

Université Paris Diderot – Paris 7  
UFR des Sciences de la Terre, de l'environnement et des planètes  
L3 Géosciences fondamentales

*Rayonnement, transfert radiatif,  
télédétection – 2/3*

*Stéphane Jacquemoud*

Février 2008



## Deuxième partie : vecteurs & capteurs

### V. Les plates-formes de télédétection

V.1. Plates-formes terrestres

V.2. Plates-formes aériennes

V.3. Plates-formes spatiales

### VI. Les capteurs de télédétection

VI.1. Capteurs passifs dans le visible et l'infrarouge

VI.2. Capteurs actifs dans le domaine optique

VI.3. Capteurs actifs dans le domaine des hyperfréquences

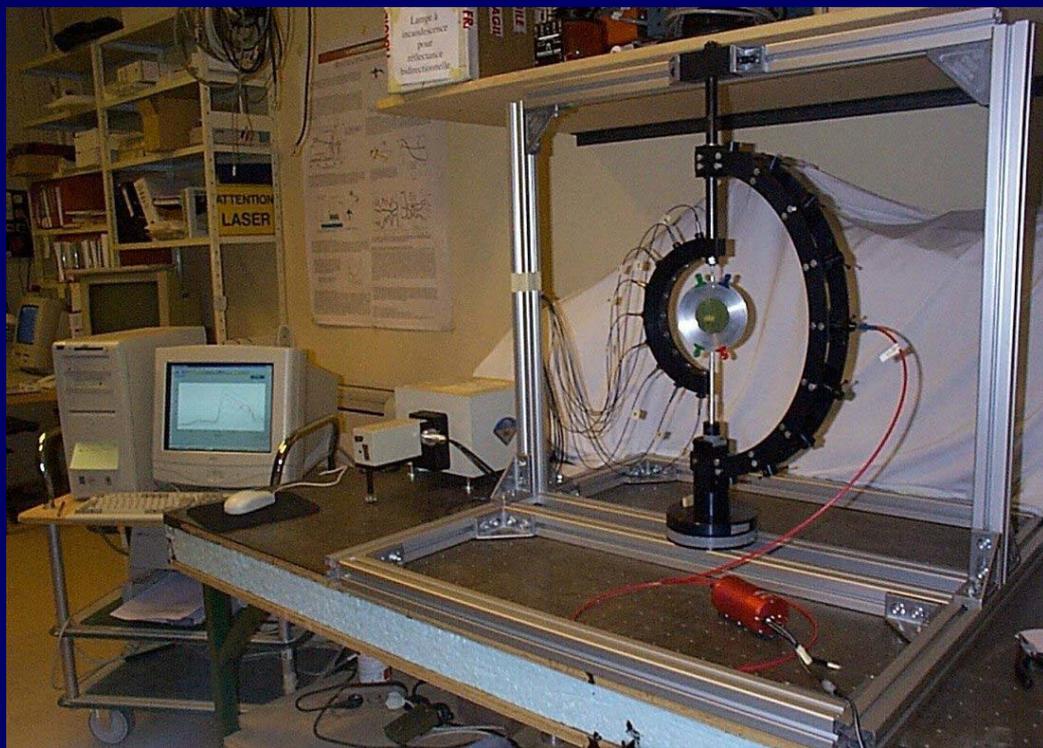
## V. Les plates-formes de télédétection

V.1. Plates-formes terrestres



**GDR D1536**  
**FLUOVEG**

CNRS INRA CNES CEA MENRT





EUROPEAN COMMISSION  
JOINT RESEARCH CENTRE

# EUROPEAN MICROWAVE SIGNATURE LABORATORY

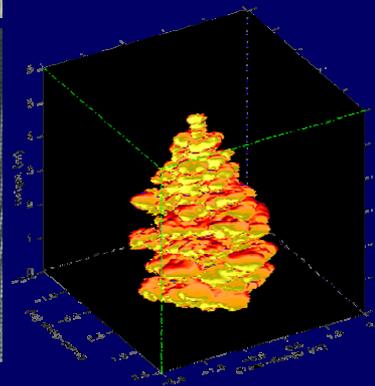
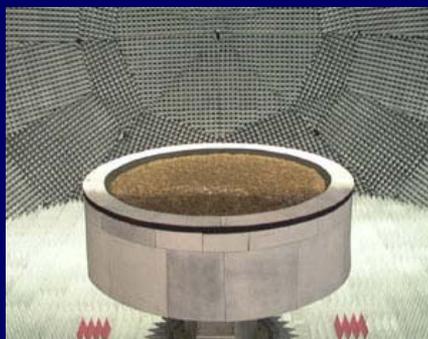
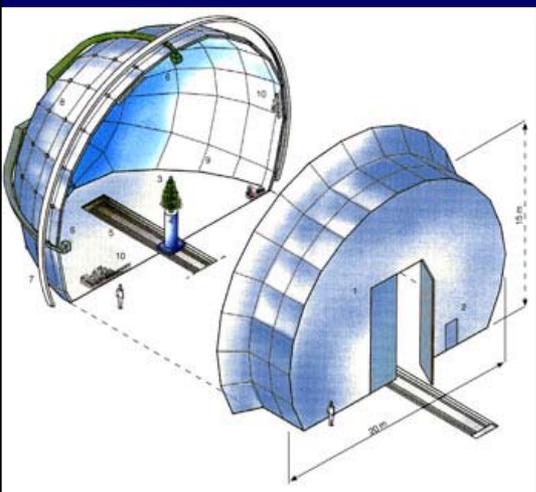


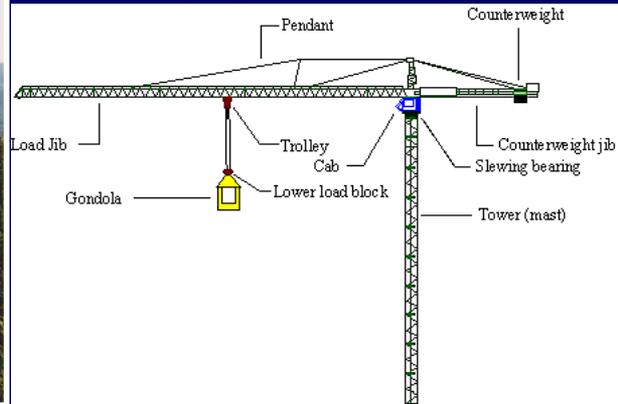
Image 3-D ISAR d'un sapin  
(bandes L, S, C / polarisation VV)

Santa Monica Mountains  
(California, June 1995)





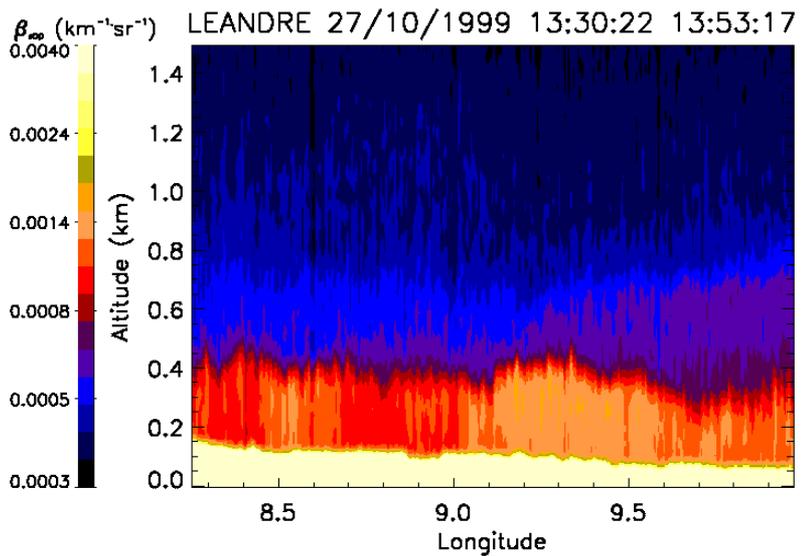
## Wind River Canopy Crane (Oregon, Juillet 1996)



Jerry F. Franklin

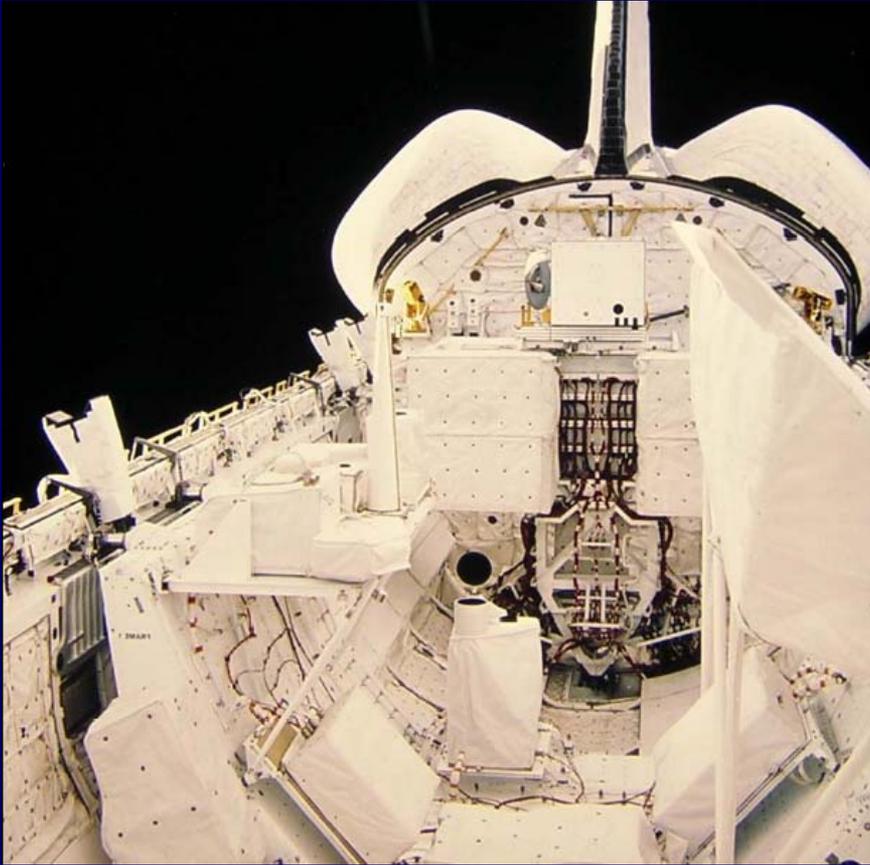
## V.2. Plates-formes aériennes

Réflectivité lidar mesurée à partir de l'avion ARAT (Avion de Recherche Atmosphérique et de Télédétection) sur la vallée du Pô (Italie) en octobre 1999

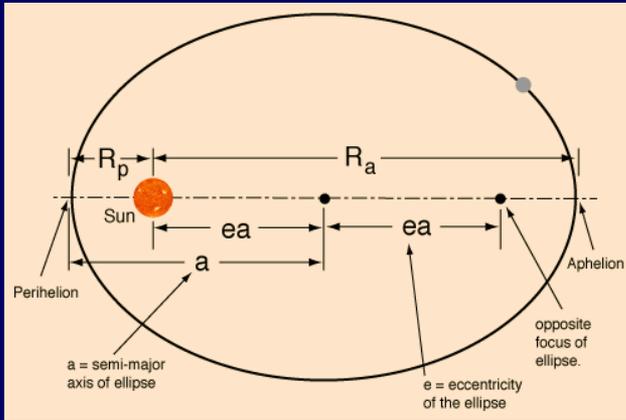


*Cyrille Flamant, Aime Druillet, Vincent Trouillet, Christian Allet, Sandrine Bernard*

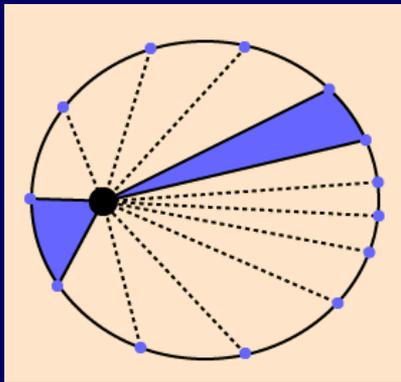
### V.3. Plates-formes spatiales



# Lois de Kepler

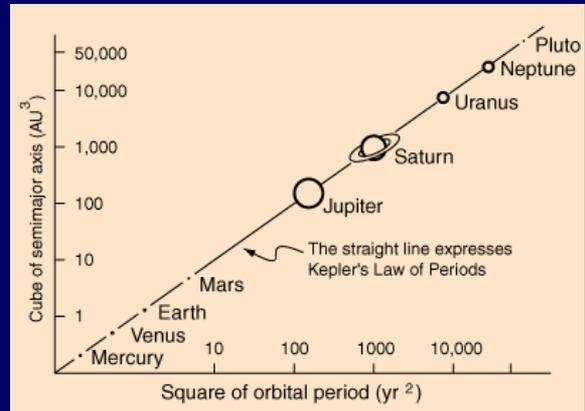


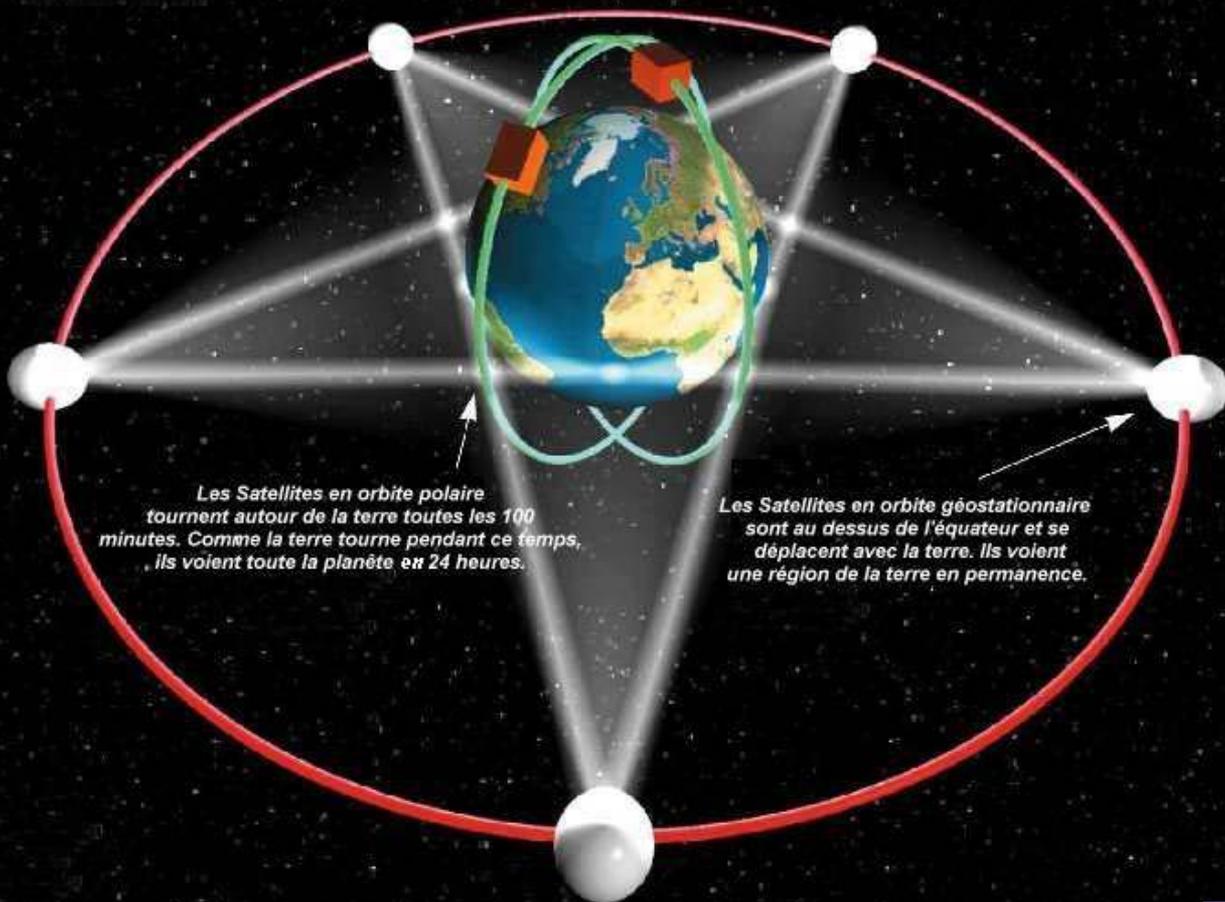
Loi des orbites



Loi des aires

Loi des périodes

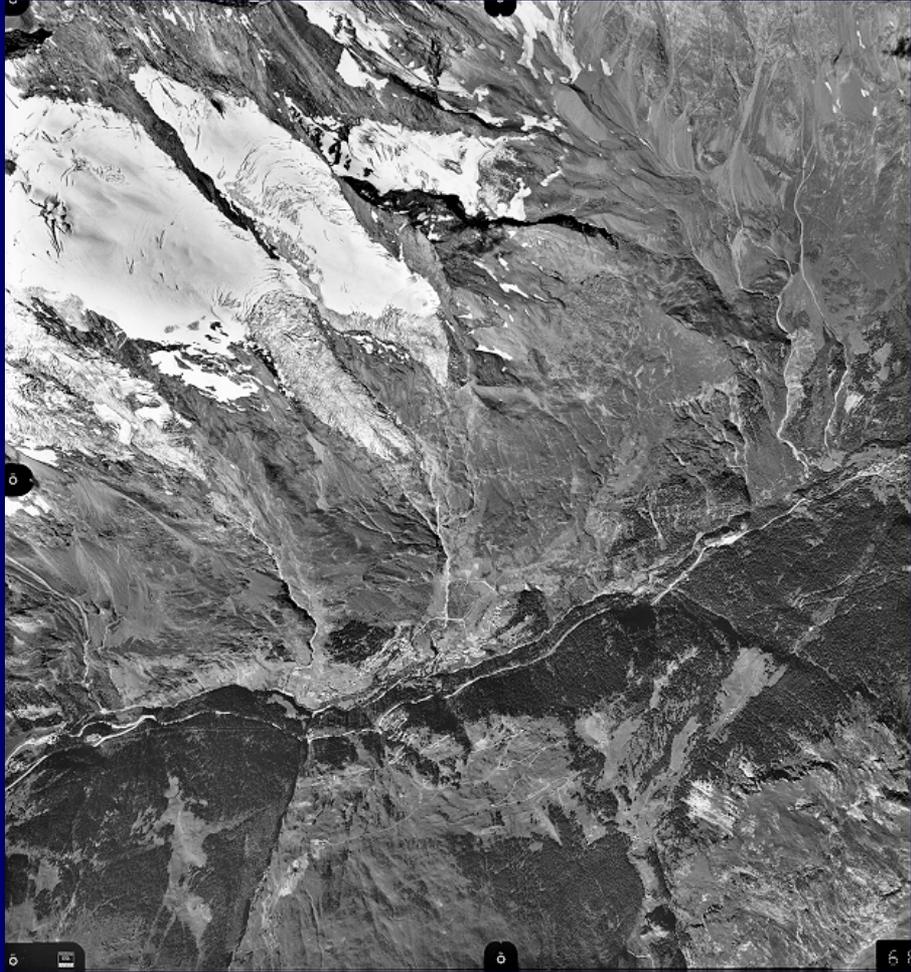
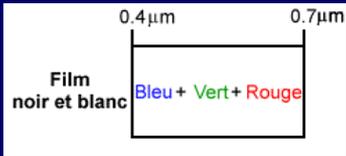




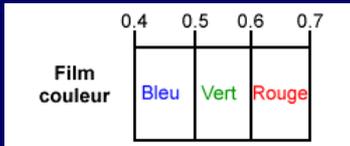
## VI. Les capteurs de télédétection

# La photographie

Film noir & blanc  
panchromatique (©IGN)



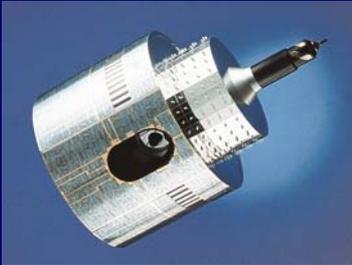
Film couleurs  
naturelles (©IGN)



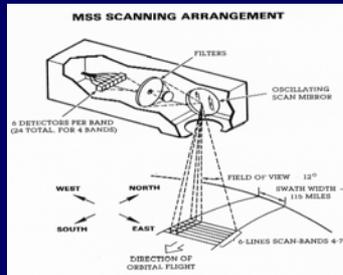
## Les radiomètres passifs ponctuels



## Les radiomètres passifs imageurs



Systèmes à balayage  
optique et mécanique :  
**METEOSAT**

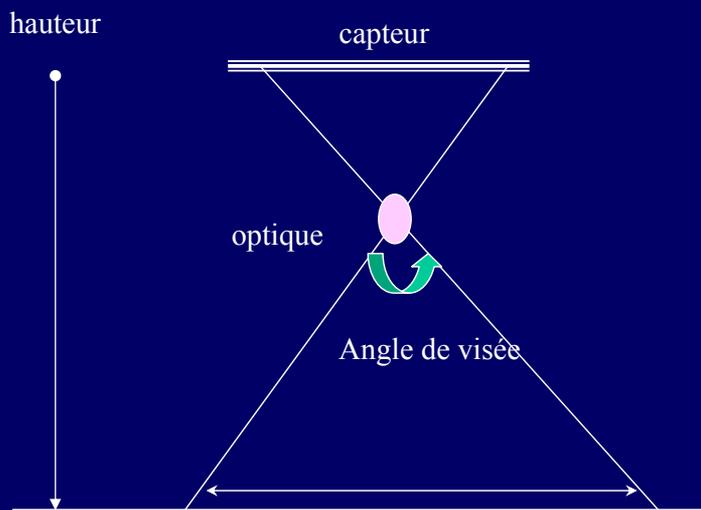


Miroir oscillant :  
**LANDSAT-MSS**

Barette de détecteurs :  
**SPOT-HRV**



- Champ instantané d'observation (IFOV = *Instantaneous Field of View*) : cône d'analyse d'un capteur donnée dépendant de son angle d'ouverture. Il permet de calculer la taille du pixel

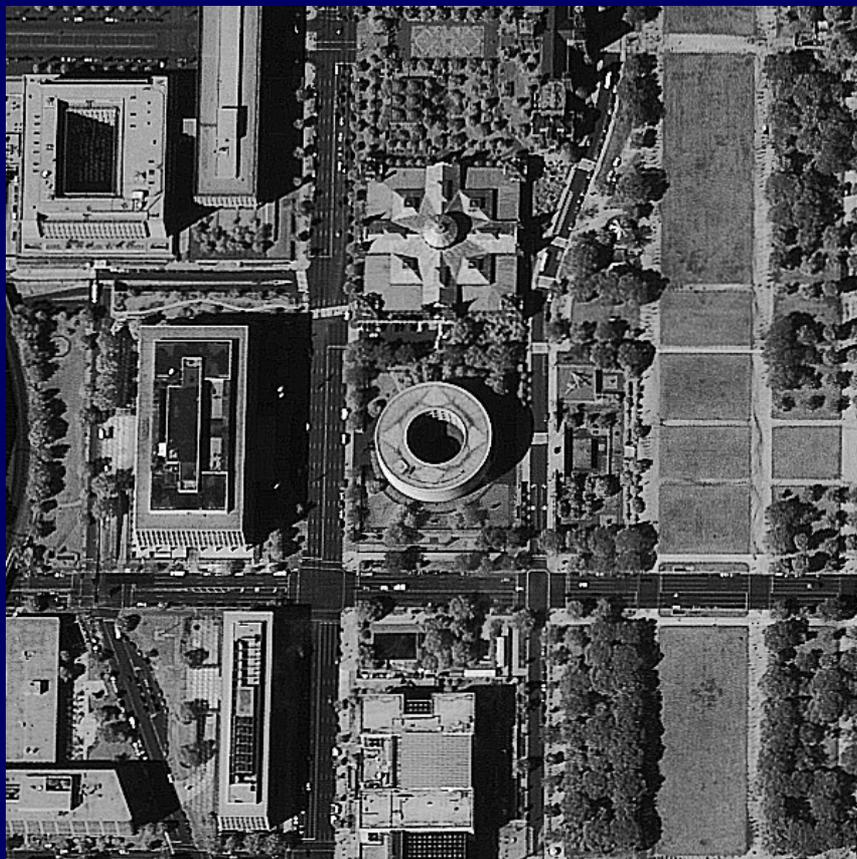


- Champ global d'observation : taille du territoire observé par le satellite
- Résolution spectrale

<b>Vecteur</b>	<b>Capteur</b>	<b>Mode</b>	<b>Altitude</b>	<b>IFOV</b>	<b>Taille du pixel</b>	<b>Champ global d'observation</b>
ER2	AVIRIS	-	20 km	1 mrad	20 m	10,6 km
NOAA 5	AVHRR	-	1 515 km	1,3 mrad	1,1 km	2 700 km
LANDSAT	MSS	-	920 km	0,086 mrad	79 m	185 km
	TM	-	720 km	0,0425 mrad	30 m	185 km
SPOT 1, 2 et 3	HRV 1 et 2	XS	830 km	0,024 mrad	20 m	60 km
		P		0,012 mrad	10 m	
ADEOS	POLDER	-	797 km		6 × 7 km	2400 km
IKONOS		MS	681 km		4 m	11 km
		P			1 m	
TERRA	ASTER	VNIR	705 km		15 m	60 km
		SWIR			30 m	
		TIR			90 m	



Première image IKONOS acquise le 12 octobre 1999  
Washington (DC)



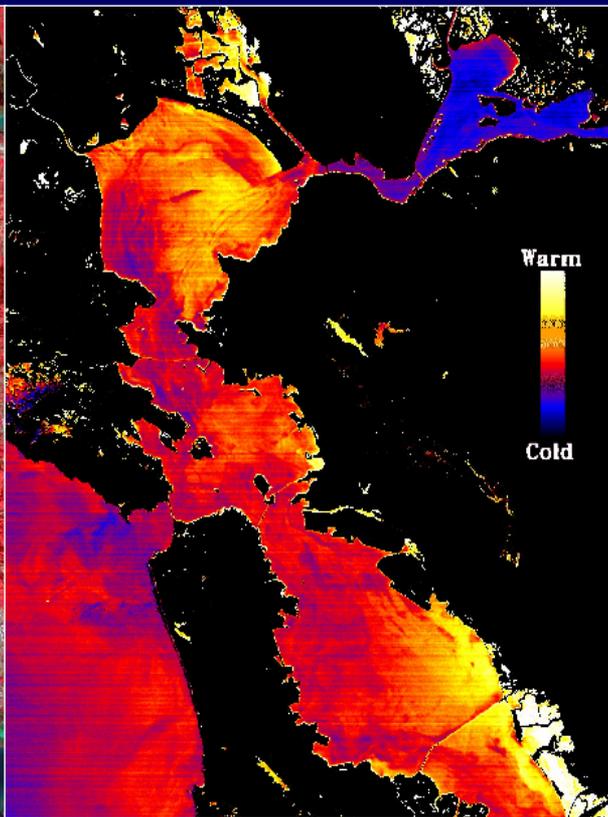
<http://www.geoeye.com/>



Image (60 km  $\times$  75 km) de la baie de San Francisco (CA) acquise par Terra-ASTER le 3 mars 2000



Visible - proche infrarouge

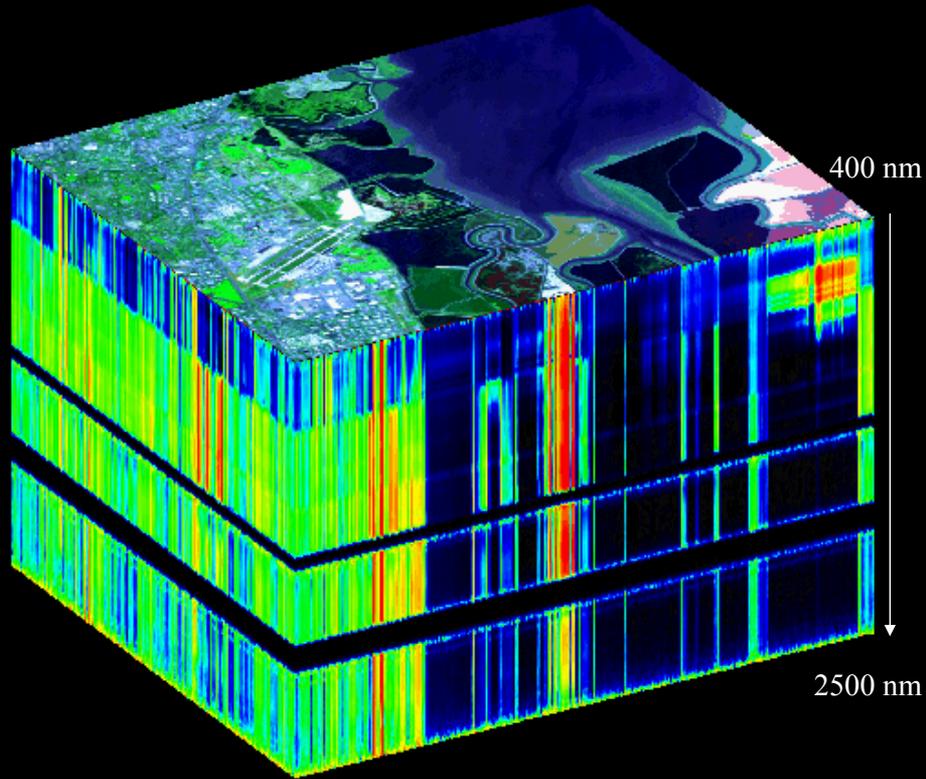


Infrarouge thermique

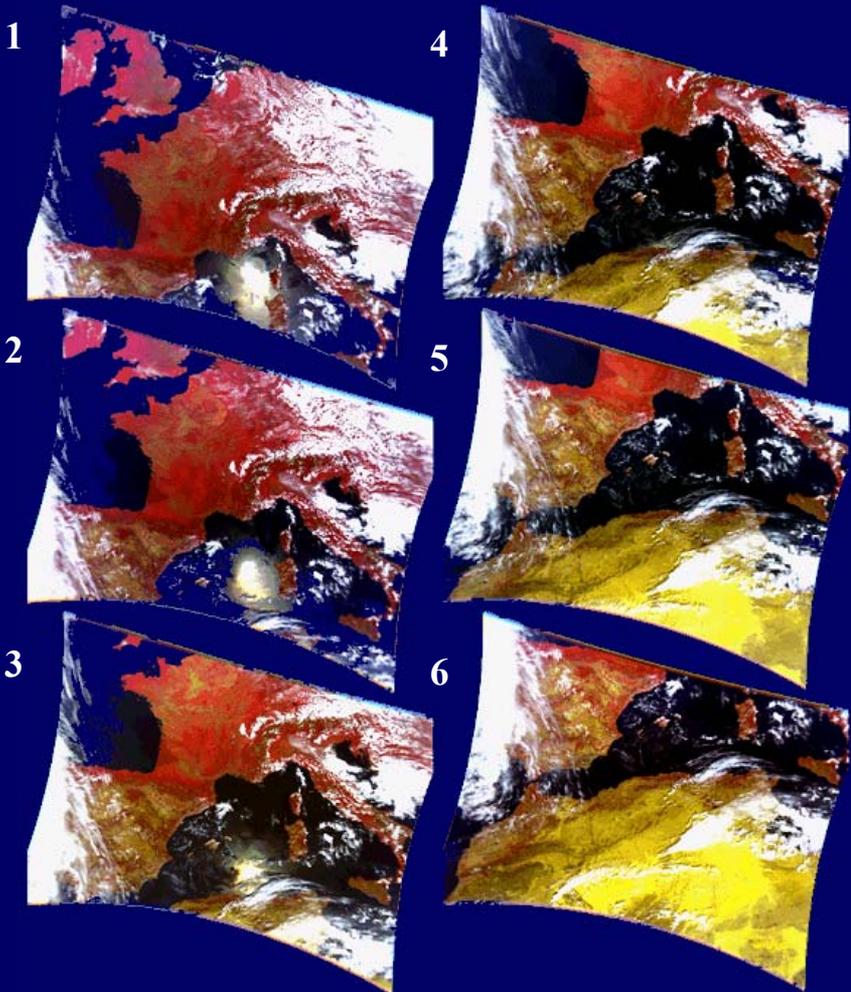




Cube AVIRIS (224 bandes spectrales entre 400 et 2500 nm) acquis le 20 août 1992 par l'avion ER-2 de la NASA (altitude : 20 km, vitesse : 730 km h<sup>-1</sup>) sur le site de Moffett Field, CA (sud de la baie de San Francisco)



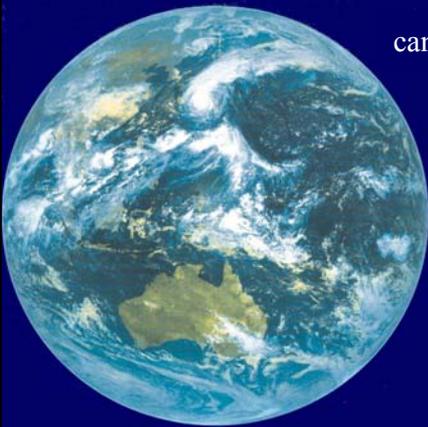
<http://aviris.jpl.nasa.gov/>



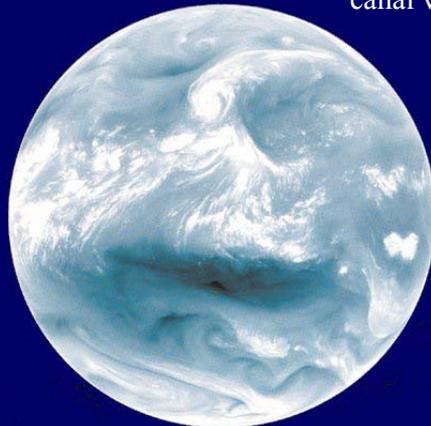
Première séquence ADEOS-POLDER (*POLARization and Directionality of the Earth's Reflectance*) acquise sur l'Europe de l'ouest et l'Afrique du nord le 9 septembre 1996

<http://parasol-polder.cnes.fr/>

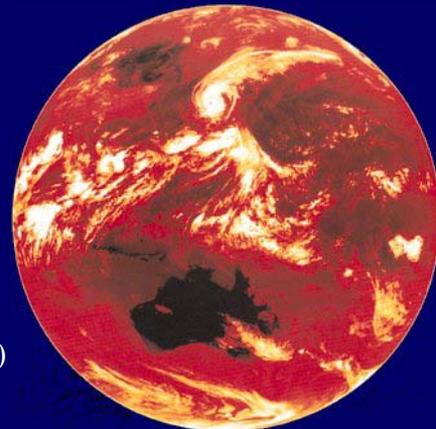
Images du satellite GMS (Geostationary Meteorological Satellite ou "Himawari") acquises le 16 septembre 1995 à 03:00 UTC



canal visible (0,5 - 0,9  $\mu\text{m}$ )



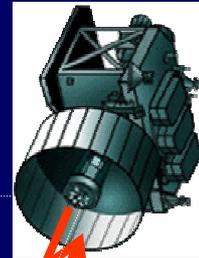
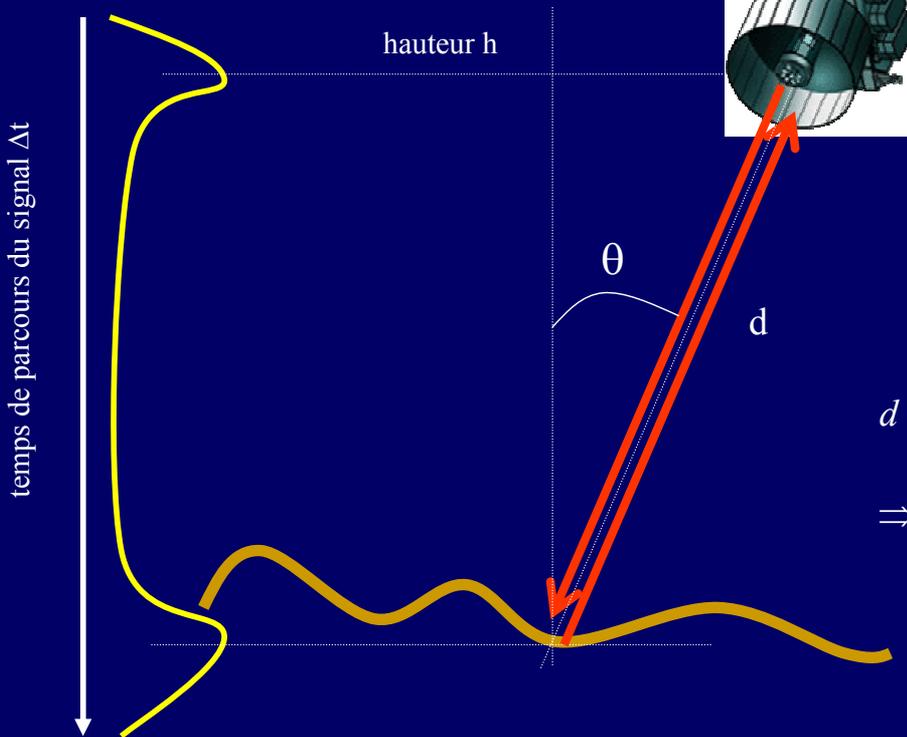
canal vapeur d'eau (6,5 - 7,0  $\mu\text{m}$ )



canal infrarouge (10,5 - 12,5  $\mu\text{m}$ )

## Capteurs actifs dans le domaine optique

Principe du LIDAR (*LIght Detection And Ranging*)



repérage GPS

$$d = \frac{c\Delta t}{2} \text{ et } \cos\theta = \frac{h}{d}$$
$$\Rightarrow h = \frac{c\Delta t \cos\theta}{2}$$



# Geoscience Laser Altimeter System

*The Next Generation Space Lidar*

Satellite ICESat (*Ice, Cloud, and land Elevation Satellite*)  
lancé le 12 janvier 2003



## GLAS

- poids : 300 kg
- altitude : 600 km
- précision radiale de l'orbite : 5 cm
- durée de vie : 3-5 ans

## Emetteur

- laser Nd:Yag
- longueurs d'onde : 532 nm et 1064 nm
- fréquence de pulsation : 40 Hz

## Récepteur

- télescope : 1 m

## Résolution

- précision absolue verticale : 1 m pour un pente de 10°
- taille du pixel : 70 m
- espacement entre deux pixels : 170 m

<http://glas.gsfc.nasa.gov/>



## Capteurs actifs dans les hyperfréquences

Coefficient de rétrodiffusion radar (*Radio Detection And Ranging*)  $\sigma_0$  :

$$\sigma_0(\theta, \varphi) = \left\{ \frac{(4\pi)^3}{\lambda^2} \frac{R^4}{S G^2(\theta, \varphi)} \right\} \frac{P_r(\theta, \varphi)}{P_t(\theta, \varphi)}$$

$\lambda$  = longueur d'onde d'émission (en m)

$R$  = distance cible-antenne (en m)

$S$  = surface visée (en m<sup>2</sup>)

$G(\theta, \varphi)$  = gain de l'antenne

$P_r(\theta, \varphi)$  = puissance reçue (en W)

$P_t(\theta, \varphi)$  = puissance émise (en W)

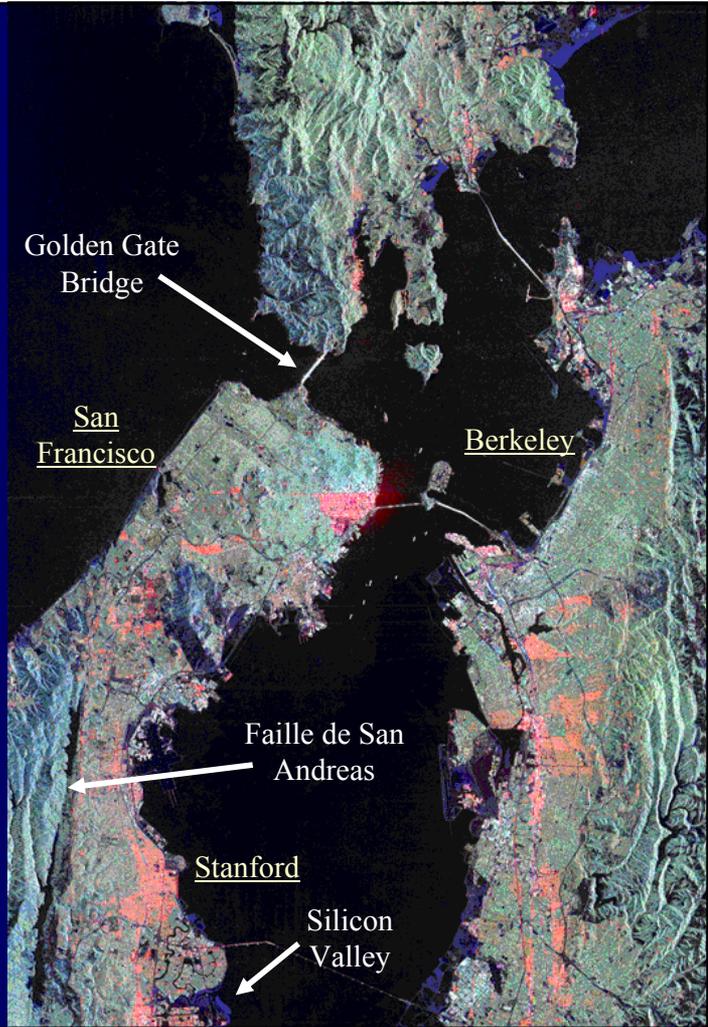
$\sigma_0$  dépend des paramètres suivants :

- fréquence  $\nu = c / \lambda$
- angle d'incidence ( $\theta, \varphi$ )
- polarisation (HH, VV, HV, VH)
- caractéristiques diélectriques du milieu : constante diélectrique  $\epsilon$
- géométrie de la surface

⇒ couple d'images : interférométrie radar



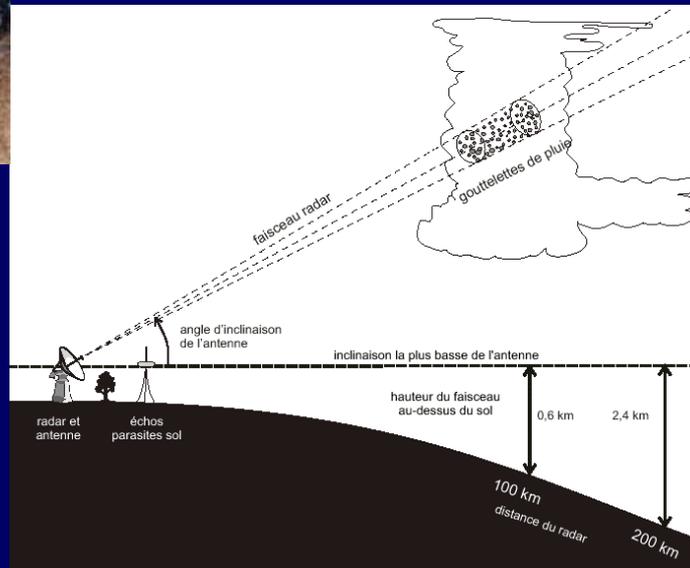
Image de la baie de San Francisco (42 km × 58 km) acquise le 3 octobre 1994 par le radar à ouverture synthétique SIR-C/X-SAR embarqué sur la navette spatiale Endeavour  
 $2.4 \text{ cm} < X < 3.75 \text{ cm} < C < 7.5 \text{ cm}$   
⇒ tectonique

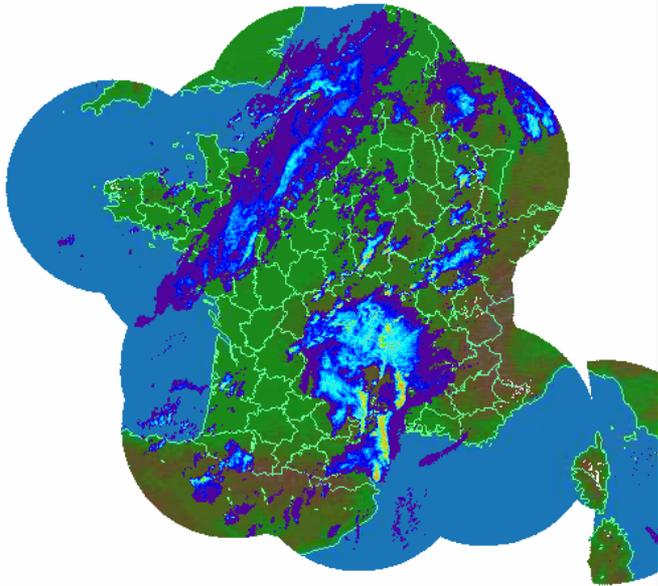




Un des nouveaux radars météorologiques de Météo-France, implanté à Bollène (Vaucluse). Seul apparaît ici son radôme, qui masque l'antenne qu'il protège. Ce radar permet d'améliorer la couverture radar du sud-est méditerranéen, auparavant gênée par l'obstacle des Cévennes et des contreforts alpins

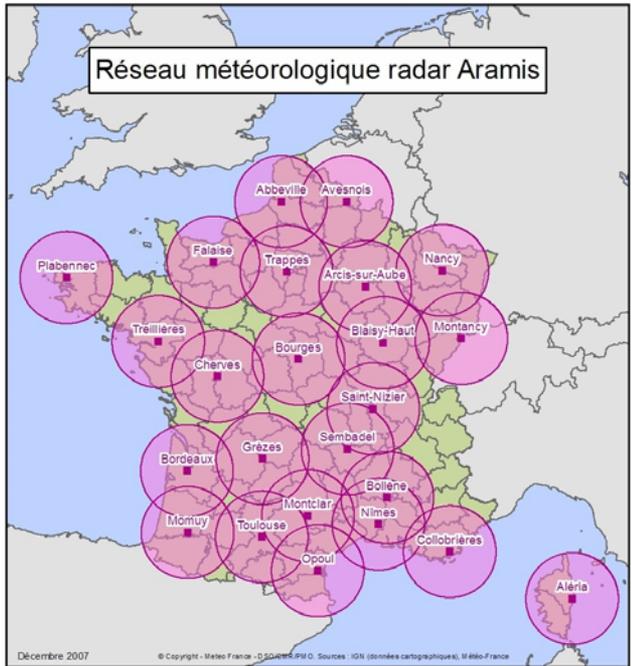
L'antenne parabolique du radar tourne et émet un faisceau d'ondes électromagnétiques (de longueur d'onde fixée entre 5 et 10 cm suivant les modèles en réseau). Ces ondes, qui se déplacent à la vitesse de la lumière, sont rétrodiffusées par les gouttes de pluie, les grêlons ou la neige. Le radar calcule alors la distance qui le sépare des gouttes. Il localise ainsi les zones de précipitations à des distances atteignant 200 km et mesure leur intensité dans une zone comprise entre 80 et 120 km.





17/09/2007 20h00 1ec

### Réseau météorologique radar Aramis



Décembre 2007

© Copyright - Météo France - D. S. G. S. P. M. O. Sources - IGN (données cartographiques), Météo-France

Radar de Nîmes : 8 septembre 2002

