

# LES DETECTEURS INFRAROUGES

&

# LA MISSION ISO

Didier Tiphène

Pierre Léna – Marie Agnès Dubos

# CONTEXTE

1967 : James Lequeux créé le groupe IR

Pierre Léna remplace James Lequeux (parti au USA pour mm)

1969 : Groupe caméra électronique (Paul Felenbock)

Groupe planètes (Michel Combes)

1981 : INAG acquiert une matrice CID InSb 32x32 (General Electric)

François Sibille

D. Stéfanovitch est détaché à l'Observatoire Kitt Peak pour mettre en œuvre la cible à des fins astronomiques, en coopération avec une équipe de l'Observatoire de Lyon.

Années 80 : cultiver une filière française de détecteurs IR (totalement dépendant des autorisations d'exportations américaines pour ces détecteurs)

Michel Combes : PI de IKS VEGA (spectro IR) ; lancement 1985

Spectromètre IR du LPSP

LPSP (Bolomètre & électronique de proximité) – DESPA (électronique)

LAIR : LA 325 (laboratoire associé du CNRS)

DESPA : LA 264

JL. Steinberg propose à Michel de prendre la direction du DESPA :

(IR devient prédominant ...)

# PROGRAMME ISO

Mission IRAS : NASA propose une collaboration à l'Europe

Pays Bas accepte mais le CNES refuse (nombre scientifiques IR insuffisant)

Lancé le 25/01/1983, IRAS fonctionne pendant 10 mois

En mars 83, ESA programme la mission Infrared Space Observatory

décision à l'unanimité

Télescope 60 cm refroidi à 20 K

4 instruments : photomètre, 2 interféromètres de Michelson, caméra IR proche

1984, l'ESA lance un AO aux instituts européens pour la fourniture des 4 instruments

CNES : soutien le programme ISO apparaît avec une très haute priorité

- pour la communauté astronomique française, l'ouverture du domaine spectral IR par un observatoire spatial européen ;
- la maîtrise d'œuvre industrielle et l'intégration du satellite devrait revenir à l'Aérospatiale ;
- Publications des premiers résultats de la mission IRAS.

1985, l'ESA sélectionne la proposition ISOCAM

CEA/Saclay [PI C. Césarsky], Obs. de Meudon, Obs. Lyon, Edinburgh et Stockholm

ISO - Projet ambitieux, effort financier inhabituel ~ 2 000 MF (86 à 93)

contribution française ~ 21%.

# DÉTECTEURS POUR ISOCAM

Réunion 05/83 – Saclay, l'intérêt des groupes français se porte sur la caméra d'imagerie

Une mosaïque dans le **domaine 2-5  $\mu\text{m}$** , et une 2<sup>ème</sup> mosaïque à **plus grandes  $\lambda$**

- Pour le **domaine 2-5  $\mu\text{m}$** , proposition basée sur une mosaïque CID 32x32 General Electric, InSb utilisation en cours au CFHT à l'initiative de laboratoires français

**Cette mosaïque ne peut être importée en Europe (restriction du Département d'Etat américain)**

Les astronomes de l'Observatoire de Meudon ont accès à des mosaïques **SAT CID 8x8 InSb**

Ces mosaïques semblent répondre aux caractéristiques désirées.

- Situation beaucoup moins satisfaisante pour les mosaïques opérant à **grandes  $\lambda$**

Elles existent aux USA (CID à accumulation Si:Bi Aerojet)

NEP <  $2 \cdot 10^{-17}$  W.Hz<sup>-1/2</sup> (pour l'ISO, l'objectif est d'atteindre  $10^{-17}$  W.Hz<sup>-1/2</sup>)

**Ces mosaïques n'existent pas Europe**

Société Batelle (Allemagne) développe des barrettes PC (5-25  $\mu\text{m}$ )

CNES examine avec CEA/LIR et DRET/DGA les possibilités d'une coopération pour développer et fournir de mosaïques pour la voie grande  $\lambda$  de la caméra

Pour respecter les délais, il faudrait pour la voie grande  $\lambda$  :

- avoir défini une mosaïque, en s'assurant des performances (fonctionnement à basse température, bruit limite, effets des rayonnements) **pour fin 1983** ;
- établir le principe de fonctionnement (**mi-85**) pour développer en parallèle l'électronique spatiale ;
- disposer d'un composant représentatif pour l'engineering model en **avril 87** ;
- un modèle de vol devrait être disponible **mi-1988**.

# 1980-1990 : R&D IR EN FRANCE

10 juin 82 - réunion CEA LIR : Proposition de planning pour voie grande  $\lambda$

Existe barrette de 16 éléments 3-5  $\mu\text{m}$  (PC ou PV) connexion par fil vers une barrette DTC

Sept 82 : matrice 4x4 (PC ou PV) + bille d'indium sur CCD [en cours]

Fin 82 : matrice 4x4 (PC ou PV) + bille d'indium sur CCD

Mi-83 : matrice 32x32 (PC) + bille d'indium sur CCD

Fin-83 : matrice 32x32 (PV) + bille d'indium sur CCD

Fin 86 : 128x128

PC : Si:In (coupure à 8  $\mu\text{m}$ )

PV : HgCdTe 8-12  $\mu\text{m}$

05 mai 83 - réunion DGA 05

DRET : les détecteurs envisagés doivent fonctionner à basse température (10 – 20K)

Implique développement de technologies spécifiques

Ce type de composant ne correspond à aucun besoin militaire affiché. **La participation financière de la DRET est donc exclue**

Le nouveau programme ne peut pas être pris en compte par le personnel actuel du LIR

**Le recrutement de 10 à 15 personnel au CEA/LETI est nécessaire.**

Examen des possibilités financières

# DETECTEURS POUR ISOCAM

Courrier CNES vers SAT daté du 04 décembre 1984

Marché pour la réalisation d'un programme de caractérisation de mosaïques de détecteurs pour une utilisation au foyer de télescopes refroidis par fluides cryogéniques. (400 kF)

Lot unique : programme mosaïque IR 32x32

Rapport final attendu pour le 31 mai 1985

Mosaïques ISO :

- 1<sup>ier</sup> plan focal SAT CID 32x32 (+ électronique froide) livré début 1988
  - LW : A first 32x32 Si : Ga array detector has been received in early september 87
- Nouveau batch attendu pour 02/88 puis 09/88

# DESPA & ISOCAM-SW

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE  
OBSERVATOIRE DE PARIS  
Section de Meudon  
Département de Recherche Spatiale  
5, place Jules-Janssen  
92195 MEUDON PRINCIPAL CEDEX  
Tél. 534 75 30  
Télex 204464 DESPA

23/4/85

Pierre,

ci joint le texte C&E que je te devais et le bilan de l'audit financier ISO - j'attire ton attention sur la page 7 et la fig suivante -

Les explications orales de Geneviève et Monique sont = il faut comprendre un rôle plutôt qu'un labo unique, ~~plus~~ et plus précisément (Meudon + LPSP); sans doute des tests et recettes de tous les détecteurs et l'électronique froide ici; les essais fonctionnels, le montage des détecteurs dans l'ensemble opto-mécanique et la calib au LPSP.

J'ai expliqué que nous n'avions pas les moyens de prendre en charge la voie grandes  $\lambda$ , ici et que nous ne souhaitons pas de conflit avec le CEA - Sans écho...

J'ai aussi exprimé ma crainte de voir là, un premier pas vers le regroupement de tout ce rôle "détecteurs" à Orsay -  
Démemb. formel ...

TSVP

Je dois revoir ces données le 25 a.m. puis le 2 mai, au colloque SOHO CLUSTER de l'ESA à Garching - Il en sera fondamentalement discuté le 6 avec Cath. Cesarsky et Sibille lors d'un audit (un de plus) à la SNIAS (industriel choisi pour une expertise indépendante) et suivent le 7 à la réunion "détecteurs".  
J'aimerais te voir avant - Seules possibilités le 29 au, le 30 au ou samedi 24 (aujourd'hui donc pour toi) au le 25 vers 14h30 - Merci de dire à F. Axisa ce qui t'est possible.

Michel Combes défend la responsabilité du DESPA pour :

- Recette et tests des matrices ISOCAM-SW
- Tests des électroniques froides
- Réaliser les tests fonctionnels
- Montage des détecteurs dans leurs boîtiers
- Etalonner les plans focaux SW

# MISSION ISO



Caméra ISOCAM

Satellite ISO



Lancement 17/10/1985  
Durée vie 18 + 12 mois  
Moisson de résultats scientifiques

Catherine Cesarsky [PI], Danièle Imbault [CdP], Laurent Vigroux [IS]  
Mme Auternaud [CdP caméra ISOCAM @ Aérospatiale]

Au DESPA : Michel Combes, Pierre Léna, Daniel Rouan, François Lacombe

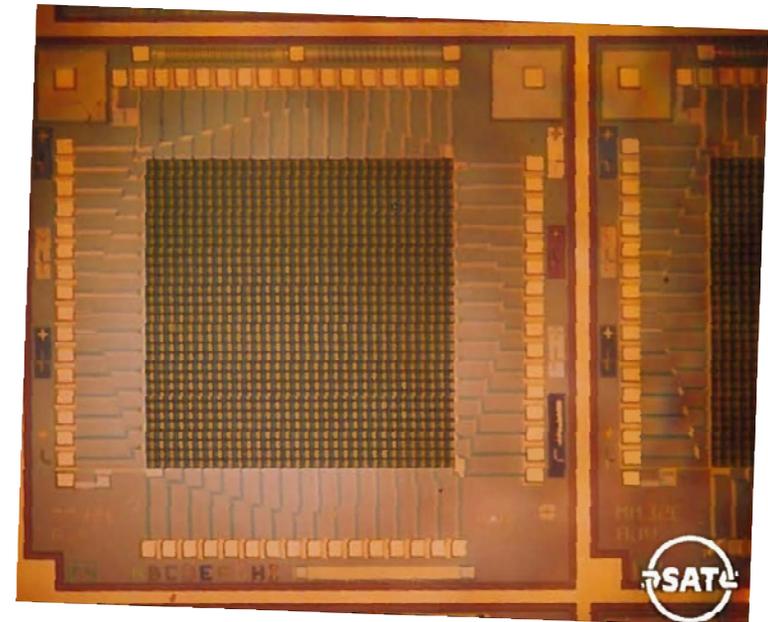
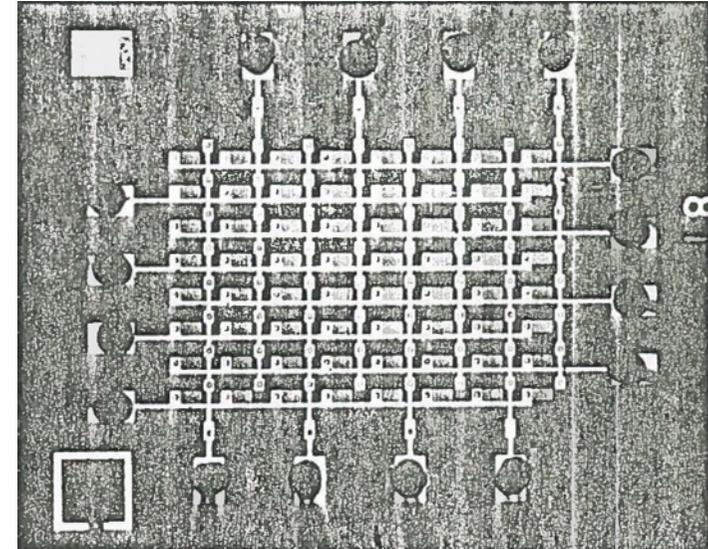
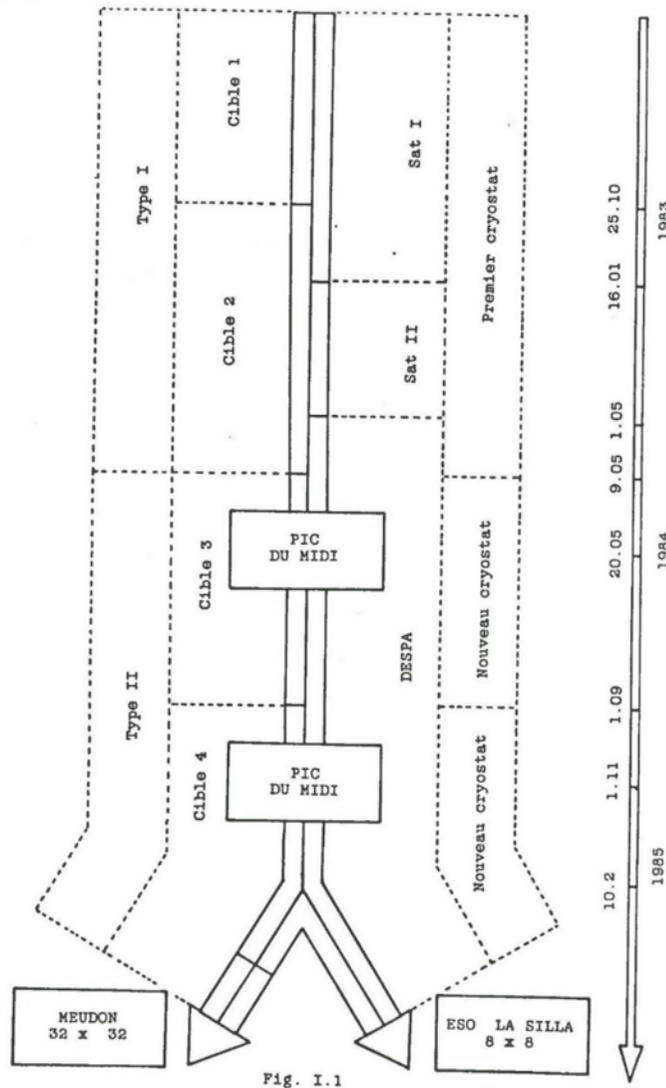
Marcel Arfouillaud	Gérard Epstein	Jean Bérezné	Françoise Axisa
Alfred Langlais	Pierre Gigan		Nicole Fouquet
Alain Rapin	Douchane Stéfanovitch		Marguerite Melon
Jean-Pierre Rivet	Sylvain Pau		Marie Rose Rama Rao
	Phan Van Doc	Pascal Puget	Jacqueline Thouvoy
	Réné Knoll	Olivier Saint Pé	
Bernard Talureau	Cécile Guériaux		
Yves Zéau	Jean-Pierre Mengué		
	Lucienne Laval		

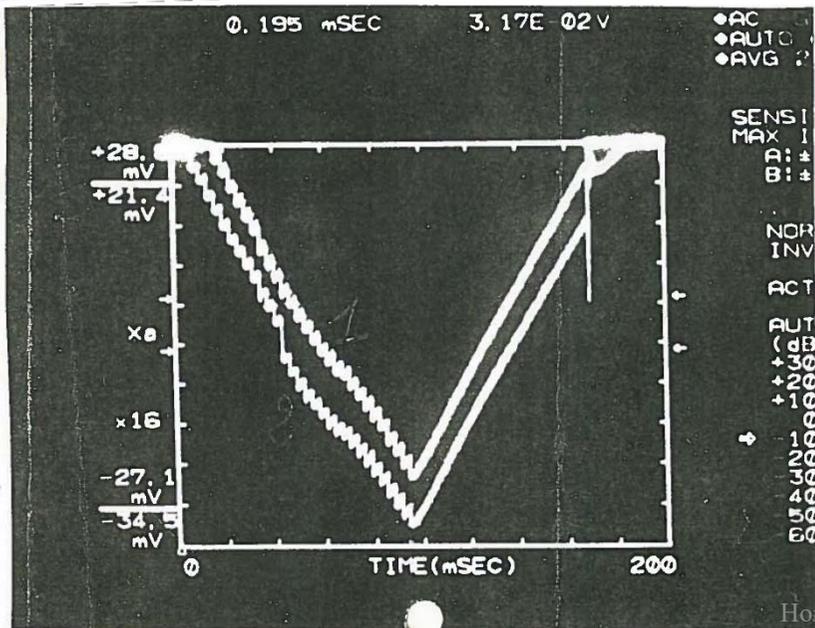
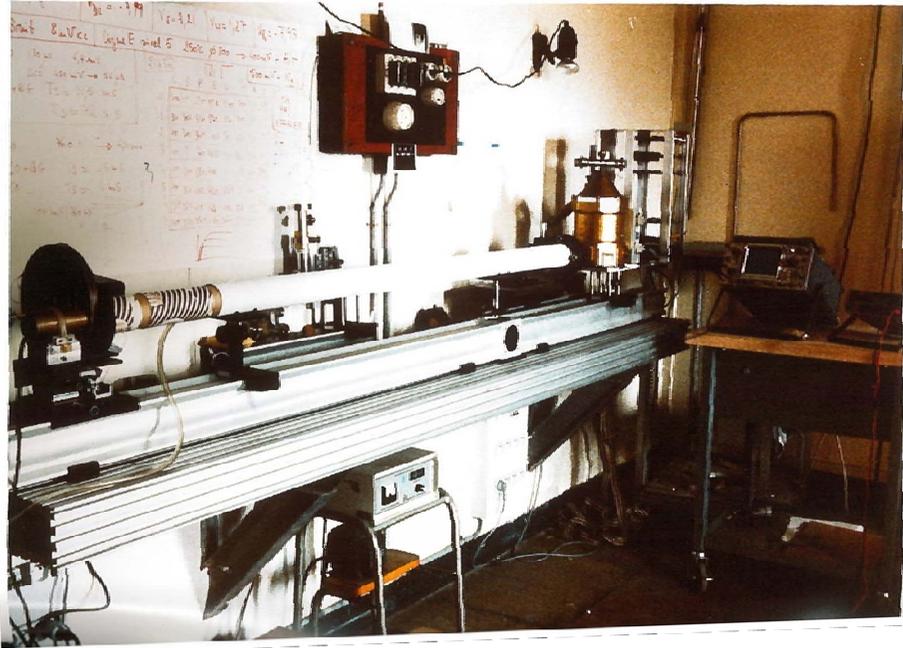
Stagiaires : Yann Hello, Jean-Luc Beuzit

SAT : Jean-Pierre Chatard, Alain Lussereau

# DESFA : CAMERAS IR SOL

Observations avec la caméra Rodrigue : SAT CID 8x8  
20-30 mai 1984 : T2M du Pic du Midi





Crédits photo : Jean Bérezné

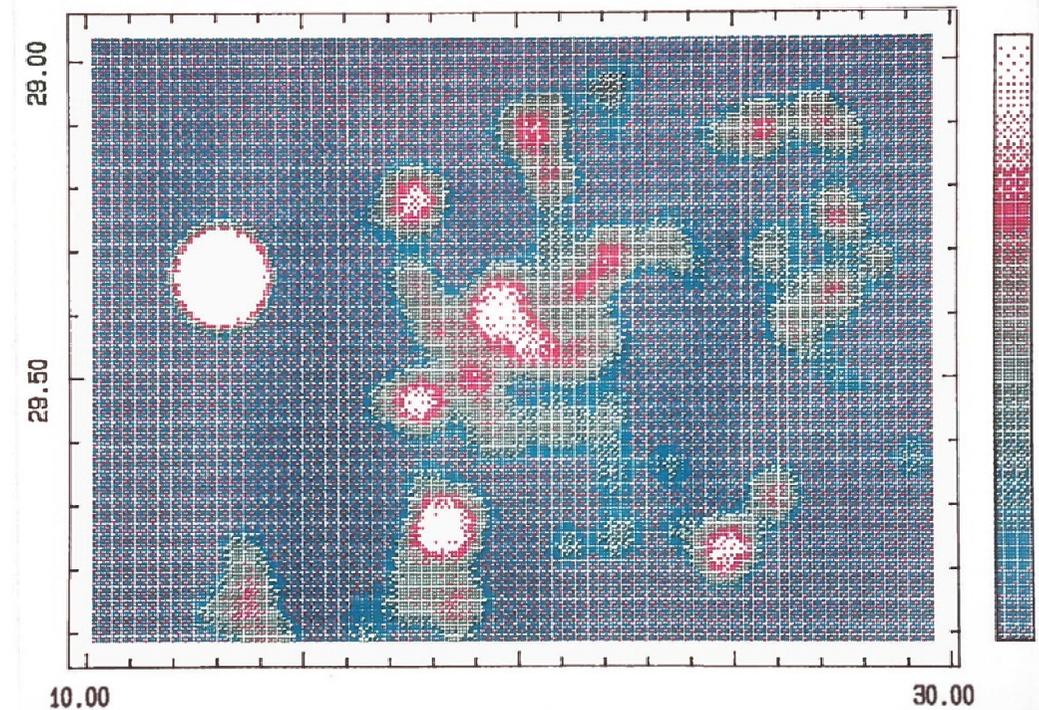
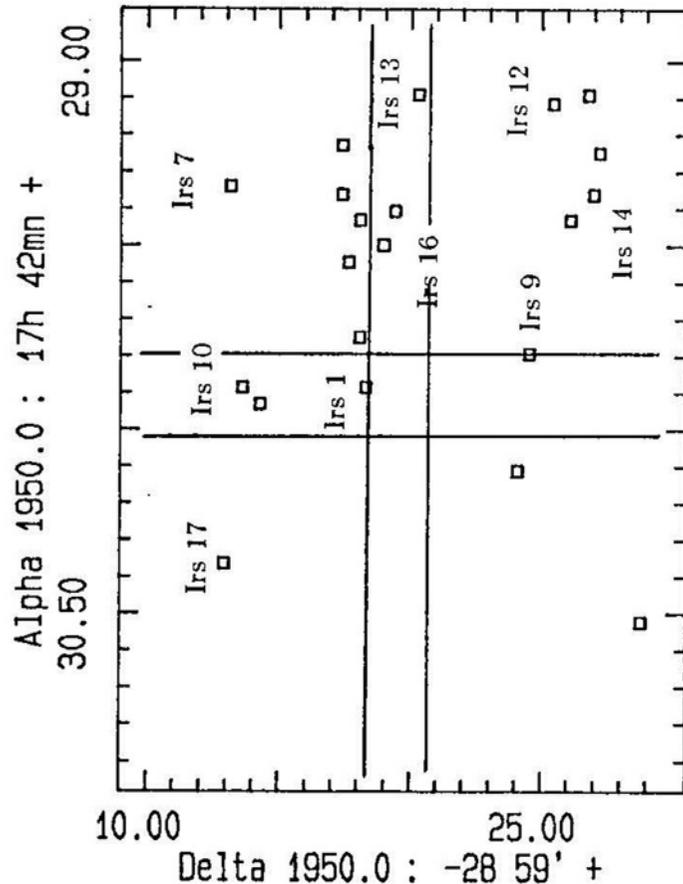
# PREMIERS RÉSULTATS - RODRIGUE

Observations avec la [caméra Rodrigue](#) : SAT CID 8x8

[20-30 mai 1984](#) : T2M du Pic du Midi

[juillet 85](#) : 2.2 m de la Silla (François Lacombe, [coopérant ESO](#) pdt 18 mois)

[avril 86](#) : observations du centre galactique @ 2.2  $\mu\text{m}$  au 2.2 m de la Silla



Champ : 25,6 x 19,3 arcsec<sup>2</sup>

Cible : 12x16 arcsec<sup>2</sup> ; champ a été découpé en 4 zones  
Chaque zone observée selon procédure micro-scanning  
(taux remplissage du CID : 70%)

# DESPA : CAMERAS IR SOL

Observations avec la caméra Rodrigue : SAT CID 8x8

20-30 mai 1984 : T2M du Pic du Midi

juillet 85 : 2.2 m de la Silla (François Lacombe, coopérant ESO pdt 18 mois)

Avril 86 : observations du centre galactique au 2.2 m de la Silla

- Détecteur hybride 32x32 CCD (PC Si : In) du LIR 3-5  $\mu\text{m}$  testé au Pic en nov. 85

Février 84 : demande d'aide "incitative à la recherche " pour réalisation d'un système IR utilisant une mosaïque CCD 32x32 Si : In LIR [J.L Monin au LETI]

Duplication de la mécanique cryogénique du DESPA pour permettre une comparaison avec les CID InSb de la SAT.

- Caméra CIRCUS

# CID 32x32 InSb - SAT

- Observations au T2M du Pic du Midi à partir de juin 85 (~ 2 semaines / semestre)

- Observations au CFHT à partir de juin 87 ou février 88

# 128x128 PV InSb hybridé sur CMOS de chez Amber [1991 – 1992 ?]

- Projet DENIS (N. Epstein)

# NICMOS 256x256 PV HgCdTe hybridé sur CMOS de chez Rockwell

Caméra J et caméra K du projet DENIS sur le T1M de la Silla (à partir de 92)

# MATRICES POUR OPTIQUE ADAPTATIVE

ComeOn :

1989 : 1<sup>iere</sup> observation au 1.52 m OHP

# Analyseur de surface d'onde : Shack-Hartmann wavefront sensor

- 100x100 photodiodes Reticon with a RTC intensifier

# voie imagerie CID Insb 32x32 SAT (duplication de CIRCUS)

sept et nov 90 : 3m60 Chili

# Analyseur de surface d'onde :

- Electron bombarded CCD développé au Laboratoire de d'Electronique Philips

- Matrice HgCdTe 64x64 hybridée sur CCD / 1-2,5  $\mu\text{m}$  du LETI/LIR

# voie imagerie CID Insb 32x32 SAT

ComeOn + (1992 ?) :

The deformable mirror has 52 actuators (instead of 19);

A broader temporal band-pass (30 Hz) is available

A user-friendly interface (ADONIS) using artificial intelligence to optimize the use of the system in real time is in preparation.

This new camera, called SharpII I equipped with a Rockwell NICMOS-3 array (256x256 HgCdTe – SFD)

# 1990 : FILIÈRE IR AUX USA

06/10/89 (compte-rendu de Daniel Rouan de retour de mission aux USA) :

- tous les fabricants (Rockwell, SBRC, Amber, Hughes- Carlsbad) utilisent la technique d'hybridation par billes d'indium d'une matrice de détection sur un circuit de lecture CMOS (abandon du CCD)
- Rockwell commercialise 128x128 HgCdTe  
viendrait de sortir son 1<sup>ier</sup> modèle NICMOS 256x256 fonctionnel
- SBRC est passé directement de 58x62 InSb à l'étude d'une matrice 256x256, premiers résultats attendus pour fin 89
- AMBER commercialise 128x128 InSb  
prévoit les premiers résultats d'une matrice 256x256 pour fin 89
- Hughes-Carlsbad commercialise 256x256 PtSi  
fabrique une 400x256 et 512x512 qui fonctionnent

Problème de la licence d'exportation vers l'Europe

# 1990 : FILIÈRE IR FRANÇAISE

Création SOFRADIR : CSF 40%, SAT 40%, CEA 20% à l'automne 1987

LIR du LETI créé en 1978 a développé la technologie IRCCD dans les années mi-80, technologie transférée à Sofradir en 1987

Imagery 1-5  $\mu\text{m}$  obtained on a 64x64 HgCdTe array with a CCD readout stage @ 77 K  
[ Caes M., Monin J.L, Nicolas P., Och R., Chatard J-P. ] - Janvier 1990

1991 : projet SOFRADIR d'un prototype 128x128 HgCdTe (J.P. Chatard)

AO de l'ESO pour la caméra IR du VLT (réponse pour 15/02/91)

Consortium européen pour proposer une caméra avec 2 voies [1-2.5  $\mu\text{m}$ ] et [3-5  $\mu\text{m}$ ]

DESPA souhaiterait participer au consortium pour la voie 3-5  $\mu\text{m}$  en proposant le détecteur SOFRADIR

# 2020 : FILIÈRE IR EN FRANCE

LabEx Focal Plane Array for Universe Sensing

Partenaires : IPAG – CEA-IRFU – LAM – CEA-LETI – Institut Néel – IRAM – LPSP –  
IMEP LAHC – ONERA

Développement de détecteurs pour l'IR et le mm

Projet ALFA : avec le support du LabEx FOCUS et le financement de l'ESA

[LYNRED + CEA-LETI]

Développement d'un prototype 2k x 2k HgCdTe sur CMOS 1-2,5  $\mu\text{m}$

[CEA-IRFU]

Validation des performances opto-électroniques

Destinataire des prototypes :

- l'ESA

- Le projet CAGIRE (CApturing the Gamma-ray bursts Infra-Red Emission)

Camera proche infrarouge autonome et compacte vouée à équiper un télescope robotique installé au Mexique, destiné à suivre les sursauts gamma détectés par SVOM mais aussi d'autres événements (neutrino, ondes gravitationnelles) détectés par d'autres observatoires.

### **Astronomical imaging with a low temperature InSb charge injection device (CID)**

Rouan, D.; Lacombe, F.; Tiphène, D.; Stéfanovitch, D.; Phan Van, D.; [Combes, M.](#); Léna, P.; Chatard, J.P.; Lussereau, A.

Infrared technology and applications; Proceedings of the Meeting, Cannes, France, November 26-29, [1985](#)

### **Projet d'utilisation d'une optique adaptative pour l'imagerie IR haute résolution**

Fontanella J.C.; Rousset, G.; Gaffard, J.P.; Jagourel, P.; de Miscault, J.C.; [Combes, M.](#); Gex, F.; Gigan, P.; Kern, P.; Léna P.; Rouan, D.; Merke, F.

Journal des Astronomes Français, No. 29, p. 25 – 26, [1987](#)

### **Imagery with infrared arrays. I. Ground-based system and astronomical performances**

Lacombe, F.; Tiphène, D.; Rouan, D.; Léna, P., [Combes, M.](#)

Astronomy and Astrophysics, Vol. 215, p. 211-217, [1989](#)

### **Advances in IR technology at Paris Observatory**

Lacombe, F.; [Combes, M.](#); Léna, P.; Rigaut, F.; Rouan, D.; Tessier, E.; Tiphène, D.

Proc. SPIE 1341, Infrared Technology XVI, [1990](#)

## **First direct images of Ceres in near infrared**

Saint-Pé, O., [Combes, M.](#), Rigaut, F.

Bulletin of the Astronomical Society, Vol. 24, No. 2, p. 874, [1992](#)

## **Astrophysical Results with COME-ON**

Rigaut, F., Combes, M., Dougados, C.; Léna, P.; Mariotti, J.M.; Saint-Pé, O.; Allouin, D.; Malbet, F.; Bertout, C.; Gallais, P.; Gehring, G.

Workshop Proceedings, ESO Conference on Progress in Telescope and Instrumentation Technologies, ESO, Garching, 27-30 April [1992](#)

## **Present and future observations of small solar system bodies using adaptive optics**

Saint-Pé, O., [Combes, M.](#), Rigaut, F.

Observations and Physical Properties of Small Solar System Bodies, Proceedings of the Liege International Astrophysical Colloquium 30, June 24-26, [1992](#)

## **Solar System Infrared Observations at High Spectral Resolution**

Encrenaz, Th., O., [Combes, M.](#), Rigaut, F.

ESO Workshop on High Resolution Spectroscopy with the VLT. Proceedings, held in Garching, Germany, February 11-13, [1992](#)