

Capteurs aéroportés à l'ONERA
couvrant le domaine électromagnétique pour l'étude des
surfaces continentales

P. Dubois-Fernandez,
X. Briottet, P. Chervet, P. Déliot,
P. Dreuillet, J. Duffaut, Y. M. Frédéric,
J.F. Nouvel, O. Ruault du Plessis



r e t u r n o n i n n o v a t i o n

Plan de la présentation

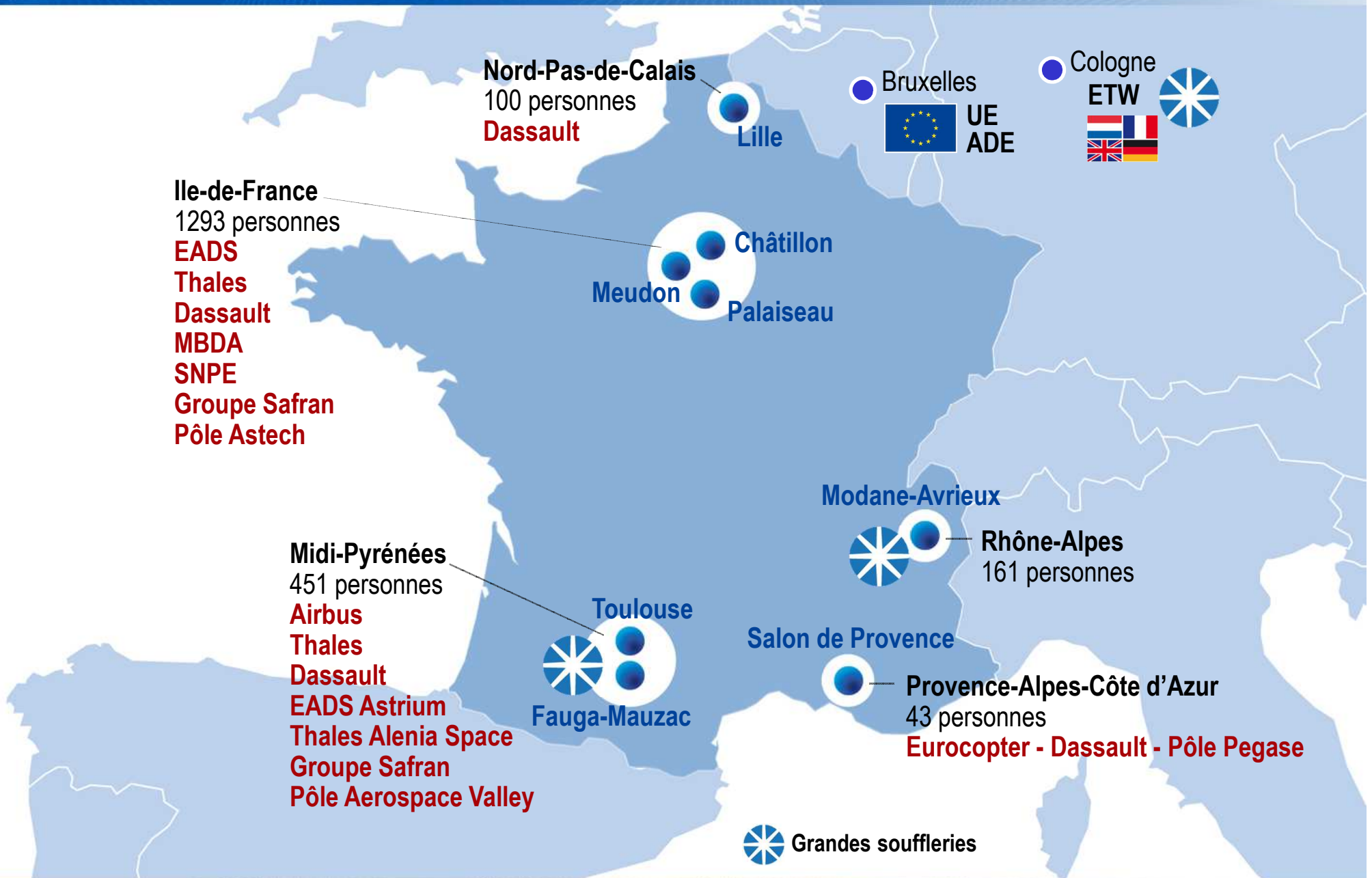
- Rappel sur l'ONERA
- Les équipes impliquées
 - Radaristes et optroniciens
- Deux porteurs aéroportés
 - BUSARD sur Stemme motoplaneur
 - SAR Ka, SAR X, Caméra FLIR
 - SETHI sur Falcon 20
 - SAR bande UHF/VHF, L, X
 - Caméra hyperspectrale HySpex VNIR
 - Caméra de contexte CamV2
- Exemples de campagnes d'acquisitions

ONERA: Le centre français de recherche aérospatiale

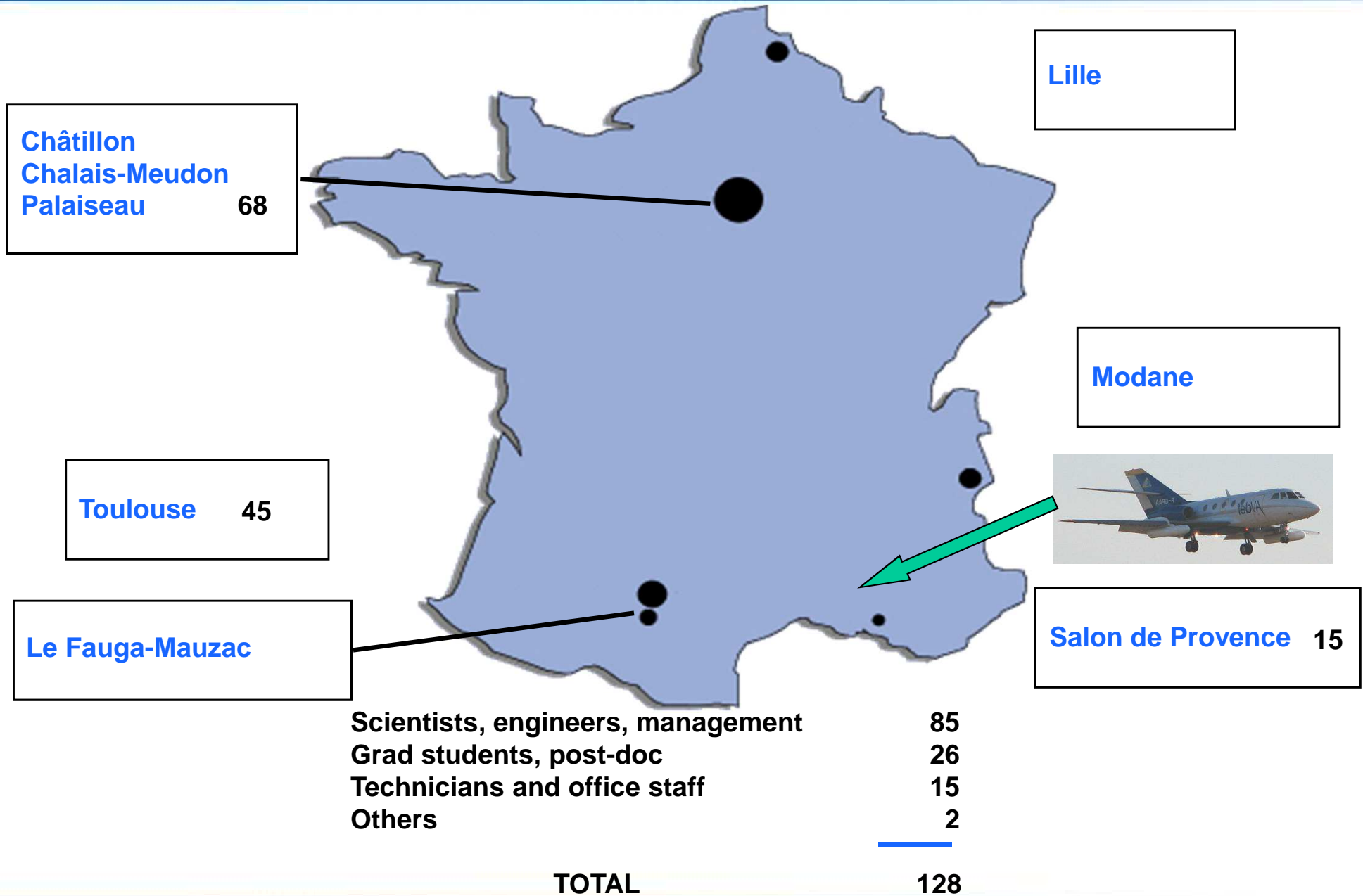
Force d'innovation, d'expertise et de prospective
pour l'industrie, l'État et l'Europe

- Épic créé en 1946
- Tutelle du ministère de la Défense
- 2 048 personnes
- 215 doctorants et post-doctorants
- 202 M€ de budget
- 35 M€ d'investissements
- 61 % d'activité contractuelle
- 1^{er} parc de souffleries en Europe
- Un institut labellisé Carnot

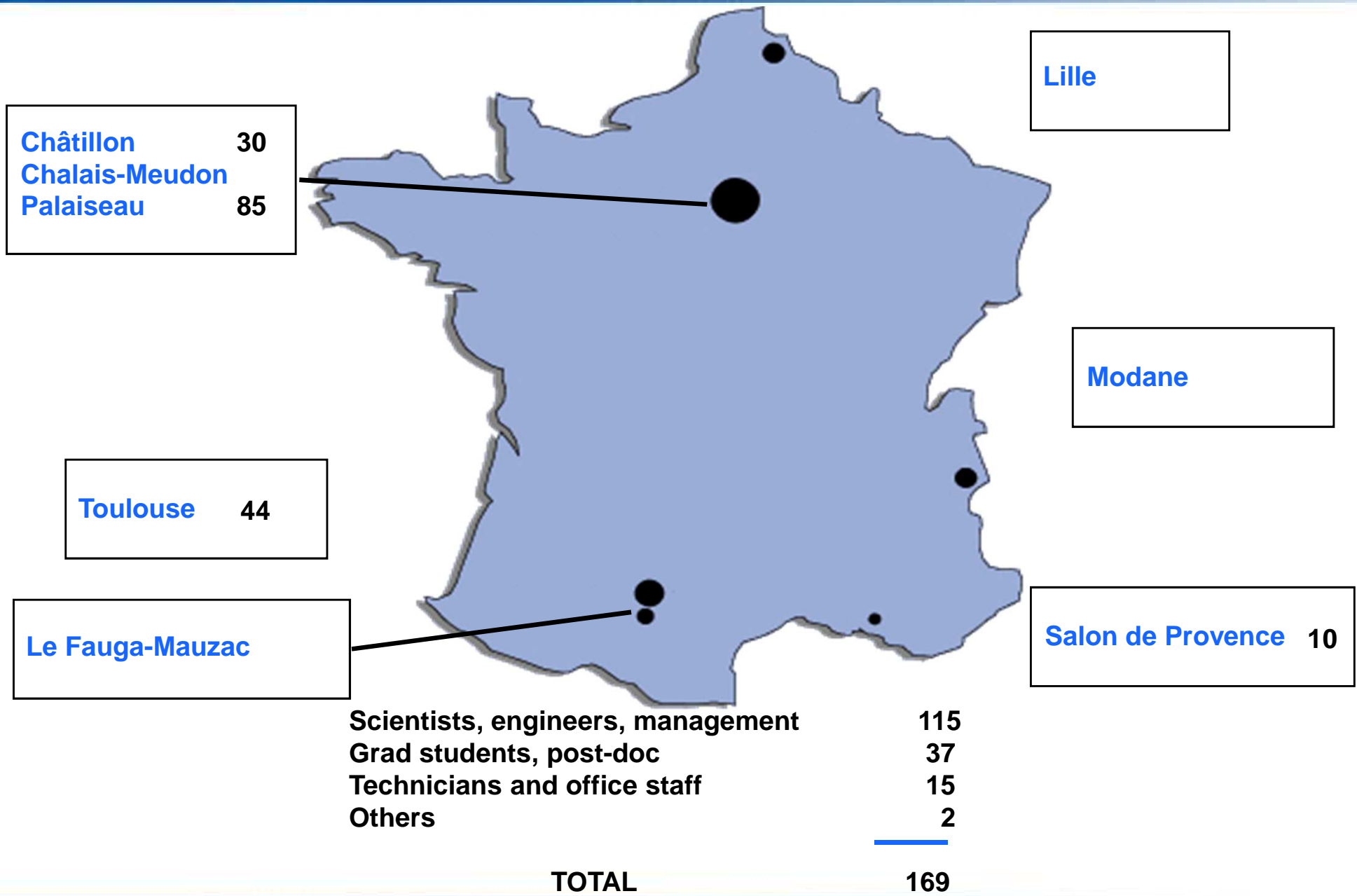
ONERA en France



Département Electromagnétisme et Radar



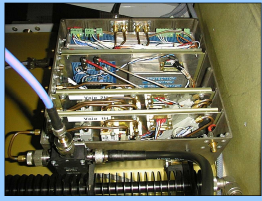
Département Optronique et Techniques Avancées



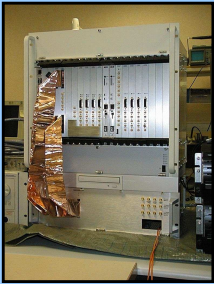
Activités Radar imageur au sein du DEMR

Développements

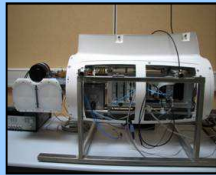
Microwave



Electronics



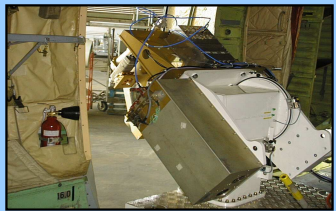
Payloads



Antennas



Tracking turret system



Campagnes

Aircraft system Integration



Calibration, Ground Truth

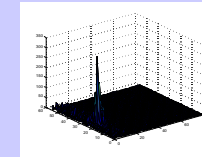


In flight measurements

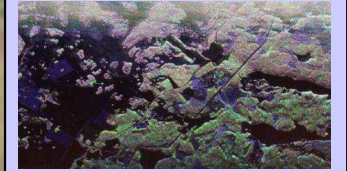


Traitement/études

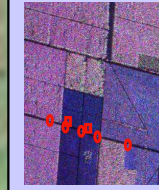
GMTI / STAP



Low frequency



FOPEN



Very High Resolution



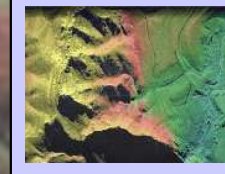
Bi-static



PolInSar



Interferometry



Polarimetry



Activités imagerie optique au sein du DOTA

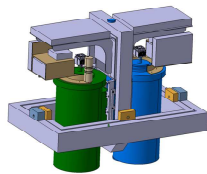
Développements

Caméra IRT



Infrared Detector
Dewar Cooler Assembly
(IDDCA)
(www.sofradir.com)

SYSIPHE system



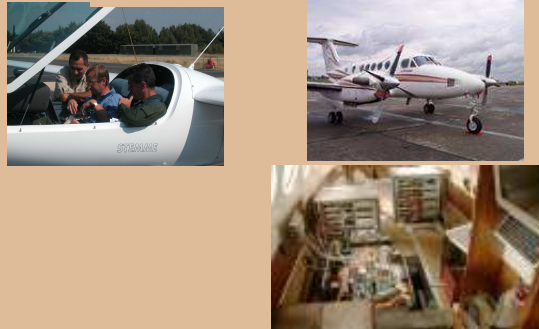
Hyperspectral image
sensor [0.4 – 11 μm]

In Lab characterization and Calibration



Campagnes

Aircraft system Integration



Calibration, Ground Truth

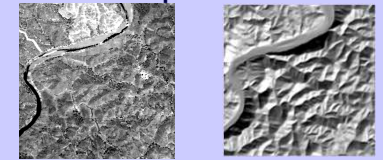


In flight measurements



Traitement/études

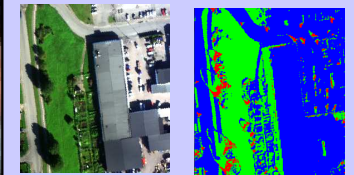
Preprocessing: radiometric and geometric corrections, atmospheric correction



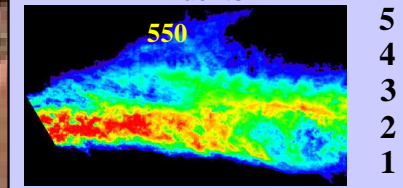
Anomaly detection



Classification (shadow)



Effluents



Les activités 'radar aéroporté' de l'ONERA



BUSARD motoglider

Payload capacity:

Airworthiness for 2 pods
60 kg max per pod
Power: 1500 Watts (28 VDC)

STEMME (Ge)

Motoglider with two seats
Wingspan: 23 m
Speed: 100 nds (200 km/h)
Range max: 1200 km (or 7h)
Altitude max: 12000 ft

BUSARD: les instruments

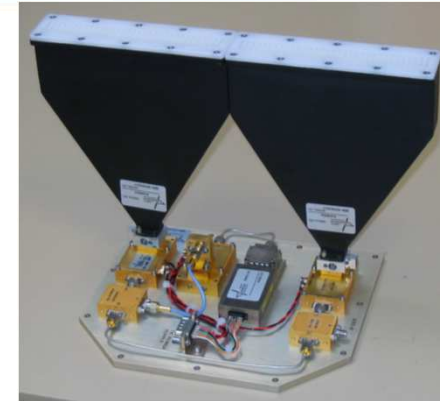
- Radar imageur SAR en bande Ka
- Radar Imageur SAR en bande X
- Caméra FLIR A325

Responsable instrument: jean-francois.nouvel@onera.fr

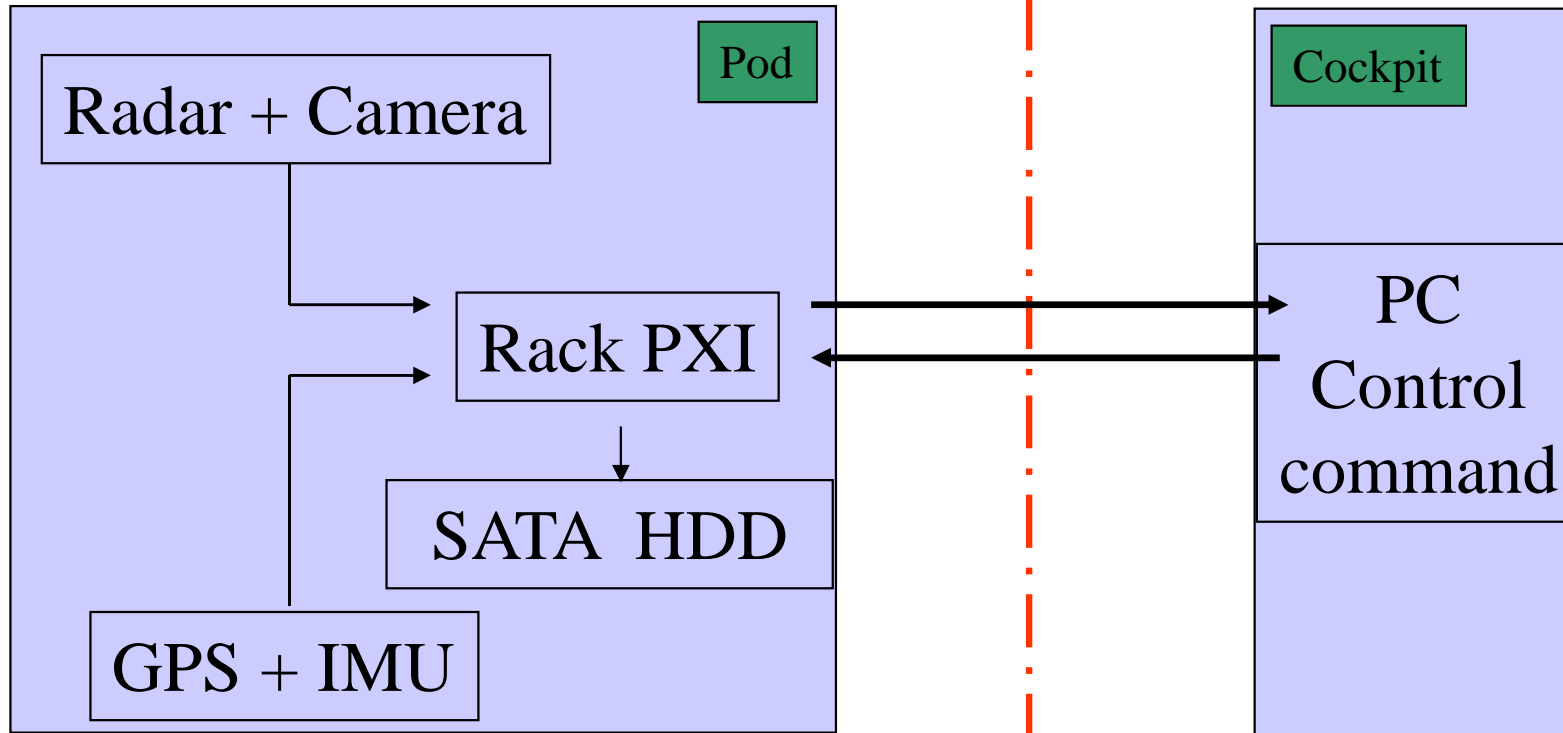
DRIVE: SAR à 35 GHz

Radar :

- **Altitude:** from 300 up to 4000 m.
- **Incidence angle:** from 90° to 0° (nadir).
- **Speed :** 40 m/s.
- **Swath:** up to 1000 m.
- **Antenne aperture (-3 dB) :**
 - **sounder mode:** 4°.
 - **SAR mode:**
 - **El:** 27 °.
 - **Az:** 4°.
- **Centre frequency :** 35 GHz.
- **Bandwidth:** up to 800 MHz.
- **Power (CW):** 2 watts
- **PRF:** 1250 Hz or 2000 Hz
- **Storage:** SATA II (400 Gb)

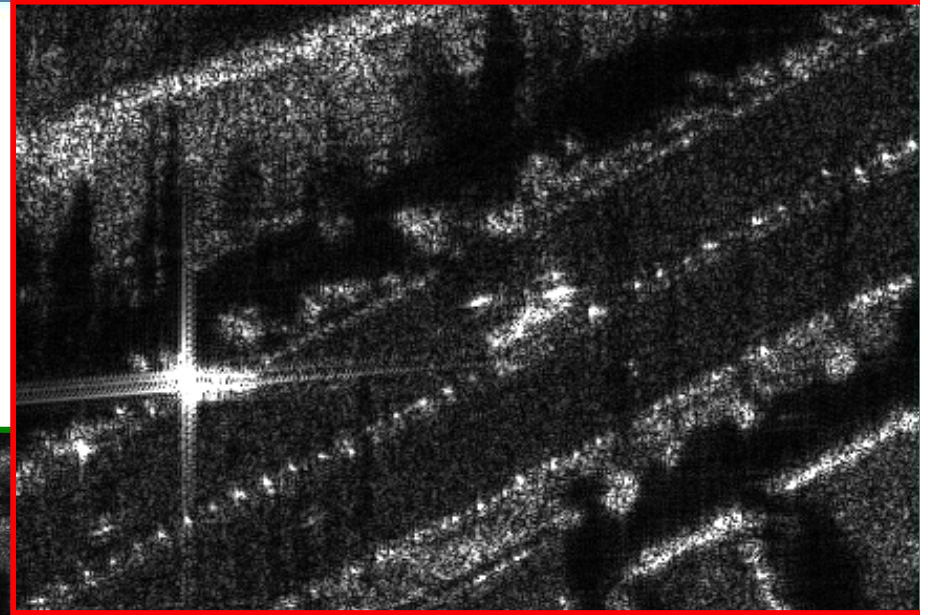
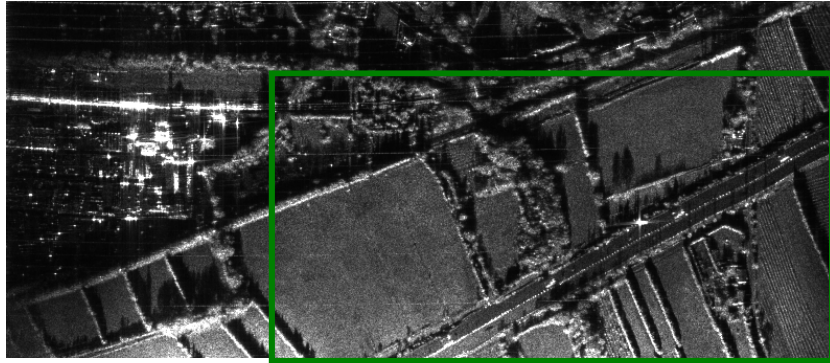


BUSARD: Architecture



DRIVE: SAR image examples at 35 GHz

(incidence angle: 75°)



DRIVE: SAR image examples at 35 GHz (incidence angle: 70°)



Air Force Base

Resolution : 30cm

Swath : 700m

Ka interferometry

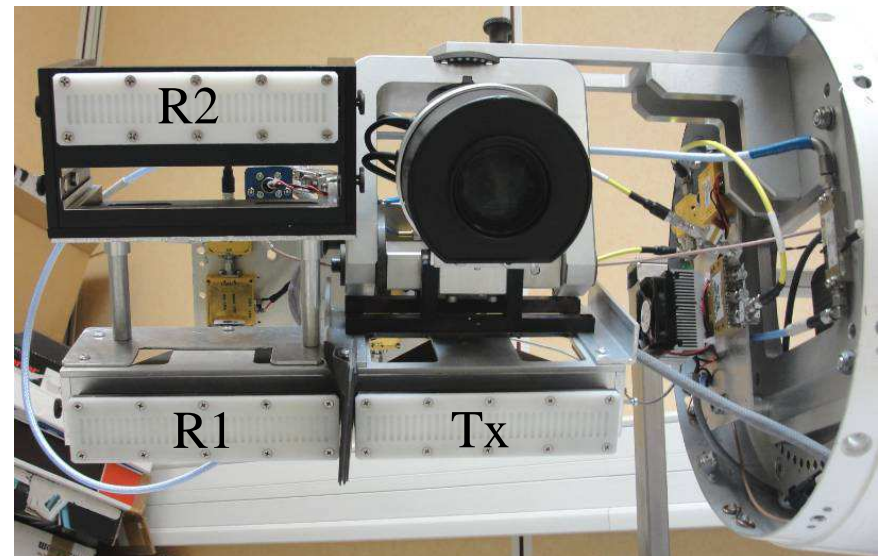


Rx alone

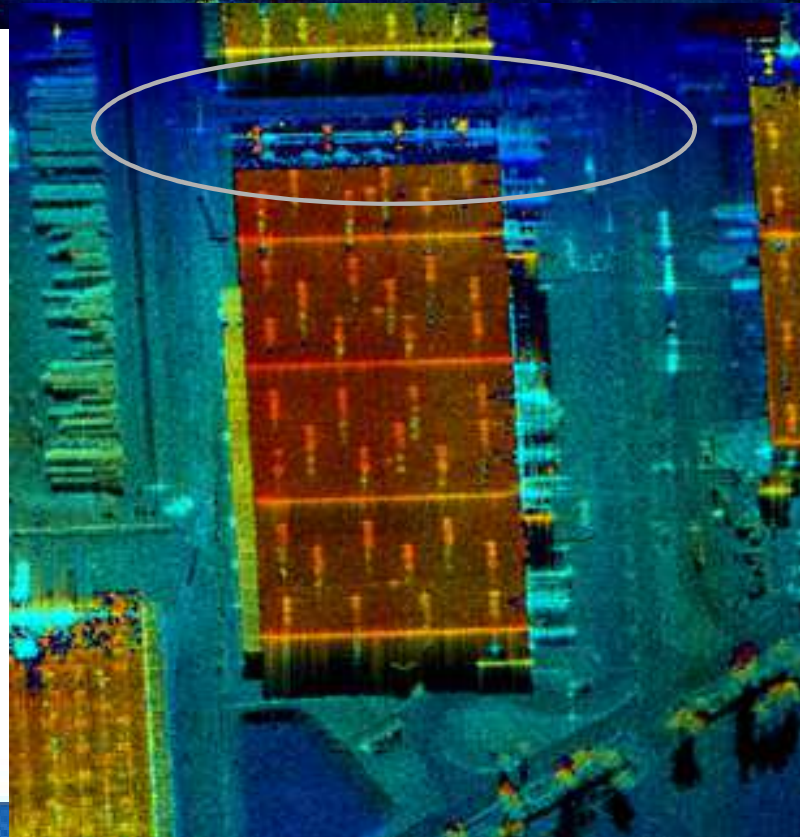
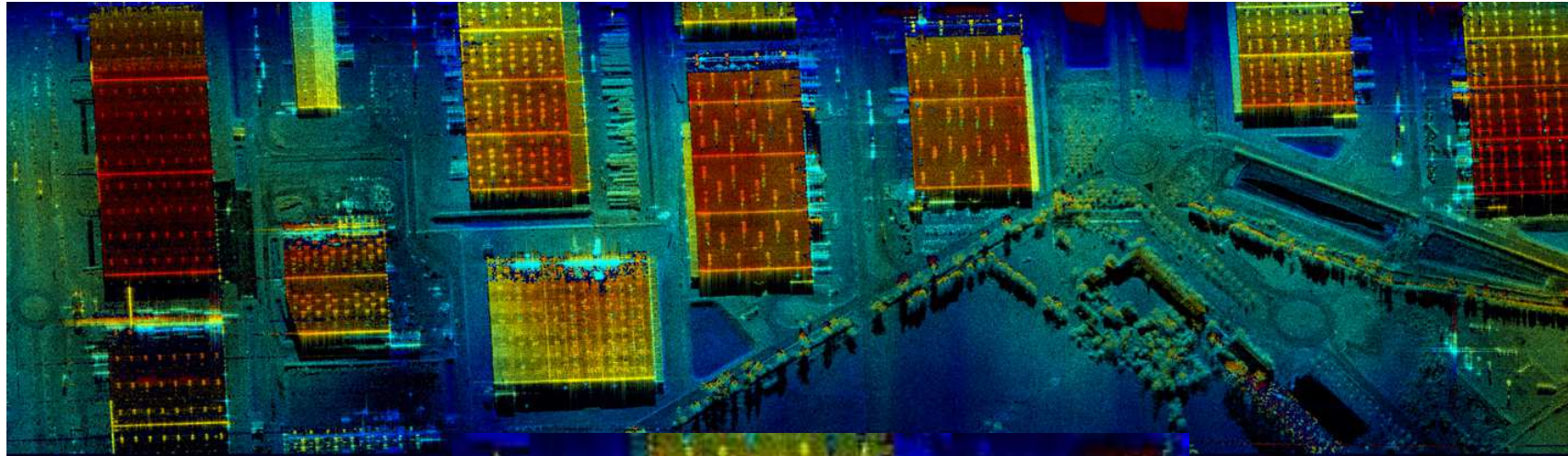
First mode:
Baseline **4.70m**

Tx/ Rx

Second mode: Baseline **0.18m**



Cross-track IF 18cm



ONERA BUSARD: X band radar



ONERA BUSARD : composante IRT

Porteur : Busard

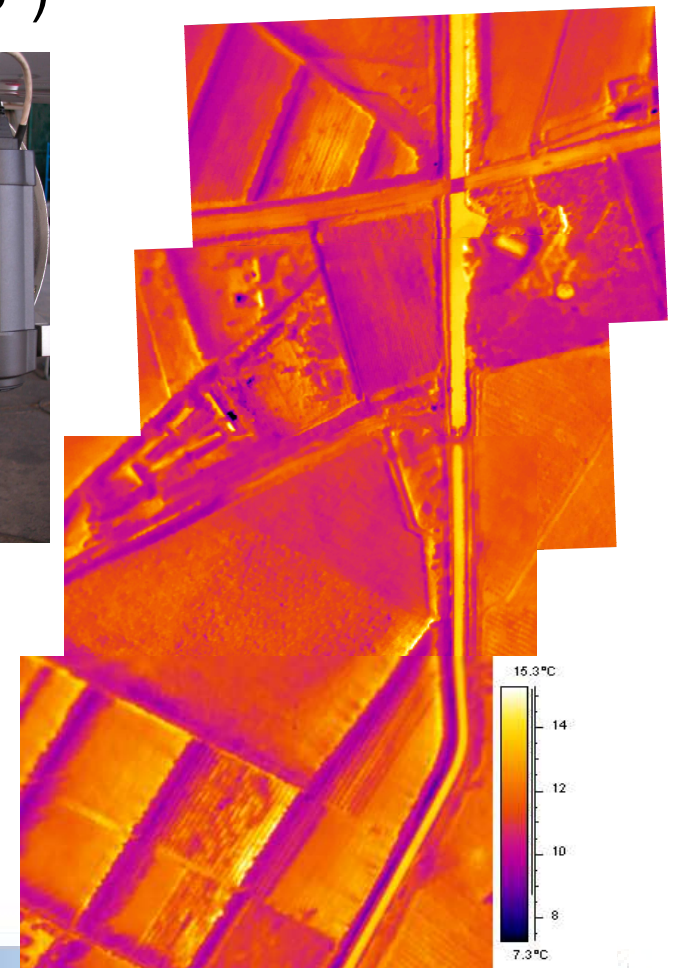
Altitude : 1090 m (sol à env. 70m)

Instrument : Caméra FLIR A325

(matrice μ bolomètres 320x240 – ouverture 25°)

Fauchée : 488m

Résolution au sol : 1.4m

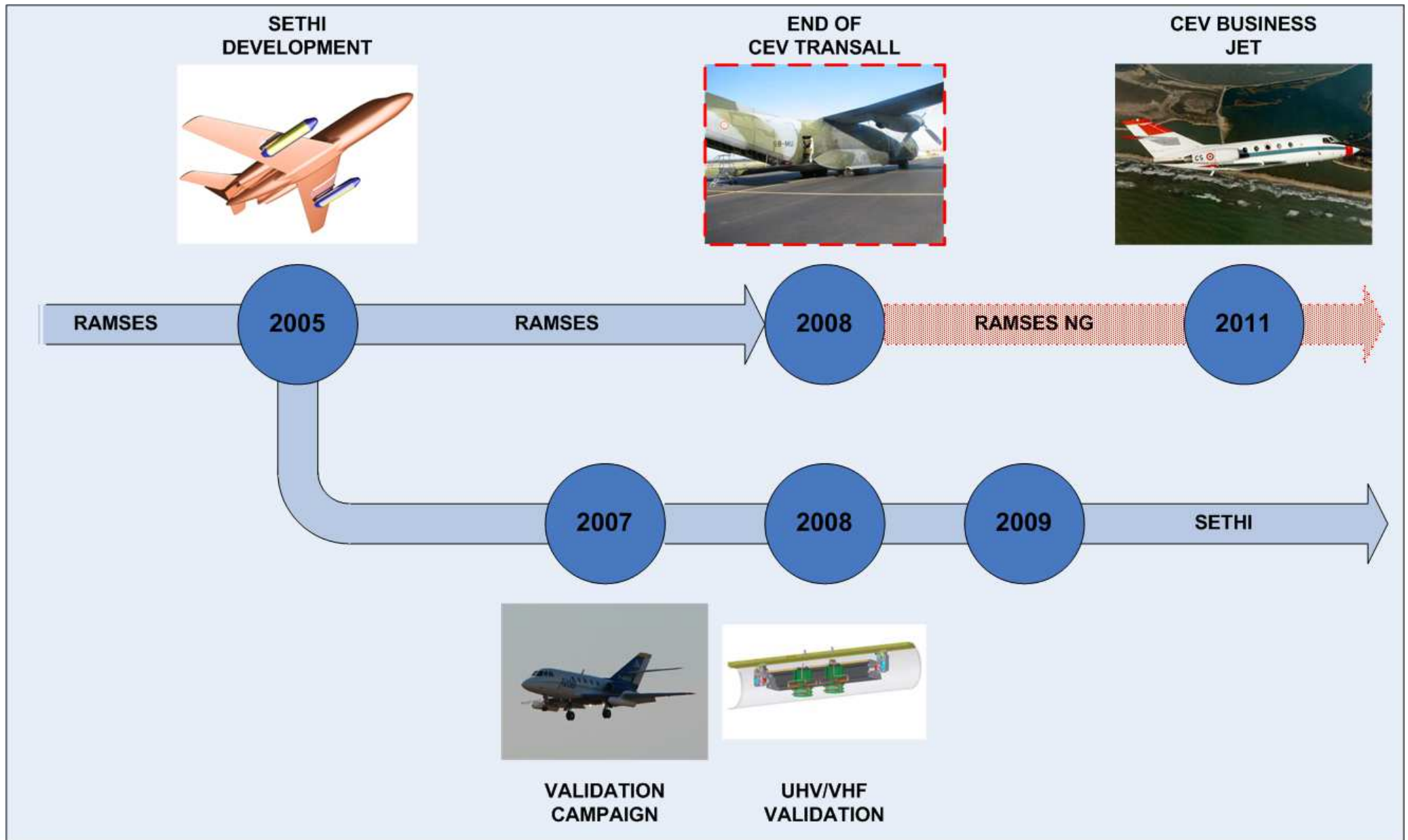


BUSARD

- Bande Ka
 - SAR mono polarisation
 - Interférométrie single-pass
 - Mode sondeur
- Bande X
 - SAR mono polarisation
- Infrarouge thermique
 - μ bolomètres 320x240



Aircraft context



General system design features

- Avion: Falcon 20
 - 160 à 320 noeuds
 - Autonomie : 2h30
- Pods
 - Longueur 230 cm
 - Diametre 53 cm
 - Charge Utile 120kg / pod
 - Radome 10 MHz – 18 GHz
- Capteurs
 - Jusqu'à 4 radars
 - 2 cameras
- Statut
 - Radars certifiés EASA



SAR bande P polarimétrique
SAR bande L polarimétrique
SAR bande X polarimétrique
Caméra de contexte CamV2
Caméra HS Hypspx VNIR

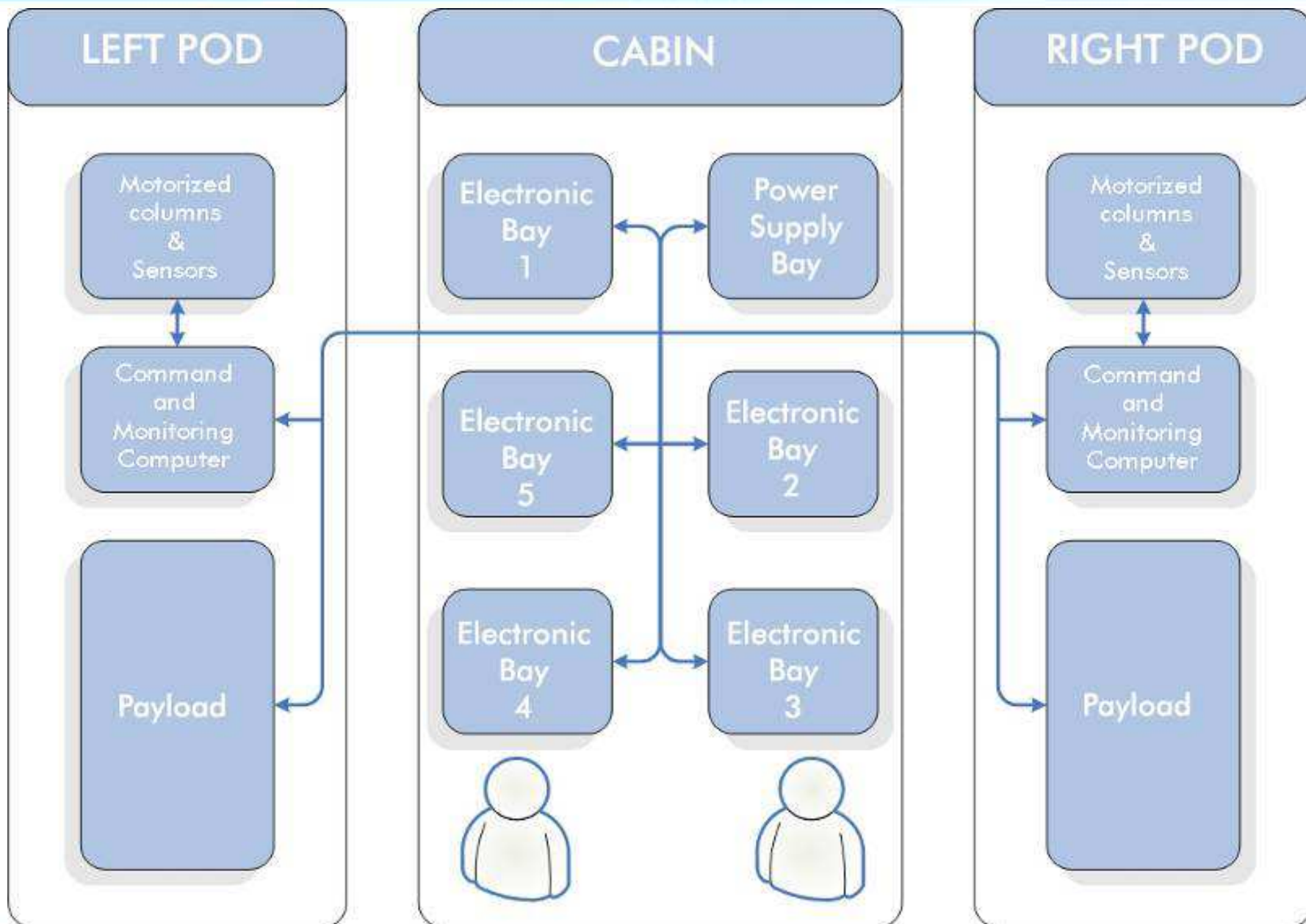
Chef de projet: P Dreuillet

Responsable instrument: Olivier Duplessis

L'évolution de SETHI

- 2005 – 2007 → Développement
- 2007 → Premier vol de validation – SAR en bande P, en bande L, en bande X
- 2008 → Vol de validation du capteur en UHF-VHF
- 2011 → SAR Bande X polarimétrique
Intégration et premier vol pour caméra CamV2–
Caméra Hypspx VNIR
- 2012 → Certification caméra CamV2– caméra Hypspx
VNIR

Implémentation du système

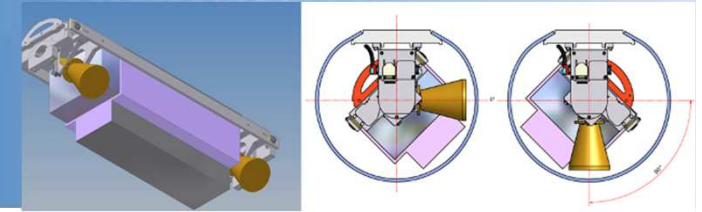


Le pod

- 4 radars
- 7 certified configurations
- 2 fenetres optiques
- 4 elevation positioners
- Power supply 115V/400Hz – 28V/DC
- Ruggedized embedded computer
- Sensors

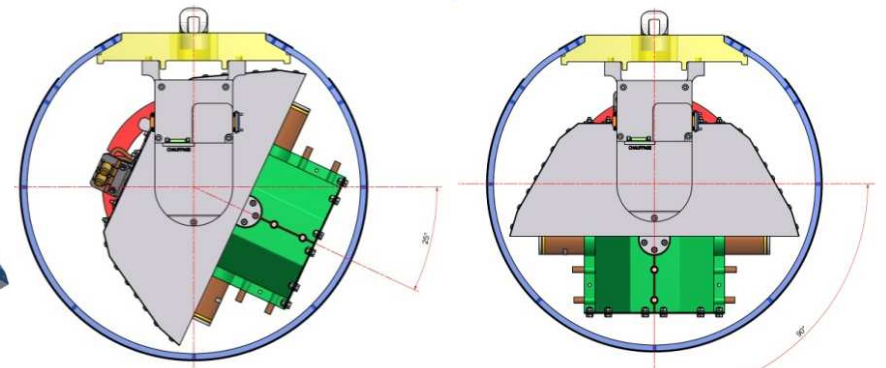
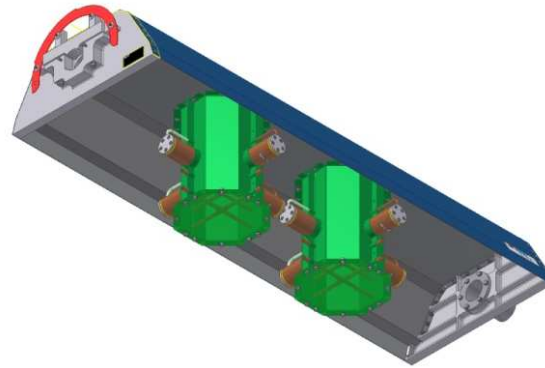


Incidence angle



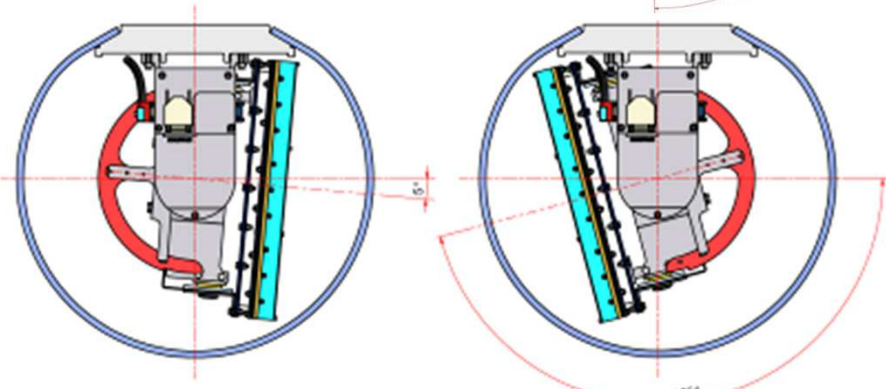
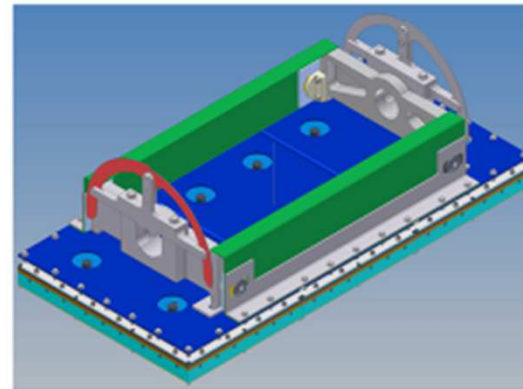
VUHF Band

25 – 90 °



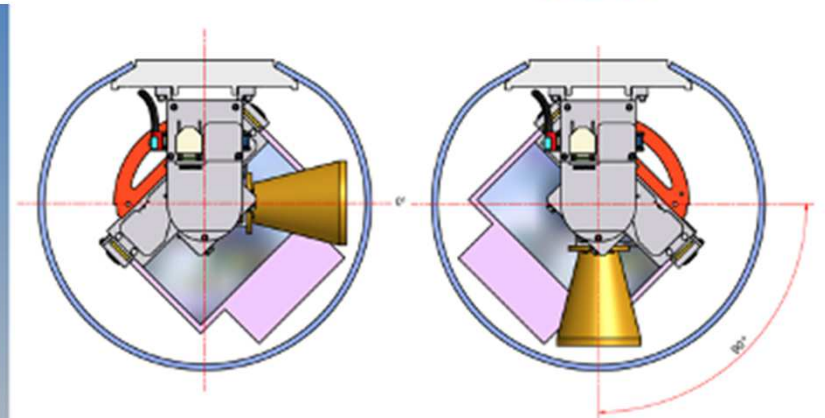
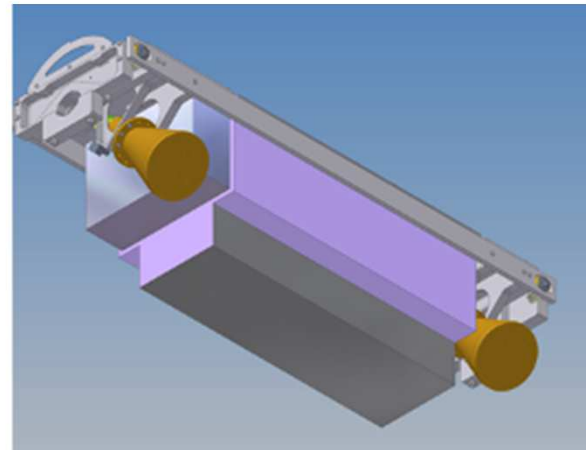
L Band

5 – 165 °

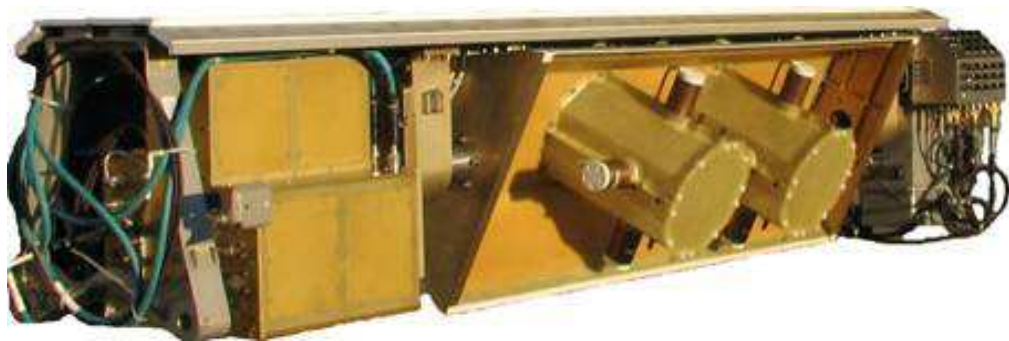


X Band

0 – 90 °



SETHI configuration



Left Pod
VHF/UHF Band



Right Pod
X + Band and optical camera

Les radars de SETHI

Radar	P	L	X
Center frequency (MHz)	340	1300	9500
Instrumented bandwidth (MHz)	240	200	1500
Best achievable resolution (cm)	62	75	10
Polarisation	Full	Full	Full
Tranmit peak power (W)	500	200	200
Antenna	dipoles	patch array.	horns
Elevation aperture	100°	30°	14°
Azimuth aperture	50°	10°	14°
Boresight	Left look.	Left or right look.	0°-80°
Number of required channels for polarimetric mode	1	2	2
Nb of available recording channels	4		
Maximum sampling frequency (GHz)	2		
ADC bandwidth(GHz)	3		
ADC dynamic (bits)	10		
data rate/channel (MB/s)	360		
Record capacity (TB)	1.6		

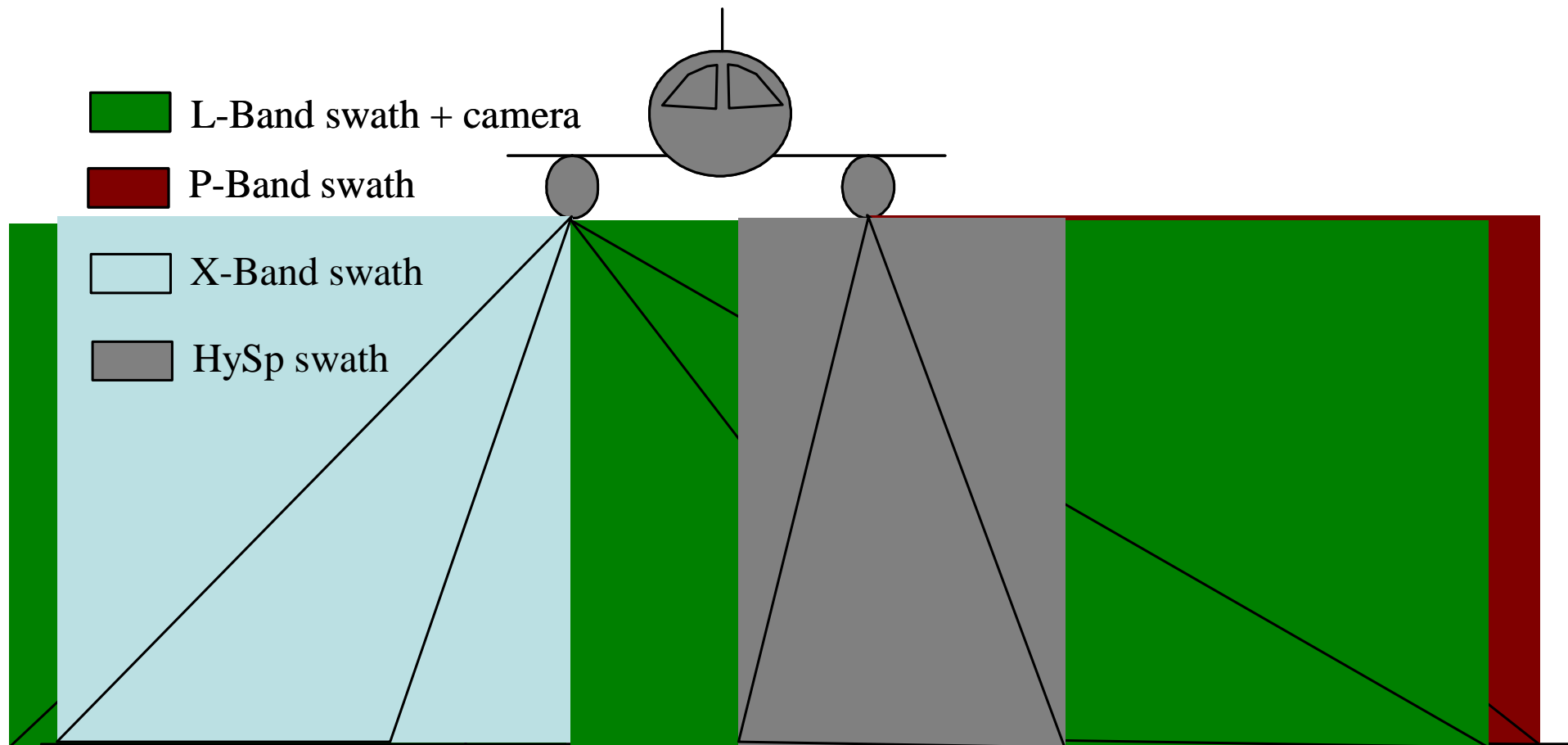
Caractéristiques des moyens optiques actuels

Caméras optiques	PELICAN (camV2)	HYSPEX	FLIR A325
Type détecteur	CD TDI	VISNIR: CCD SWIR: MCT	μbolometer
Domaine spectral (μm)	[0.4 – 0.9]	[0.4 – 2.5]	[8-12]
Nombre de bandes spectrales	Up to 8	160	1
Largeur de bande (nm)	62	VISNIR: 4.7 SWIR: 6	10
IFOV (mrad)	0.0648	VISNIR: 0.18 x 0.36 SWIR: 0.75 x 0.75	1.4
FOV (°)	26 x 20	VISNIR: 17 or 34 SWIR: 14	25
Nombre de pixels	7256 x 5452	VISNIR: 1600 SWIR: 320	320 x 240
Visée angulaire	oui	nadir	oui
ADC converter (bits)	12	12	8

L'originalité de SETHI

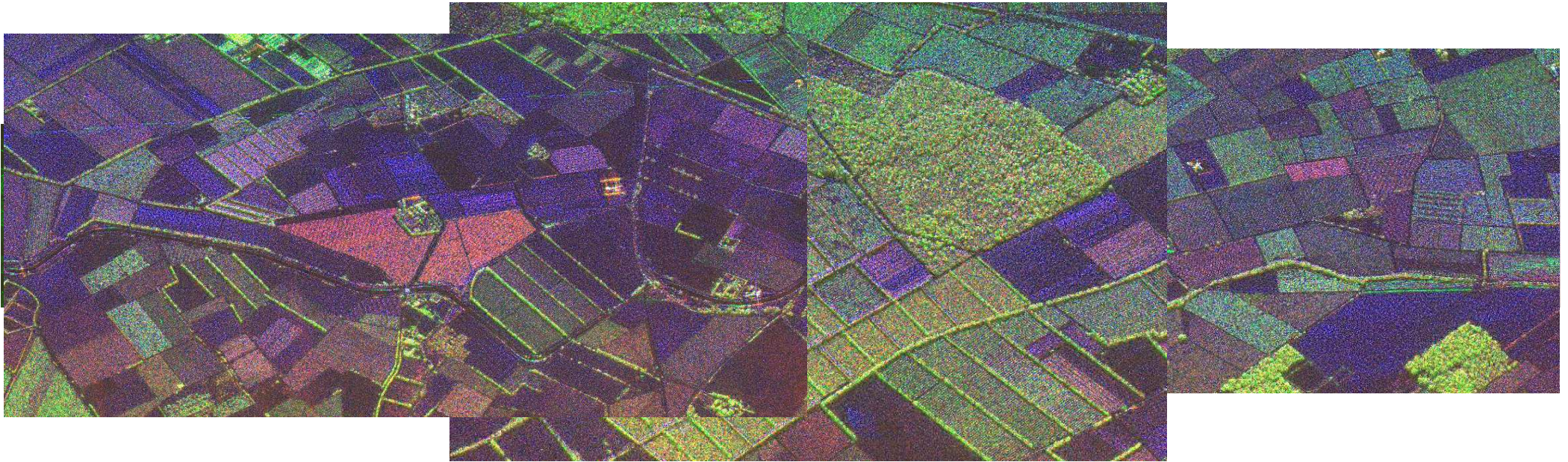
- Instruments haute-performance
 - Résolution Radar: 10 cm en bande X – 75 cm en bande L – 62cm en bande P
 - Polarimétrie: complète sur les 3 instruments radar
- Acquisitions multi-instrument
 - Bandes X, L et P, caméra multi-spectrale en simultanées
 - HySpex et radar sur le même vol
- Flexibilité des instruments
 - Altitude / résolution / forme d'onde / incidence
- Optique radar combiné
- Evolutivité

Imaging geometry

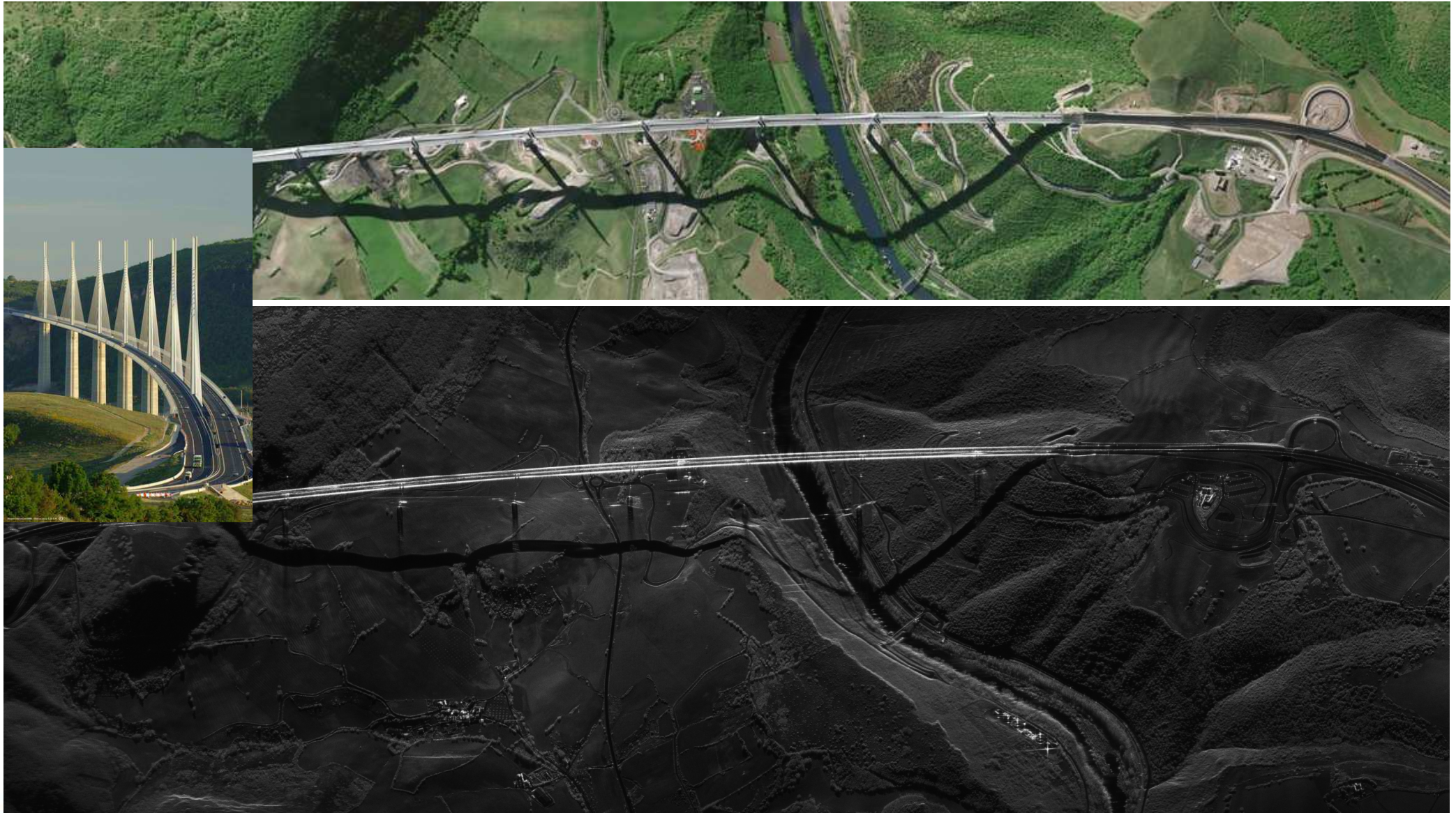


SETHI: analyse multi-fréquences: bandes X (9,5 GHz), L (1.3 GHz) et P (400 MHz)

$$(R, G, B) = (L-Hv, P-Hv, X-Hh)$$



SETHI Bande X - très haute résolution

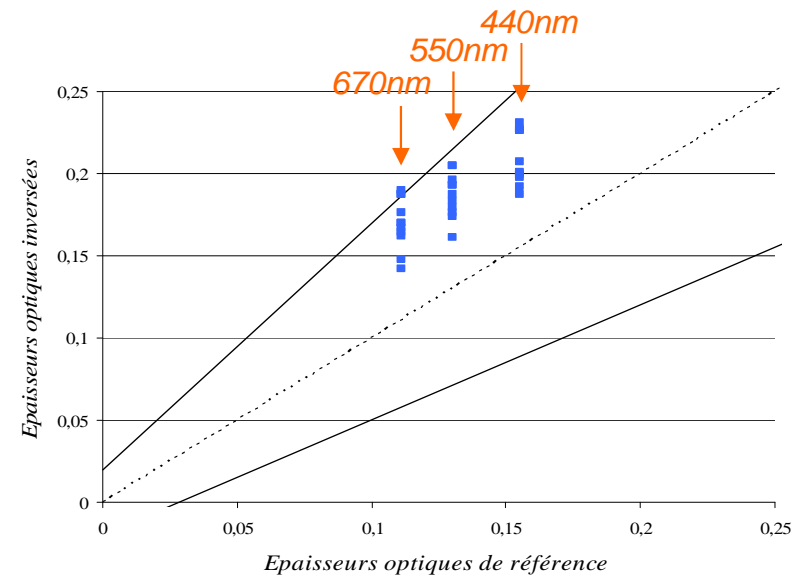
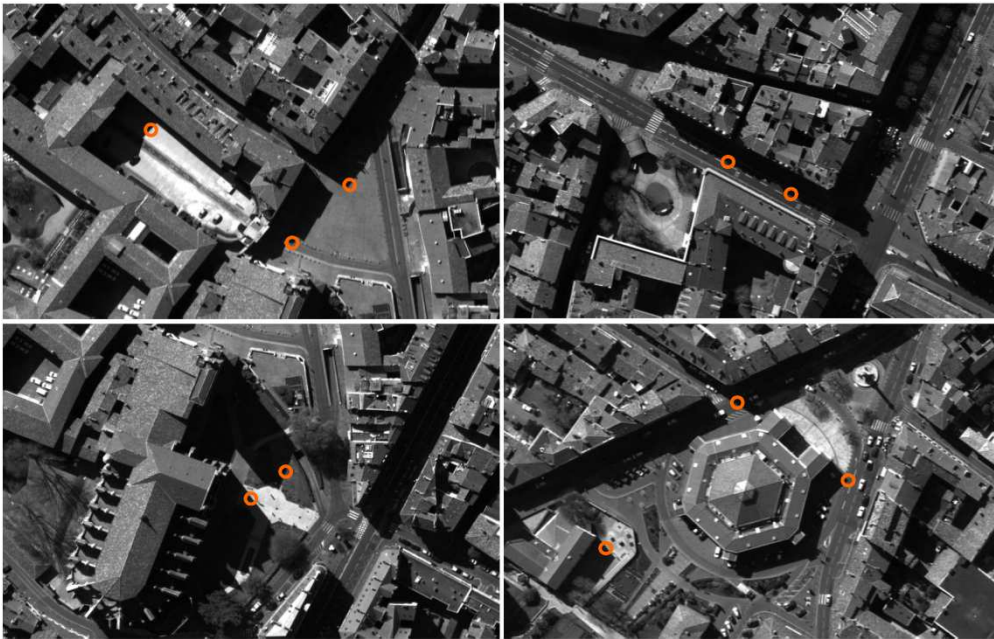


Illustrations à travers les campagnes récentes

- **2009: Campagne MUSARDE**
 - Caractérisation des aérosols urbains, classification des matériaux urbains
 - Contexte : RTRA ACCLIMAT
 - Collaboration IGN
 - Financement IGN/ONERA
- **2009: Campagne TropiSAR**
 - Caractérisation de la forêt en bande P dans un contexte tropical
 - Contexte de la mission spatiale BIOMASS de l'ESA
 - Collaboration CESBIO, EDB, CIRAD, IRD
 - Financement ESA/CNES/ONERA
- **2010: Campagne TuniSAR**
 - Etude du potentiel de la bande P en milieu aride
 - Contexte de la mission spatiale BIOMASS de l'ESA
 - Collaboration OASU
 - Financement CNES
- **2011: Campagne Enviro**
 - Occupation des sols et caractérisation de la végétation par fusion optique/radar
 - Collaboration MDT
 - Financement ONERA
- **2012: Campagne Surveillance maritime**
 - Caractérisation de la réponse de l'océan
 - Financement CNES

Campagne MUSARDE: caractérisation des aérosols

Principe : Observation de **matériaux identiques** à la **transitions ombre/soleil** par rapport



Précision intrinsèque : $\Delta\tau < 0,1.\tau \pm (0,02+0,4.\tau)$, comparable au produit MODIS
Principales limitations : modèle vecteur, conditions de ciel clair, climatologie d'aérosols urbains, temps de calcul important

OSIS: remote sensing code for estimating aerosol optical properties in urban areas from very high spatial resolution images, Colin Thomas, Xavier Briottet, and Richard Santer, APPLIED OPTICS / Vol. 50, No. 28 / 1 October 2011

Remote sensing of aerosols in urban areas from very high spatial resolution images: application of the OSIS code to multispectral PELICAN airborne data, Colin Thomas, Xavier Briottet, and Richard Santer, IJRS, **accepted**

Classification in urban area: optical properties retrieval in the reflective domain - ICARE

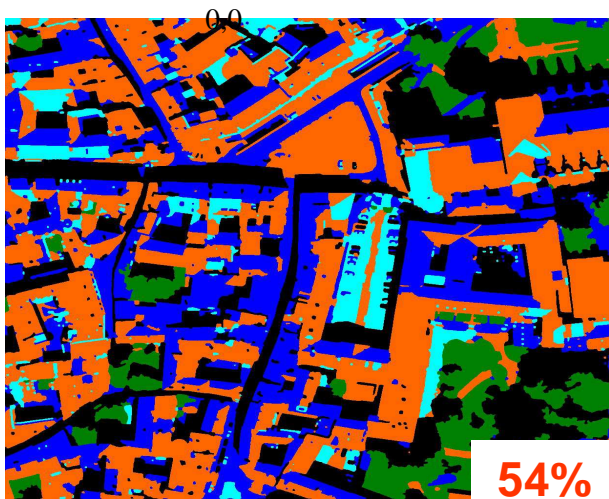
PELICAN Images: 8 bands



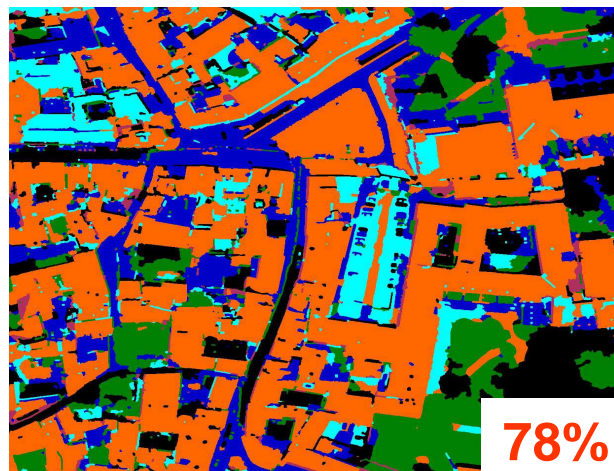
Reference classification



Using a DEM with our ICARE reflectance retrieval tool improve the classification up to 78%



Classification with Flat surface assumptions



Classification taking into account the DEM

"ICARE: A physically-based model to correct atmospheric and geometric effects from high spatial and spectral remote sensing images over 3D urban areas", S. Lachéradé, C. Miesch, D. Boldo (IGN), X. Briottet, C. Valorge (CNES), H. Le Men (IGN), Volume 102, Numbers 3-4 / December, 2008, Special Issue on CAPITOUL Experiment (Special Editors: L. Gimeno, V. Masson and A. J. Arnfield), Meteorology and Atmospheric Physics Publisher Springer Wien, pp 209-222

Campagne TropiSAR: Forêt tropicale et SAR Bande P

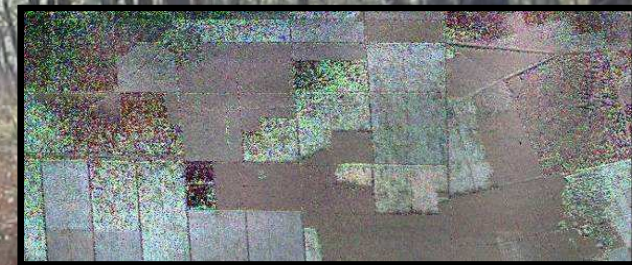
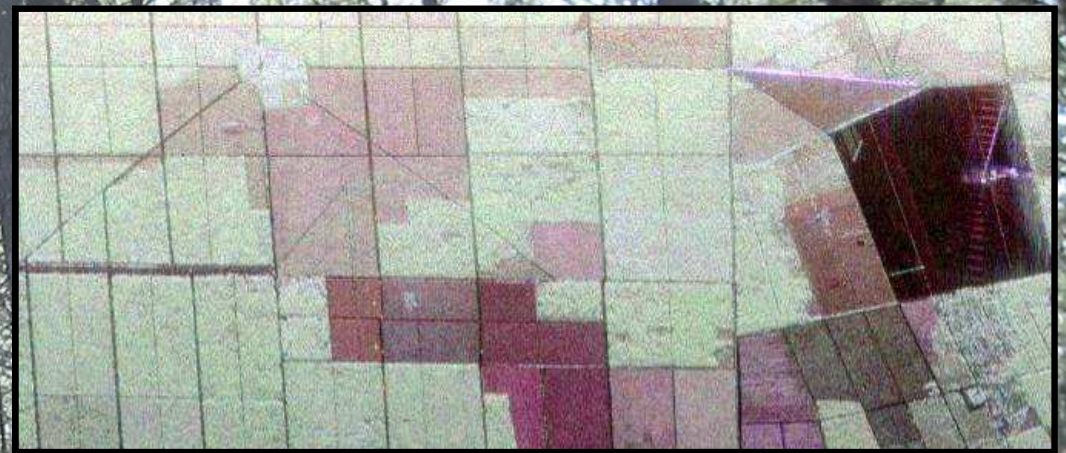
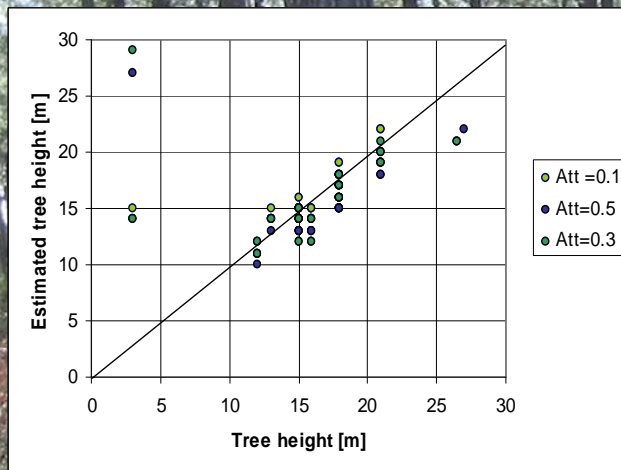


The in-situ database
based on permanent plots
managed by Guyafor project
(L Blanc and J Chave)

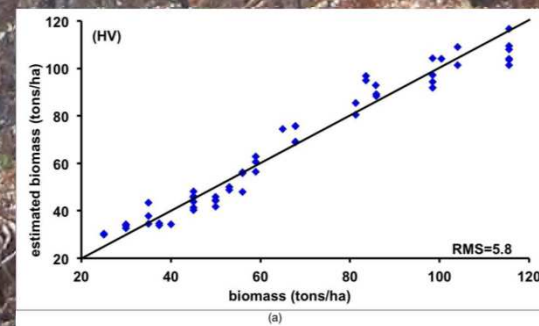
Censused data
28 plots – 157 ha
98200 measured trees
Diameter > 10cm
Biomass ranging from 100t/ha to
500t + /ha

Forêt tempérée

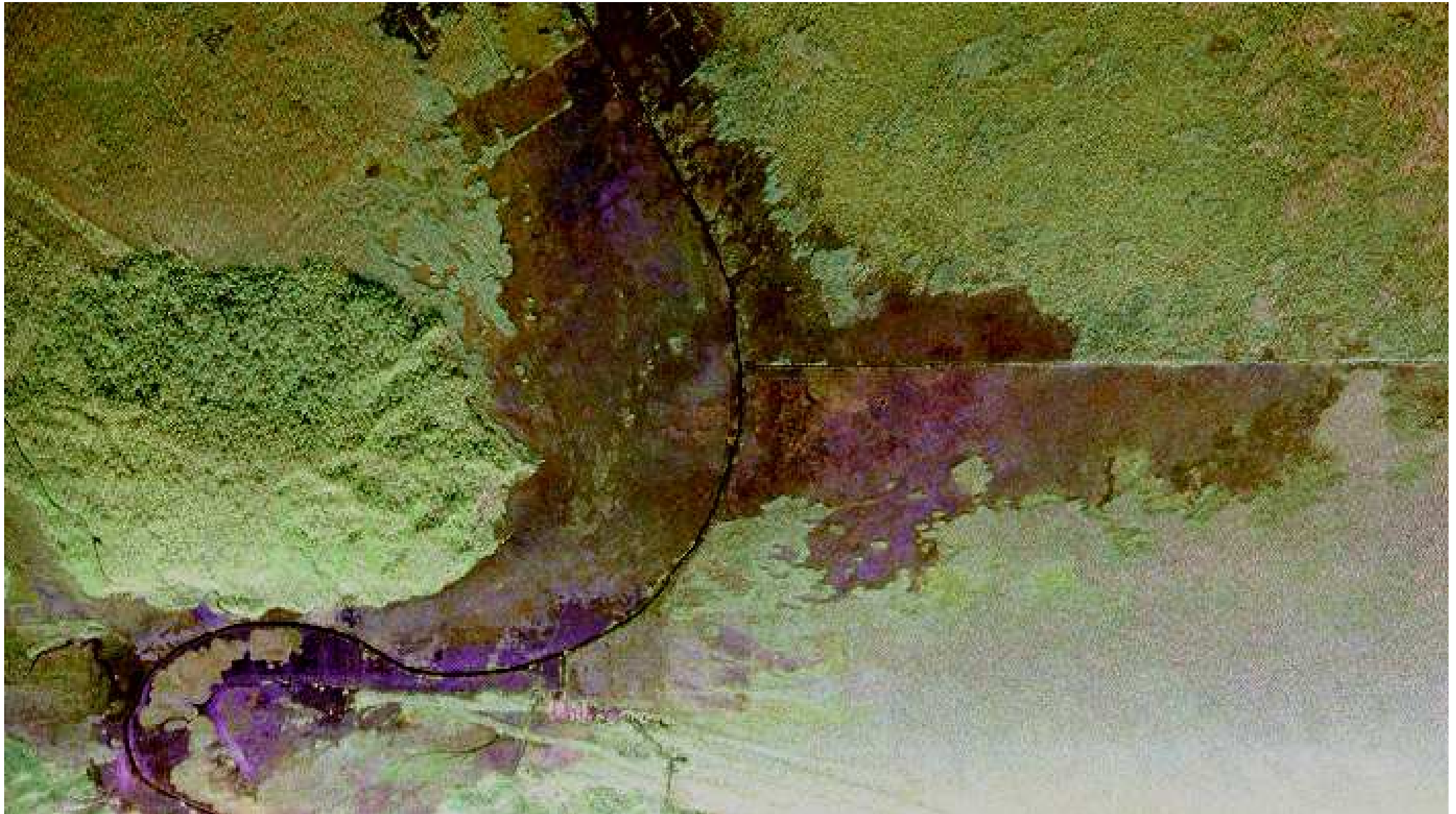
- Hauteur: 25 -30m
- Forêt plantée et mono-espèce
- Parcelles homogènes
- Biomasse < 150t/ha
- Terrain plat



- Forêt tropicale
- Hauteur: 25 -50 m
- Espèces variées
- Biomasse < 600t/ha
- Topographie marquée



Campagne TropiSAR: Marais de Kaw



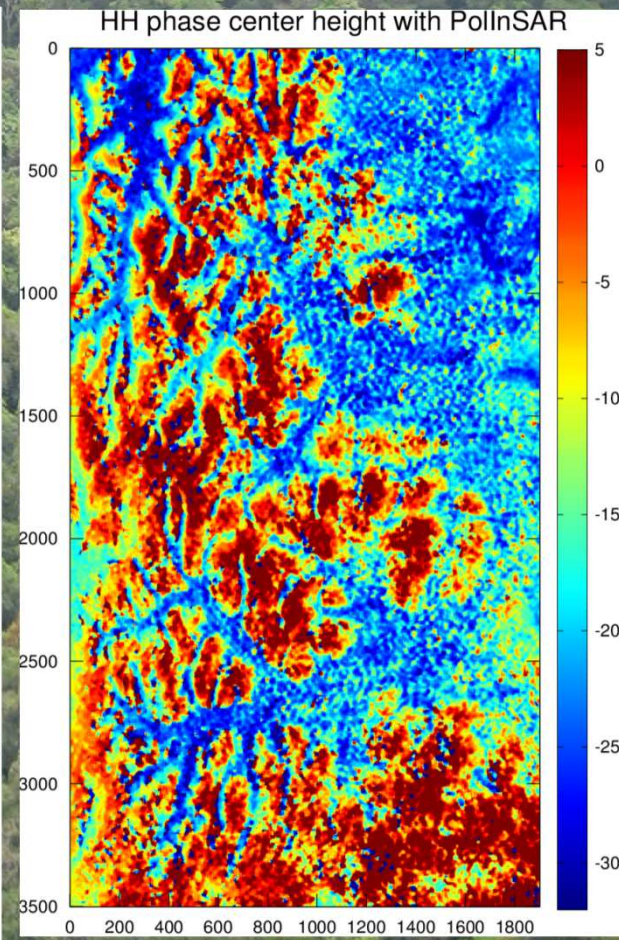
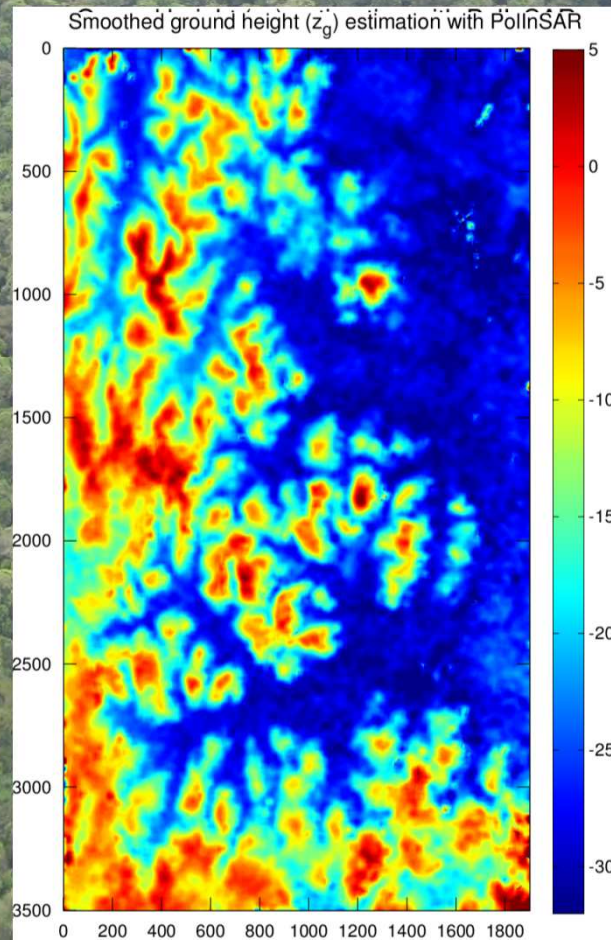
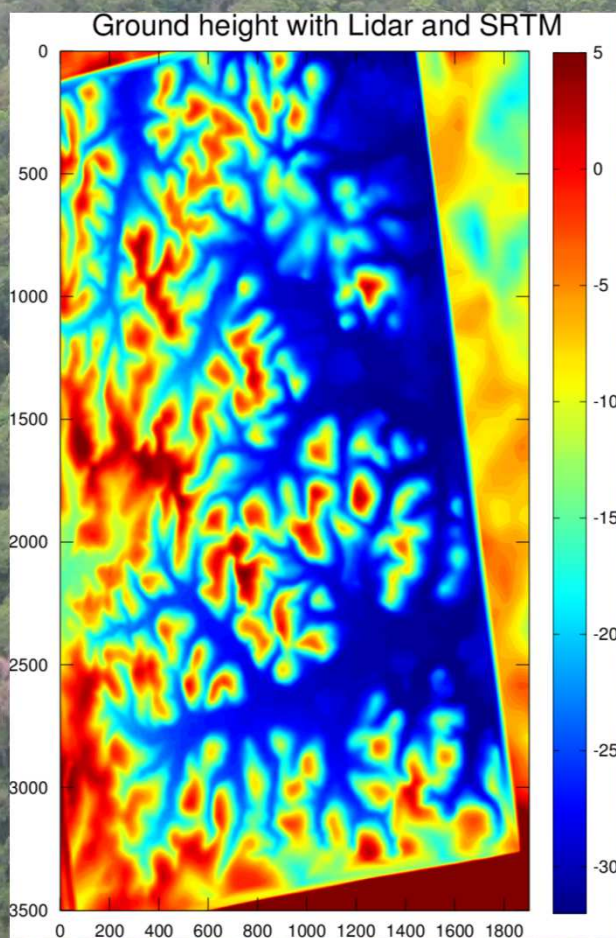
Campagne TropiSAR: Estimation de la hauteur sol sous couvert végétal

Estimation de la hauteur sol sur données réelles : Forêt Tropicale

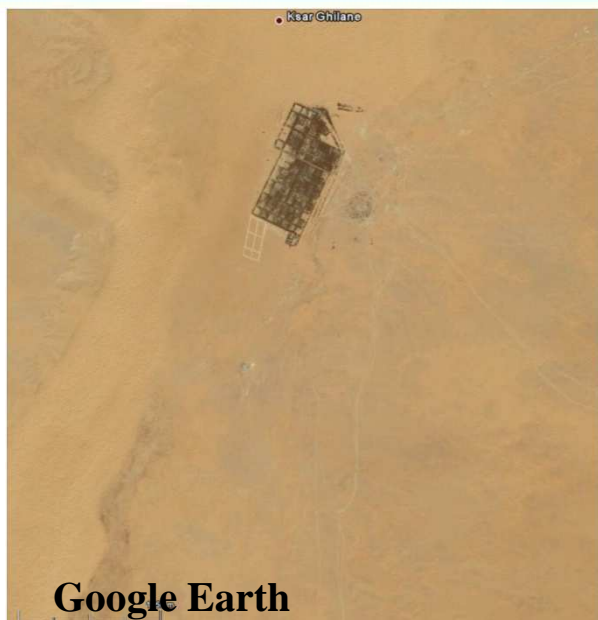
Sol Lidar

Sol PolInSAR

Hauteur phase HH



TuniSaR 2010: cartographie de sub-surface – SAR bande P



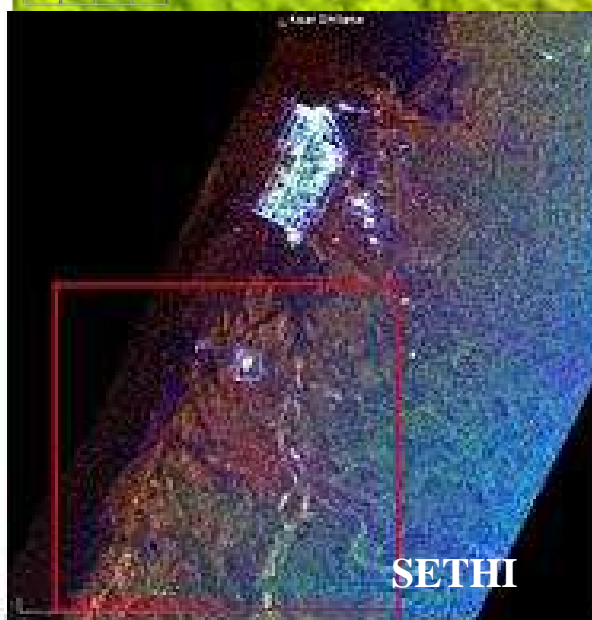
Google Earth



SRTM



PALSAR JAXA



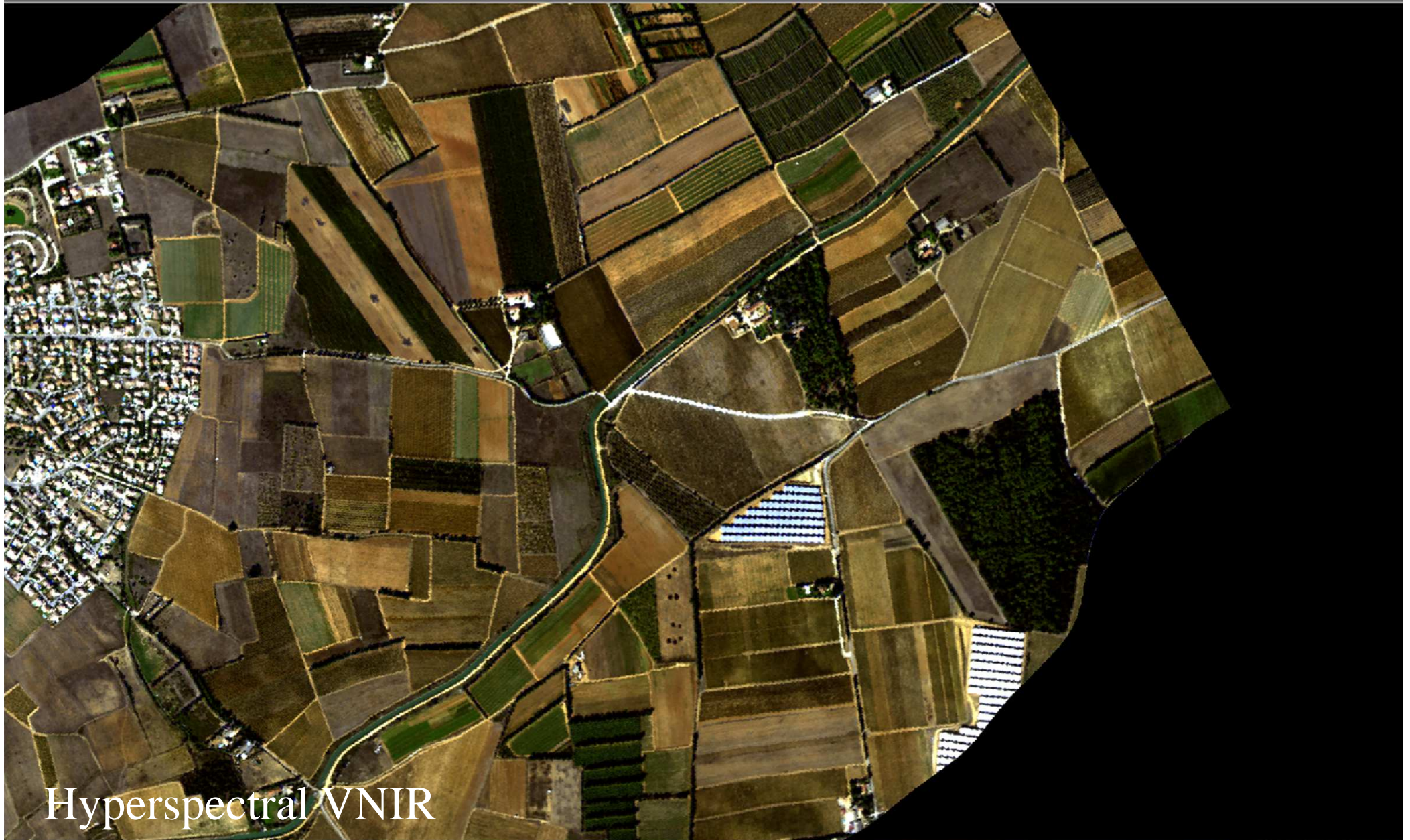
SETHI

Campagne ENVIRO 2011: Fusion optique/ radar



SAR bande L

Campagne ENVIRO 2011: Image hyperspectrale (RVB)



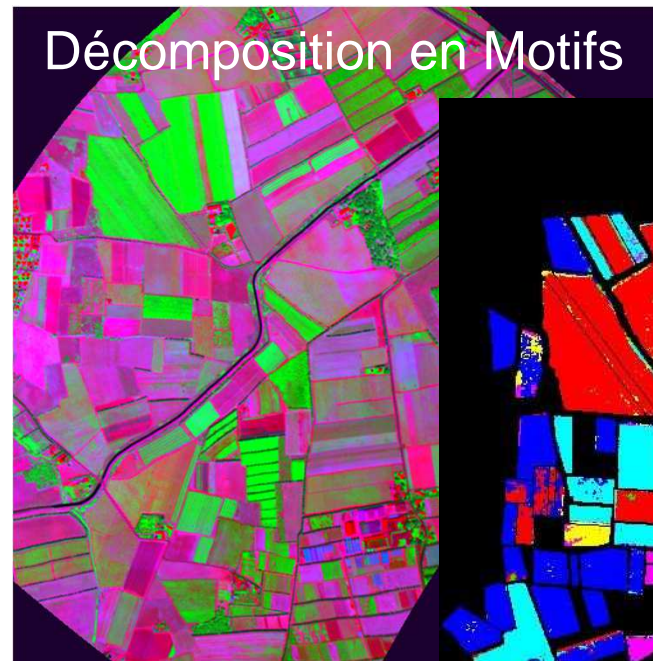
Hyperspectral VNIR

Illustrations: Occupation du sol par attributs spectraux

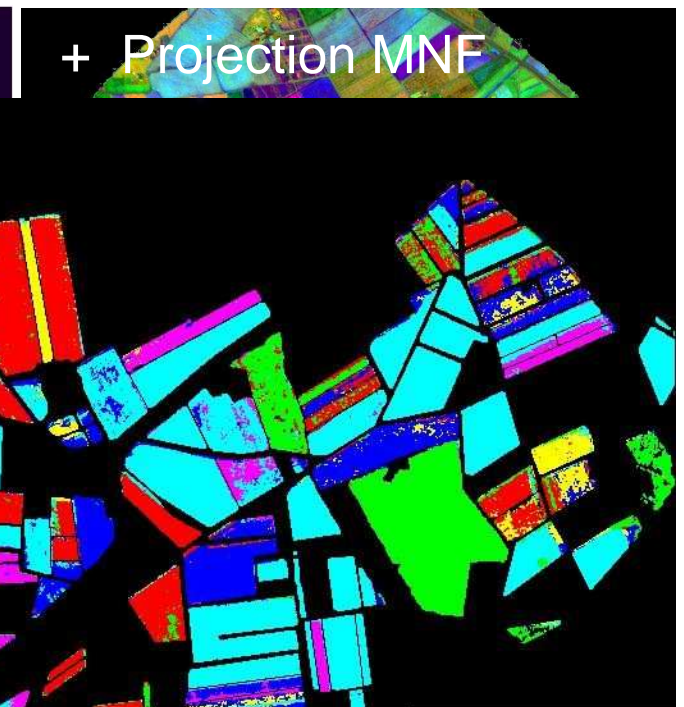
Méthode : Explorer la diversité des attributs



[NDVI, WBI, CAI]



[Sol, Vég., Résidus]



Validation par classification avec SVM =>
(exemple : VI + Motifs + 30 Bandes)

Overall Accuracy = 85 %

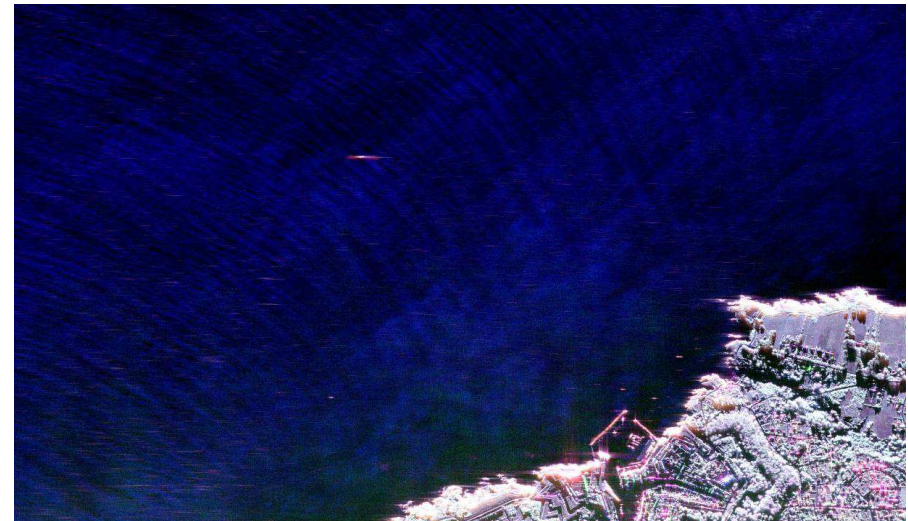


Campagne Surveillance Maritime



Bande X polarimétrie complète

Etude système du futur satellite



*Angelliaume, S.; Durand, P.; Souyris, J.C.; , "Ship detection using X-band dual-pol SAR data,"
IGARSS, 2011 IEEE International , vol., no., pp.3827-3830, 24-29 July 2011*

Perspectives

- Les capteurs imageurs aéroportés ONERA
 - Busard: facile à mettre en oeuvre pour instrumentation légère
 - SETHI: Offre étendue de capteur
 - Simultanéité optique radar
 - Instruments haute performance
 - Flexibilité et évolutivité
- Les applications
 - Préparation de missions spatiales
 - BIOMASS
 - Surveillance maritime
 - MISTIGRI
 - HYPXIM
 - Exploration de nouveaux concepts
 - Fusion de données multi-fréquences (radar/optique, ...)
 - Pan-sharpening avec image hyperspectrale
 - Tomographie SAR et PolInSAR multifréquence
 - Potentiel de la très haute résolution
 - Analyse en milieu urbain (classification, gestion des ombres, correction atmosphérique...)
- Les perspectives
 - Imageur hyperspectral Sysiphe [0.4 – 11 μm] : 2013
 - Lidar multiécho à onde complète : 2013
 - Projet LIMA : système de traitement et d'archivage données aéroportées optiques (participant PTSC) : 2013
 - SAR Ku sur SETHI en 2013