



CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES



OVERVIEW OF EUROPEAN FUTURE HYPER SPECTRAL MISSIONS

Marie-José Lefèvre-Fonollosa

HYPERSPECTRAL OBSERVATION

De nombreux capteurs multispectraux existent dans le monde offrant des capacités allant de 1,2m à 1km de résolution.

Mais un seul satellite hyperspectral, HYPERION est en orbite depuis 2000 (désactivé en mars 2017).

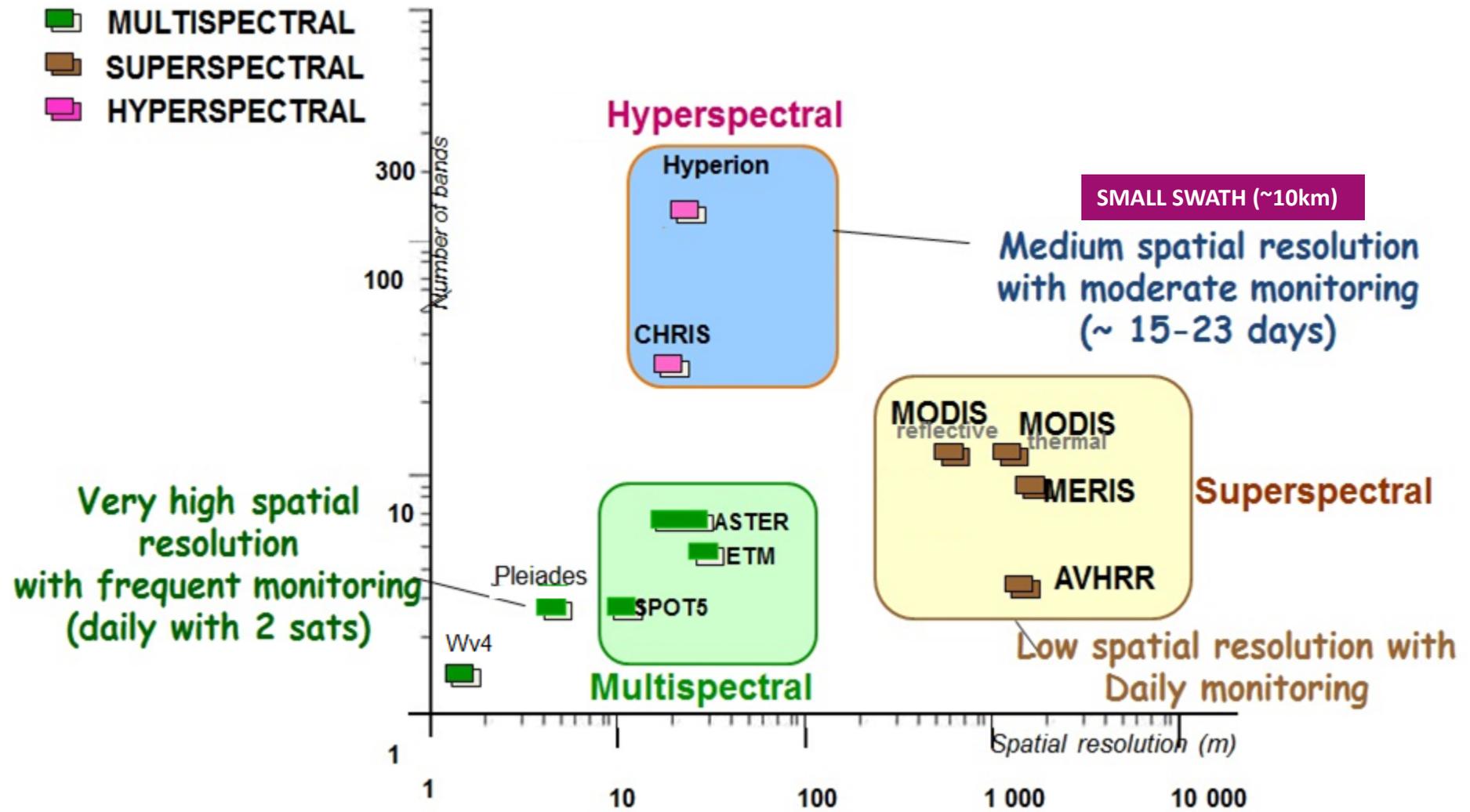
Il a démontré la faisabilité et le potentiel de ces mesures pour améliorer la compréhension du système Terre.

Plusieurs projets d'imageurs Hyperspectraux sont actuellement en développement ou à l'étude dans les agences et surtout en Europe.



Mission type	Earth observation
Operator	NASA / GSFC
COSPAR ID	2000-075A ↗
SATCAT no.	26619
Website	eo1.gsfc.nasa.gov ↗
Mission duration	Planned: 1 year Final: 16 years, 4 months, 8 days
Spacecraft properties	
Manufacturer	Swales Aerospace Northrop Grumman
Launch mass	573 kg (1,263 lb)
Start of mission	
Launch date	21 November 2000, 18:24:25 UTC ^[1]
Rocket	Delta II 7320-10C, D282 ^[1]
Launch site	Vandenberg SLC-2W
End of mission	
Disposal	Decommissioned
Deactivated	30 March 2017

2000-2017



HYPERSENSPECTRAL OBSERVATION

Current missions drivers & requirements

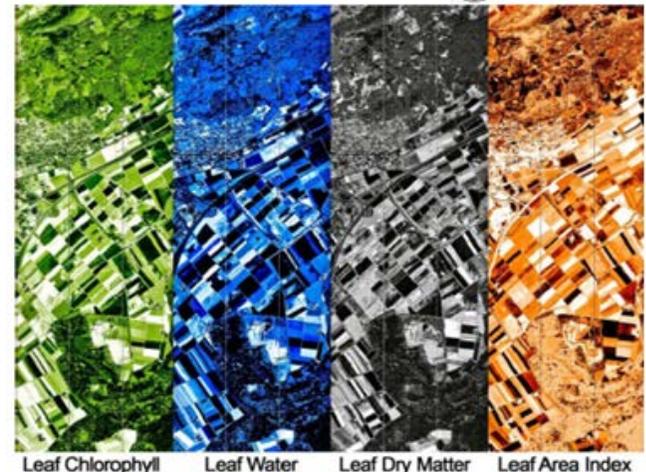
Major applications for hyperspectral



- monitoring of terrestrial ecosystems, resolving bio-physical, bio-chemical and geo-chemical variables in detail
- detect, classify and monitor natural and man-made elements of land surfaces, from vegetation to soil to (raw) materials, and including waste, contaminated land, coastal/inland water quality,..



- SPECTRO-IMAGEUR (Continuité spectrale)
- DOMAINE SPECTRAL: 400-2500nm
- ECHANTILLONAGE SPECTRAL : <10nm
- RESOLUTION SPATIALE: 30m
- REVISITE: 3-7 jours
- ACCES GLOBAL



AUJOURD'HUI

- **3 MISSIONS EN COURS DE DEVELOPPEMENT DONT 2 EN EUROPE :**

- ❖ ENMAP (DLR, 2018)
- ❖ PRISMA (ASI, 2018)
- ❖ HISUI sur ALOS 3 (JAXA, 2019)

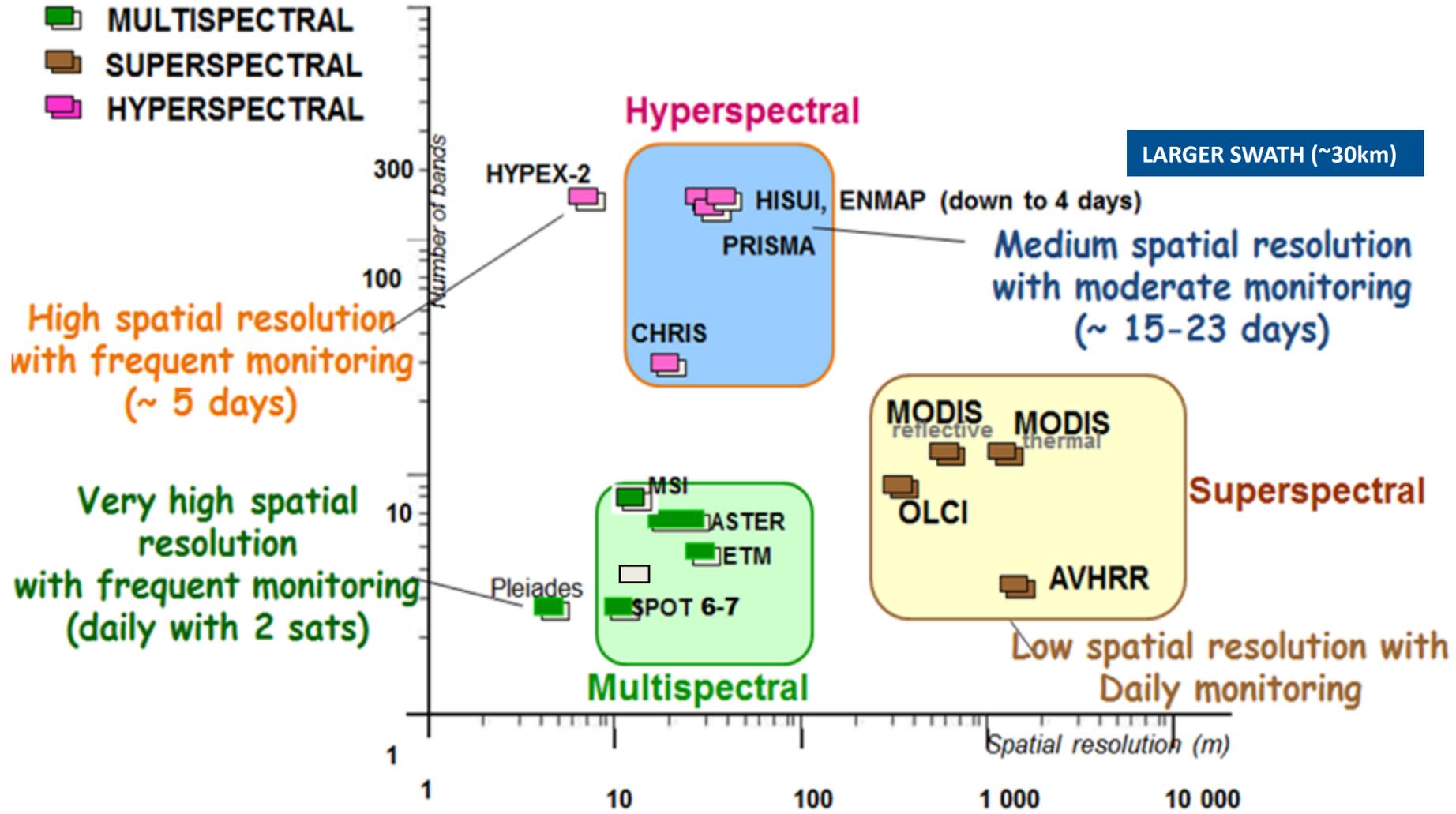
Ce sont des missions pré-opérationnelles à couverture limitée-

- ❖ HYSPIRI (NASA, launch AD) devrait apporter une couverture globale mais non décidé

- **MATURITE TECHNOLOGIQUE :**

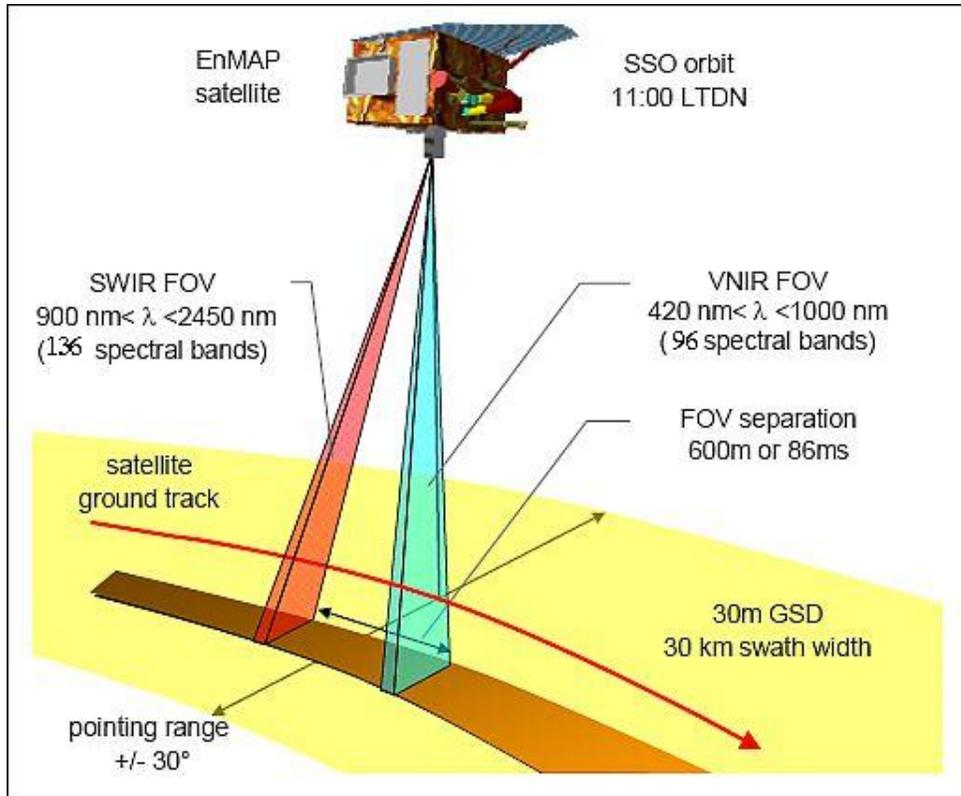
- Les technologies sont matures et validées en vol via 2 Hyperion sur EO-1 (NASA, 2000) et CHRIS sur PROBA-1 (ESA, 2001)
- Revisite : Trade-Off entre les capacités (résolution/couverture) et le nombre de satellites
- Capacité de mesurer la fluorescence depuis l'espace doit être démontrée (FLEX-EE8)
- Proposition HYPEX-2 pour un système compact à résolution 8m proposé à EE-9

2018-2027

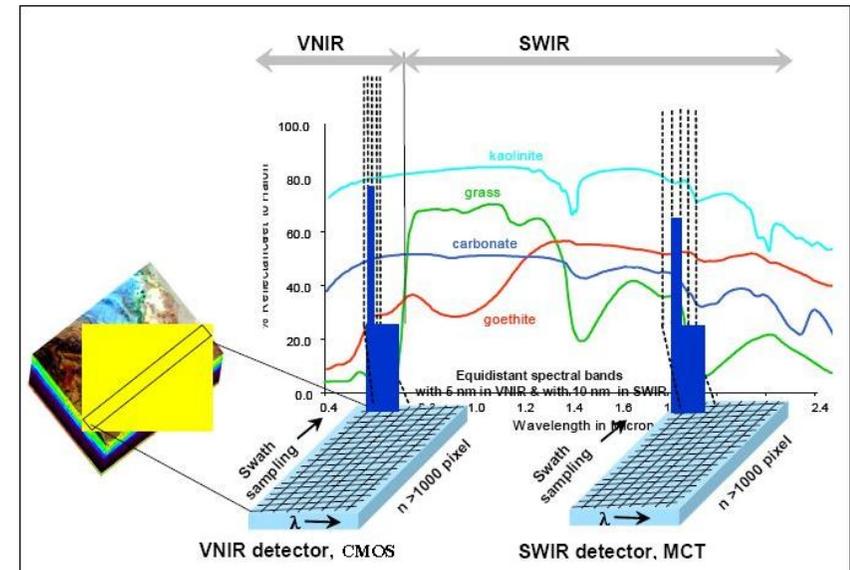
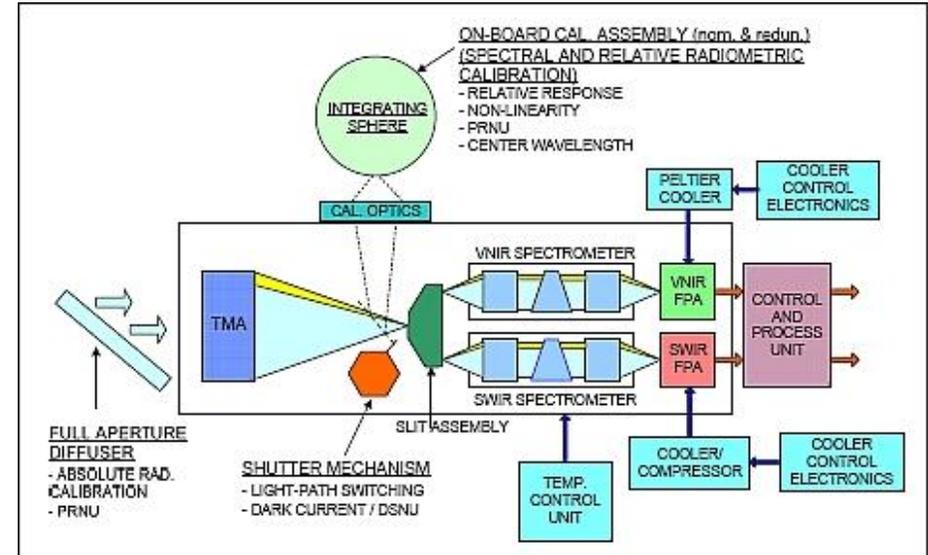


ENMAP (2018)

Mass: 950 kg
Lifetime: 5 years



Revisit:
4 days (+/- 30° depointing)
27 days (+/- 5°)

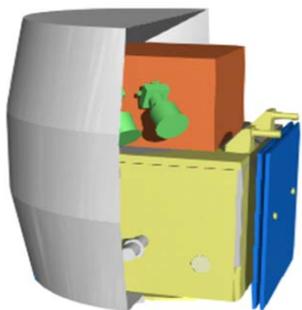


HYPEX-2

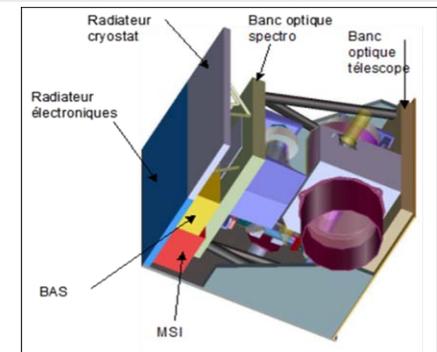
PROPOSITION EE-9

TRL > 5
Estimated cost: ~ 150 Meuros

Satellite	Mass: ~400 kg Helio-synchronous orbit @ 500km
Launch compatibility	Vega-C (2024)
Payload	Mass: 70-100 kg / Power: 150W
Spectral channel Spectral resolution / spectral range	GSD: 8 m / Swath: 8 km / typical SNR VIS > 250, NIR > 200, SWIR > 100 <14 nm / 0.4 – 2.5 μm
Panchromatic channel	GSD: about 2 m / Swath 8 km
Revisit period (±60° in latitude)	± 20° across-track imaging: 5 days Global acces
Accessibility	Permanent acquisition over ~100 hot spot areas
Link to Ground	X-Band link at 160 Mbps (with ground or mobile stations)
Lifetime	3 to 5 years



HYPEX-2 aims at complementing existing or near future missions
Due to technology and economic constraints, HYPEX-2 will focus on a limited number of critical zones (~100)



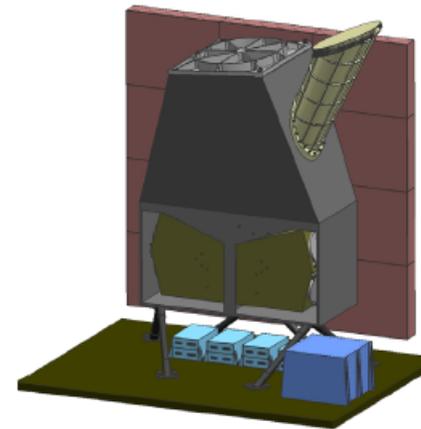
HYSPIRI (launch TBD)

Decadal Survey

Estimated cost: ~ 300 M USD

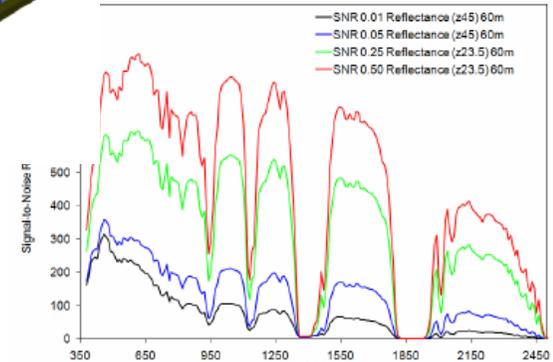


HyspIRI - VSWIR



National Aeronautics and Space Administration
 Jet Propulsion Laboratory
 California Institute of Technology
 Pasadena, California

Mass (CBE) 66Kg
 Power (Ave.) 41Watts



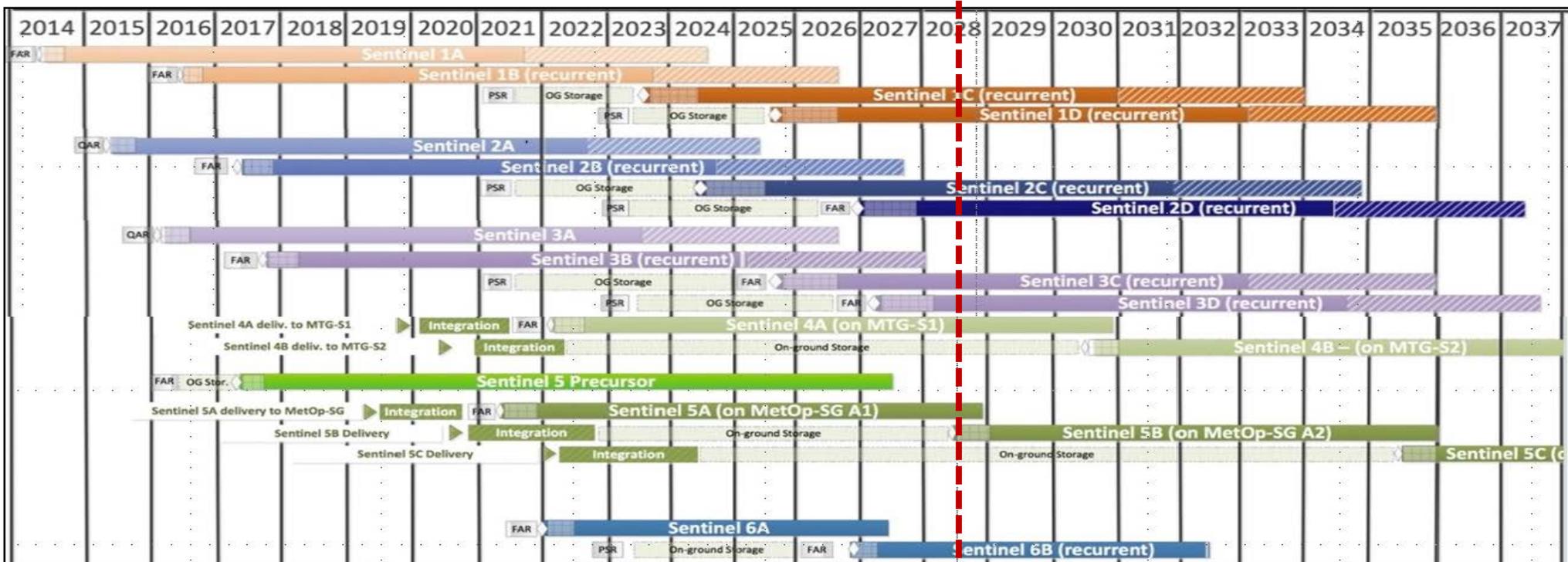
Imagin Spectrometer (VSWIR)

- 400- 2400 nm in < 10nm bands
- 60m spatial sampling
- Global coverage /16 days revisit

Spatial			
Field-of-View/ Spatial swath	12 deg/145 km		
IFOV/ Spatial Sample	86 μrad/60m (GSD)		
Uniformity		Four detector arrays (640 x 480 pixel) cover the FOV	

COPERNICUS ACTUEL

ET LE FUTUR ?



EXPANSION DES MESURES
VIA 3 OU 4 SENTINELS

COPERNICUS NOUVELLE GENERATION
SUITE AMELIOREE DES SENTINELS

2028-2039

- La Commission européenne a soutenu l'organisation en 2016 de cinq ateliers thématiques, dans le cadre de la collecte des besoins devant être pris en compte pour la **nouvelle génération** de la composante spatiale Copernicus :
 - changement climatique (Bruxelles, CE, 11/03/2016)
 - applications concernant les zones polaires et la couverture neigeuse (Bruxelles, CE, 23/06/2016)
 - applications dans les domaines de l'agriculture et de la forêt (Bruxelles, CE, 30/06/2016)
 - matières premières (prospective et exploitations minières) (Bruxelles, CE, 05/09/2016)
 - surveillance maritime (Lisbonne, EMSA, 15/11/2016)

2028-2039



Atelier agriculture et forêts

Résumé et recommandations

- 30/06/2016, Bruxelles, dans les locaux de la Commission Européenne
- 100 participants, publics et privés
- Les participants ont identifié comme première priorité,
 - la poursuite renforcée des observations Sentinel 1 et Sentinel 2 (revisite plus fréquente, avec une résolution spatiale améliorée de 5 m, idéalement 1-2 m), de même que des observations complémentaires dans l'infrarouge thermique (sur un satellite de type S-2, revisite quotidienne entre 12h00 et 14h00, 3 longueurs d'onde dans l'infrarouge thermique, 50 m de résolution spatiale, pour le suivi de la température des sols et de l'alimentation en eau des plantes
- Avec une moindre priorité,
 - des observations SAR bande L (avec les même caractéristiques spatiales et temporelles que S-2), passives bande L (humidité des sols, LIDAR (hauteur forêts), hyperspectrales (10-30 m de résolution pour le contenu en chlorophylle, contenu en eau, propriété des sols...).

<http://www.copernicus.eu/agri-forestry-workshop>

Copernicus for Raw Materials
Workshop
5 September 2016, 09:00 - 17:00h, Brussels

Atelier matières premières (extractions minières) Résumé et recommandations

- 05/09/2016, Bruxelles, dans les locaux de la Commission Européenne
- 87 participants, publics et privés. (dont des entreprises du secteur minier et matières premières)
- Les participants ont identifié le besoin d'observations hyperspectrales à haute résolution (couverture globale, détection de traits et petites structures géologiques et orographiques, distinction entre minéraux en séparant altération et érosion, ...)
- Les missions planifiées (EnMAP (DE) et PRISMA (IT)) ne répondent que partiellement à cette demande
- La communauté des matières premières souhaiterait le lancement d'initiatives permettant d'identifier de futurs services et produits Copernicus capables de répondre en partie à leurs besoins

<http://workshop.copernicus.eu/rawmaterials>

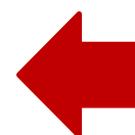


Commission européenne

Conclusions provisoires de la Commission après les 4 premiers ateliers

Conclusions provisoires exprimées en novembre 2016 pour les observations environnementales devant faire l'objet d'investigations plus approfondies :

- **Priorité 1 :**
 - **surveillance des gaz à effet de serre**, particulièrement pour les émissions anthropiques de CO₂; pour lesquels on ne dispose pas actuellement d'observations satellitaires européens
- **Priorité 2 :**
 - **surveillance des régions polaires**, particulièrement l'Arctique pour la glace de mer et les icebergs (*manques pouvant être comblés par les Sentinelles-NG? Intérêt d'une mission avec orbite à grande ellipticité?*)
 - **surveillance pour l'agriculture**, particulièrement des paramètres qui peuvent être déduits des observations infrarouges thermiques (*grand intérêt d'une mission infrarouge thermique à moyen terme, poursuite renforcée des Sentinelles 1 et 2 dans le cadre des Sentinelles-NG*)
- **Priorité 3 :**
 - Extractions minières (*leçons à tirer des prochaines missions, plutôt pour les Sentinelles-NG que pour les « expansions » ?*), biodiversité, humidité et autres paramètres des sols, nécessitant l'observation de bandes additionnelles, actuellement non disponibles



A PARTIR DE 2024: 4 NOUVELLES SENTINELS « EXPANSION »

S7 (A, B,C): **CARBON (2025-2040) de type CARBONSAT**

S8 (A/B): **TIR (2024-2033), Précurseurs en compagnons de S2C et D. Puis sur S2-NG**

S9 (A, B): **POLAR MONITORING de type CRYOSAT2 (2022-2040)**

S10: **Précurseur HYPERSPECTRAL (2028-2037) –instrument financé par Allemagne & Italie**

A PARTIR DE 2028: 5 SENTINELS DE « NOUVELLE GENERATION »

Continuité des mesures, amélioration de la résolution et de la revisite ainsi que des performances. Intégration des nouvelles mesures expansions si possible .

S1-NG (E,F,G H): **Sentinel SAR –C (2028-2048)**

S2-NG (E,F,G H): **Sentinel Optique : MSI + TIR + HYPERS (2029-2048)**

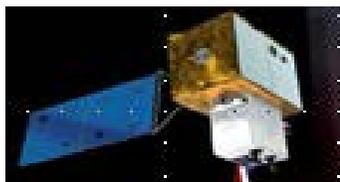
S3-NG Opt (E,F,G H): **Optical and TIR Large Swath radiometers (2030-2049)**

S3-NG Top (E,F,G H): **Altimétrie Nadir (2030-2049)**

S6 (C, D) : **suite de Jason (2032-2042)**

COPERNICUS EVOLUTION
DRAFT - ESA VERSION - 20.02.2017

4 SENTINELS EXPANSION



S7: CARBON
(2025)



S8: TIR
(2024)



S9: CRYO
(2022)



S10: HYPER
(2028)

4 SENTINELS NEW GENERATION



**S1-NG: SAR-C
COMPONENT**
(2028)



S2-NG:
OPTICAL Moy. RESOLUTION
MSI+TIR+HYPER
(2029)



S3_Opt NG:
OPTICAL LARGE SWATH
COMPONENT
(2030)



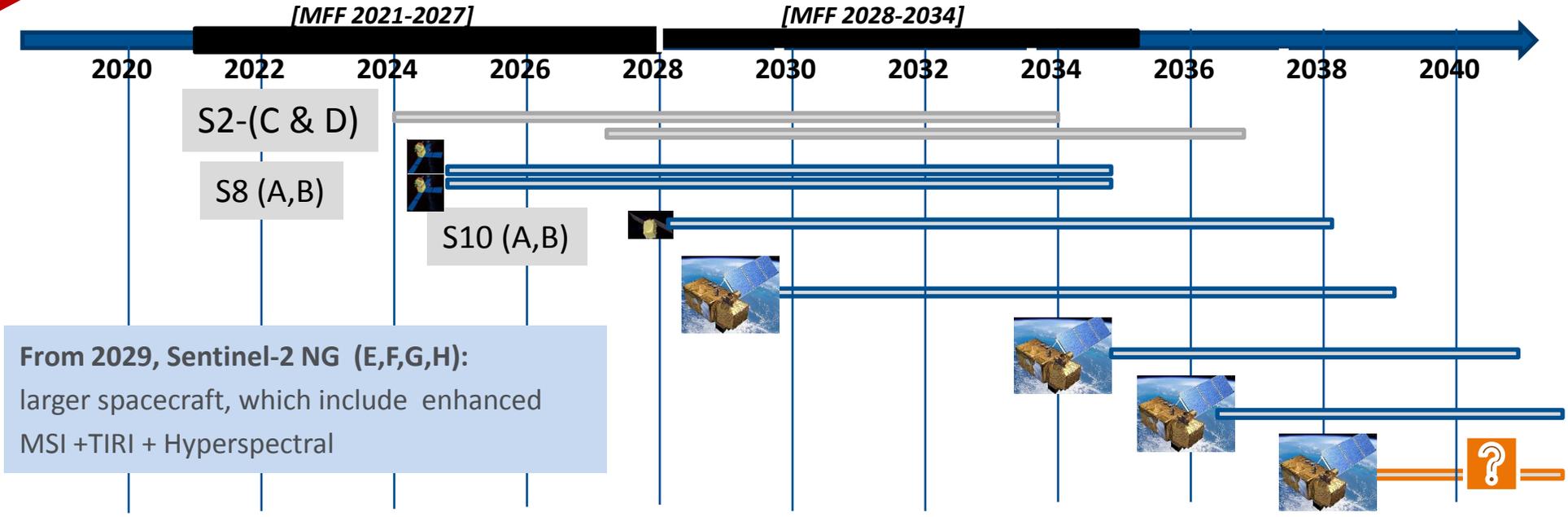
S3_Top NG:
ALTIMETER
COMPONENT
(2030)



S6 -NG:
ALTI-REF
COMPONENT
(2032)

COPERNICUS EVOLUTION
DRAFT - ESA VERSION -20.02.2017

ZOOM SUR SENTINEL 2 -NEW GENERATION



From 2029, Sentinel-2 NG (E,F,G,H):
larger spacecraft, which include enhanced
MSI +TIRI + Hyperspectral

BESOINS NATIONAUX vs COMPOSANTE OPTIQUE MULTISPECTRALE: ASSURER LA CONTINUITÉ, AVEC UNE MEILLEURE COUVERTURE (NUAGE), L'AMELIORATION DE LA RESOLUTION ET DE LA REVISITE :
DE L'INSTRUMENT MSI : 5m-AC/ 3 jours; L'IRT: 60-80m/ 1-3 jours , HYPERSPECTRAL < 10m / revisite 5j

EN CONCLUSION

- ❑ **L'EUROPE PRESENTE UN FORT DYNAMISME VIS-À-VIS DE L'HYPERSPECTRAL**

- ❑ **DES DIFFICULTES TECHNOLOGIQUES EXISTENT POUR REpondre AU BESOIN DE L'HYPERSPECTRAL A HAUTE RESOLUTIONS SPECTRALE (10nm) & SPATIALE (5-8m) => PROPOSITION HYPEX-2**

- ❑ **LE BESOIN OPERATIONNEL EXIGE UN CHAMP PLUS LARGE (> 30km) COMBINE A LA HAUTE RESOLUTION SPATIALE => RECHERCHE D'UN COMPROMIS TECHNICO-ECONOMIQUE OU TECHNOLOGIES DE RUPTURE**

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

