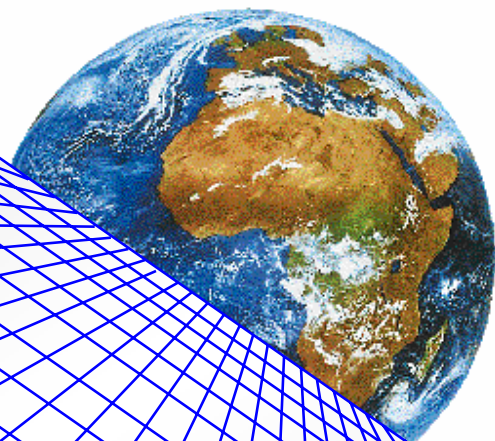


Introduction à la Télédétection

Michaël TONON

IGN France International



Introduction

- ❑ Définition
- ❑ Intérêt de l'imagerie spatiale et de la télédétection
- ❑ Télédétection et SIG

1. Principes de base de la télédétection

2. Domaines spectraux

3. Concept de signature spectrale

4. Les systèmes satellitaires

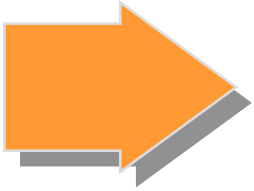
- ❑ L'orbite
- ❑ Mode d'acquisition des images
- ❑ Du signal à l'imagerie numérique
- ❑ Concept d'image numérique
- ❑ La résolution

5. Prétraitements des images

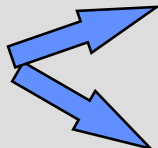
6. Revue des principaux capteurs optiques et radars

LES IMAGES DE TELEDETECTION

Télédétection = mesure à distance (sans contact)



Source de données pratique et précise pour des applications faisant appel à des données sur la surface de la terre et des océans ou sur l'atmosphère

Télédétection  Aéroportée
Spatiale (satellites)

Imagerie

Mesures de radiométrie


 valeurs numériques

 possibilité de **traitements**

≠

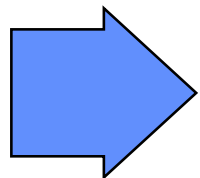
« Photographie »

Impression sur film

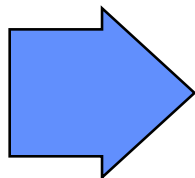
 Données analogiques
(possibilité de «scanner»)

INTERET DES IMAGES DE TELEDETECTION

- **Mesures** très diverses : OPTIQUE / RADAR
Divers canaux (Visible, Thermique ...)
- **Échelles** très diverses
Globale (Terre entière)
Régionale (Plusieurs pays)
Nationale
Locale (quelques kilomètres)
- **Niveaux de précision**
Basse résolution (1 à 5 km par pixel)
Haute résolution (10 à 30 m)
Très haute résolution (Env. 1m)
- **Répétitivités** diverses
Temps entre 2 acquisitions :
de 1/2 heure à plus de 20 jours



**Applications
très diverses !**



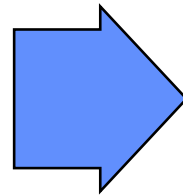
***Géologie - Agriculture - Météorologie
Cartographie - Océanographie
Suivi Environnemental
Gestion et aménagement du territoire...***

INTERETS DE LA TELEDETECTION SPATIALE

- **POSSIBILITE DE COUVRIR UN LARGE CHAMP**
 - Fauchée SPOT / HRV : 60 km
 - Fauchée LANDSAT / TM : 180 km
 - Fauchée NOAA / AVHRR : 2700 km
 - Fauchée SPOT4 / VEGETATION : 2250 km
 - Fauchée ERS1 : 80 km
- **QUALITE GEOMETRIQUE**
 - Position sur orbite quasi-déterministe
 - Peu de perturbations sur les angles d'attitude
- **DISPONIBILITE DU SYSTEME**
 - Pas de "campagne" à organiser
 - Acquisition systématique ou programmée
 - Possibilité de suivi multitemporel
 - Facilité d'accès pour des régions éloignées (Free Sky Policy)
- **COUT RELATIVEMENT FAIBLE**

COMPLEMENTARITE ENTRE TELEDETECTION ET SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

De nombreuses applications font à la fois appel à la télédétection et aux SIG



Données compatibles :

- parfaitement référencées dans l'espace (géo-codées)
- parfaitement superposables

Les images de télédétection sont une source importante de données pour la mise à jour de données géographiques

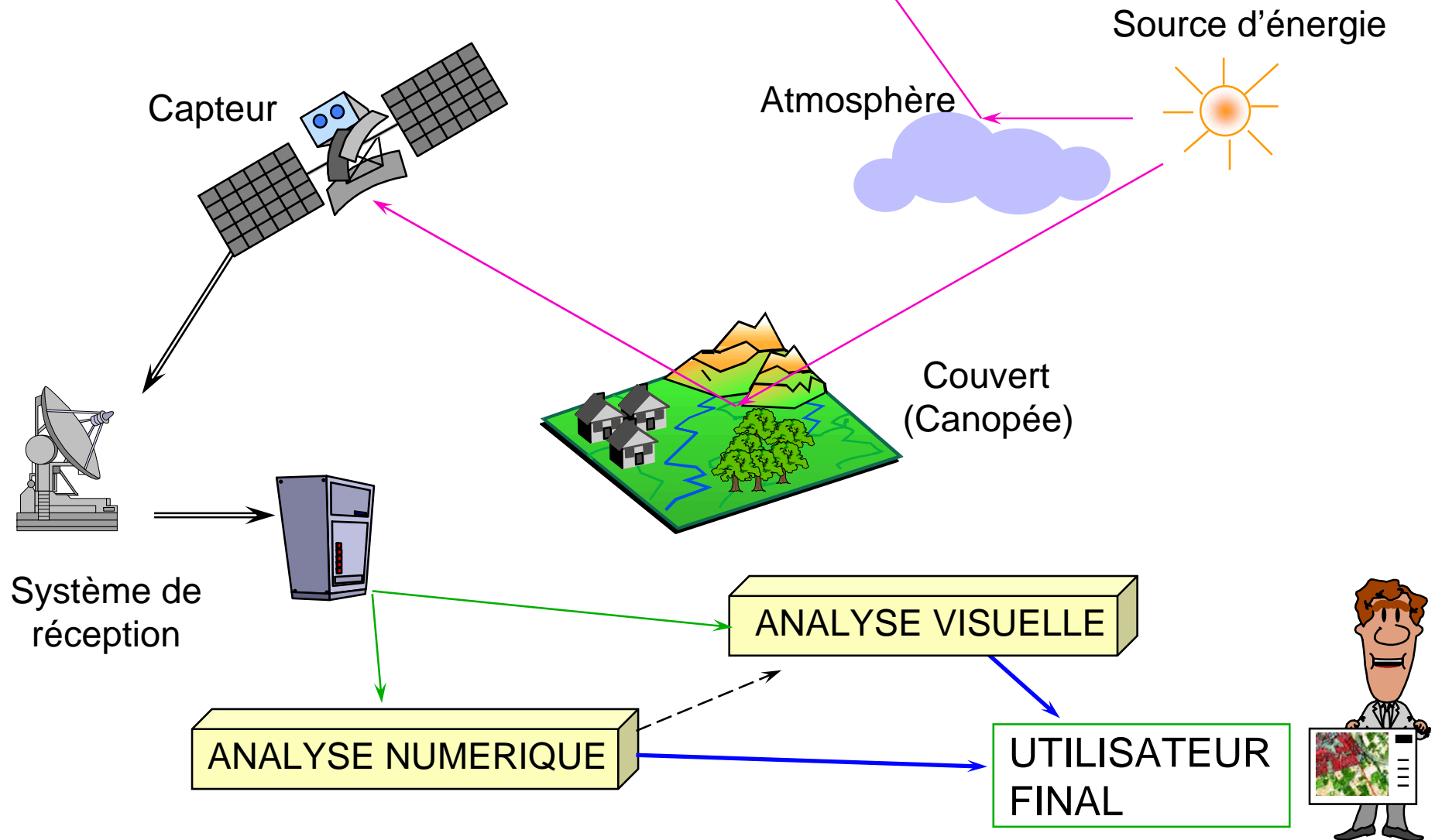


paramètres de surface
Utilisation du sol, végétation, état de surface ...

structures linéaires visibles sur l'image
infrastructures, réseau hydrographique ...

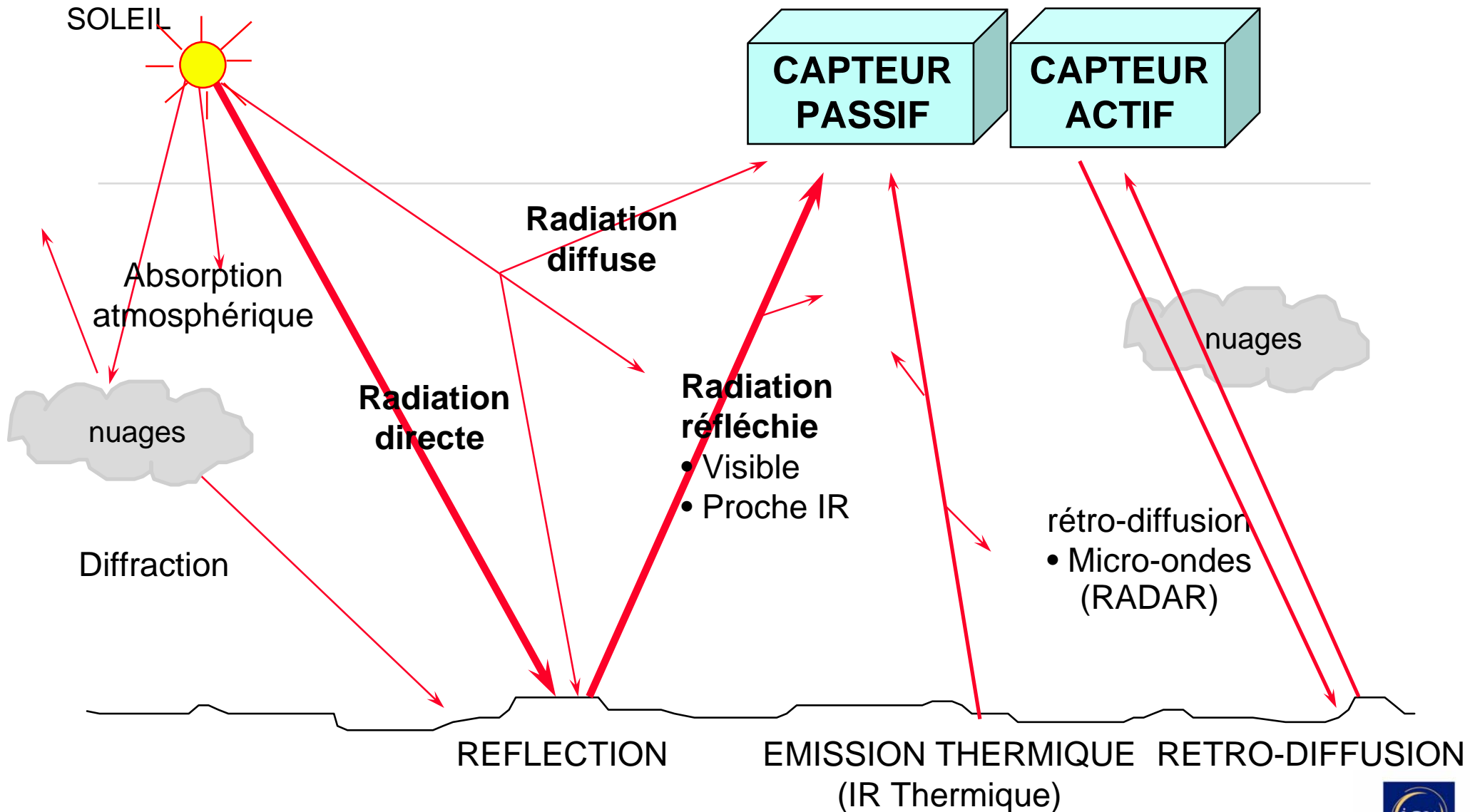
1 - Principes de base de Télédétection Spatiale

LE SYSTEME DE TELEDETECTION



1 - Principes de base de Télédétection Spatiale

LE SYSTEME DE TELEDETECTION



2 - Domaines spectraux

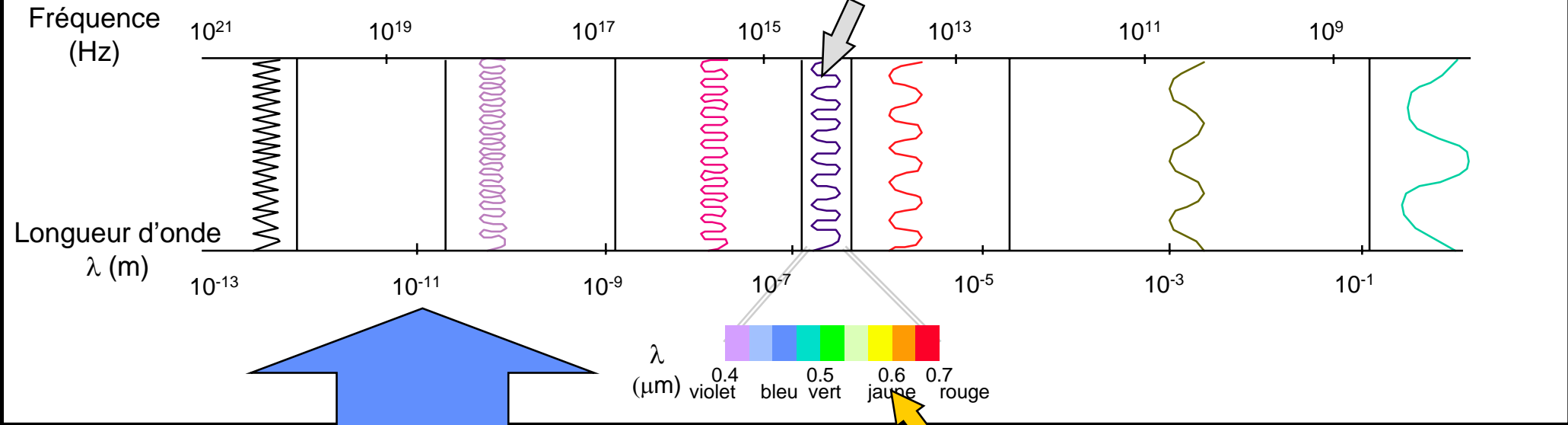
L'information est véhiculée par la lumière

**Le Spectre
Electromagnétique**

OPTIQUE

RADAR

Rayons Gamma Rayons X Ultraviolet Infra-rouge Micro-ondes OndesRadio
Visible light



**Spectre électromagnétique
*continu***

≠

**Bandes Spectrales
*discontinues (intervalles)***

2 - Domaines spectraux

VISIBLE : 0.4 - 0.8 μm

Réflexion solaire - Caractéristiques de surface

INFRA ROUGE : 0.8 - 14 μm

0.8 - 1.3 μm : Proche Infra Rouge (PIR) Réflexion solaire

1.3 - 3 μm : Moyen Infra Rouge (MIR) Réflexion et début d'Emission

3 - 5 μm et 8 - 14 μm : Infra Rouge Thermique (IRT): Emission

5 - 8 μm : Absorption atmosphérique

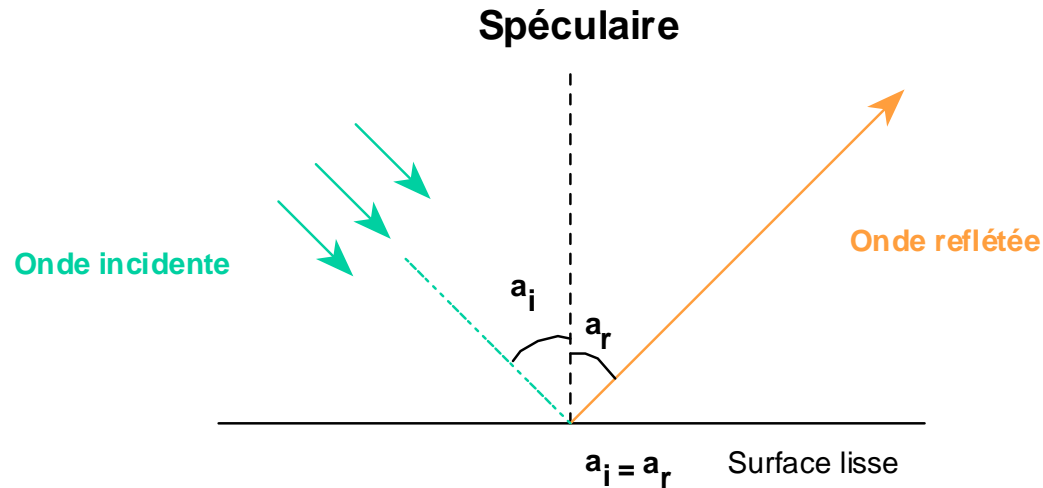
MICRO-ONDES ou **HYPERFREQUENCES** : 3 mm - 30 cm (100 - 1 GHz)

Diffusion de surface et de volume

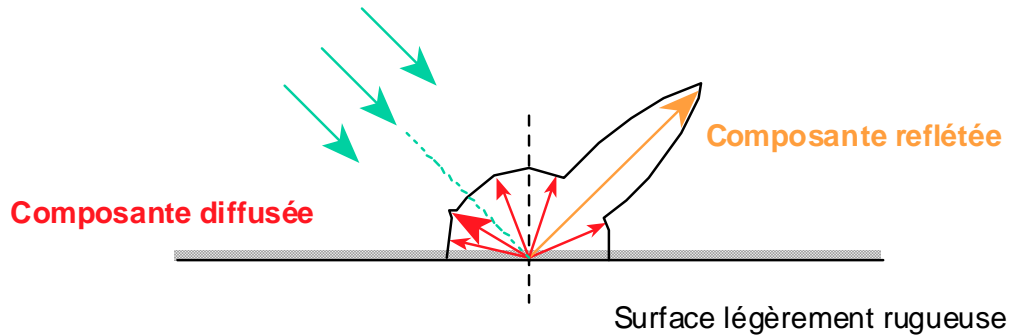
Emission

3 - Concept de signature spectrale

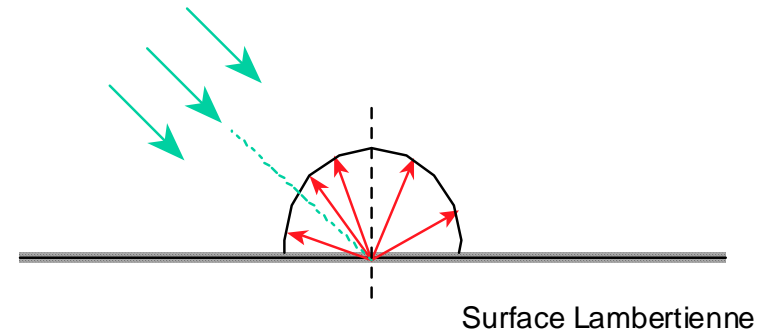
REFLEXIONS DE SURFACES



Diffuse (cas général)

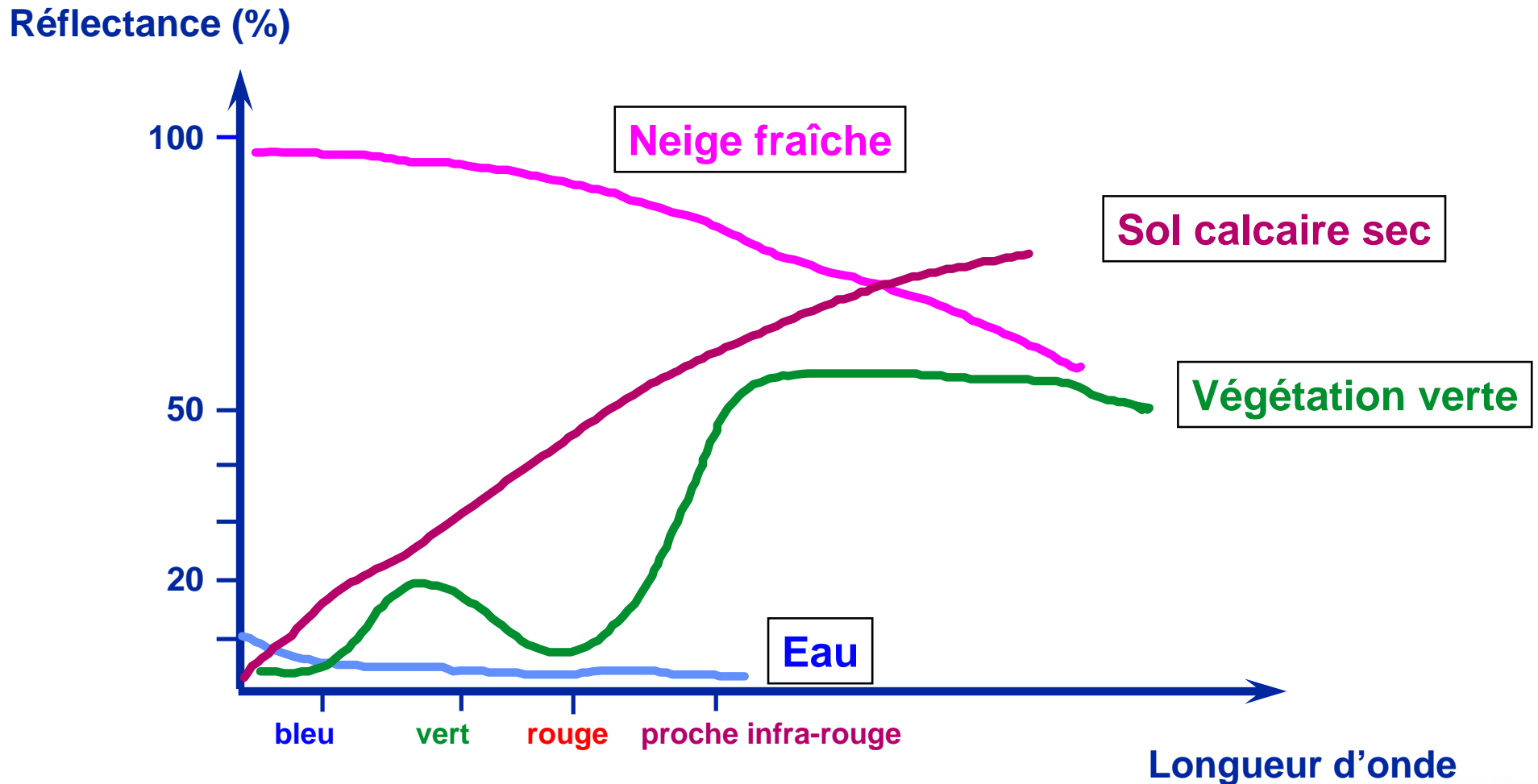


Parfaitement diffuse



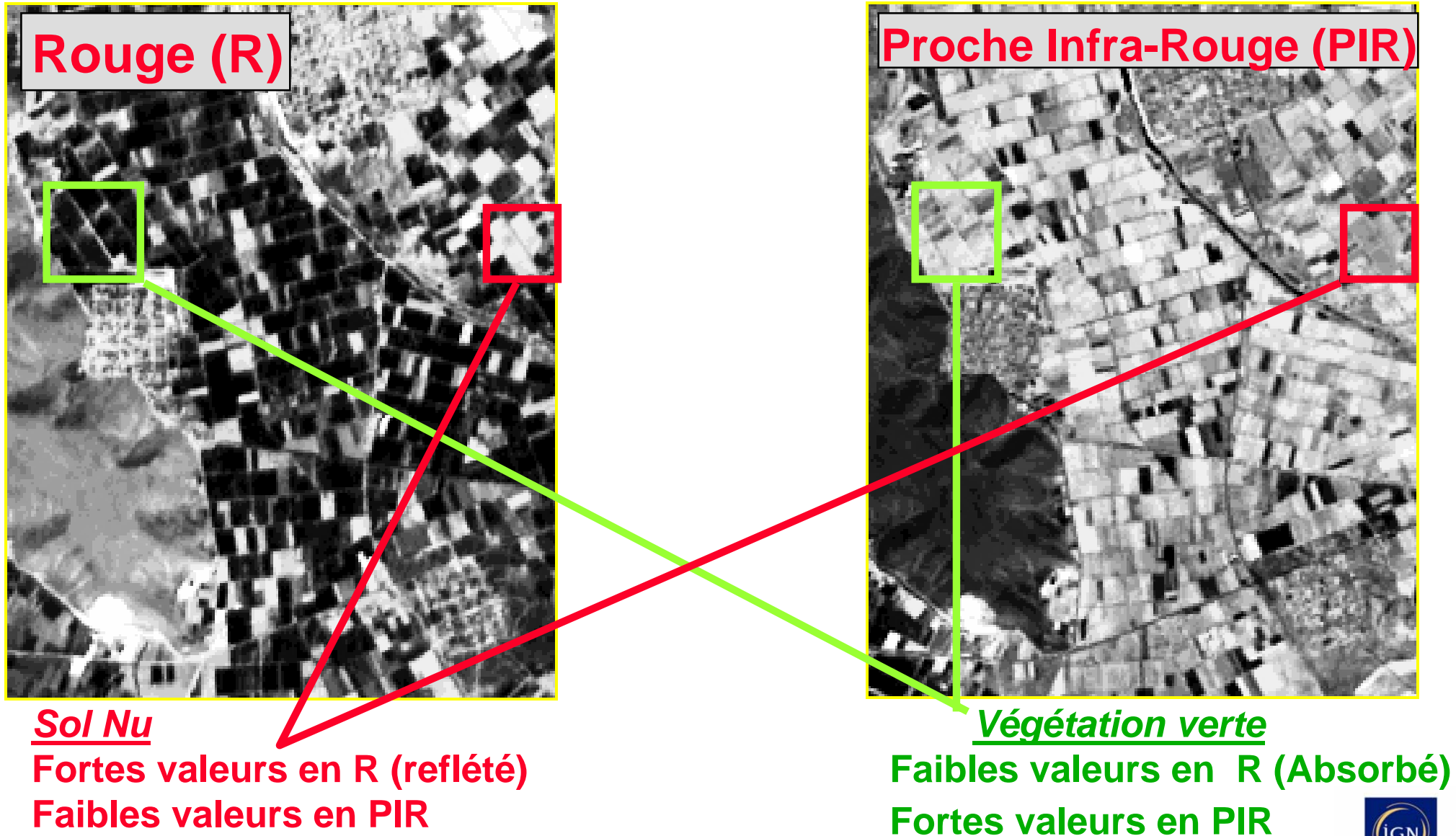
3 - Concept de signature spectrale

SIGNATURES SPECTRALES DES SURFACES NATURELLES



3 - Concept de signature spectrale

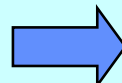
SIGNATURE SPECTRALE DE LA VEGETATION



4 - Les systèmes satellitaires

CONTRAINTES SUR L'ORBITE

DUREE DE VIE, STABILITE



H > 500 KM

HAUTE RESOLUTION



BASSE ALTITUDE

ECHELLE CONSTANTE



QUASI CIRCULAIRE

Minimisation des variations
d'heure locale d'observation



HELIOSYNCHRONE
(1 tour/jour)

Maximisation de la
surface couverte



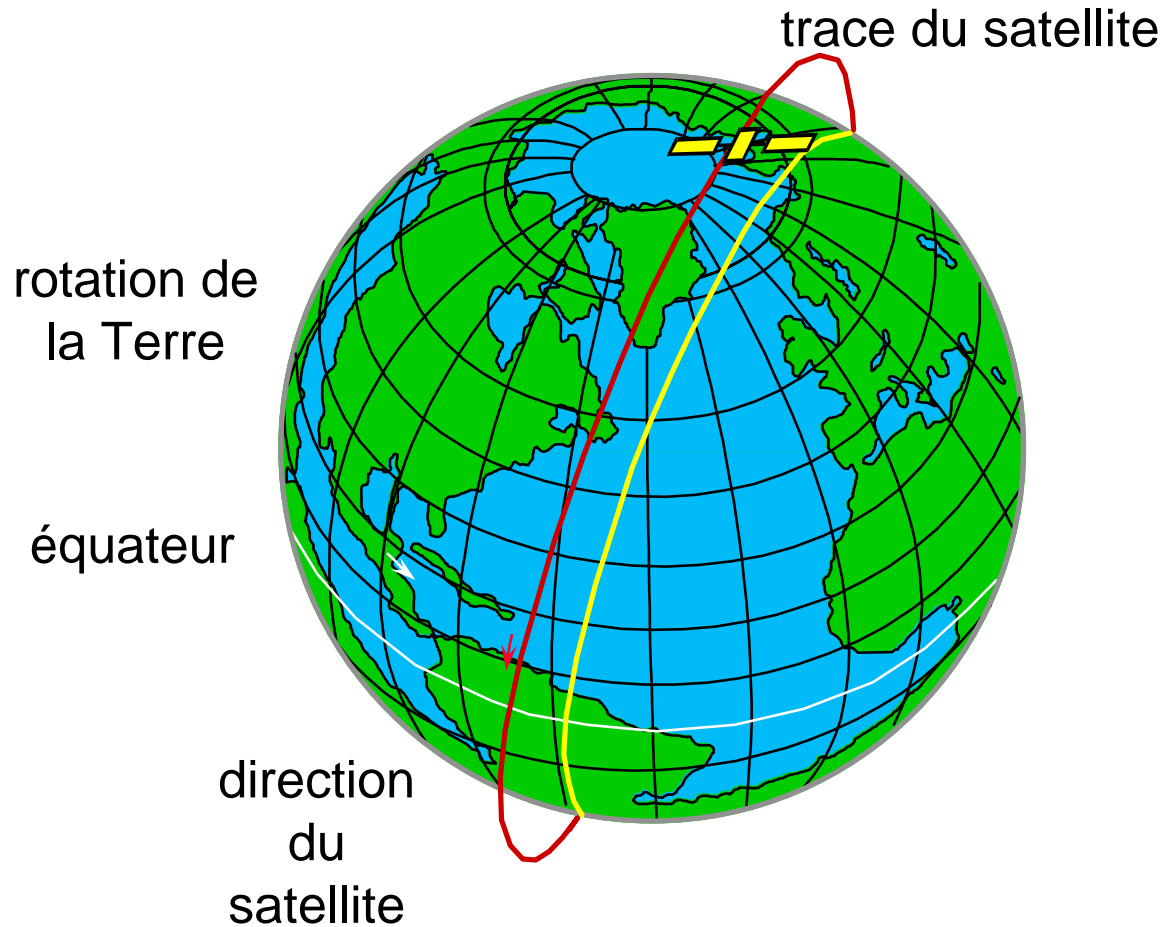
QUASI POLAIRE
(i voisin de 90°)

Contrainte de **REPETITIVITE** : tous les N jours, repasser à la verticale d'un même site

Contrainte de **COUVERTURE** : au bout de N jours, avoir couvert toute la surface terrestre

4 - Les systèmes satellitaires

LES SATELLITES DEFILANTS HELIOSYNCHRONES

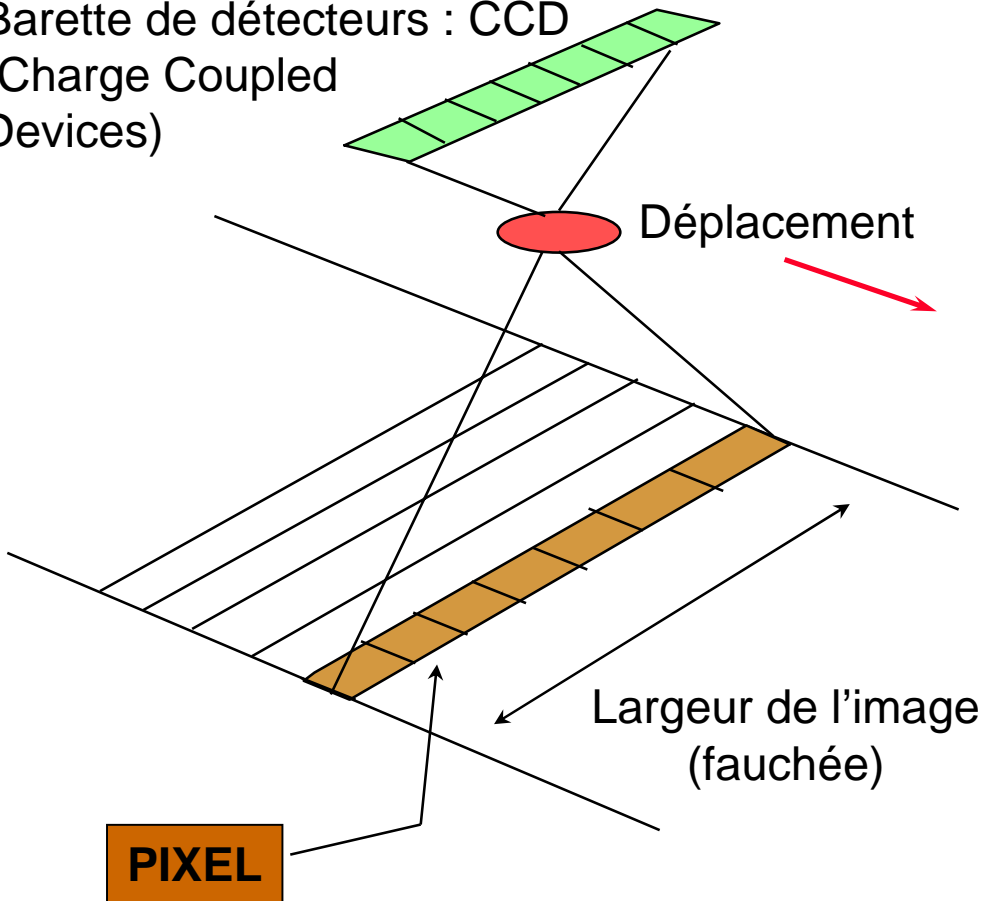


- orbite **quasi-polaire**
- **héliosynchrone**
(passe à la même heure à la verticale d'un même point)
- altitude aux alentours de **800 km**

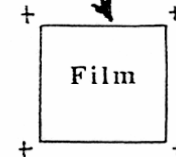
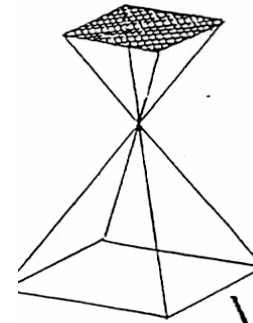
4 - Mode d'acquisition des capteurs

Pushbroom

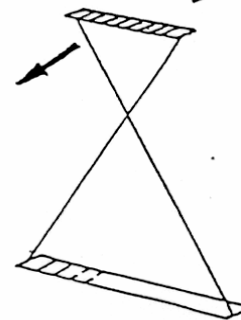
Barette de détecteurs : CCD
(Charge Coupled
Devices)



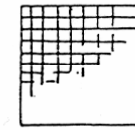
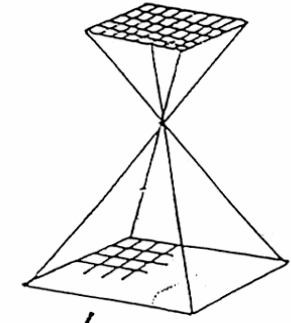
PHOTOGRAPH



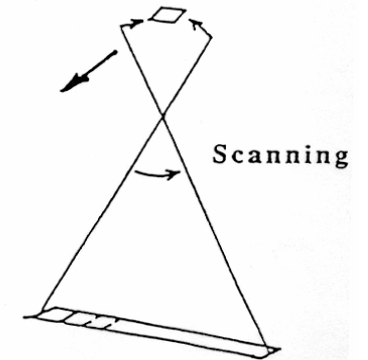
PHOTOSENSITIVE LINEAR ARRAY



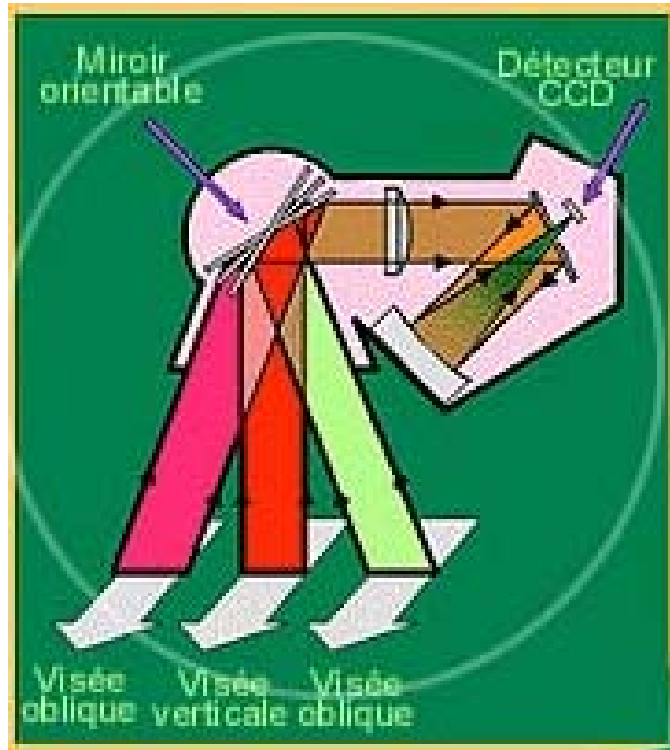
DETECTOR MATRIX



SINGLE PHOTOSENSITIVE AREA



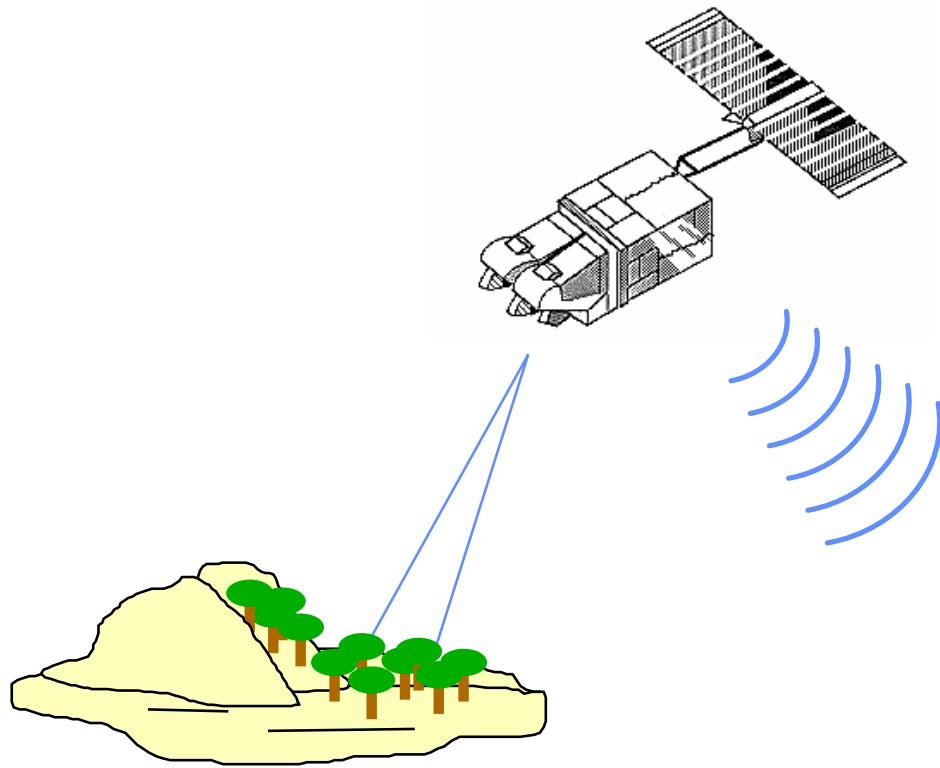
GEOMETRIE DES CAPTEURS



SPOT 4

4 - Concept d'image numérique

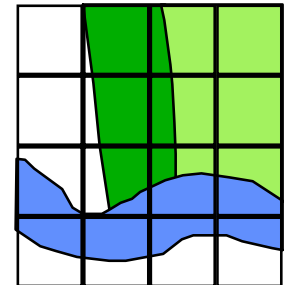
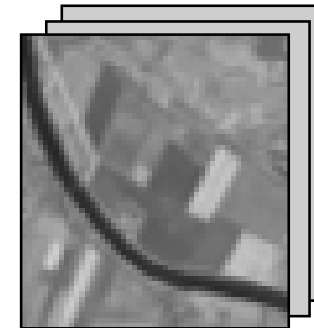
Les capteurs de télédétection mesurent la réflexion, l'émission ou la rétro-diffusion de la surface de la terre dans différentes longueurs d'onde. Les mesures sont stockées sous forme de **grilles de nombres**, les **images numériques**.



Les images sont des matrices de points individuels ayant chacun une valeur numérique

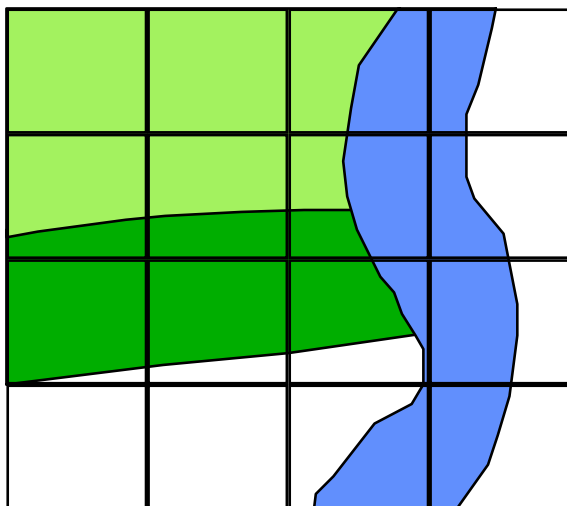
- concepts de **grille**, **raster**
- concept de **PIXEL** (Picture Element)

121	121	38	110
90	79	33	90
58	64	58	70
151	151	83	104



4 - Concept d'image numérique

LA MATRICE DE DONNEES : NOTION DE PIXEL



Echantillonnage spatial

121	121	38	110
90	79	33	90
58	64	58	70
151	151	83	104

Numérisation du signal électrique reçu par le capteur

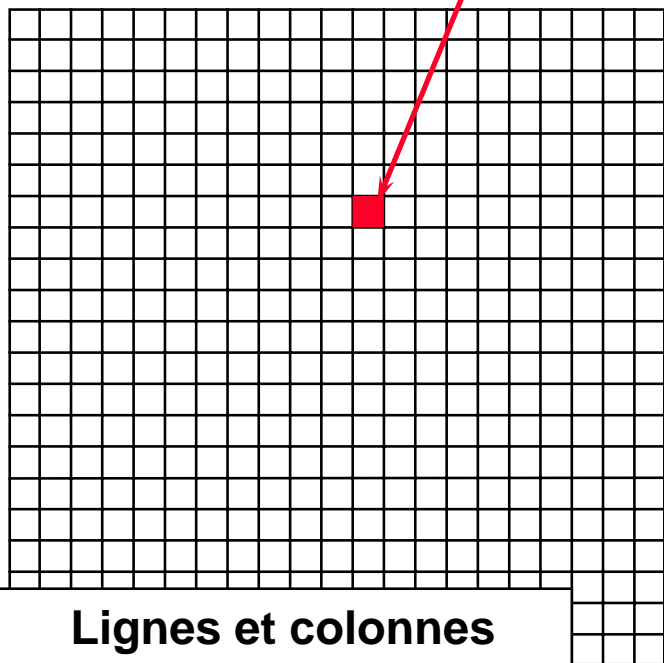
- Une image numérique est composée de **points d'intensité lumineuse** qui expriment l'information.
- Chaque point est décrit par :
 - 2 coordonnées (i,j) relatives à la **situation du point**
 - 1 (ou plusieurs) compte(s) numérique(s) (mesure mono/multispectrale) correspondant au **flux émis ou réfléchi** par la surface observée.
CN (*digital number = pixel value = brightness value = grey level = digital count*)
- **Notion de pixel** (picture element) et **raster**

4 - Concept d'image numérique

MATRICE DE DONNEES

PIXEL: • coordonnées
• compte numérique

Image numérique
=
système de grille



Lignes et colonnes
définissent des cellules
individuelles (pixels)

lignes →

121	121	38	110	203
90	79	33	90	115
58	64	58	70	66
151	151	83	104	129
123	85	75	96	69

← colonnes

Valeur = Compte Numérique (CN)
Normalement codé sur 8 bits
→ $2^8 = 256$ valeurs possibles
(Valeurs entre 0 et 255)

PIXEL
= Picture Element

4 - Concept d'image numérique

MATRICE DE DONNEES

(EX: Image SPOT- HRV)

Canal XS1

XS2

XS3

Les **Comptes Numériques (NC)** correspondent aux valeurs *radiométriques*.

35

42

125

Position Spatiale

(coordonnées, ou lignes / colonnes)

Position Spectrale

X

Y



MATRICE DE DONNEES

Image SPOT

60 km x 60 km

Mode Panchromatique

Résolution spatiale 10 m - 6 000 colonnes et 6 000 lignes

1 bande (0.51 - 0.73 μm)

soit pour 1 image, 36 millions de données

Mode Multispectral

Résolution spatiale 20 m - 3 000 colonnes et 3 000 lignes

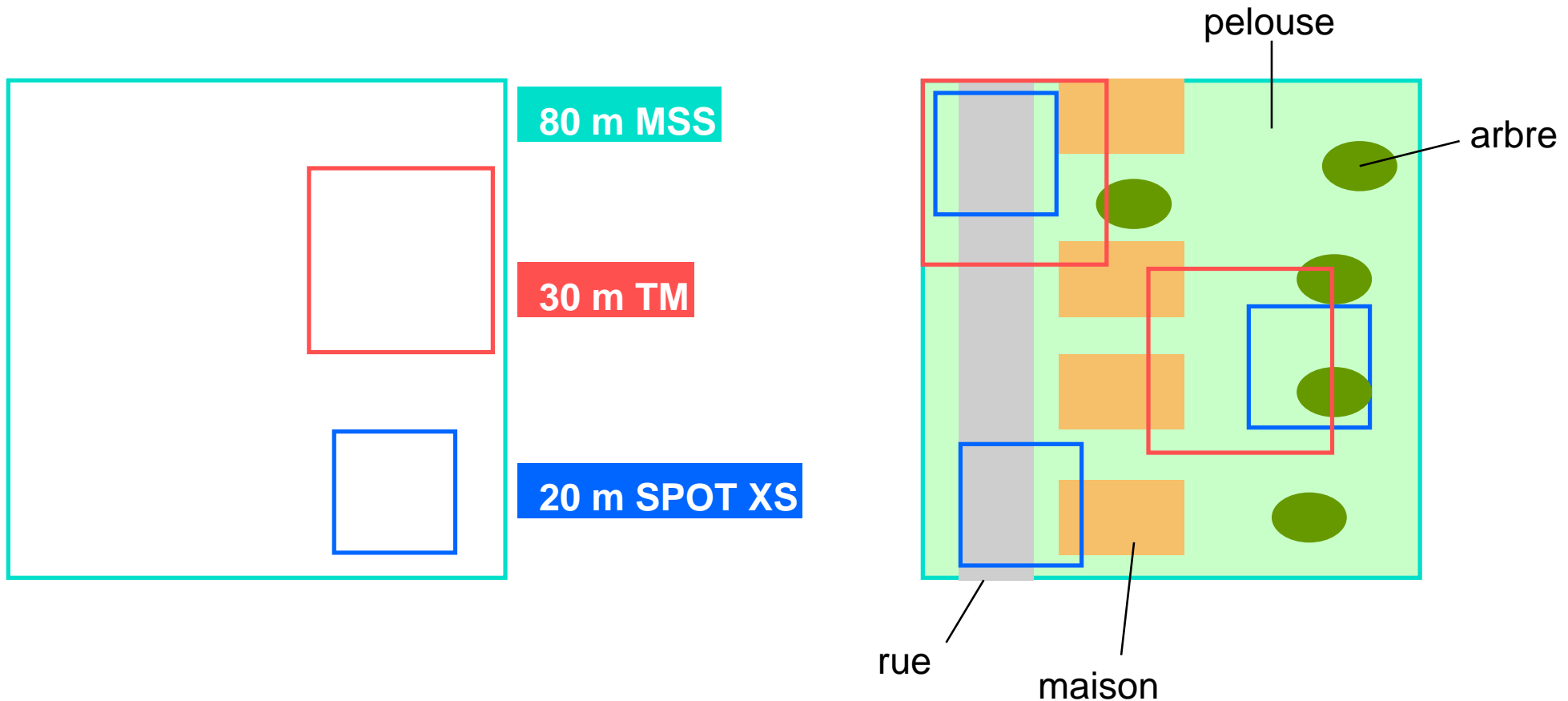
3 bandes (0.50 - 0.59; 0.61 - 0.69; 0.79 - 0.90 μm)

soit pour 3 plans, 27 millions de données



4 - Concept d'image numérique

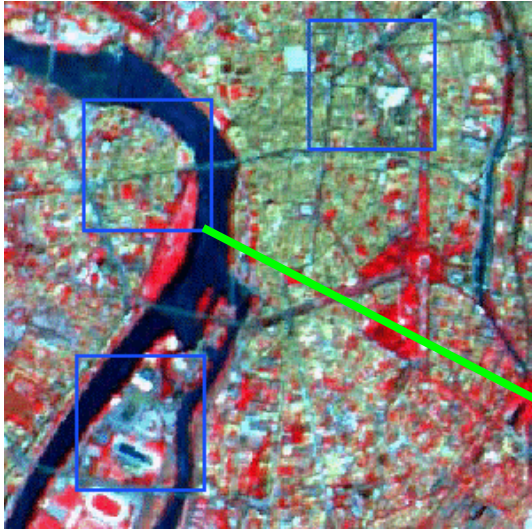
RESOLUTION SPATIALE



Chaque pixel de l'image représente une moyenne des réflectances de chaque objet présent dans ce pixel.

4 - Résolution

Résolution et identification



SPOT Pan + X
10 m - 1994



SPOT Pan + XS
10 m - 1994

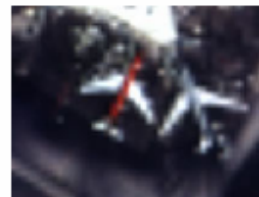


Aerial photograph (IGN)
1:5000 - 1989

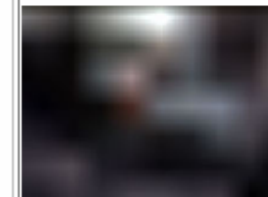
One-Meter



Five-Meter

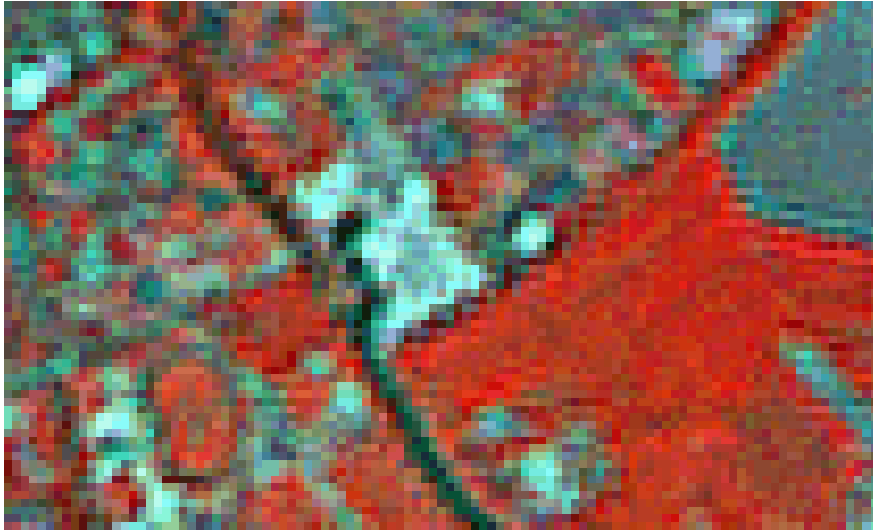


25-Meter



4 - RESOLUTION SPATIALE

Spot 1..4 Multispectral (20 m)



Spot 5 (2.5 m)



Spot 1..4 Panchromatique (10 m)



Orthophoto (0.5 m)



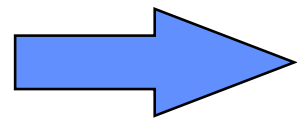
4 - Résolution

Quatre domaines se sont historiquement imposés :

- La basse résolution : supérieure à 100 m
Utilisation : environnement, météo...
- La moyenne résolution : entre 10 et 100 mètres
Utilisation : géologie, agriculture, cartographie...
- La haute résolution : entre 4 et 10 mètres
Utilisation : identification des cultures possible, occupation du sol,...
- La Très Haute Résolution (THR) : inférieure à 3 m
Utilisation : urbanisme, cartographie, renseignement,.
Bientôt la TTHR ???

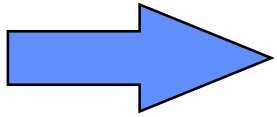
Prétraitements = CORRECTION DES DIVERS EFFETS

- ➔ Problèmes de **superposition** des images et couvertures géographiques (géométrie et projection cartographique)
- ➔ Problèmes de validité des **valeurs radiométriques** (étalonnage des capteurs, corrections atmosphériques)



nécessité d'effectuer des corrections
Géométriques et **Radiométriques**

5 - Prétraitements des images



Pour obtenir un jeu de données de bonne qualité
(données superposables et comparables)

Corrections Géométriques

Parallaxe (correction d'angle de visée)

Courbure de la terre

Ré-échantillonnage des pixels ➔ même taille

Projection Cartographique (géocodage)

Corrections Radiométriques

Coefficients d'Etalonnage des capteurs

Variations de composition de l'atmosphère

➔ Comptes Numériques = Valeurs physiques

Topographie (relief)

Modèles Numériques de Terrain (MNT)
Correction des effets de pente et ombre
(très importants pour le RADAR)

5 - Prétraitements des images

EXEMPLE : images SPOT Pan et IRS-P sur la même zone

forme différente
taille différente
distorsion



CORRECTION
GEOMETRIQUE

Spot Pan (1008 x756)

IRS-P (1844x1712)

Synthèse : Corrections Géométriques

(Correction des effets d'angle de visée → modèle **géométrique**)

- réajustement **image** sur **image**

- réajustement **image** sur **carte**

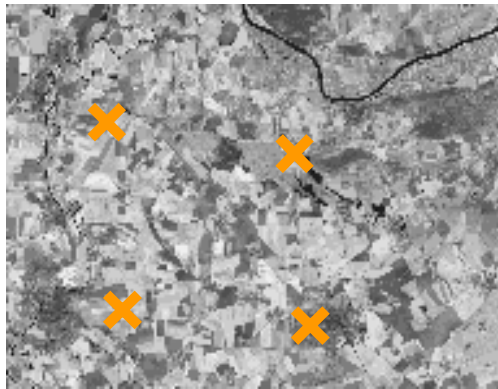
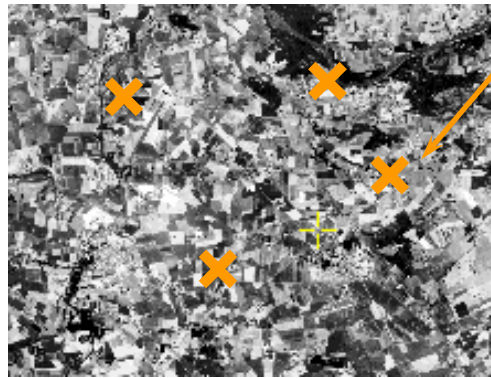
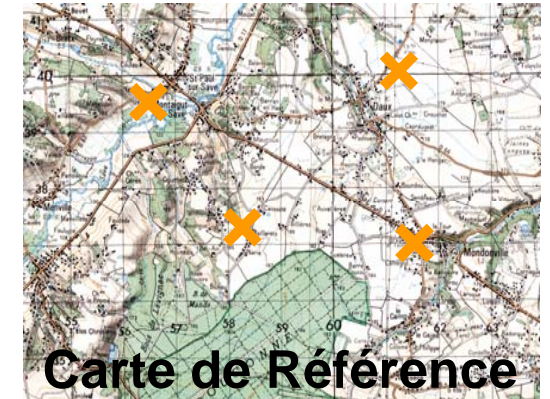


Image de Référence

Image à corriger



Points d'appui



Carte de Référence

Modèle de Déformation
Physique, Polynômial

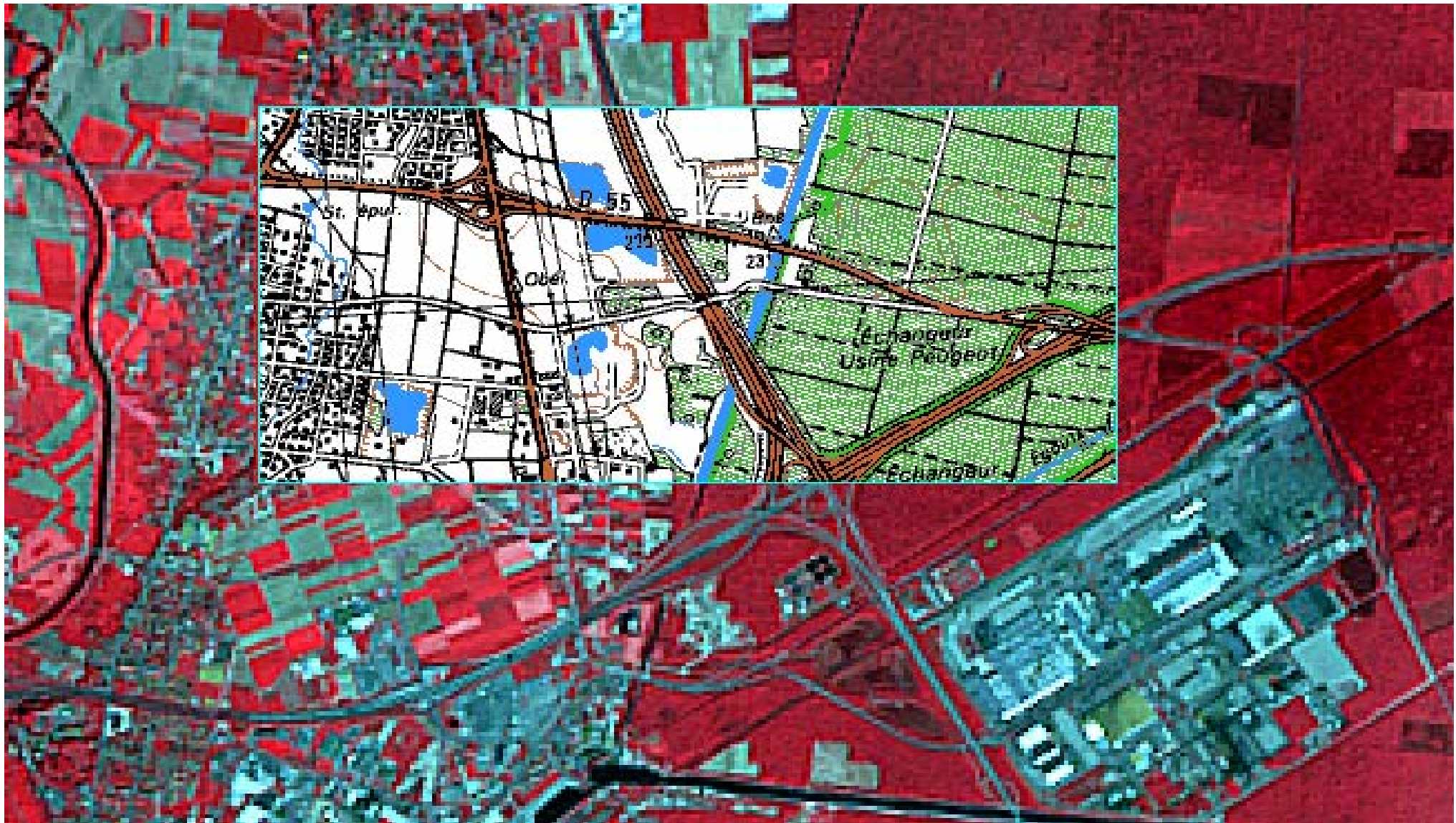
Méthode de ré-échantillonnage

- plus proche voisin
- Interpolation bilinéaire
- Interpolation bicubique

Méthode simple qui affecte peu les valeurs

Méthodes plus complexes qui prennent en compte l'environnement et affectent les valeurs

5 - Prétraitements des images



Superposition carte IGN (1 : 25 000) et image SPOT XS

CORRECTIONS RADIOMETRIQUES

Étalonnage absolu des détecteurs :

Conversion du code numérique en valeur physique (luminance)

Étalonnage relatif : prise en compte de la variation des niveaux radiométriques mesurés avec le vieillissement des capteurs (équations de vieillissement par canal en fonction des dates de prises de vue)

Inter-étalonnage : étalonnage de capteurs entre eux pour rendre les données comparables (NOAA/VGT)

Correction de l'éclairement solaire (fonction des saisons) : ramène les radiométries aux mêmes conditions d'éclairement