

# Définition

## Petite introduction à la télédétection

Jordi Inglada



Décembre 2011

- ▶ La télédétection est l'acquisition d'informations sur des objets ou des phénomènes sans contact physique avec eux.
- ▶ L'imagerie de télédétection utilise des capteurs de rayonnement électromagnétiques embarqués sur des plate-formes aériennes ou spatiales.
- ▶ Observation de la Terre, mais aussi d'autres planètes.
- ▶ Intérêts principaux :
  - ▶ Observation de sites difficiles d'accès ou dangereux
  - ▶ Observation systématique dans le temps et dans l'espace



Jordi Inglada

Petite introduction à la télédétection  
La télédétection Introduction

Décembre 2011

1 / 57



Jordi Inglada

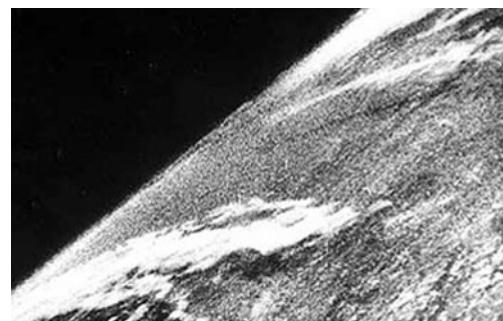
Petite introduction à la télédétection  
La télédétection Introduction

Décembre 2011

3 / 57

## Première image spatiale

- ▶ 24 octobre 1946
- ▶ Fusée V-2 américaine
- ▶ Altitude : 105 km.



## Mars Odyssey

- ▶ Capteur THEMIS (Thermal Emission Imaging System) avec bandes visibles et infra-rouge thermique.
- ▶ En orbite autour de Mars (2001)



Jordi Inglada

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

4 / 57



Jordi Inglada

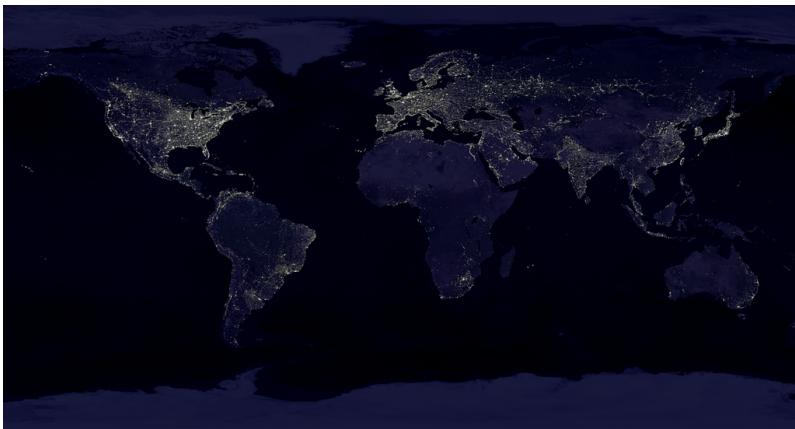
Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

5 / 57

## La Terre de nuit

- ▶ Composition d'images dans l'infrarouge thermique (1994-1995)

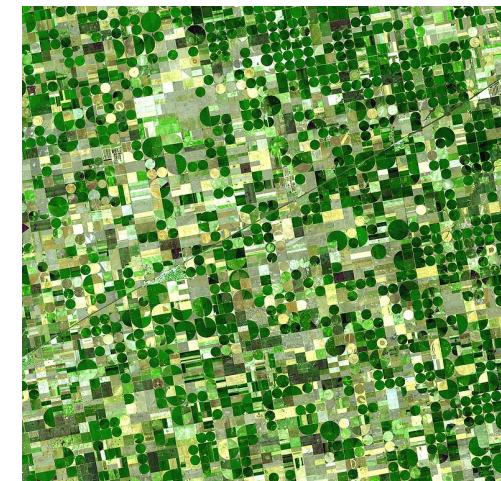


## Notion de porteur

- ▶ Le capteur imageur est installé sur une plate-forme qui se déplace pour adopter le point de vue souhaité
- ▶ Exemples de porteurs
  - ▶ **Avion**
  - ▶ **Satellite**
  - ▶ Drone
  - ▶ Ballon

## Observation des paysages

- ▶ Image du satellite ASTER de la NASA
- ▶ Champs de céréales circulaires au Kansas



## Avantages et inconvénients

### Aéroporté

- ▶ Avantages :
  - ▶ le porteur est bon marché
  - ▶ peut être activé à la demande
  - ▶ les capteurs peuvent être modifiés
- ▶ Inconvénients :
  - ▶ la couverture d'une zone donnée n'est pas systématique dans le temps

### Spatial

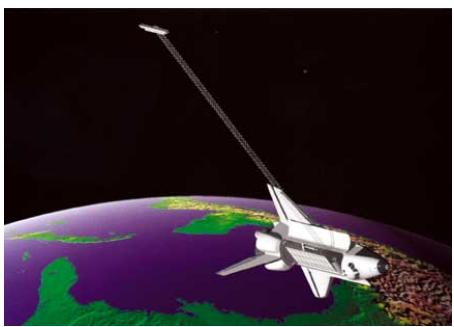
- ▶ Avantages :
  - ▶ grandes surfaces couvertes
  - ▶ revisite fréquente
- ▶ Inconvénients
  - ▶ inaccessible après lancement
  - ▶ coût et temps de développement élevés



# La mission SRTM

Un cas particulier

- Shuttle Radar Topography Mission
- Mission de 11 jours à bord d'Endeavour en février 2000



Jordi Ingla

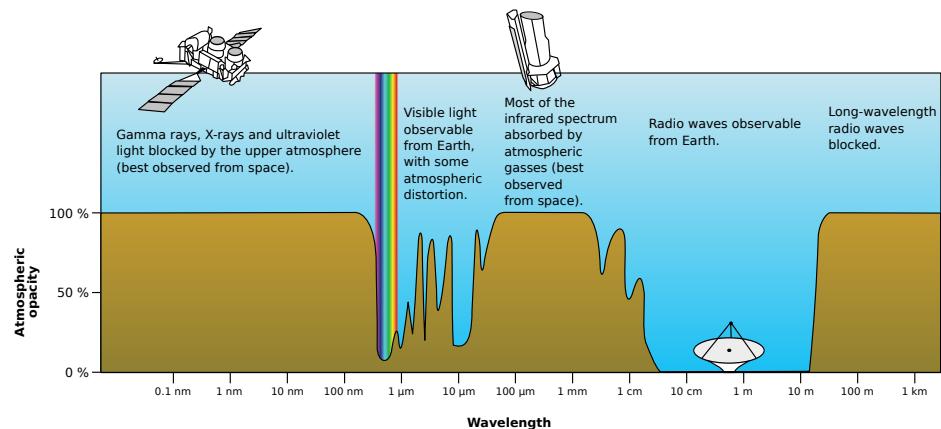
Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

11 / 57

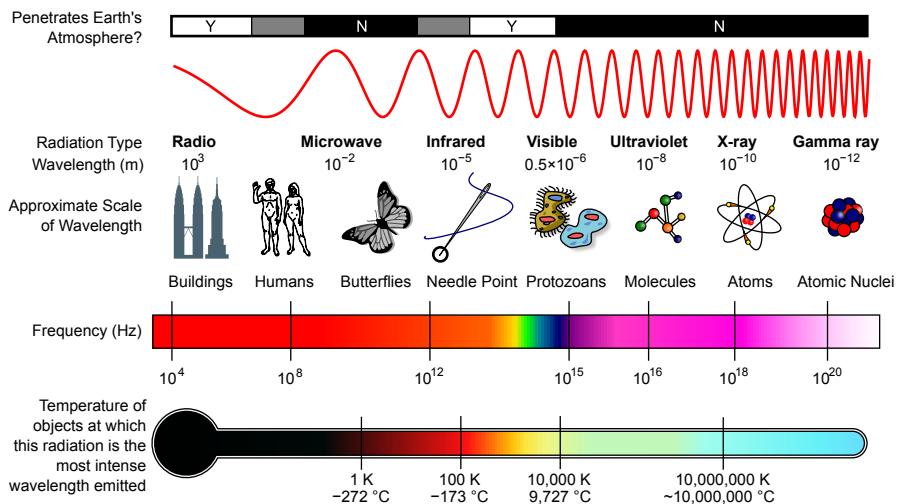
## Spectre électromagnétique

Mais l'atmosphère présente des variations de transmittance (opacité)



## Spectre électromagnétique

Le capteur mesure le rayonnement électromagnétique



Jordi Ingla

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

13 / 57

## Capteurs passifs

- Ils détectent le rayonnement naturel émis ou réfléchi.
- La source de rayonnement la plus commune est la lumière du soleil
  - On mesure la fraction réfléchie par les objets
- Exemples
  - photographie visible
  - infrarouge
  - radiomètres



Jordi Ingla

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

14 / 57



Jordi Ingla

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

15 / 57

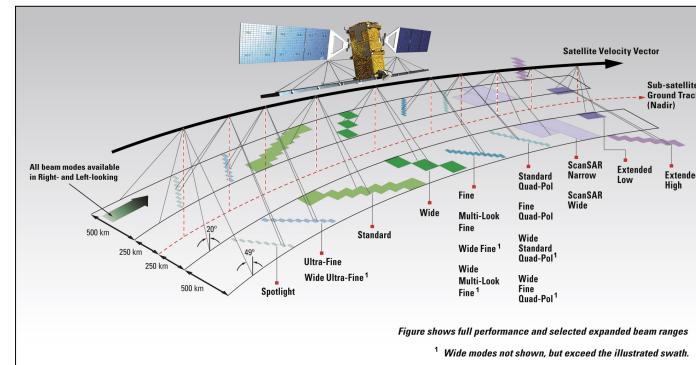
## Capteurs actifs



- ▶ On utilise une source artificielle de rayonnement pour émettre une onde vers la surface observée
- ▶ RADAR : RAdio Detection And Ranging
  - ▶ source micro-ondes
- ▶ LIDAR : LLight Detection And Ranging
  - ▶ source laser

## Couverture

- ▶ Surface imagée par le satellite en une seule acquisition
- ▶ Dépend de
  - ▶ l'altitude de l'orbite (compromis avec la résolution spatiale)
  - ▶ l'ouverture angulaire (compromis avec les distorsions géométriques)



## Agilité

- ▶ Capacité du satellite à changer l'angle de prise de vue
- ▶ Permet d'augmenter la surface imagée

Vidéo Pléïades

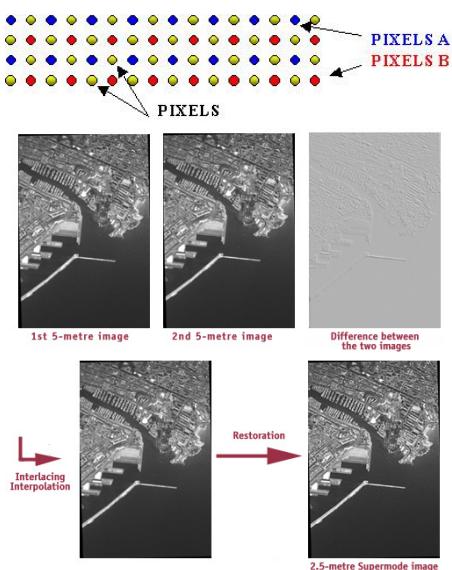
## Revisite

### Résolution temporelle

- ▶ Fréquence avec laquelle un point de la surface de la Terre est vu
- ▶ Liée à la couverture spatiale
- ▶ Possibilité de choisir des orbites très inclinées pour augmenter la revisite
  - ▶ mais certains endroits ne seront jamais vus
- ▶ Revisite « vraie » : sans dépointage du capteur

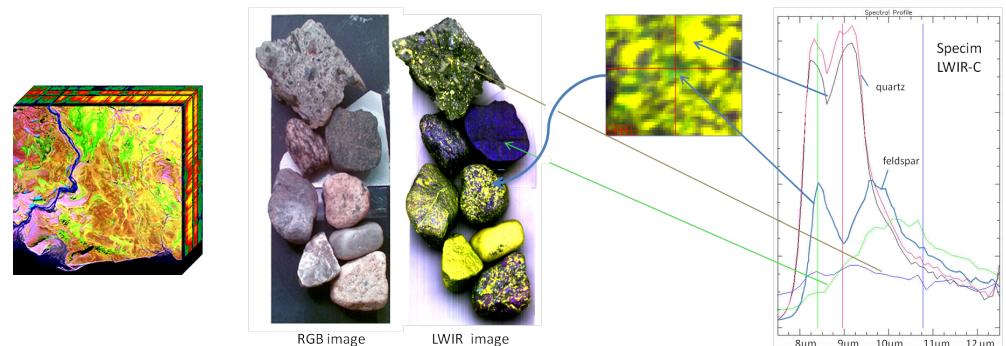
## Résolution spatiale

- ▶ Taille minimale des objets visibles dans l'image
- ▶ Dépend du détecteur utilisé (méga-pixels !)
- ▶ Mais aussi de l'altitude de l'orbite
- ▶ Des techniques de traitement du signal permettent d'améliorer la résolution spatiale : Supermode SPOT5



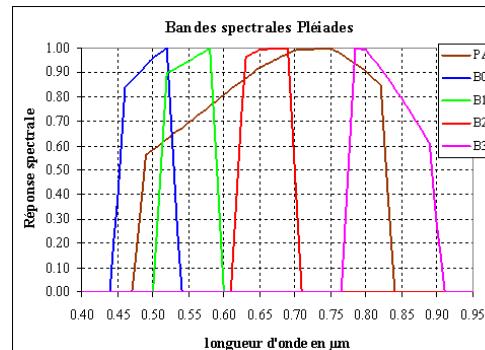
## Résolution spectrale

### Hyperspectral



## Résolution spectrale

- ▶ Découpage des longueurs d'onde observées
- ▶ Panchromatique : 1 seule bande « niveaux de gris »
- ▶ Multispectral : plusieurs bandes « couleur »



## Résolution spectrale

### Utilité des bandes

- ▶ Bleu, 450-515..520 nm, atmosphère et eaux profondes (jusqu'à 50 m)
- ▶ Vert, 515..520-590..600 nm, végétation et eaux profondes (jusqu'à 30 m)
- ▶ Rouge, 600..630-680..690 nm, objets manufacturés, sols, végétation et eaux peu profondes (jusqu'à 9 m)
- ▶ Proche infrarouge, 750-900 nm, végétation
- ▶ Moyen infrarouge, 1550-1750 nm, végétation, humidité des sols et feux de forêt
- ▶ Moyen infrarouge, 2080-2350 nm, humidité des sols, géologie, feux
- ▶ Infrarouge thermique, 10400-12500 nm, (rayonnement émis au lieu de réfléchi) géologie, courants d'eau, feux, images nocturnes



# Résolution radiométrique

- ▶ Capacité à distinguer des niveaux de rayonnements proches
- ▶ Dépend de la sensibilité des capteurs et du niveau de bruit
- ▶ Se mesure en nombre de bits pour le codage des valeurs des pixels (8, 10 ou 16 bits habituellement)



## Landsat

- ▶ Landsat 1 (nommé Earth Resources Technology Satellite 1) - lancé le 23/07/1972, fin de vie le 01/1978
- ▶ Landsat 2 - 01/1975 - 01/1981
- ▶ Landsat 3 - 03/1978 - 03/1983
- ▶ Landsat 4 - 07/1982 - 1993
- ▶ Landsat 5 - 03/1984, toujours en fonctionnement
- ▶ Landsat 6 - 10/1993, lancement non réussi
- ▶ Landsat 7 - 04/1999, en fonctionnement partiel depuis 03/2003

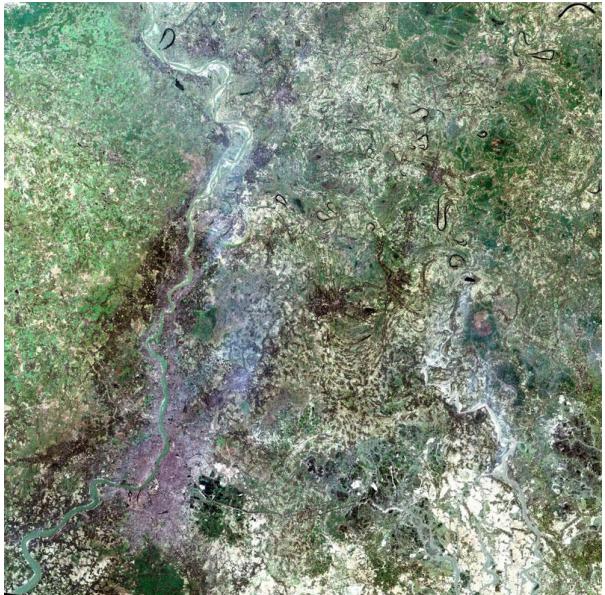
## Landsat 7

### Caractéristiques

- ▶ Une bande panchromatique à 15 m. de résolution (bande 8)
- ▶ Bandes visibles (bleu, vert, rouge, proche infrarouge, et moyen infrarouge à 30 m (bandes 1-5, 7)
- ▶ Une bande infrarouge thermique à 60 m. (bande 6)
- ▶ 180 km × 180 km de fauchée
- ▶ Revisite de 16 jours



# Landsat



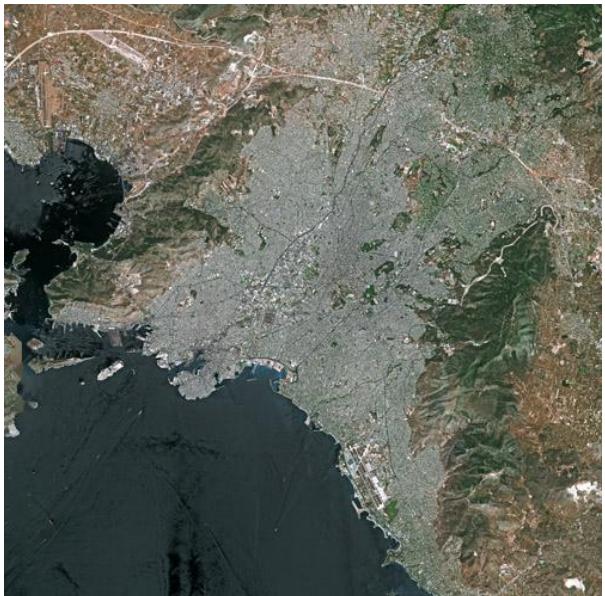
Jordi Inglada

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

30 / 57

## Athènes vue par Spot 5



Jordi Inglada

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

32 / 57

# SPOT

- ▶ SPOT 1 : lancé 02/1986, désorbité en 2003
  - ▶ Panchromatique 10 m., multispectral 20 m. (V,R,PIR)
  - ▶ Revisite de 24 jours, 60 × 60 km.
- ▶ SPOT 2 : lancé 01/1990, désorbité en 2009
- ▶ SPOT 3 : lancé 09/1993, « perdu » en 1997
- ▶ SPOT 4 : lancé 03/1998, toujours en fonctionnement
  - ▶ Ajout du MIR à 20 m.
- ▶ SPOT 5 : lancé 05/2002
  - ▶ Panchromatique 5 m.
  - ▶ Supermode à 2.5 m
  - ▶ Multispectral à 10 m. (V,R,PIR) + MIR à 20 m.
  - ▶ Capteur stéréo



Jordi Inglada

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

31 / 57

# ERS

- ▶ European remote sensing satellite (ERS-1)
  - ▶ premier satellite d'OT de l'ESA
  - ▶ lancé en juillet 1991
  - ▶ cycle de revisite de 35 jours
- ▶ Ensemble d'instruments
  - ▶ RA : altimètre radar an bande Ku
  - ▶ ATSR-1 (Along-Track Scanning Radiometer) : radiomètre infrarouge avec 4 bandes + sondeur à micro-ondes pour la mesure des températures de la surface des océans et des nuages
  - ▶ SAR : radar imageur avec une résolution de 20 m.
  - ▶ Diffusiomètre pour la mesure de la vitesse et la direction des vents sur les océans
- ▶ ERS-2 lancé en avril 1995
  - ▶ identique à ERS-1
  - ▶ mission « tandem »



Jordi Inglada

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

33 / 57

# ERS



Jordi Ingla

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

34 / 57

# Envisat

- ▶ Successeur d'ERS
- ▶ Lancé en mars 2002
- ▶ Nouveaux instruments
  - ▶ MERIS (MEdium Resolution Imaging Spectrometer)
  - ▶ GOMOS (Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars)
  - ▶ SCIAMACHY (SCanning Imaging Absorption spectroMeter for Atmospheric CHartographY)
  - ▶ MIPAS (Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding)
- ▶ SAR de nouvelle génération

Mode	Id	Polarisation	Incidence	Résolution	Fauchée
Alternating polarisation	AP	HH/VV, HH/HV, VV/VH	15 – 45°	30 – 150 m	58 – 110 km
Image	IM	HH, VV	15 – 45°	30 – 150 m	58 – 110 km
Wave	WV	HH, VV		400 m	5 × 5 km
Suivi global (ScanSAR)	GM	HH, VV		1 km	405 km
Wavescan (ScanSAR)	WS	HH, VV		150 m	405 km

# Envisat



Jordi Ingla

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

36 / 57

# Ikonos

- ▶ Premier satellite commercial à très haute résolution spatiale
- ▶ Panchromatique à 1 m.
- ▶ Multispectral à 4 m. (B,V,R,PIR)
- ▶ Revisite
  - ▶ Vraie : 144 jours
  - ▶ Avec dépointage : entre 3 et 5 jours
- ▶ Fauchée : 11 km.



Jordi Ingla

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

37 / 57

## Quickbird

- Satellite commercial à très haute résolution spatiale
- Panchromatique à 60 cm.
- Multispectral à 2.4 m. (B,V,R,PIR)
- Revisite
  - Avec dépointage : entre 1 et 3.5 jours
- Fauchée : 16.5 km.



Jordi Inglada

Quelques programmes spatiaux

Futur

Décembre 2011

38 / 57

## Pléiades

- 2 satellites
- Panchromatique à 70 cm
- Multispectral à 2.80 m (B,V,R,PIR)
- Revisite « vraie » de 26 jours
- Fauchée : 20 km
  - Mosaïques en un seul passage : 120 km × 120 km



Jordi Inglada

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

41 / 57

## Autres satellites

- GeoEye1
  - Panchromatique à 41 cm.
  - Multispectral à 1.65 m. (B,V,R,PIR)
  - Fauchée : 15.2 km.
- WorldView-1,2
  - Panchromatique à 50 cm.
  - Multispectral à 1.8 m. (8 bandes)



Jordi Inglada

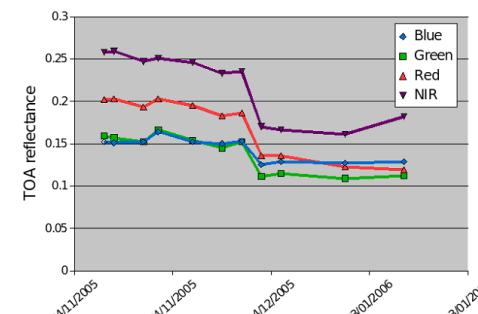
Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

39 / 57

## Venus

- Vegetation and Environment monitoring on a New Micro-Satellite
- Capteur superspectral (12 bandes)
- Revisite « vraie » de 2 jours
  - mais peu de sites imités
- Fauchée de 20 km
- Résolution spatiale de 10 m.
- Angle de prise de vue constant
- Production de séries temporelles d'images



Jordi Inglada

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

42 / 57

**Venus**

Séries temporelles



Jordi Inglada

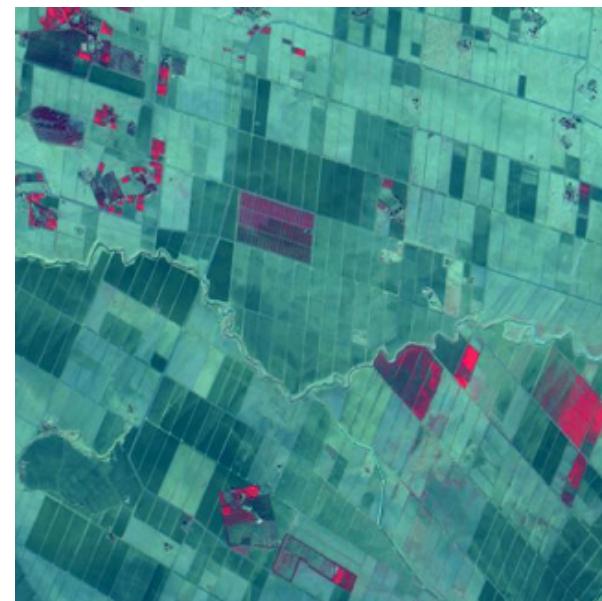
Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

43 / 57

**Venus**

Séries temporelles



Jordi Inglada

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

44 / 57

**Venus**

Séries temporelles



Jordi Inglada

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

45 / 57



Jordi Inglada

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

46 / 57

**Venus**

Séries temporelles



Jordi Inglada

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

47 / 57

**Venus**

Séries temporelles



Jordi Inglada

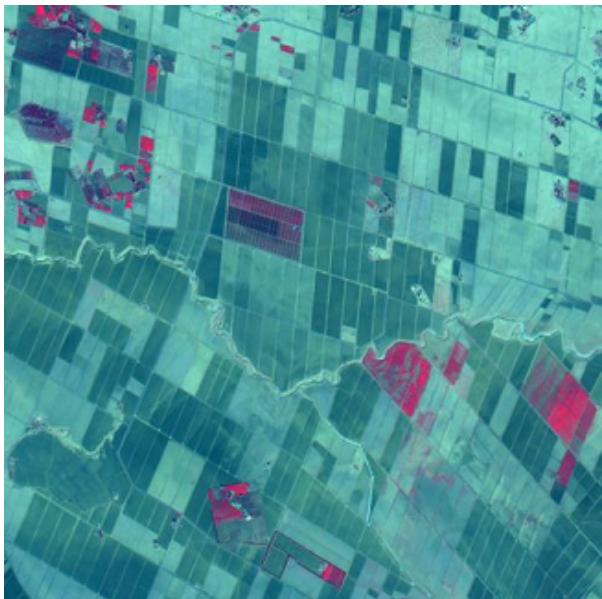
Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

48 / 57

**Venus**

Séries temporelles



Jordi Inglada

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

49 / 57



Jordi Inglada

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

50 / 57

**Venus**

Séries temporelles



Jordi Inglada

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

51 / 57

**Venus**

Séries temporelles



Jordi Inglada

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

52 / 57

**Venus**

Séries temporelles



Jordi Inglada

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

53 / 57



Jordi Inglada

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

54 / 57

# Venus

Séries temporelles



Jordi Ingla

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

55 / 57

# Le programme Sentinel de l'ESA

Constellation de satellites pour les besoins de GMES

- ▶ Sentinel-1
  - ▶ SAR imageur suite d'ERS et ENVISAT
  - ▶ Applications
    - ▶ Suivi des glaces et des océans
    - ▶ Mouvements du sol (tremblements de terre, glissements de terrain)
    - ▶ Occupation des sols : forêts, eaux, sols
    - ▶ Catastrophes naturelles et humanitaires
- ▶ Sentinel-2
  - ▶ Capteurs superspectraux à haute résolution (suite de Landsat, SPOT)
  - ▶ Revisite globale de 5 jours
  - ▶ Applications
    - ▶ Cartographie de l'occupation et l'utilisation des sols
    - ▶ Catastrophes naturelles et humanitaires
    - ▶ Cartographie des risques
- ▶ Les autres Sentinelles
  - ▶ Sentinel-3 : imageur optique moyenne résolution
  - ▶ Sentinel-4,5 : sondeurs atmosphérique
  - ▶ Sentinel-6 : altimétrie



Jordi Ingla

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

56 / 57

## Licence

La plupart des illustrations et données techniques utilisées dans ces planches sont issues de Wikipedia : fiable, ouvert et réutilisable.  
Ces planches peuvent être utilisées avec ce même esprit.

Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 Unported License



Jordi Ingla

Petite introduction à la télédétection

Décembre 2011

57 / 57