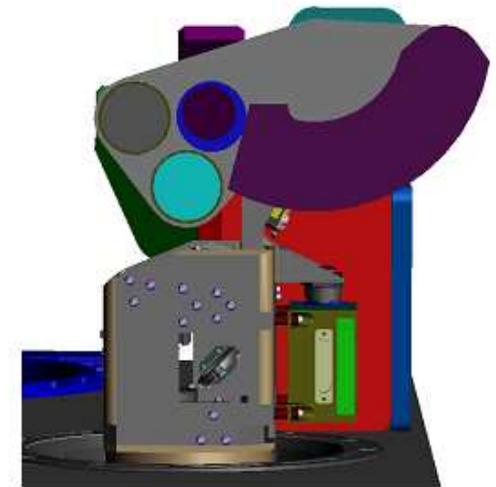
# Design optique : mécanisme de calibration

10

- Calibration absolue en vol pour toutes les voies :
  - Voies VNIR calibrées en regardant le soleil au travers d'une densité calibrée placée dans la pupille de sortie.
  - Voies IR calibrées grâce à un jeu de CN embarqués placés dans l'image intermédiaire.
- Tous ces composants sont placés sur un mécanisme qui est utilisé toutes les 10 mn en vol pour les voies IR.
- Précision absolue de la calibration :
  - 5% VNIR / 0.7K IR



MND<sub>nom</sub> @ Exit pupil level



BB @ Field-stop level

15/01/2014

THALES ALENIA SPACE INTERNAL

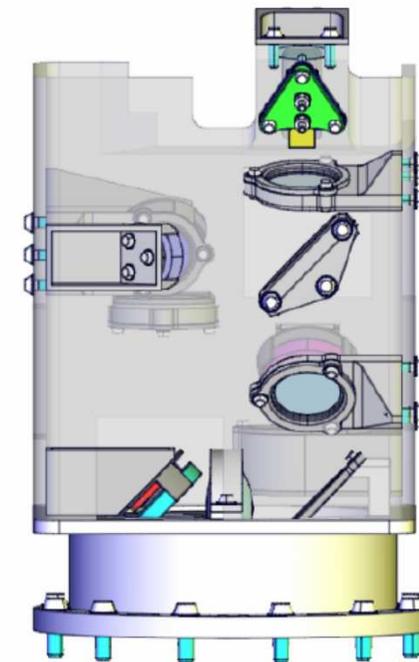
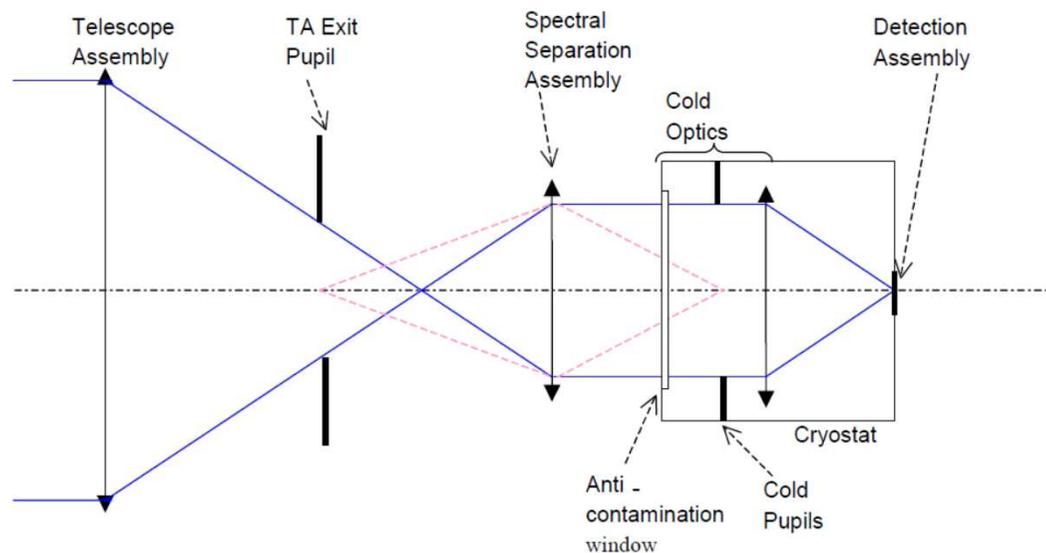
Ref.:

This document is not to be reproduced, modified, adapted, published, translated in any material form in whole or in part nor disclosed to any third party without the prior written permission of Thales Alenia Space - © 2013, Thales Alenia Space

ThalesAlenia  
Space  
A THALES / FINMECCANICA COMPANY

# Design optique : Sous ensemble de séparation spectrale

- A la sortie du télescope, le faisceau optique est partagé en 5 voies spectrales :
  - 1 VIS : sans adaptation de focale (PF télescope)
  - 4 NIR and IR : en collimatant le faisceau (facilite également l'assemblage)
- Fonction remplie par le SSA, incluant :
  - Dichroïques et beam-splitters,
  - Miroirs de repli et lentilles (chaudes)



WFE < 200 nm rms

# Design optique : optiques froides

12

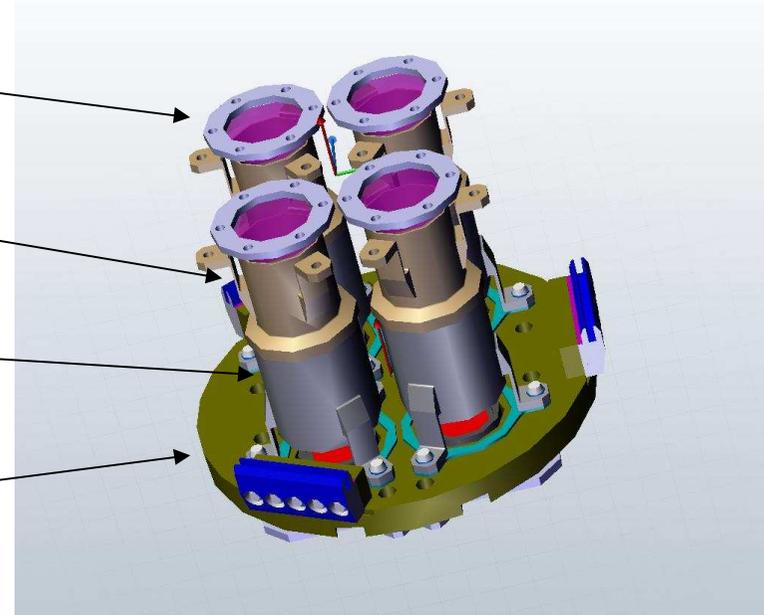
- Les 4 faisceaux collimatés NIR & IR sont repris par 4 caméras refroidies
- Le cryostat est commun au 4 voies pour garantir une bonne registration inter bandes
- Des fenêtres antipollution sont implantées en entrée pour protéger les optiques froides de la contamination moléculaire.
- Les pupilles froides sont conjuguées avec la pupille de sortie du télescope
- Lentilles en Ge, ZnS, Si, ZnSe. Montures en Titane.

Anti-contamination windows

Baffles

Cold optics

Cold plate



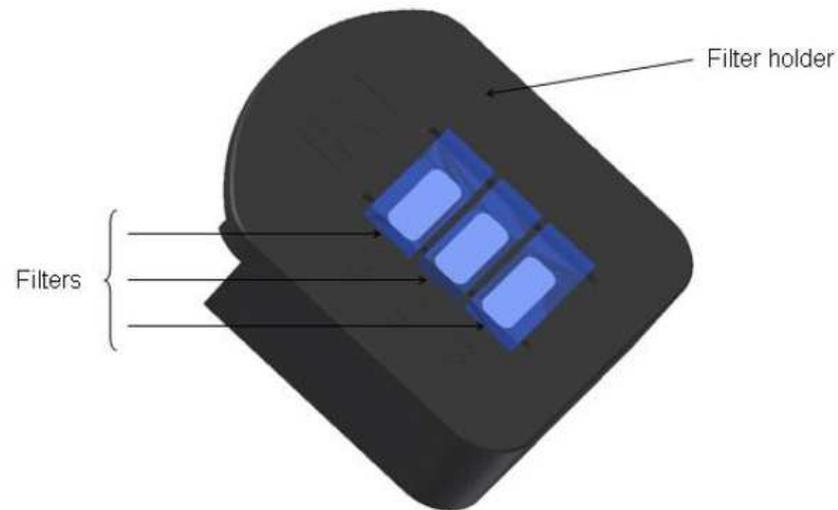
THALES ALENIA SPACE INTERNAL

15/01/2014

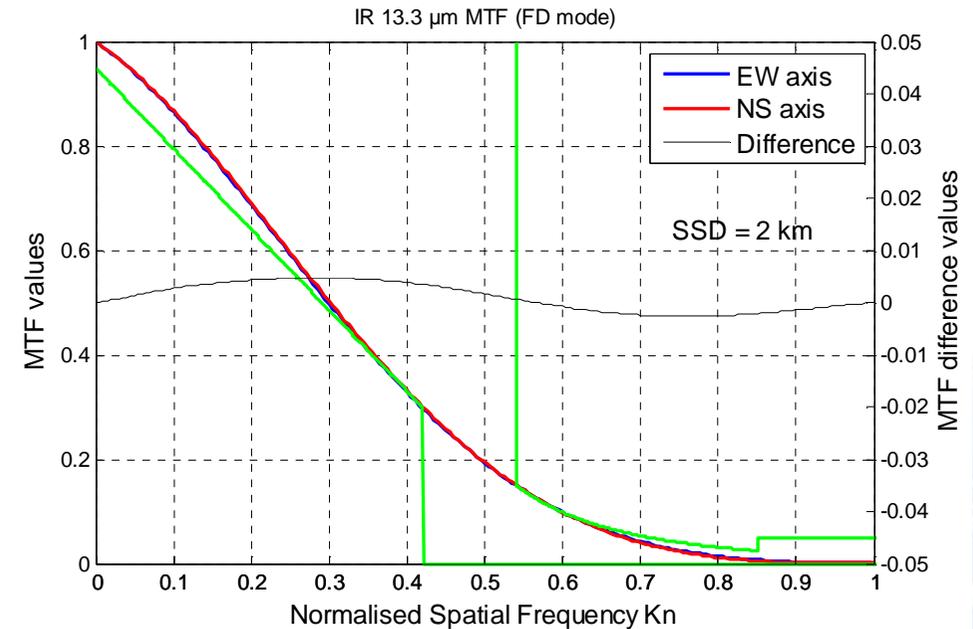
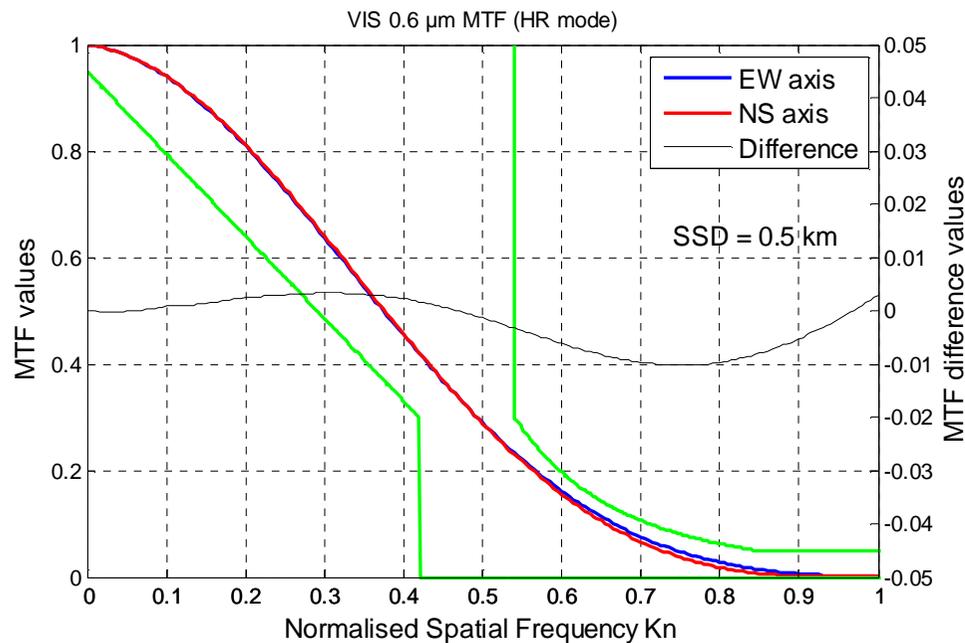
Ref.:

This document is not to be reproduced, modified, adapted, published, translated in any material form in whole or in part nor disclosed to any third party without the prior written permission of Thales Alenia Space - © 2013, Thales Alenia Space

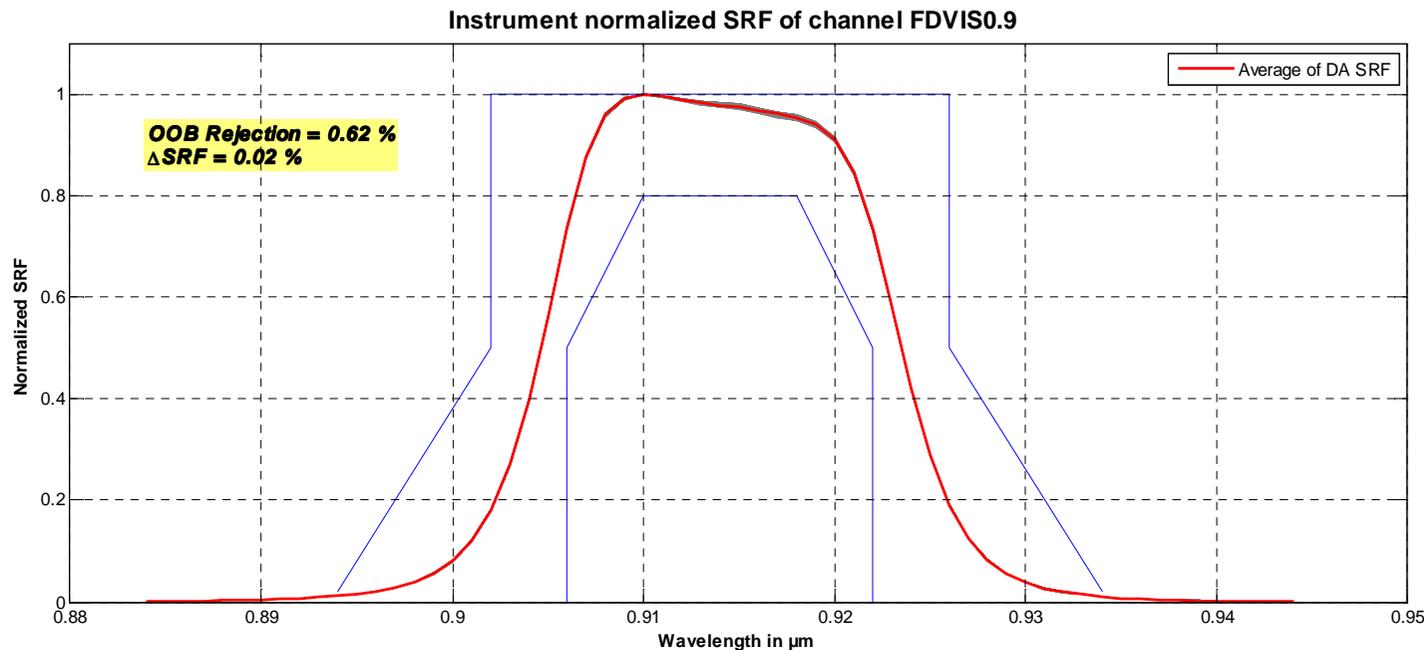
- La voie VIS contient 5 filtres allumette (séparation dans le champ) fonctionnant à température ambiante.
- Chaque voie IR contient 3 filtres allumette (séparation dans le champ) fonctionnant à 60 K.
- Présence d'un traitement noir absorbant entre les filtres pour limiter les réflexions parasites.
- Présence d'un traitement de blocage permettant d'obtenir une réjection spectrale hors bande de 1%.



- Chaque bande spectrale doit respecter un gabarit de FTM
- La différence entre FTM N/S et E/O est également spécifiée
- Les performances de FTM ont été simulées par une modélisation complète (Code V<sup>®</sup>) de l'instrument avec ses tolérances



- Chaque bande spectrale est spécifiée par :
  - un gabarit spectral
  - Une transmission moyenne sur la bande
  - Une rejection (1 %) hors bande
- La polarisation dans les voies VNIR est inférieure à 3%, afin de limiter les variations de signal provenant de la scène observée.

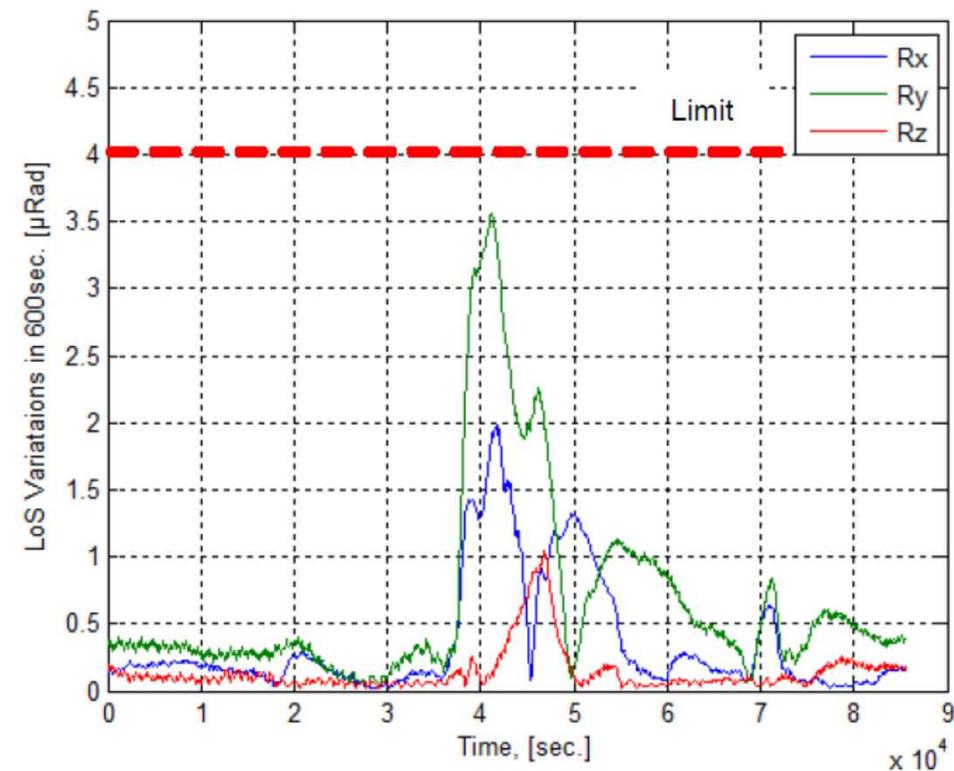


Le soleil entre dans l'instrument tous les jours (autour de minuit)

Pour garantir la stabilité nécessaire à la prise de vue, des matériaux ultra-stables sont utilisés :

- Miroirs en Zerodur avec fixation invar
- Banc optique en fibres de carbone
- Températures finement régulées

Estimation de la stabilité de la ligne de visée  $< 3.5\mu\text{rad}$



# Performance optique FCI : rejection de la lumière parasite

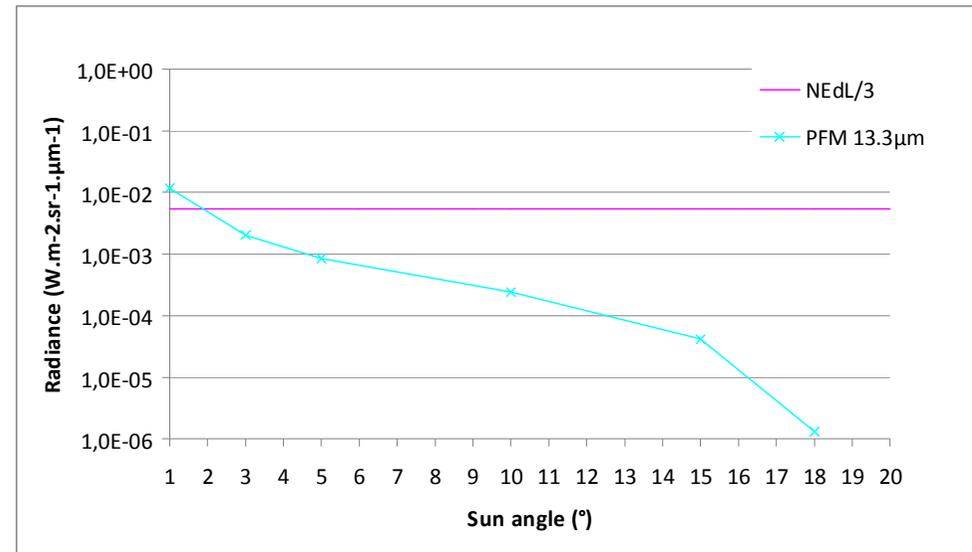
17

## Deux sources différentes :

- Soleil = source ponctuelle hors champ de vue
- Terre = source étendue à l'intérieur du champ de vue

## Deux type de rayons parasites différents :

- Soleil = diffusion au niveau du scan et M1
  - Impose de maîtriser la contamination particulaire (< 1000 ppm en vol) et la rugosité des miroirs (< 0,5 nm)
- Terre : réflexions parasites (images fantômes) dues aux réflexions entre dioptrés
  - Impose de minimiser les réflexions des filtres, lentilles et détecteurs et d'optimiser la combinaison optique pour défocaliser les images fantômes.



## Modélisation ASAP liée au soleil :

Niveau de lumière parasite inf à 1/3 du bruit radiométrique

# Conclusion

18

- TAS est maître d'œuvre des satellites MTG.
- L'instrument FCI PFM est en cours de développement par TAS (PDR close en 2013) avec KT comme sous-traitant majeur du télescope.
- L'instrument fournira toutes les 10 min des images complètes de la Terre dans 16 bandes spectrales allant de 0,44  $\mu\text{m}$  à 13,3  $\mu\text{m}$  et avec une résolution au sol comprise entre 0,5 Km et 2.
- Le design de l'instrument FCI est compact et modulaire. Il devrait permettre de prendre des images d'excellente qualité avec les sources de perturbation maîtrisées (ligne de visée, lumière parasite)
- L'instrument FCI sera la pièce maîtresse des futures prévisions météorologiques et climatiques

15/01/2014

THALES ALENIA SPACE INTERNAL

Ref.:

This document is not to be reproduced, modified, adapted, published, translated in any material form in whole or in part nor disclosed to any third party without the prior written permission of Thales Alenia Space - © 2013, Thales Alenia Space

**ThalesAlenia**  
Space  
A THALES / FINMECCANICA COMPANY