

# CALIPSO – Détails techniques des instruments

## Description de l'IIR

L'IIR était constitué :

- D'une partie caméra à proprement parler (ISM), elle-même constituée d'un objectif ouvert à 0.75 optimisé pour les longueurs d'onde infrarouge thermique, d'un détecteur matriciel microbolométrique, d'une électronique spécifique, d'un radiateur assurant le refroidissement de l'ensemble, de pièces mécaniques.
- D'une roue porte-filtres permettant d'intercaler tour à tour 3 filtres spectraux devant la caméra.
- D'un corps noir qui servait à étalonner la caméra.
- D'un miroir de changement de visée qui permettait de viser séquentiellement la Terre, le corps noir et en direction de l'espace froid (seconde source pour l'étalonnage).

Les réponses spectrales comprenaient la réponse spectrale du bolomètre et de l'ensemble objectif/miroir.

- Bandes spectrales : 3 bandes sélectionnées par 3 filtres spectraux

Centre : 8.65  $\mu\text{m}$  Largeur de bande : 0.9  $\mu\text{m}$

Centre : 10.6  $\mu\text{m}$  Largeur de bande : 0.6  $\mu\text{m}$

Centre : 12.05  $\mu\text{m}$  Largeur de bande : 1  $\mu\text{m}$

- Champ de Vue instantané de 64 km x 64 km au sol
- Echantillonnage au sol de 1 km x 1 km
- Performance radiométrique

NedT < 0.5 K @ 210 K

Précision d'étalonnage absolu < 1 K

- Masse : 24 kg
- Volume : 490 x 550 x 320 mm<sup>3</sup>
- Consommation : 27 W
- Débit de données : 50 kbps

## Développement

L'IIR a été fabriqué par la "Société anonyme d'études et réalisation nucléaires" (SODERN) localisée à Limeil-Brévannes, sous contrat CNES. Parmi les composants, le détecteur matriciel à  $\mu$ bolomètres était un détecteur commercial BOEING U3000.

## Calibration au sol

La mesure des températures de brillance infrarouge avec la précision requise pour les applications scientifiques nécessitait l'emport d'un système de calibration à bord.

Celui-ci consistait à intercaler avec les images de la terre des images de scènes froide et chaude uniformes et de température stable et connues avec précision... comme on le fait pour étailler un thermomètre domestique. La scène froide était obtenue en visant l'espace (dont la température est à 3 K) tandis que la scène chaude était réalisée en imageant un corps noir.

Il s'agissait d'un dispositif annulaire peint en noir de 9 cm de diamètre conçu au LMD pour avoir des propriétés proches d'un corps noir idéal. Son émissivité a été estimée supérieure à 0.986

Une caractérisation radiométrique complète de l'instrument a été réalisée avant tir par le LMD dans une chambre à vide.

## Le traitement de niveau 1

Les images brutes de l'IIR étaient traitées opérationnellement par la NASA avec une chaîne de traitement spécifiée par le CNES.

Ce traitement, dit de niveau 1, réalisait :

- Le raccordement et la projection des images (dans les 3 canaux) sur une même grille géographique centrée sur la position du spot lidar et
- L'étaillage radiométrique en vol à partir des images de calibration encadrant les prises de vues.

Les radiances projetées et étaillées étaient disponibles pour les utilisateurs dans un produit IIR niveau 1B organisé par demi-orbites.

## Le traitement de niveau 2

Le traitement de niveau 2 avait pour objet de fournir l'émissivité des nuages et la taille des particules des nuages de glace semi-transparents.

Deux produits étaient générés, l'un sur la trace du lidar, et l'autre sur la fauchée (64 km) de l'IIR.

Les algorithmes de traitement ont été spécifiés par l'IPSL et ont été mis en œuvre dans le centre de mission Calipso.

La technique classique du "split window" a été adaptée pour tirer le meilleur parti de la mesure de l'altitude et de la classification de scène fournies par le lidar.

Les calculs d'émissivité du nuage utilisaient ainsi en entrée l'altitude du nuage, convertie en température via le profil météo, qui réduisait un poste important d'erreur de la méthode.

De plus, l'utilisation de la dépolarisation mesurée par le lidar fournissait une information sur la forme des particules qui permettait d'affiner encore la recherche de leur taille.

Une autre amélioration résidait dans le choix des modèles de particules utilisées dans les tables précalculées et dans le soin apporté au calcul des propriétés optiques de ces particules.

Les simulations réalisées sur des données de campagnes aéroportées montraient un gain significatif sur la restitution de la taille des particules.

En dehors de la trace du lidar, un algorithme étendait la restitution de taille à un voisinage de pixels pour lesquels la mesure lidar était suffisamment représentative.

L'homogénéité de la scène était évaluée au moyen de l'image IIR elle-même et d'image visible, acquise de jour par la caméra WFC.

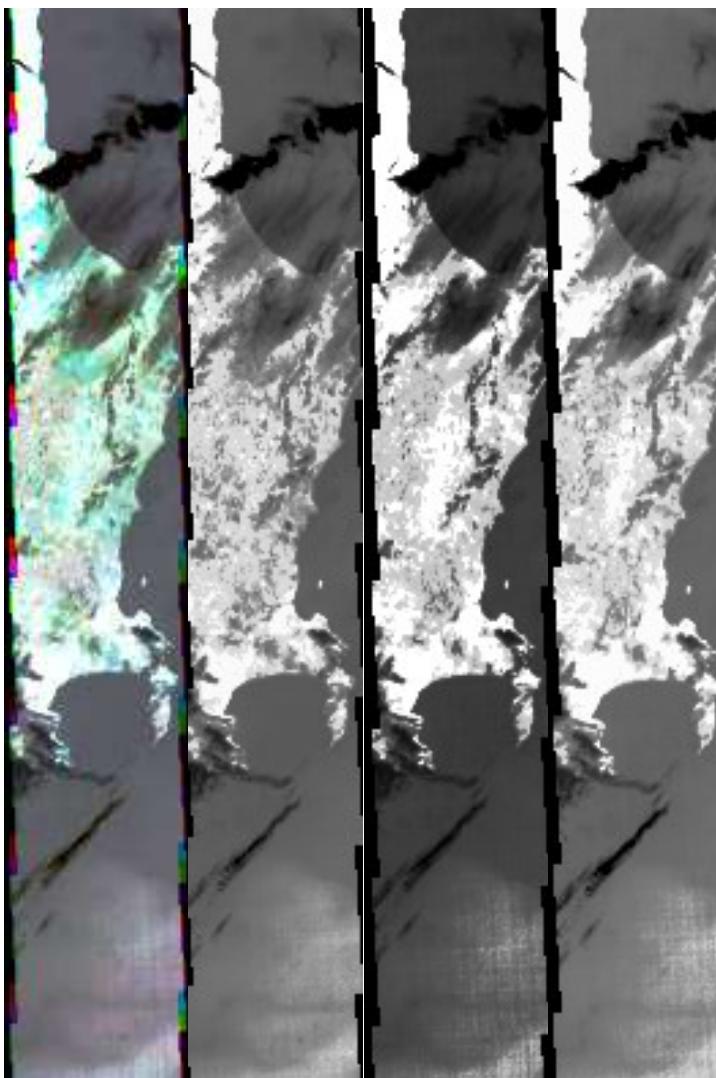
## Exemple de produit de niveau 1 qualifiés, issus de l'IIR

Les produits de niveau 1 de l'IIR se composent de 3 fichiers, contenant les luminances des scènes vues par chacun des canaux de l'IIR, sur une demi-orbite. Les pixels d'une taille de 1km x 1km sont géoréférencés.

D'un point de vue géométrique, les produits de niveau 1 sont élaborés de la façon suivante :

- Au sol, est construite une ligne de 69 pixels de 1km de côté. Cette ligne de 69 km est perpendiculaire à la trace du Lidar et centrée sur cette trace,
- À chaque pixel ainsi constitué est affecté une interpolation bicubique des 4x4 détecteurs (parmi les 64x64) de l'instrument en vol, qui recouvrent ce pixel au sol.

Un produit IIR de niveau 1 est donc constitué d'une succession d'environ 20000 lignes de 69 pixels de 1 km de côté.



Légende : Cap de Bonne Espérance, Cape Town. Composition colorée des 3 canaux, canal 8.65  $\mu$ mm, canal 10.6  $\mu$ m, canal 12.05  $\mu$ m : des différences de luminances entre les 3 canaux, visibles sur les terres. © ICARE/AERIS.

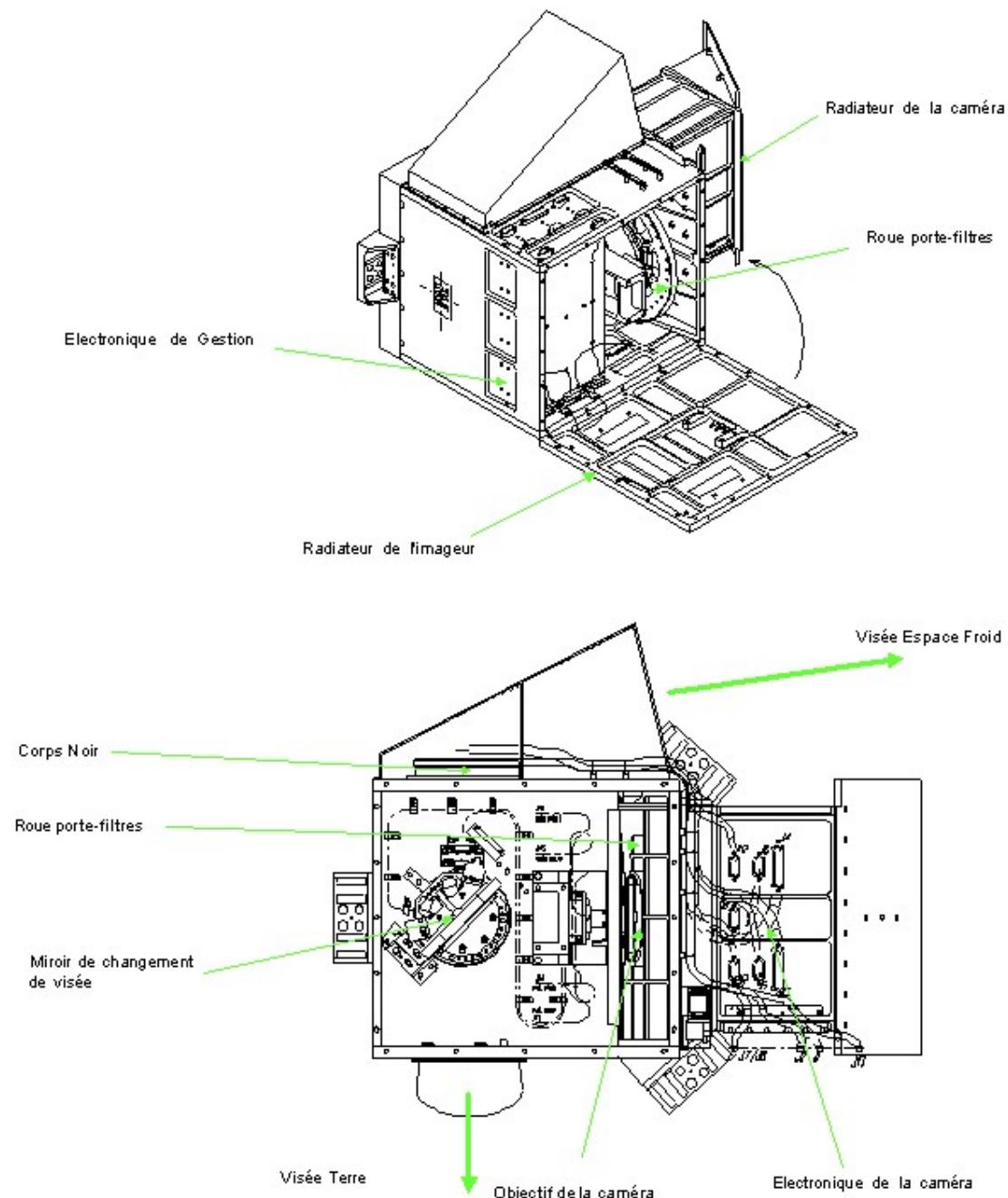
## Le Centre d'expertise technique de l'imageur

Le Centre d'expertise technique imageur permettait au CNES d'assurer sa responsabilité d'expertise technique sur l'IIR qui comprenait 2 volets :

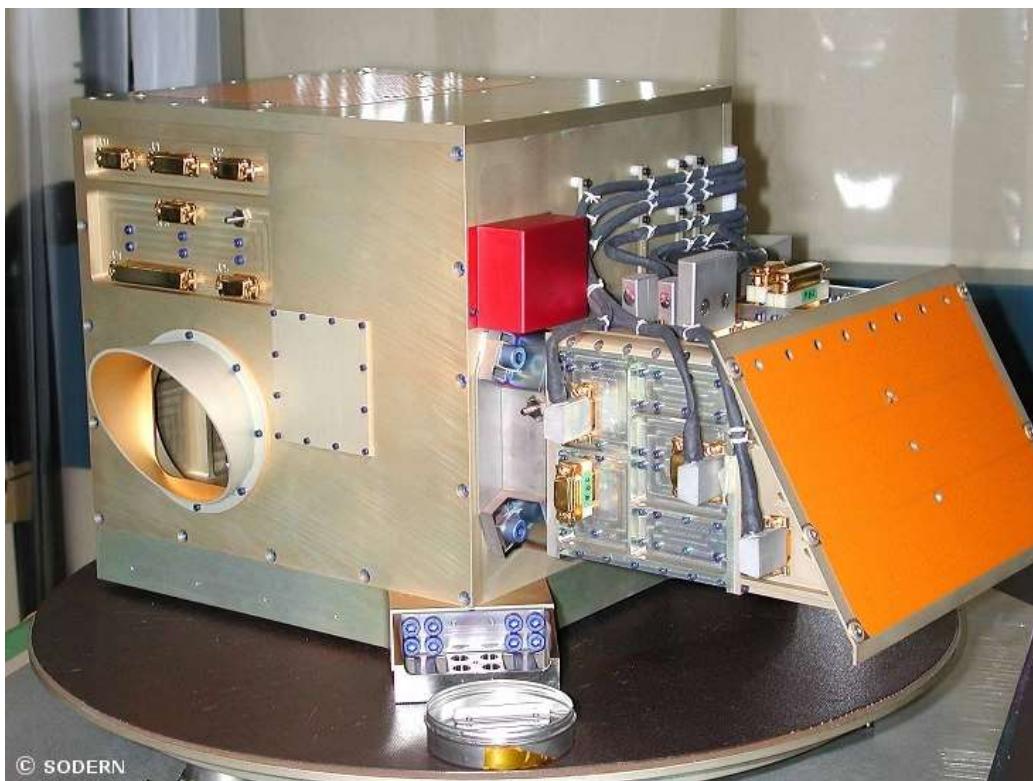
- Un volet instrumental : suivi technique de l'instrument en vol
- Un volet qualité image : recette en vol et suivi en orbite de la qualité géométrique et radiométrique de l'IIR, c'est-à-dire de la qualité du produit de niveau 1.

Le Centre d'expertise technique imageur s'appuyait sur une structure d'accueil informatique baptisée TEC mettant à disposition des exploitants et des experts l'environnement de travail nécessaire pour mener à bien leurs investigations. Le TEC reçoit du MOCC les données de surveillance de l'IIR et de l'ASDC ou du SCF les données brutes (niveau 0), les produits de niveau 1 et de calibration.

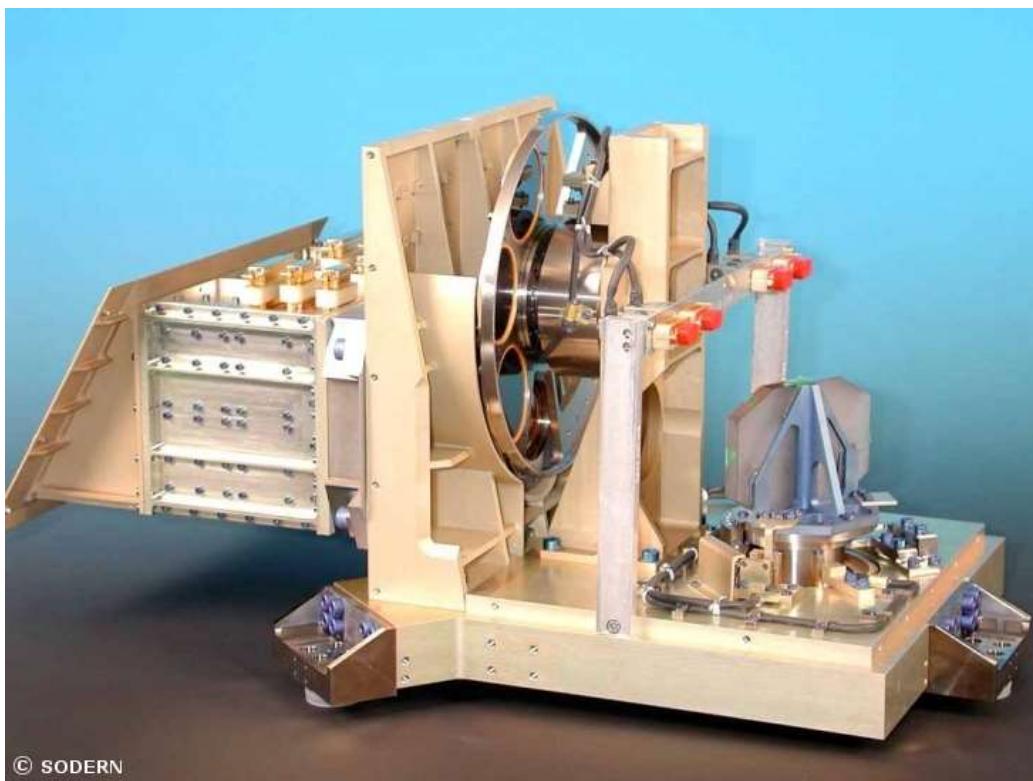
Le TEC a été développé par Cap Gemini sous maîtrise d'œuvre CNES. Il était situé au Centre Spatial de Toulouse et opéré par les équipes du CNES.



Légende : Vue schématique du radiomètre IIR. © CNES.



Légende : Le radiomètre IIR. © EADS Sodern.



Légende : Le radiomètre IIR sans sa coque. © EADS Sodern.