



CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES



HYPXIM

AN ADVANCED HYPERSENSITIVE SATELLITE FOR ENVIRONMENT, SECURITY AND DEFENCE

***Marie-José Lefevre-Fonollosa, Sylvain Michel, Florence Porez-Nadal,
Philippe Gamet***

marie-jose.lefevre@cnes.fr

PASO (Plateforme d'Architecture des Systèmes Orbitaux)

■ Notre mission

- ◆ Mener des études de faisabilité des missions spatiales
- ◆ Analyser les systèmes spatiaux du futur en termes :
 - Technique
 - Calendaire
 - Coût
 - Organisation du développement (partenariat, ...)

■ Comment ?

- ◆ Une organisation transverse :
 - Bureau de 12 ingénieurs à temps plein.
 - Un groupe de 60 spécialistes appartenant aux structures techniques et au bureau d'estimation des coûts.
- ◆ Centre d'Ingénierie Concourante

10 études terminées chaque année (30 à 50% en Observation de la Terre)

PRESENTATION GENERALE D'HYPXIM

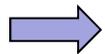
- HYPXIM est un avant-projet (i.e. phase 0) débuté mi-2009, mené et financé par le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales). La phase A a été décidée en juillet 2012.
- Les besoins de la mission ont été définis grâce à une forte implication de la communauté française hyperspectrale issue des domaines suivants : étude de la végétation, écosystèmes côtiers et lacustres, géosciences, environnement urbain, étude de l'atmosphère, Sécurité et Défense
- La synthèse des besoins exprimés a permis de définir des spécifications de besoin et de mission consolidés en termes de domaine spectral, résolution spectrale, rapport Signal à bruit, champ et revisite, qui sont les paramètres dimensionnants d'un radiomètre spatial
- Afin de répondre à ces besoins, deux architectures de satellites ont été étudiées en phase 0 par le CNES avec le support d'ADS (ex EADS-Astrium) et de TAS.

2008-2009: Groupe de Synthèse Hyperspectral (GSH)

President : Rémi MICHEL (CEA), Secretary : Rodolphe MARION (CEA).

Science coordinator : Véronique CARRERE (Université de Nantes).

Membres : Xavier BRIOTTET (ONERA), Sabine CHABRILLAT (GFZ), Stéphane CHEVREL (BRGM), Jean-Marie FROIDEFOND (Université de Bordeaux 1), Steven HOSFORD (CNES), Stéphane JACQUEMOUD (IPGP), David LAUBIER (CNES), Marie-José LEFEVRE-FONOLLOSA (CNES), Camille LELONG (CIRAD), Marc LENNON (Actimar), Commandant Frédéric LIEGE, (Etat-major des Armées), Eric MALIET (EADS-Astrium), Grégoire MERCIER (ENSTB), Philippe PRASTAULT (DGA), Pascal PRUNET (Noveltis), Serge TARIDE (Thales Alenia Space), Christiane WEBER (Université de Strasbourg).

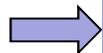


RECOMMANDATION D'UNE PHASE 0

2009-2013: Groupe de Mission HYPXIM (GMS)

Coordonné par les 4 co-PI à l'interface CNES / Utilisateurs:

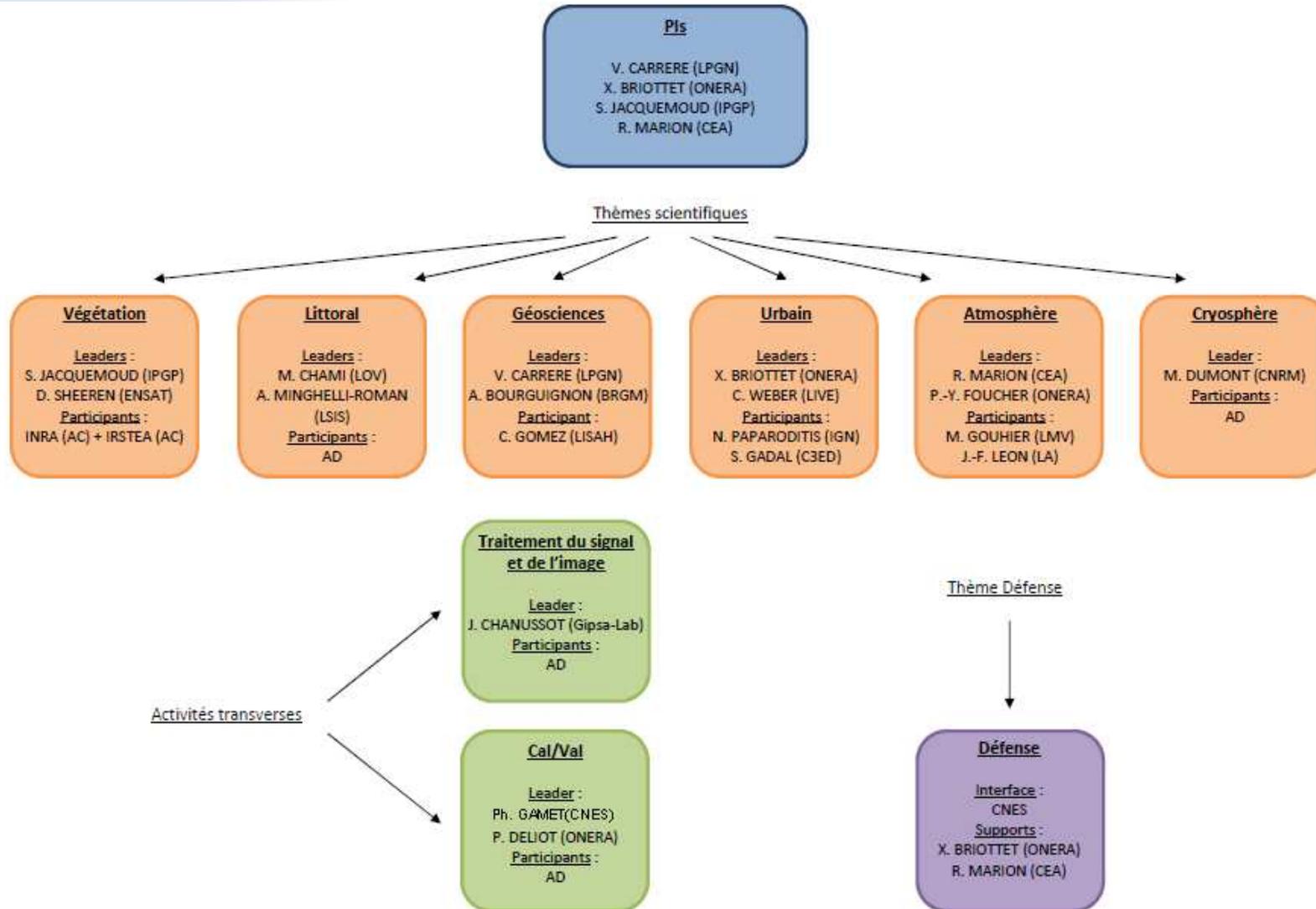
Véronique CARRERE (Université de Nantes), Xavier BRIOTTET (ONERA), Stéphane JACQUEMOUD (IPGP) & Rodolphe MARION (CEA).

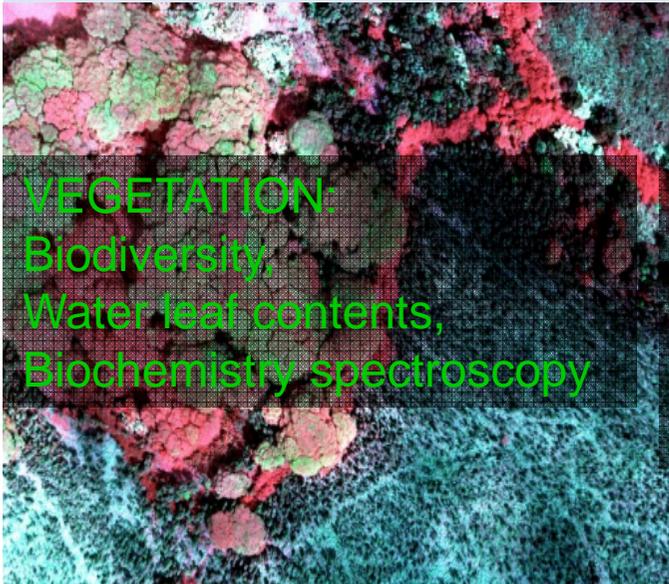


PILOTAGE SCIENTIFIQUE DE LA PHASE 0 PUIS DE LA PHASE A (*)

(*) La phase A a été gelée mi-2012 pour des raisons budgétaires et mise en attente des recommandations du Séminaire de Prospective Scientifique 2014

HYPXIM MISSION GROUP ORGANIZATION



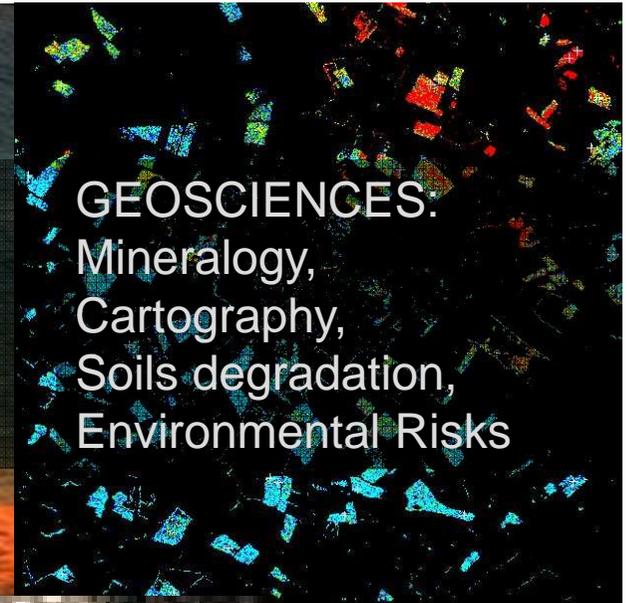


VEGETATION:
Biodiversity,
Water leaf contents,
Biochemistry spectroscopy



COASTAL ECOSYSTEMS:
Biometry, red tide blooming,
Bathymetry, sedimentology
Effluents, water quality,
Intertidal cartography

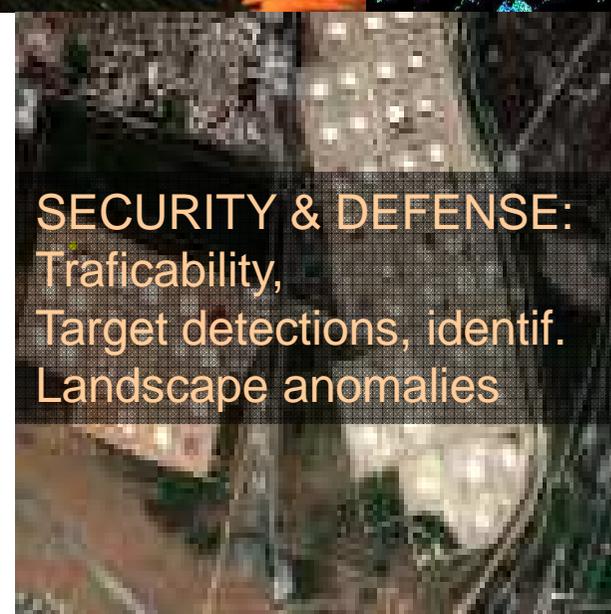
PJS Franks



GEOSCIENCES:
Mineralogy,
Cartography,
Soils degradation,
Environmental Risks



URBAN ENVIRONMENT
Materials maps and
variability;
Urban climatology,
Hidden pixels,
Shadow effects

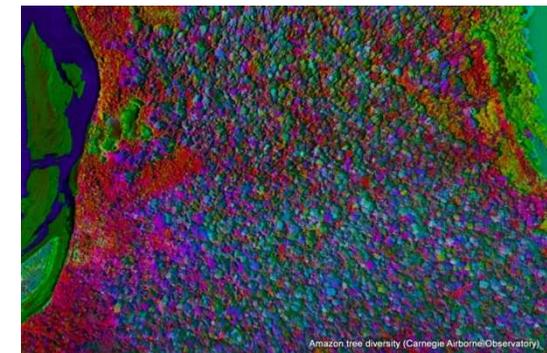
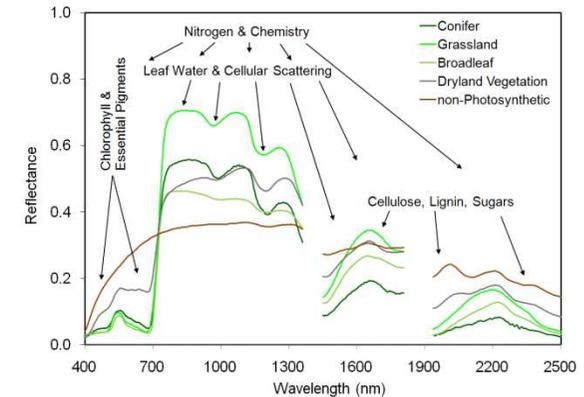


SECURITY & DEFENSE:
Traficability,
Target detections, identif.
Landscape anomalies

HYPERSENSPECTRAL CONTEXT & USERS NEEDS (1/6)

VEGETATION:

- **Hyperspectral signatures authorize to distinguish different species based on the variations in their biochemical properties -> for *Biodiversity analysis, impact of invasive species,* .**
- **Mapping “Vegetation water content”, is also demonstrate with hyper data and used for many environmental applications -> *forest fire hazards, climate change studies, desertification.***
- **Measurements of the “dry matter content” gives an estimation of the carbon/nitrogen ratio in forests. This provides the decomposition rate of the organic matter by micro-organismes in the soil. -> *which in turn allows for an estimation of the release of CO2 into the atmosphere, providing inputs to the study of the carbon cycle.***



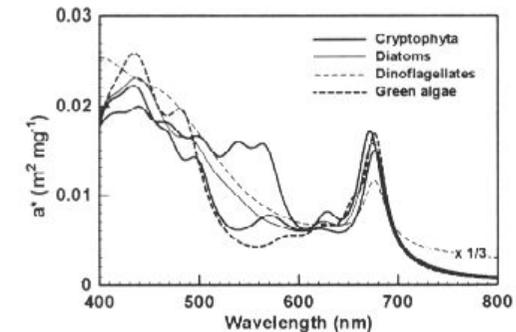
<http://cao.stanford.edu/>

Spectral characteristics: 0.4-2.5 μ m, resolution < 10nm
Geometric characteristics: resolution ~5-10m is useful for certain applications
Temporal characteristics: critical during the growing season (10 days)

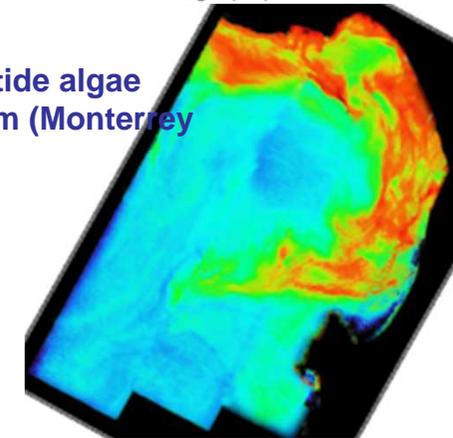
HYPERSENSPECTRAL CONTEXT & USERS NEEDS (2/6)

COASTAL AND INLAND WATERS:

- Main water quality parameters that can be derived from hyperspectral imagery include : type and size of suspended particles, toxic algal blooms, cyanobacteria, eutrophisation by green algal blooms.
- Hyperspectral imagery is used to complete large scale mapping of macro or microscopic benthic communities particularly in monitoring eutrophisation by green algae or the state of coral reefs.
- Hyperspectral imagery has also been effective, particularly in less turbid waters, in improving estimations of the bathymetry through better characterisation of the sea bottom.



Red tide algae bloom (Monterrey bay)



Bloom d'algues rouges Monterey Bay

Spectral characteristics: 0.3-1 μ m for the majority of applications. Extended to 2.5 μ m for characterisation of sediments, resolution < 10nm. SNR >400.

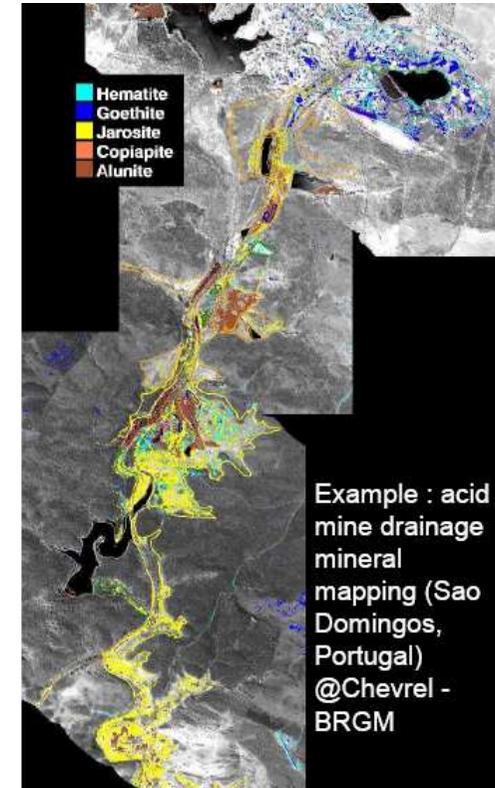
Geometric characteristics: high spatial resolution (<10m)

Temporal characteristics: Variable, strong constraints for certain applications (1 day)

HYPERSPECTRAL CONTEXT & USERS NEEDS (3/6)

GEOSCIENCES/SOLID EARTH SCIENCES:

- **Prospection for minerals and oil:** spectral signatures of mineralogical content providing specific markers for certain minerals or oil;
- **Environmental geology:** remediation of abandoned mines has been demonstrated, these have recently been extended to include industrial sites in general;
- **Soil degradation/quality:** monitoring of soil quality using indicators such as surface crusts, erosion processes, salination, but also mapping of swelling clay hazard.

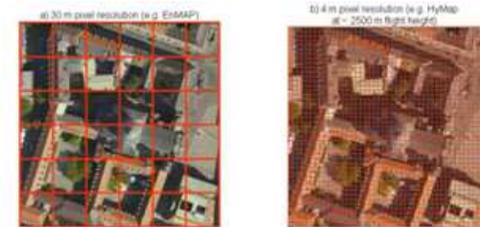


Spectral characteristics: 0.4-2.5 μ m, thermal IR 8-12 μ m, resolution < 10nm in VNIR/SWIR
Geometric characteristics: Mid to High spatial resolution (5-20m)
Temporal characteristics: less than monthly for certain environmental monitoring applications (10 days), Can be critical during a crisis (3-5 days).

HYPERSPECTRAL CONTEXT & USERS NEEDS (4/6)

URBAN ENVIRONMENT:

- Characterisation and mapping of urban materials: discrimination between different man-made materials due to differences in spectral signature.
- Air quality. Some recent studies have shown the feasibility of obtaining useful information on aerosols and human emissions over urban environments
- Characterisation of urban vegetation and biodiversity. Thermal and pollution reducing effect of vegetation varies according to the species and the spatial distribution of species



Heldens et al., Remote Sens. 2011, 3, 1817-1846; doi:10.3390/rs3091817

Class	30 m	10 m	5 m	2.5 m	1 m
Trees	Group				
Grass					
Park					
Dense buildings					
High buildings					
Road	Except motorway				
Railways			area		
Water	river				
Shadow					

Puissant A., Hirsch J., 2004, Télédétection urbaine et résolution spatiale optimale : intérêt pour les utilisateurs et aide pour les classifications, *Revue Internationale de Géomatique*, 14(3-4), 473-475.

Spectral characteristics: 0.4-2.5 μ m, thermal IR 8-12 μ m, resolution < 10nm in VNIR/SWIR
Geometric characteristics: High spatial resolution (5m)
Temporal characteristics: no strong recommendation in General. Can be critical during a crisis (3-5 days).

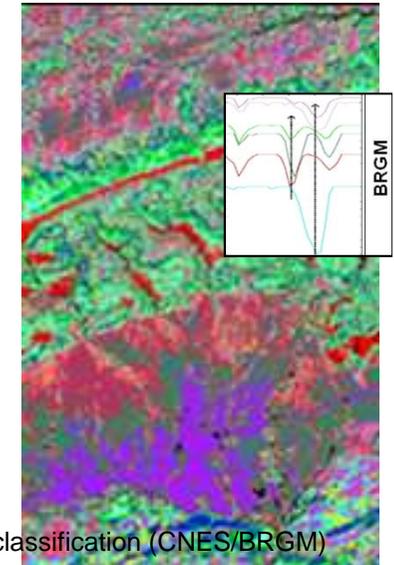
HYPERSPECTRAL CONTEXT & USERS NEEDS (5/6)

DEFENCE:

A number of key applications have been identified and the optimal hyperspectral characteristics provided.

Among these, three should be noted in particular :

- traficability indices ;
- detection/characterisation of objects/anomalies
- characterisation of coastal zones (bathymetry);



Namiby Hypxim simulated image & classification (CNES/BRGM)



Spectral characteristics: 0.4-2.5 μm , thermal IR 8-12 μm , resolution < 10nm in VNIR/SWIR
Geometric characteristics: High spatial resolution (5m)
Temporal characteristics: short revisit period required (24-60 hours).

HYPERSENSPECTRAL USERS NEEDS

THEMES	Spectral domain	$\Delta\lambda$ VNIR-SWIR / TIR	Spatial resolution	Swath	Revisit period	SNR
Geosciences	400 - 2500 nm + TIR	≤ 10 nm	~ 10 m	50-100 km	Non critical	$> 100:1$ in SWIR
Costal ecosystems	400 - 2500 nm	≤ 10 nm	≤ 10 m	Variable	Critical for inter-tidal monitoring	$> 400:1$
Vegetation	400 - 2500 nm	≤ 10 nm (< 0.5 nm for fluorescence)	≤ 10 m	Variable	Critical during growth period	$> 1\ 000:1$
Urban	400 - 2500 nm + TIR	≤ 10 nm	5-10 m	20 - 50 km	Critical during crisis	$> 250:1$ in VNIR $> 100:1$ in SWIR $> 100:1$ in TIR
Security & Defence	400 - 2500 nm + TIR	10 nm / 170 nm for TIR	< 5 m and ~ 10 m	20 km	24 - 60 hours	$> 250:1$ in VNIR $> 100:1$ in SWIR $> 100:1$ in TIR

Table of mission requirements expressed by the four main science users group + Defence users.

HYPXIM : main mission requirements (1/2)

- Ground Spatial Resolution (GSR) - 3 classes of needs are identified for VNIR-SWIR domain (0.4 - 2.5 μm) :
 - ◆ 20 meters and larger => covered by EnMAP and PRISMA missions.
 - ◆ 10 to 15 meters
 - ◆ 5 to 10 meters } => **HYPXIM's targets.**

- Swath :
 - ◆ 15 km minimum, up to 30 km.

- Satellite's revisit frequency is mostly critical
 - ◆ Daily revisit required for some applications (e.g. Security & Defence, Coastal environment , Risks applications) but 3-day revisit period acceptable.
 - ◆ Non critical for many others applications (Geosciences, Urban ecosystems, Biodiversity environment).

HYPXIM : main mission requirements (2/2)

Domain	Spectrum (nm)	Spectral res. $\delta\lambda$ (nm)	SNR@L2
VIS	400-700	10	$\geq 250:1$
VNIR	700-1100	10	$\geq 200:1$
SWIR	1100-2500	10	$\geq 100:1$
PAN	400-800	400	$\geq 90:1$

SNR =
Signal-to-Noise Ratio
L2: observables
reference radiances

- Spectral continuum is required from VIS to SWIR optical domain with a spectral resolution of 10 nanometers (*).
- The panchromatic image is needed for a fusion with the hyperspectral image so as to enhance spatial resolution.

(*) TIR domain was not considered in this study because less mature than the others needs

Les Etudes Thématique Système ont été mises en place au cours de la phase 0 afin de consolider certaines spécifications dimensionnées. Elles sont caractérisées par une très forte interaction entre les scientifiques et les concepteurs du système spatial.

A ce stade, il a été identifié 2 classes d'études prioritaires qui encadrent l'étude de conception du système HYPXIM proprement dite:

ETS-1: le premier volet des ETS (ETS-1) a pour objectif de spécifier le domaine des observables et notamment les besoins en luminances en entrée de l'instrument pour les thèmes Défense et les thèmes Scientifiques considérés. Les résultats de l'étude ont été fournis en entrée des travaux de design technique menés par les industriels ADS et TAS;

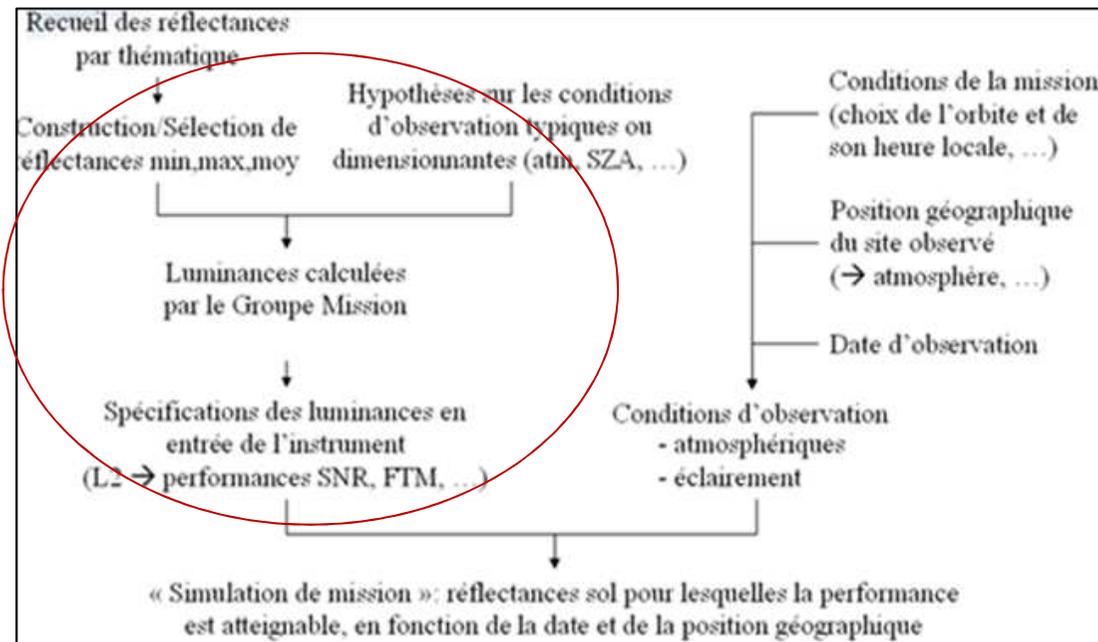
ETS-2: le volet ETS-2 se place lui en aval de la conception préliminaire et a pour objectif de consolider, via des études expérimentales, les besoins de résolution spatiale vs rapport signal à bruit. En effet, autour des deux points de fonctionnement que sont les architectures des satellites HYPXIM-C (résolution 15m) et HYPXIM-P (résolution 8m), il est important de vérifier que les performances de résolution et de SNR attendus répondent bien aux besoins. Les résultats de l'étude ont permis de clarifier et justifier le choix entre les 2 options C & P.

Spécification des Luminances en entrée de l'instrument

Cette étude a été conduite avec le Groupe de Mission, sur la base d'un panel représentatif des réflectances spectrales des observables.

Le passage des réflectances -> Luminances au dessus de l'atmosphère (TOA) a été réalisé via le code de transfert radiatif Modtran et pour diverses conditions d'observation.

Schéma
Méthodologique:



Spécification des Luminances Min-Max

Les conditions de simulations sont données dans le tableau ci-dessous.

	L-Min (L1)	L-Max (L3)	Lum Nuages (L4)
RHO	0	0,98	1
<u>SZA</u> ^a	60°	15°	0°
Modèle atmosphérique	Tropical	<u>Mid-Latitude Summer</u>	<u>Sub-Artic Winter</u>
H ₂ O	D'après modèle (4,12g/cm ²)	Fixé à 2g/cm ²	D'après modèle (0,42g/cm ²)
Modèle d'aérosols	Rural	Rural	Rural
<u>VIS</u> ^b	23km	50km	50km

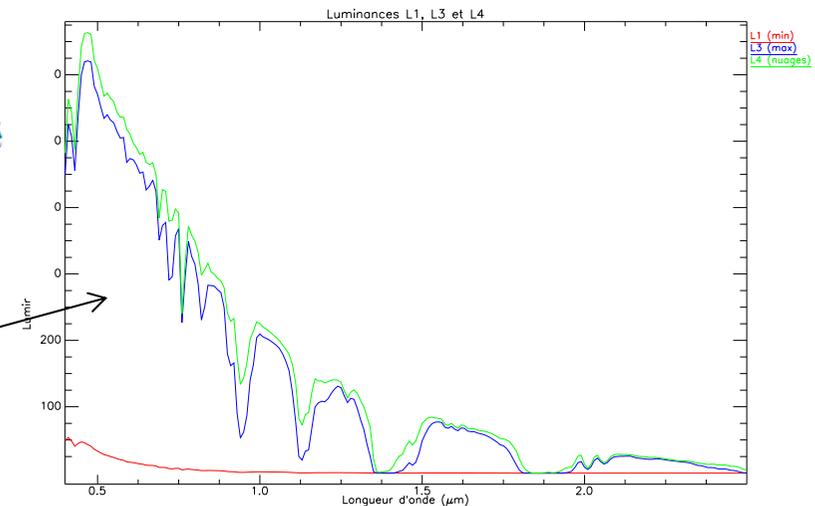
^a Angle zénithal solaire, ^b Visibilité

Pour L1, le contenu intégré en H₂O est égal à 4,12g/cm².

Pour L3, un facteur d'échelle de 0,83 a été appliqué à H₂O pour obtenir un contenu intégré égal à 2g/cm².

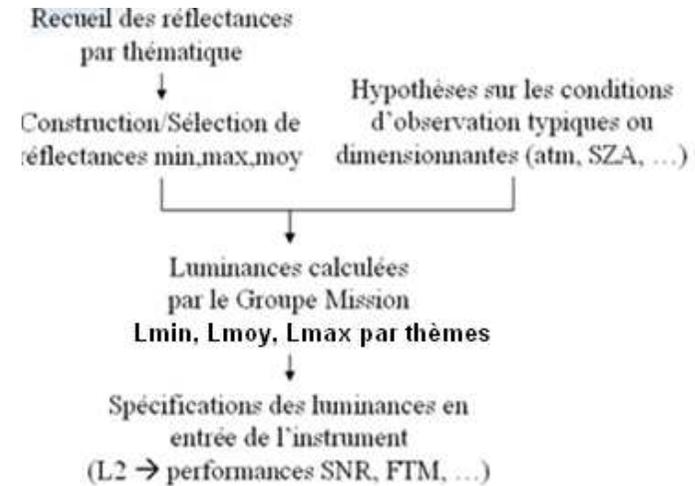
Pour L4, le contenu intégré en H₂O est égal à 0,42g/cm².

Construction du domaine de validité L1- L3



Domaine de variation des Luminances/thèmes

Thème 1	Géosciences	Spectre du basalte (min), image AVIRIS de cuprite (moy), spectre de sol "clair" mesuré sur le terrain en Israël (max) <i>Fournis par l'université de Nantes (Véronique CARRERE)</i>
Thème 2	Littoral	9 spectres de réflectance entre 0.4 et 1 µm: eaux côtières (peu turbides et turbides), eaux estuariennes et sols (fonds sableux, vase, sable sec et humide, herbier à zostères, ...) <i>Fournis par l'université de Bordeaux (Jean-Marie FROIDEFOND)</i>
Thème 3	Végétation	63 spectres du site de Broom's Barn (végétation, sols nus) Extraction de spectres min, moy, max <i>Fournis par l'IPGP (Stéphane JACQUEMOUD)</i>
Thème 4	Urbain	Spectre d'enrobé (min), spectre moyen de la campagne Capitoul hors végétation et eau (moy), granite / brique (max) <i>Fournis par l'ONERA (Xavier BRIOTTET)</i>
Thème 5	Effluents atm	Images HYPERION des fumées du World Trade Center (panache clair) et du volcan islandais Eyjafjöll (panache foncé) Extraction dans chaque image du spectre min, moy, max
Thème 6	Défense	Asphalte (min), neige et peinture blanche (max), moyenne de 15 spectres (moy) <i>Fournis par la DGA (Philippe PRASTAULT)</i>



Exemple : thème végétation

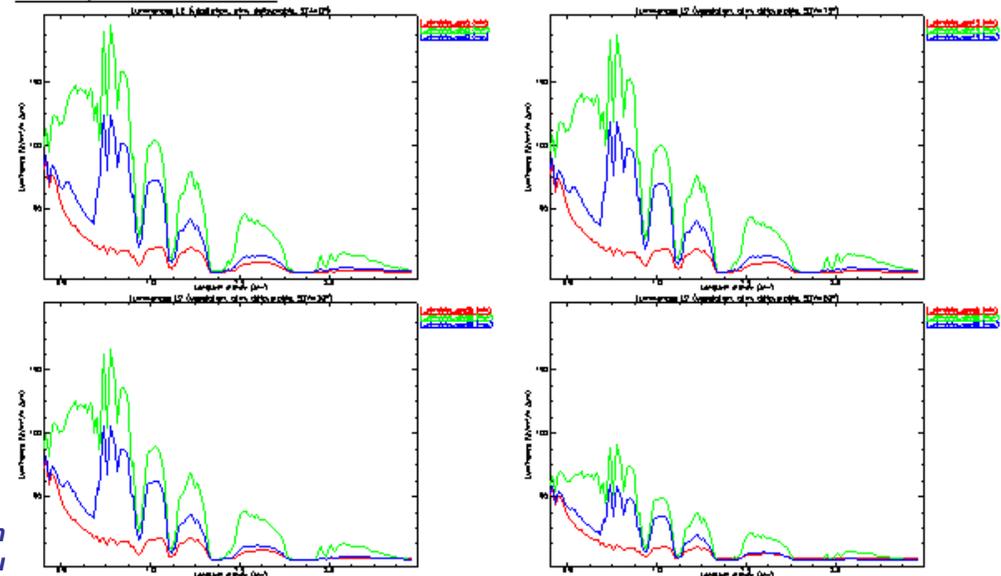
Calcul des luminances TOA par transfert radiatif avec MODTRAN4

Les conditions atmosphériques sont :

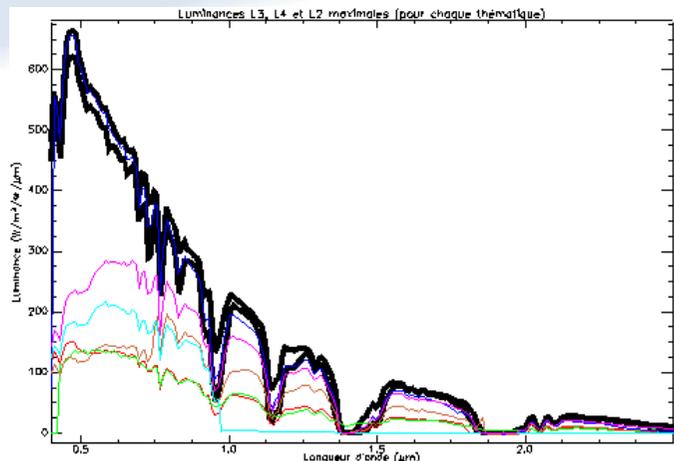
- Atmosphère favorable
 - Mid-Latitude Winter, H₂O = 0,85g/cm²
 - Modèle d'aérosols : Rural, VIS = 50km
- Atmosphère défavorable
 - Mid-Latitude Summer, H₂O = 2g/cm²
 - Modèle d'aérosols : Rural, VIS = 23km

SZA prend les valeurs (0°, 15°, 30°, 60°).

Atmosphère défavorable



Choix de la Luminance de référence L2



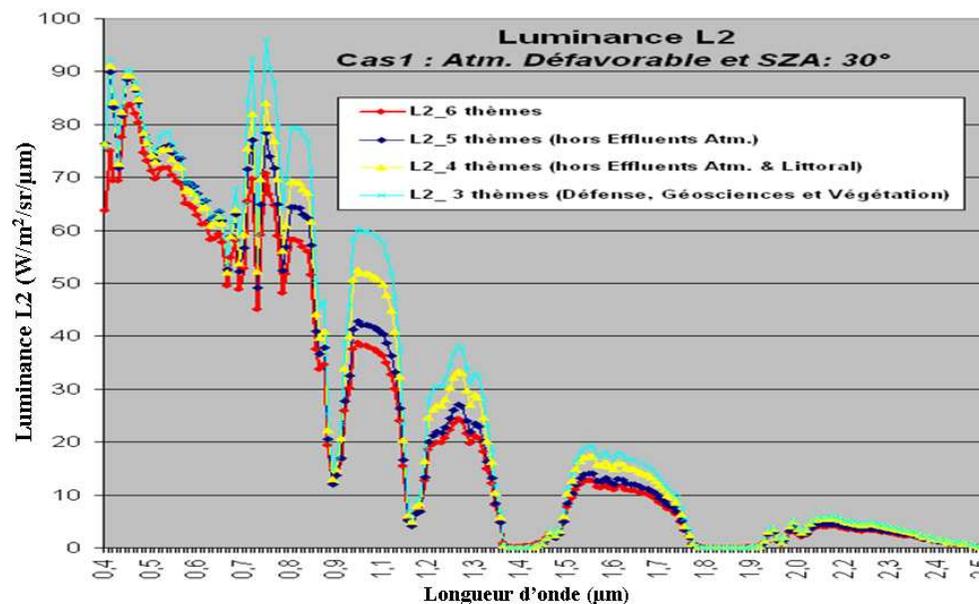
Comparaison des Luminances max. et min. de chaque thématique respectivement avec les luminances maximales L3/L4 et minimale L1

=> L'ensemble des Luminances thématique considérées sont comprises dans le domaine de validité L1- L3.

Les luminances L_{moy} de chaque thématique ont été calculées

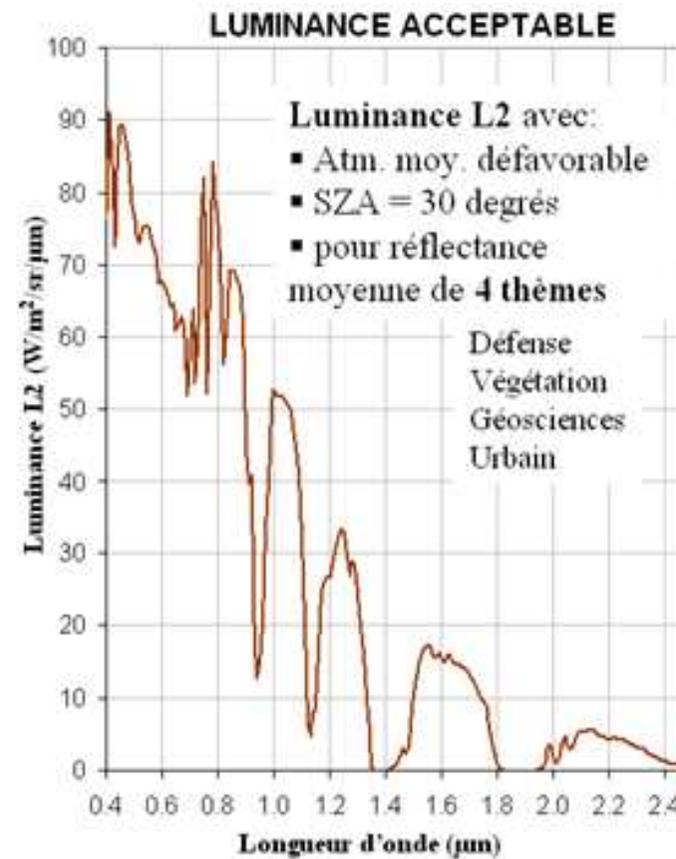
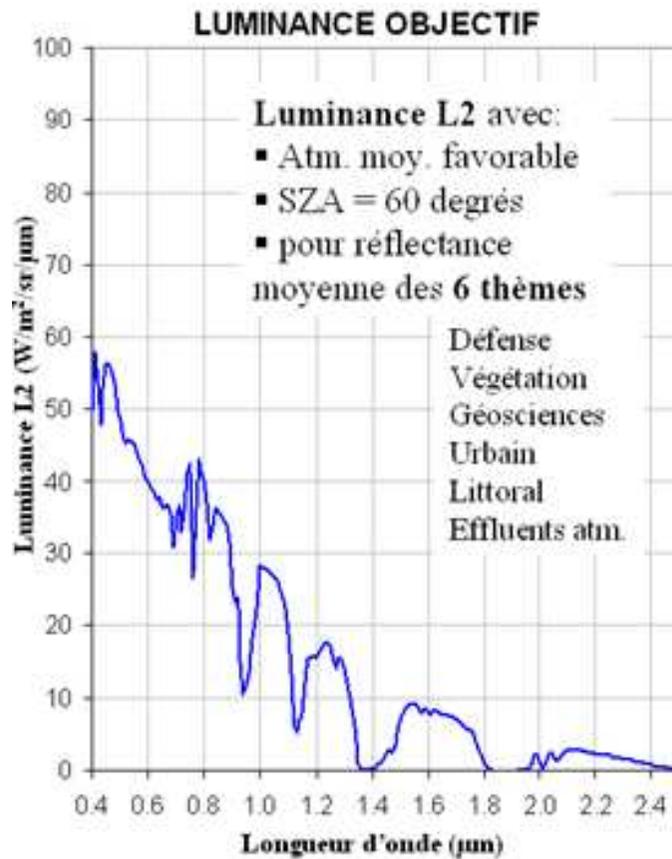
=> L2 est la moyenne des luminances moyennes de chaque thème

Plusieurs calculs de L2 ont été réalisés par regroupement successifs de divers thèmes



Choix de la Luminance de référence L2

Les 2 niveaux de luminances de référence (L2) suivants ont été retenus:



HYPXIM phase 0 study : 2 Classes of satellites designs and comparizon

■ HYPXIM-C (for Challenging) on MICROSAT

- ◆ The main challenge for HYPXIM-C mission design is to merge two almost antinomic constraints : a microsatellite (< 200 kg class) and a high-resolution hyperspectral instrument (10-15 m class).
- ◆ Preliminary studies lead by CNES with industrial support show that this challenge able to be before 2020 (short term).

■ HYPXIM-P (for Performance) on MINISAT

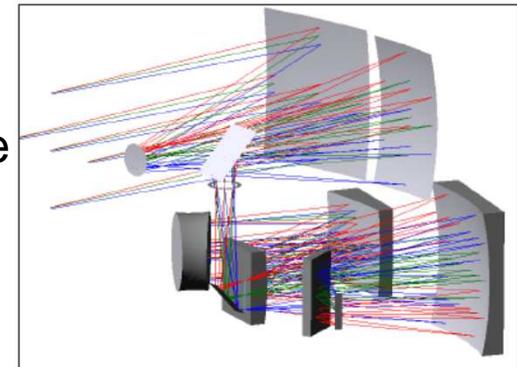
- ◆ The main challenge for HYPXIM-P mission is to design a very high-resolution (5-10 m class) hyperspectral instrument including a TIR spectrometer payload on a mini-satellite (500 kg - 1 ton class).
- ◆ Preliminary studies lead by CNES with industrial support show that this challenge can be launch before 2025 (middle term).

-KEY TECHNOLOGIES & MINIATURIZATION (1/3)

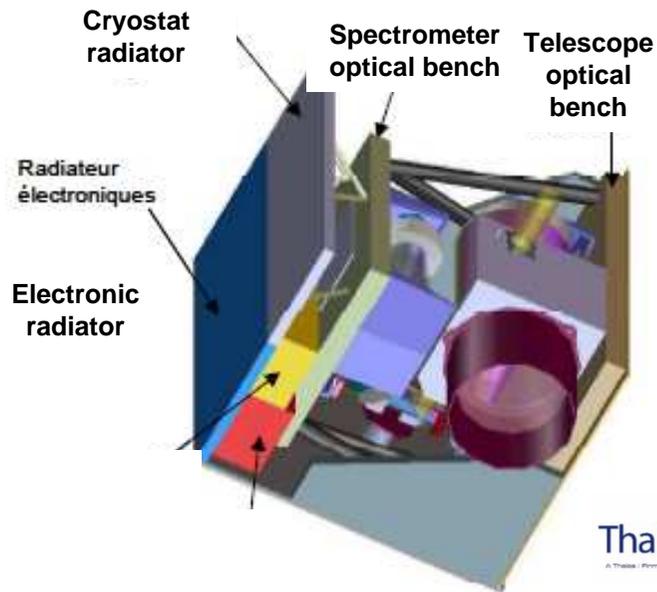
Some key technologies miniaturization has allowed to achieve a high-resolution hyperspectral low cost demonstration mission on Micro or Mini Sat

- Thanks to an unique and mature compact design:
 - ◆ Forefront TMA (Three-Mirror Astigmatic) telescope
 - ◆ A very compact prism spectrometer (new concept)
 - ◆ Unique focal plane covering the whole range from 0.4 to 2.5 microns thanks HgCdTe detectors
 - ◆ focal plane cooled down to 150 K with Mini Pulse Tube Cooler

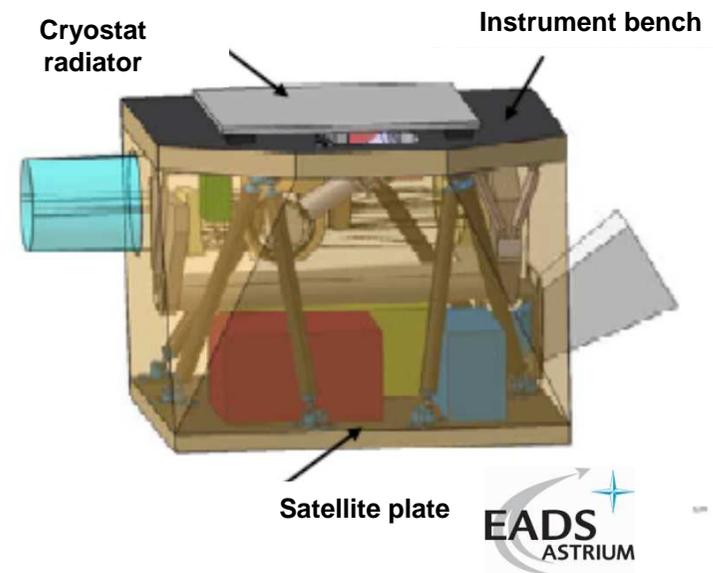
- PAN channel shares forefront telescope with the spectrometer
 - ◆ 12000 pixel, 6 μm linear detector at the focal plane, ambient T $^{\circ}$
 - ◆ Low impact on instrument volume & mass



-KEY TECHNOLOGIES & MINIATURIZATION (2/3)



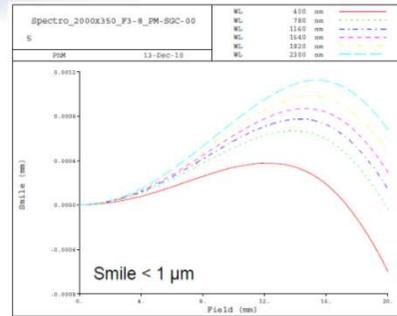
ThalesAlenia
Space



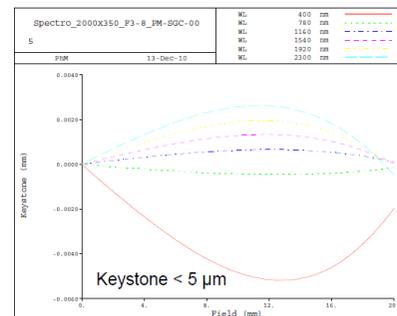
EADS
ASTRIUM

- Commits with the performance requirements

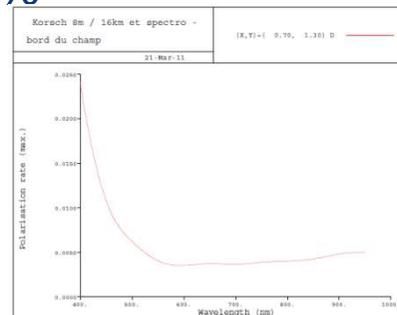
- Smile < 1 μm



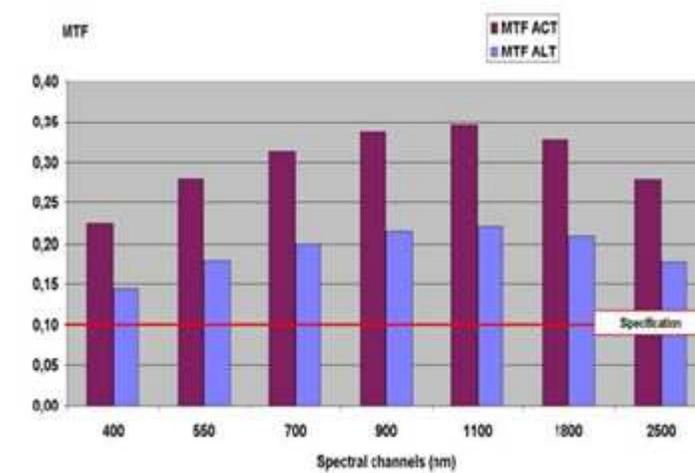
- Keystone < 5 μm



- Polarisation < 2,4%



- MTF Hyperspectral > 0,1 for all bands



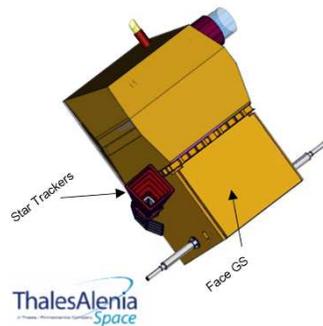
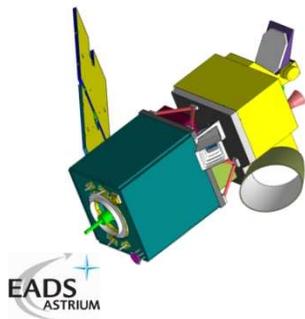
- MTF PAN 0,09 (X) et 0,10 (Y)

With the same instrument design two levels of GSR performances depending on the size of the telescope

Pupil Φ 150 mm / 15m pixel resolution



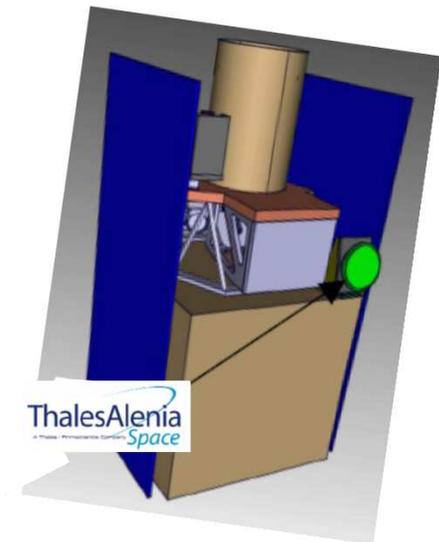
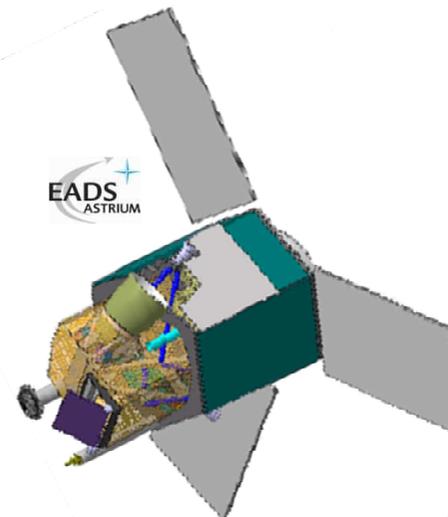
On Microsat: 200 kg range (*)



Pupil Φ 450 mm / 8m resolution



On Minisat: 600 kg range (*)



CNES and industrials property- All rights reserved

(*) without TIR capabilities

Pendant la période 2010-2013, différentes activités industrielles et expérimentales ont été conduites en collaboration avec le groupe de mission dual et nos partenaires industriels :

- validation des performances et du concept instrumental notamment via le développement d'une maquette instrument (TAS full-scale test bench);
- développement des briques de base du détecteur chez SOFRADIR (cadre démonstrateur R&T)
- estimation de la maturité technologique (TRL: technology readiness level) et dimensionnement économique du système complet (cadre PASO)
- développement d'algorithmes de base comme le démélangeage, la fusion (Cadre R&T CNES)
- ETS-2: il s'agit de simulations paramétriques des images HYPXIM basées sur des données aériennes Hymap, ayant pour objectif de valider les spécifications de résolution spatiale et de qualité du signal (SNR @ Lum ref). Les comparaisons ont été conduites par le Groupe de Mission pour 4 thèmes et selon un protocole strict.

Choix des sites et des données source

Réalisation des simulations paramétriques HYPXIM (CNES)

Fourniture d'un jeu banalisé (anonyme) de simulations (CNES -> Expérimentateur)

Application d'algos permettant de traduire ces données en cartes de détection (Expérimentateur).

Comparaison et classement des cartes de détection / critères quantitatifs (Expérimentateur)

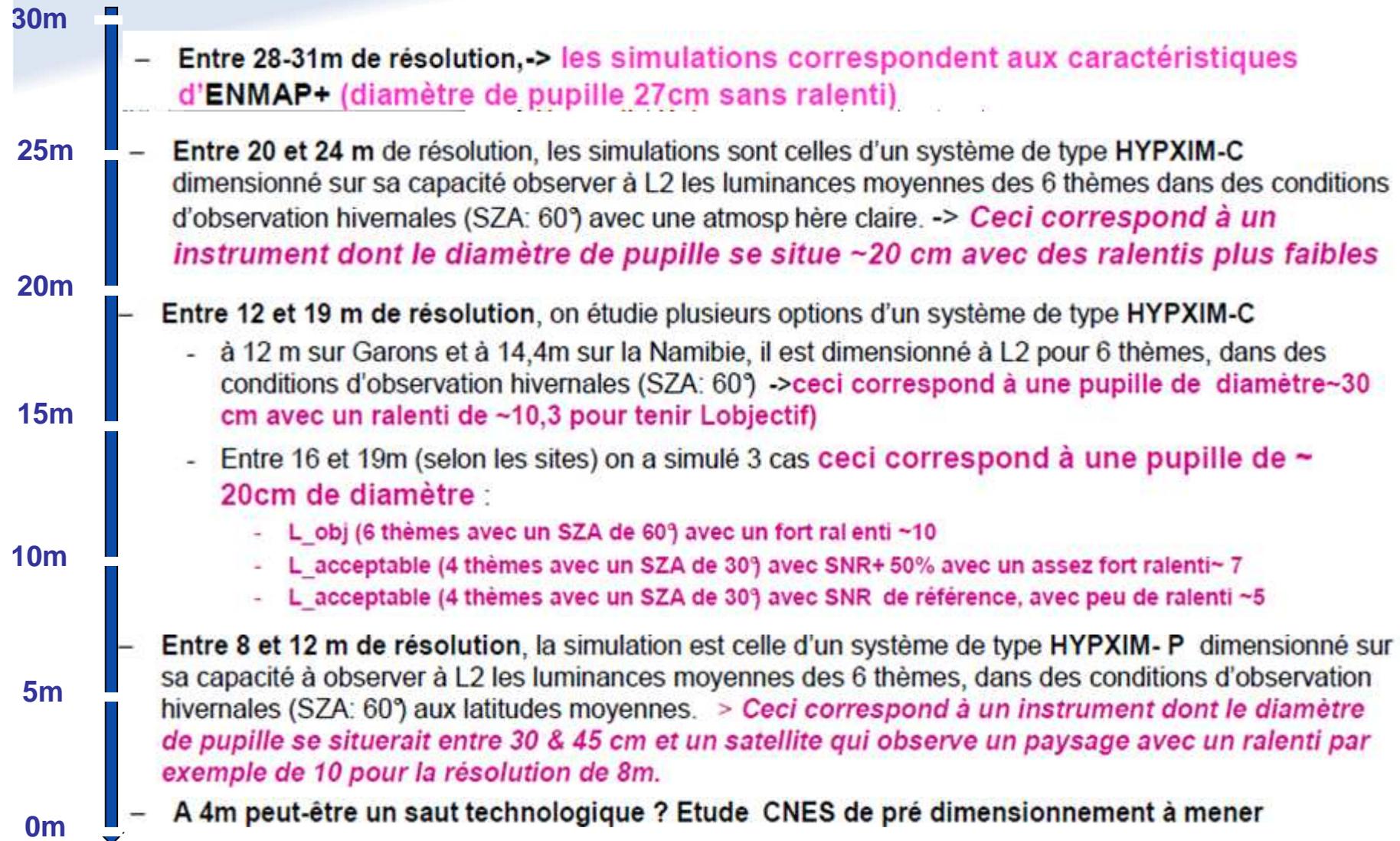
Analyse et Synthèse des résultats (CNES)

3 SITES -> 3 THEMES -> 3 EXPERIMENTATEURS-> 4 ALGOS

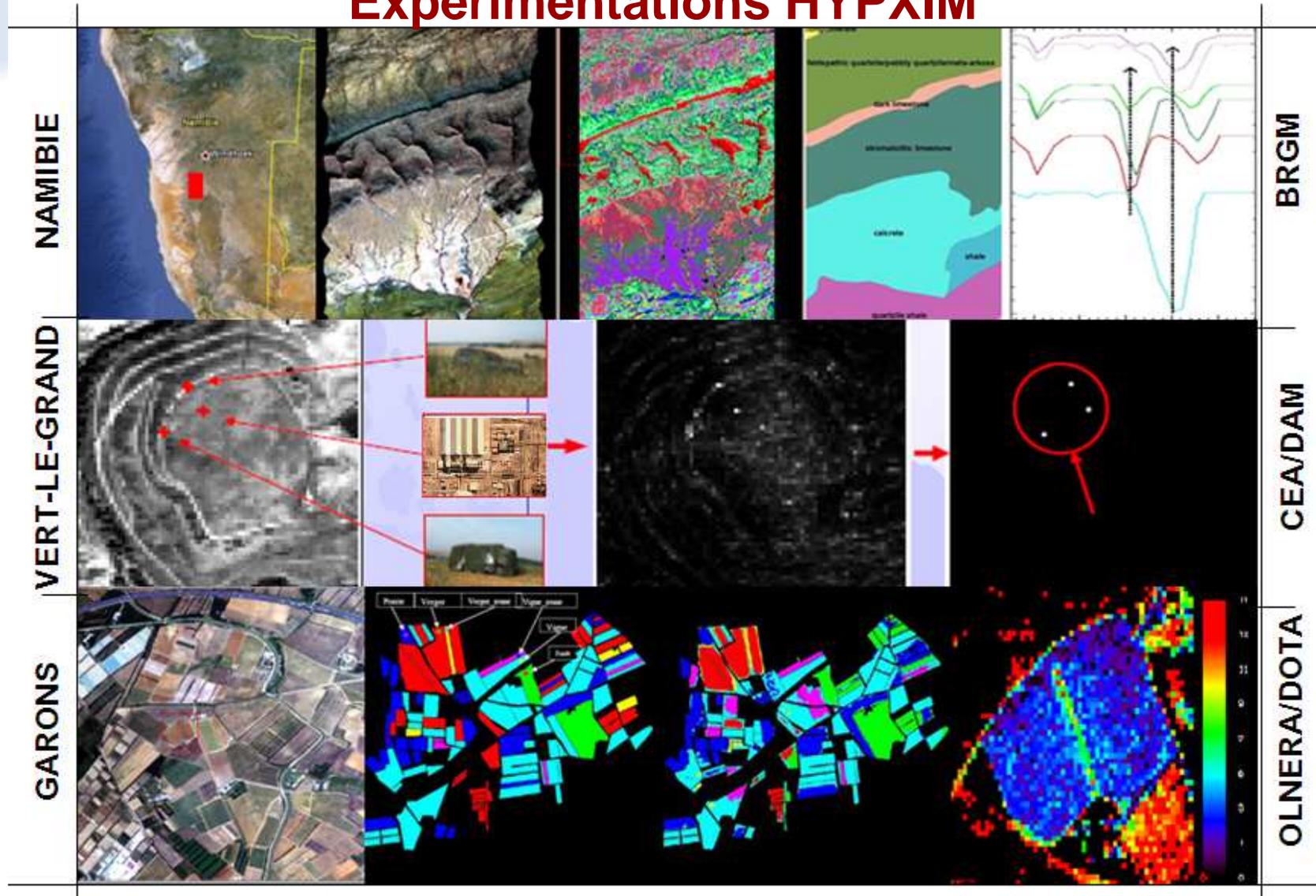
- SITE DE NAMIBIE -> CARTES MINERALOGIQUES EN MILIEU ARIDE
- SITE DE GARONS-> CARTES D'OCCUPATION DU SOL & D'HUMIDITE EN MILIEU TEMPERE
- SITE DE VERT-LE-GRAND-> APPLICATION DEFENSE

	Rés . spatiale	FTM	SNR	Lum	Mission
Vert-le-Grand 2003	6,2	Réf	Réf	Obj	P
	12,4	Réf	Réf	Obj	P + C
	18,6	Réf	Réf	Obj	C
	18,6	Réf	Réf	Acc	C
	18,6	Réf	Réf+50%	Acc	C
	24,8	Réf	Réf	Obj	C
	31	EnMAP	EnMAP	Obj	EnMAP
Namibie 2009	4,8	Réf	Réf	Obj	P
	9,6	Réf	Réf	Obj	P
	14,4	Réf	Réf	Obj	C
	19,2	Réf	Réf	Obj	C
	19,2	Réf	Réf	Acc	C
	19,2	Réf	Réf+50%	Acc	C
	24	Réf	Réf	Obj	C
	28,8	EnMAP	EnMAP	Obj	EnMAP
Camargue 2009	4	Réf	Réf	Obj	P
	8	Réf	Réf	Obj	P
	12	Réf	Réf	Obj	P + C
	16	Réf	Réf	Obj	C
	16	Réf	Réf	Acc	C
	16	Réf	Réf+50%	Acc	C
	20	Réf	Réf	Obj	C
	28	EnMAP	EnMAP	Obj	EnMAP

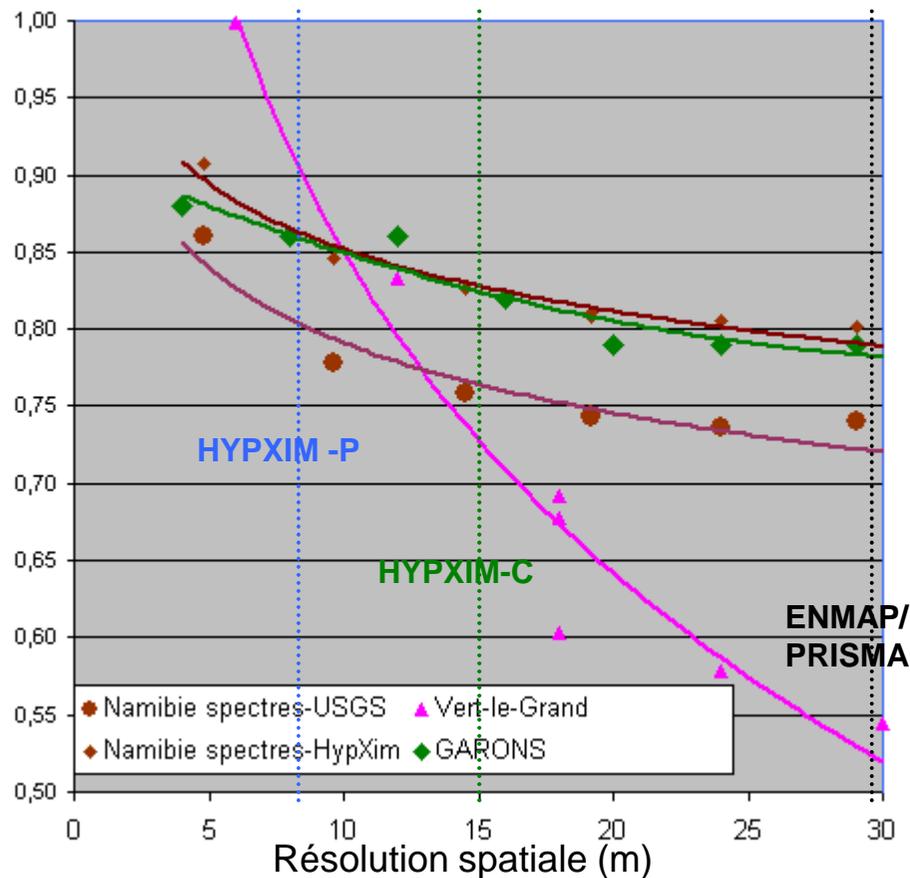
RELATIONS PARAMETRES TECHNIQUES / SYSTEME



Expérimentations HYPXIM



CONCLUSION DES EXPERIMENTATIONS



Le système Hypxim@15m (C) présente une légère amélioration par rapport à EnMap+

La combinaison avec le PAN devrait faire franchir un seuil de performances qu'il reste à évaluer.

Le système Hypxim@8m (P) présente un gap très significatif pour les cas thématiques étudiés (minéralogie, humidité des sols, classifs agricoles).

LIMITES DE L'EXPERIMENTATION:

DONNEES AERIENNES DE BASE:

- > INVENTAIRE DES DONNEES (2011): IL Y A TRES PEU DE DONNEES DISPONIBLES
- > DECISION DE NE RETENIR QUE HYMAP AFIN DE NE PAS BIAISER L'EXPE.

CONDITIONS EXPERIMENTALES:

- > 3 EXPERIMENTATIONS C'EST PEU POUR CE TYPE D'ETUDE
- > LES OBSERVABLES MESURES NE SONT PAS TOUS BIEN « ADAPTES » (Ex. Camouflage) -> GENERATION DE CIBLES ARTIFICIELLES
- > PAS TOUJOURS DE VERITES TERRAIN MAIS L'IMAGE AERIENNE SERT DE REF.

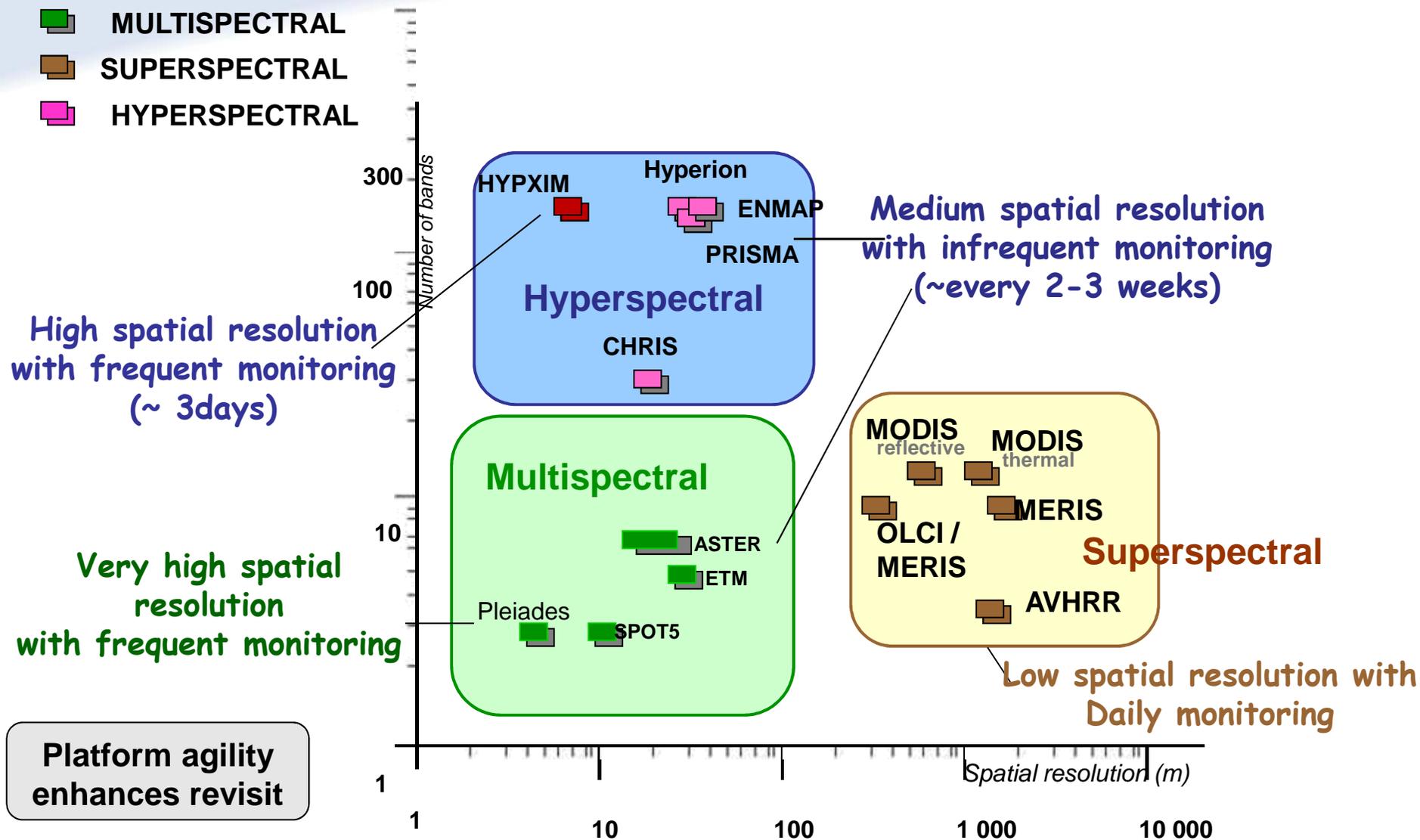
SIMULATIONS HYPXIM:

- > LIMITE DES DONNEES HYMAP (Ex. Largeur spectrale)
- > PAS DE SIMULATIONS DU CANAL PAN
- > MISE EN PLACE AU CNES DE LA PREMIERE CHAINE DE TRAITEMENT AVEC UTILISATION DE CODES EXISTANTS

**CONSOLIDATION EN COURS VIA LE CDR-HYPEX DE LA DGA (campagnes HySpex)
NECESSITE D'ELARGIR AUX THEMES SCIENTIFIQUES PRIORITAIRES**

	MICROSAT	MINISAT
Altitude	650 km	660 km
Payload	TMA telescope ϕ 150 mm Detector VNIR-SWIR 1000 x 256 pixels (off-the-shelf)	TMA or Korsch telescope ϕ 450 mm, Detector HgCdTe 2000 x 360 pixels (to be developed)
Resolution/Swath	15 m / 15 km	8 m / 16 km
Spectral bandwidth	400 – 2500 nm / < 14 nm	400 – 2500 nm / 10 nm
Panchromatic band	Resolution: 3.75m	Resolution: 1.85m
Payload budget	Mass 70 kg, Power 110 W (imaging),	Mass ~115 kg, Power < 150 W (imaging)
Satellite	195 kg (at launch)	650 kg (at launch)
Revisit period (+/-60° in latitude)	+/-20° across-track imaging : 15 days +/-35° across-track imaging : 3 days (with 2 satellites)	+/-20° across-track imaging : 15 days +/-35° across-track imaging : 3 days (with 1 satellite)
Imaging capacity (for one satellite)	~ 63 000km² per day (280 images/day)	~100 000 km ² per day (270-450 images)
Link to Ground	X-band link at 160 Mbps (with ground or mobile stations)	X-band link at 620 Mbps (with ground or mobile stations)
Launcher compatib.	Soyuz, Vega, Ariane 5	Soyuz, Vega, Ariane 5
Expected lifetime	5 years (incl. end-of-life operations)	10 years (incl. end-of-life operations)
Thematic analysis (based on 4 experimental test-zones)	Performances coef: 78%	Performances coef.: 89%

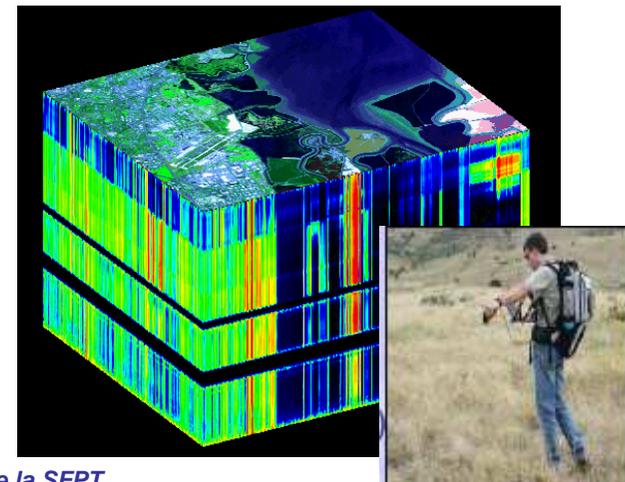
POSITION D'HYPXIM DANS LE CONTEXTE INTERNATIONAL



■ Le concept HYPXIM introduit une nouvelle génération de satellites hyperspectraux qui permet:

- ◆ Une résolution spatiale d'environ 8m avec un champ de 16 km cohérent avec Pleiades; l'emport d'un canal PAN de 1.6m permet d'optimiser la fusion de la haute résolution avec les données hyperspectrales.
- ◆ Grace à l'agilité de la plateforme, une forte amélioration de la revisite (~ 3 jours) pour les besoins de la Défense et d'autres acteurs.
- ◆ L'effort de miniaturisation des technologies qui permet l'emport d'un instrument compact innovant sur un mini-satellite de 600 kg (margé), voire mais cela reste à confirmer, sur un microsats de nouvelle Generation (type Myriade Evolution-400kg) .

- **la mission HYPXIM** répond aux besoins d'une large communauté d'utilisateurs qui utilisent aujourd'hui les données à haute résolution (airéoportée, UAV, etc.).



■ SUITE AU SEMINAIRE DE PROSPECTIVE SCIENTIFIQUE DU CNES (2014):

- ◆ HYXIM n'a pas été classé comme une priorité ce qui exclut un redémarrage de la phase A à court terme.
- ◆ La mission a cependant été poussée par les ateliers transverses, notamment pour les thématiques d'interface (Littoral et Urbain), ce qui la met en bonne position pour le moyen terme (horizon 2020-2025)
- ◆ Le besoin de consolidation des spécifications notamment de SNR sont devenus incontournables, ce qui implique la mobilisation de la communauté scientifique à travers des études théoriques, des modèles, tout comme des expérimentations (Le cadre reste à définir).
- ◆ Une possibilité pourrait s'ouvrir à travers l'appel d'offre d'EE-9 de l'ESA mais la mission devra être mieux définie notamment en terme de couverture globale vs accès à la demande sur sites: quelle stratégie ?

■ SUR UN PLAN TECHNIQUE PLUSIEURS PISTES D'OPTIMISATION RESTENT A EXPLORER:

- Emport du concept P sur une plateforme Myriade Evolution (400Kg) : quel compromis sur la mission ?
- Faisabilité du passage du concept C sur une orbite plus basse afin de profiter des capacités de la propulsion électrique ?

■ **UN CHANGEMENT DE NOM POUR DONNER UN NOUVEL ELAN AU PROJET :**

- ◆ **AVEC LES ORGANISATEURS DU COLLOQUE, NOUS AVONS PENSE QU'IL FALLAIT PROFITER DE CETTE REUNION POUR VOUS SOLLICITER**

C'EST LE BON MOMENT!

CECI EST DONC UN APPEL A IDEE !

- ◆ **SI VOUS ETES INSPIRES VOUS POUVEZ SOUMETTRE UN NOUVEAU NOM A CETTE MISSION:**

SOIT EN DEPOSANT VOS SUGGESTIONS DANS L'URNE PREVUE A CET EFFET

SOIT PAR EMAIL A AUDREY OU MOI-MEME

Merci pour votre attention

