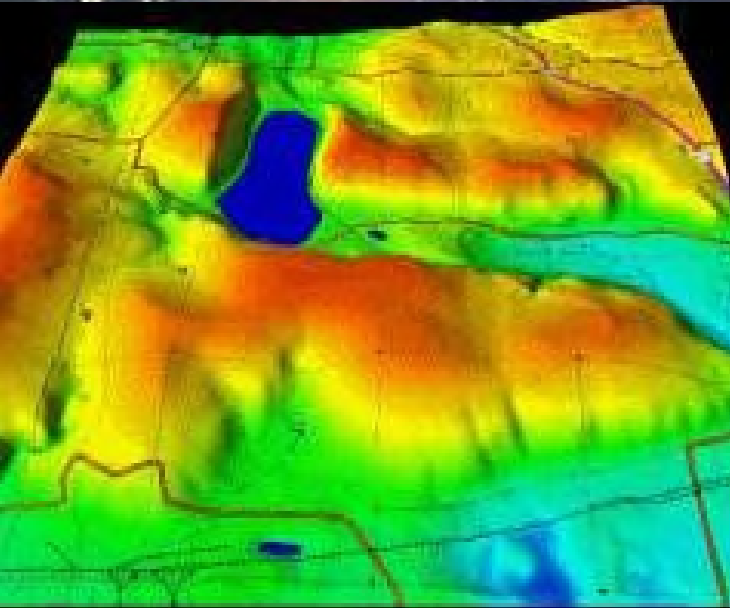
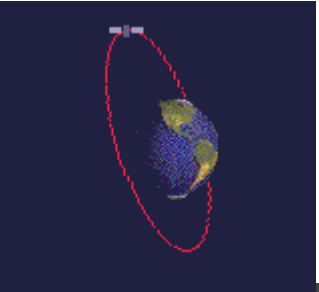


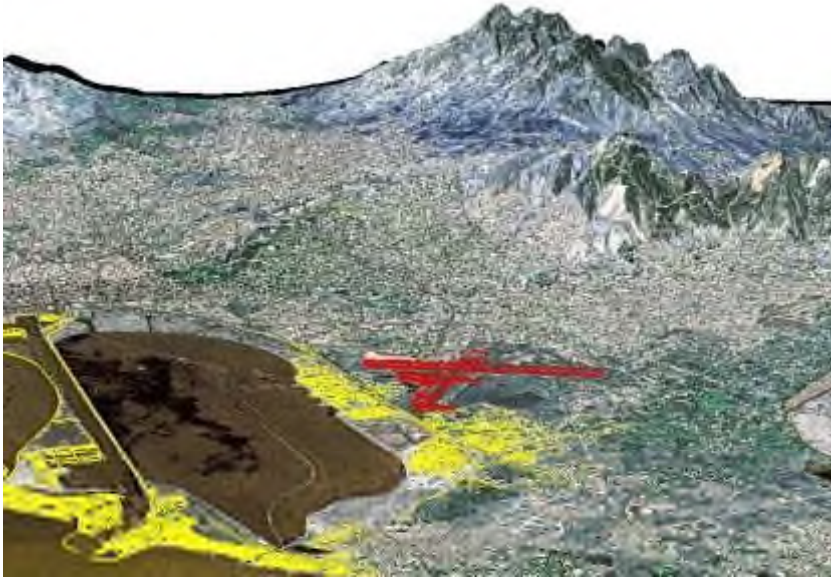
Cours Télédétection



Définition

« La télédétection est la technique qui, par l'acquisition d'images, permet d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre sans contact direct avec celle-ci ». « La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information ».

Cartographie 2D ou 3D



- Créer ou mettre à jour** des cartes topographiques ou des plans cadastraux
- Optimiser** des campagnes de relevés de terrain
- Renseigner** des bases de données cartographiques
- Mettre en place** un projet de développement durable.

Défence



- Produire et distribuer** rapidement de l'information géographique (cartes, bases de données...) et du renseignement (surveillance des sites sensibles), sur une zone d'intérêt nationale ou internationale
- Assurer la cohérence** des données géographiques issues de différentes sources : renseignement, cartographiques, topographiques
- Préparer, simuler et évaluer** les missions dans des conditions proches de la réalité avec des modèles 3D : guidage des avions, missiles et drones
- Organiser** les interventions humanitaires, déployer les forces de maintien de la paix.

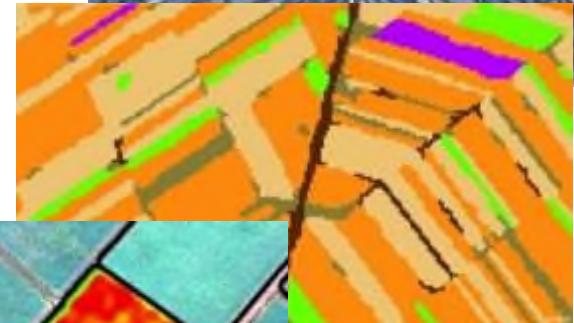
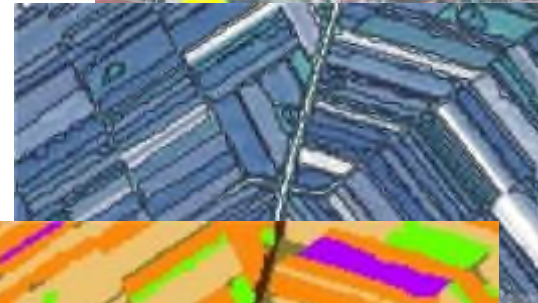
Risques naturels et industriels

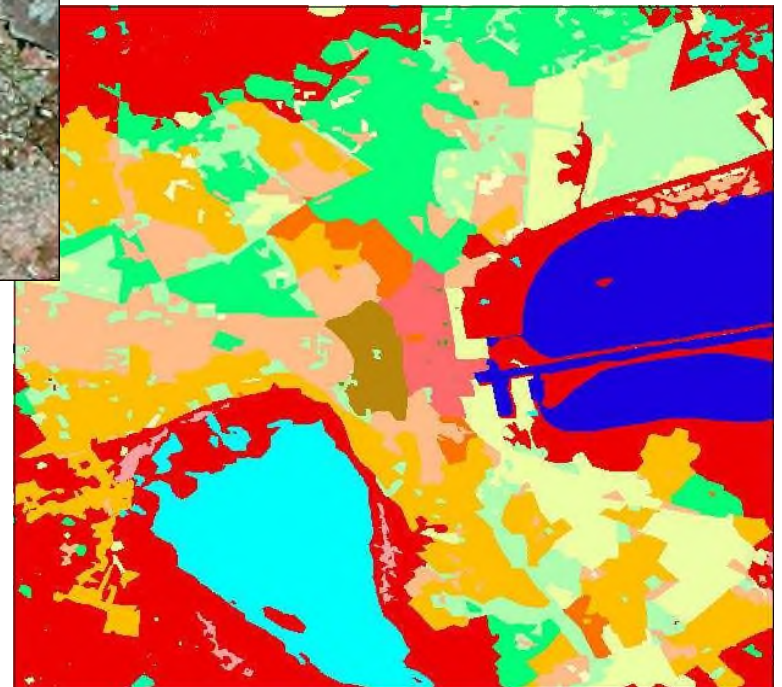


- **Mettre à jour** les plans de prévention des risques
- **Localiser rapidement** les zones affectées et cartographier les dégâts
- **Améliorer les modèles** de prévision et de simulation des phénomènes à risques.

Problématiques liées à l'agriculture

- ❑ Limites de parcelles
- ❑ Les statistiques agricoles fiables à produire avant la récolte
- ❑ Evolution de la croissance et de la santé des cultures
- ❑ Évaluation des dommages causés par la sécheresse
- ❑ Améliorer la performance et déterminer les zones les plus ou moins rentables des parcelles





Occupation du sol
Classification

Les plates formes utilisées en Télédétection

◆ Les Plates-Formes Terrestres

Ce type de plate-forme est utilisé principalement à des fins d'expérimentation et d'étalonnage.



Les Plates Formes Aériennes

■ **Les ballons** : Ils sont constitués en général d'une membrane très mince que l'on gonfle avec un gaz plus léger que l'air : l'air chaud, l'hélium ou l'hydrogène. Ils sont peu utilisés, sauf en météorologie.

■ **Les Avions** : les avions sont des plates-formes d'emploi très souple.

Ils ont trois limitations :

- ❑ la **prise répétitive** des données n'est pas garantie.
- ❑ Le **territoire couvert**, lors d'une seule mission, est assez limité,
- ❑ des **coûts** relativement élevés.

◆ Les plates-formes Spatiales

Les plates-formes spatiales ou satellites sont des vaisseaux en orbite terrestre qui se déplacent selon une **ellipse** dont un des foyers est occupé par le centre de la Terre.

Les déplacements du satellite répondent aux seules forces de gravité suivant les lois de Kepler

$$T^2 = \frac{a^3}{K}$$

T : La période de rotation

a : est le demi grand axe de l'ellipse (le rayon pour un orbite circulaire)

K : est la constante de Kepler

Acquisition des données en Télédétection: les satellites

Les Conditions sur les orbites des satellites en télédétection

- Choix naturel d'une **ORBITE CIRCULAIRE**, afin de ne pas avoir à modifier la focale le long de l'orbite, de plus la vitesse angulaire de tangage reste alors constante.

- le satellite d'imagerie doit donc respecter une

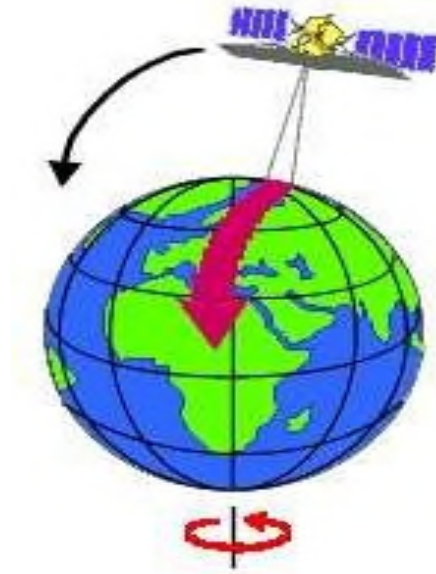
CONDITION DE PHASAGE.

La nécessité de comparaison des images impose de survoler périodiquement les mêmes lieux de la terre, ce qui signifie que la trace sol doit de refermer au bout d'un certain temps T , appelé

PERIODE DE REPETITIVITE.

- En fin la **CONDITION D'HELIOSYNCHRONISME**. La condition est donc d'essayer de survoler un même lieu toujours à la même heure locale.

Les Trajectoires Orbitales des Satellites de Télédétection (IV)

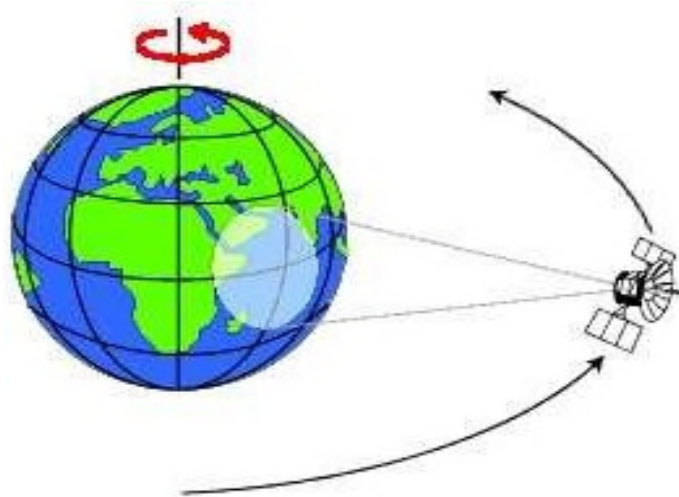


Orbite quasipolaire

Orbite héliosynchrone : Le plan de l'orbite reste fixe par rapport à l'axe Terre soleil.

Altitudes (résolution) 500 1500 km

Exemple : LANDSAT, SPOT. **Altitude** : environ 700 Km



Orbite géostationnaire

■ Une orbite géostationnaire est forcément équatoriale (son plan d'orbite se confond avec le plan équatorial) et circulaire. Altitude :

environ 36 000 Km

GEOS (NOAA Geostationary Operational Environmental Satellite), METEOSAT

- **Orbite circulaire quelconque** : Survole la Terre à la même altitude.

L'excentricité, qui est le rapport de la distance des foyers au grand axe de l'ellipse, devient nulle.

- **Exemple** : ERS-1, RADARSAT, SEASAT

PROCESSUS D'ACQUISITION D'IMAGES

Source d'énergie ou d'illumination (**A**)

Rayonnement et atmosphère (**B**)

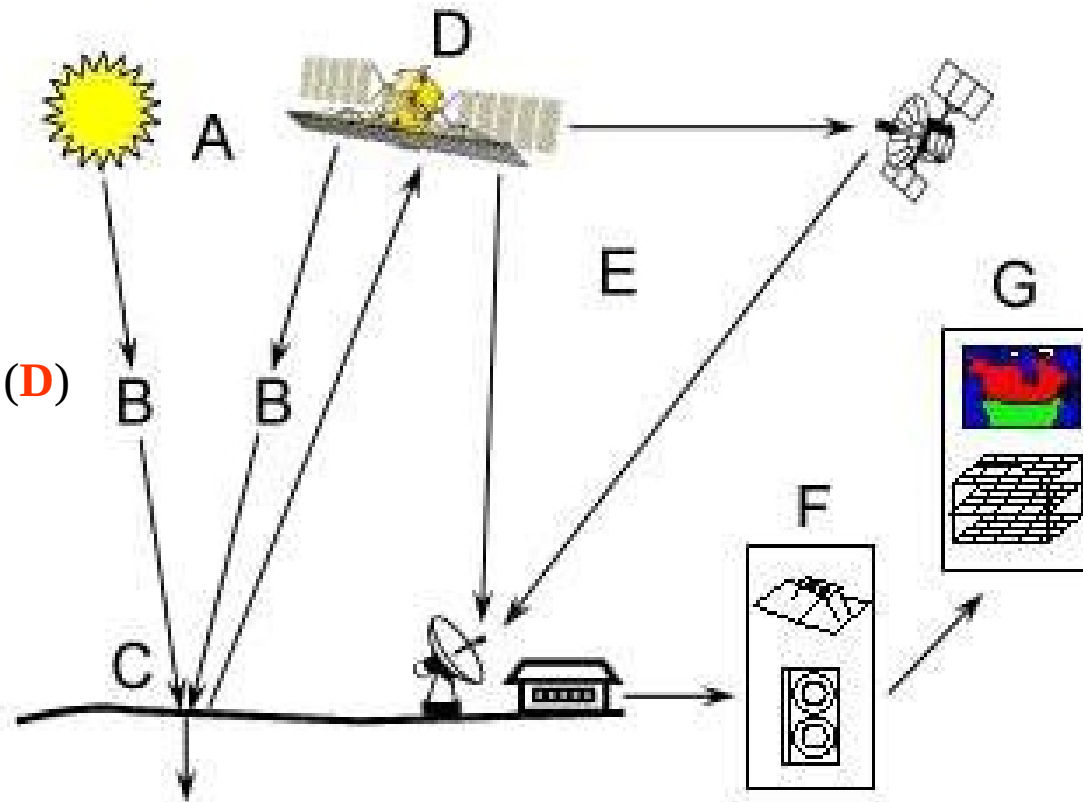
Interaction avec la cible (**C**)

Enregistrement de l'énergie par le capteur (**D**)

Transmission, réception et traitement (**E**)

Interprétation et analyse (**F**)

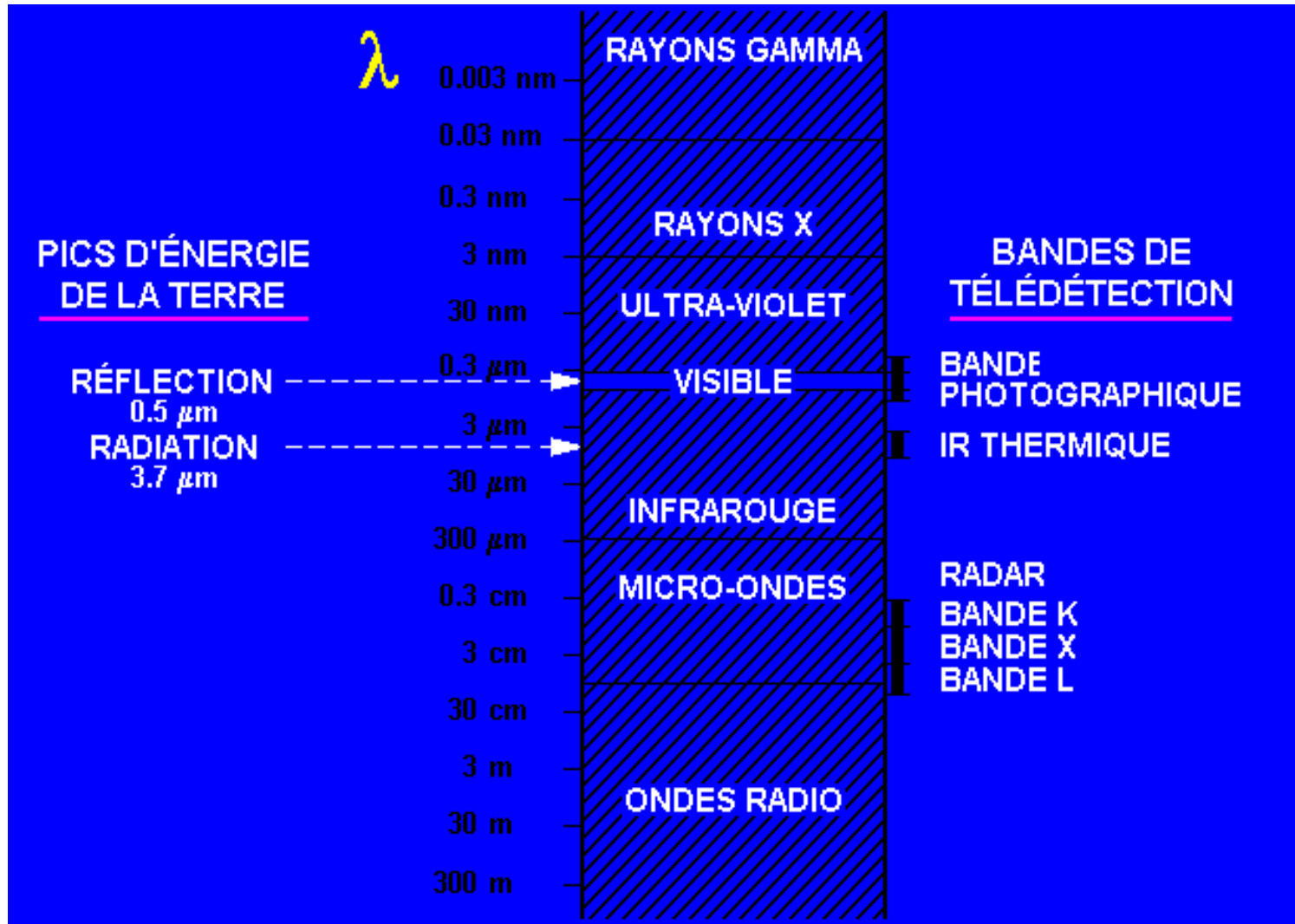
Application (**G**)



Spectre électromagnétique

Longueur d'onde de la source

→ On ne travail pas forcément dans le domaine du visible



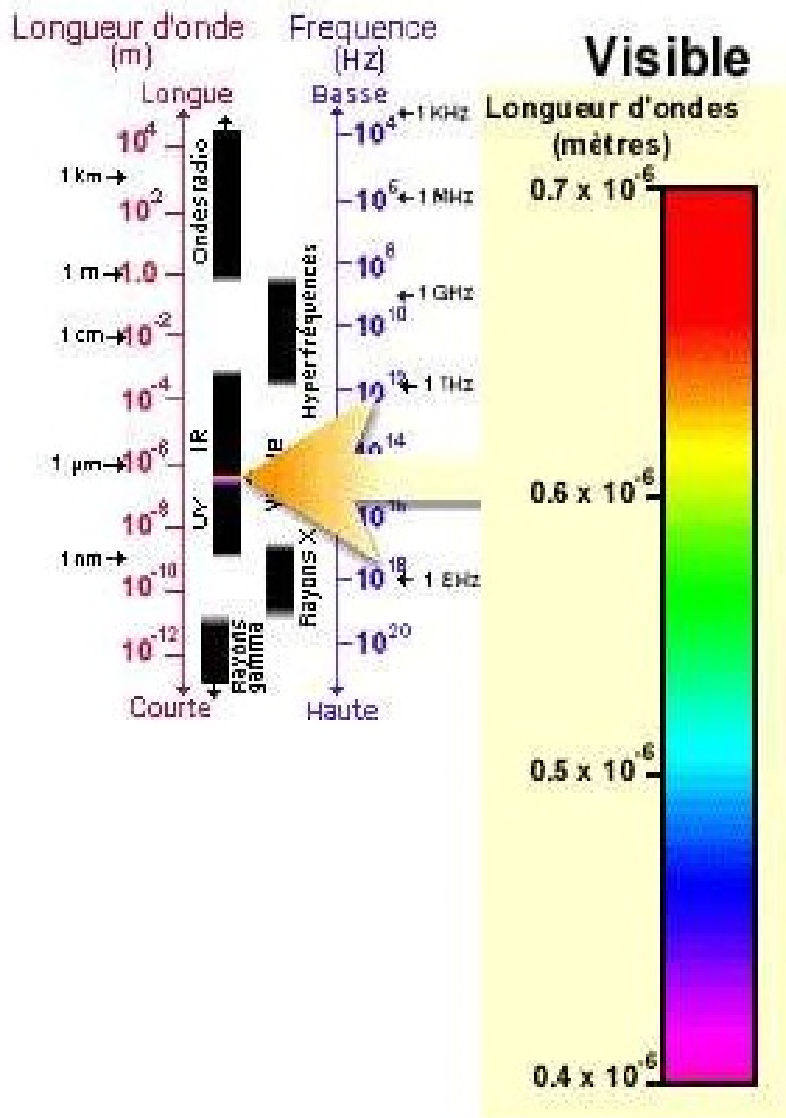
Spectre électromagnétique

Visible

- **violet** : 0.4 - 0.446 μm
- **bleu** : 0.446 - 0.500 μm
- **vert** : 0.500 - 0.578 μm
- **jaune** : 0.578 - 0.592 μm
- **orange** : 0.592 - 0.620 μm
- **rouge** : 0.620 - 0.7 μm

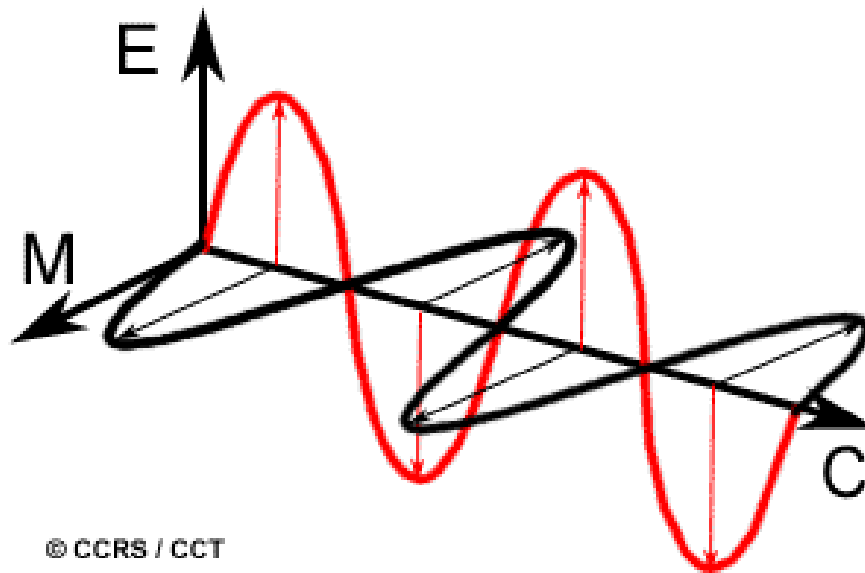
Infra rouge

(0,7 à 100 μm)



Le rayonnement électromagnétique

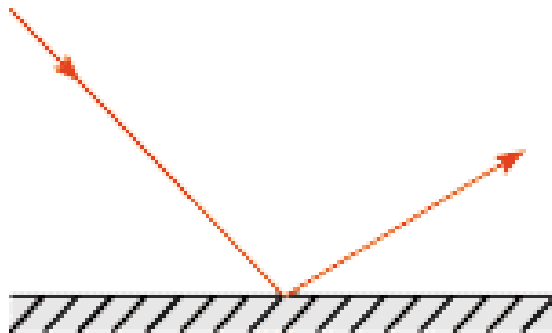
L'énergie transportée dans l'espace sous forme d'ondes ou de particules composé d'un champ électrique (E) et d'un champ magnétique (M)



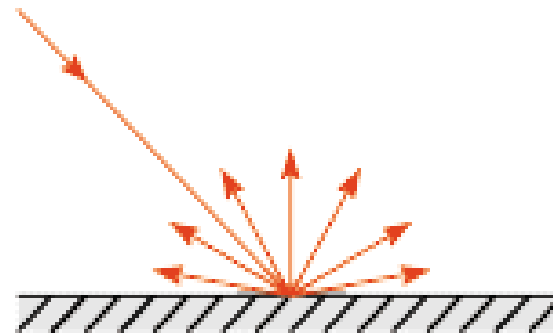
Propriétés des ondes électromagnétiques

la réflexion: un corps qui reçoit un REM peut en réfléchir une partie

albédo : énergie *solaire* réfléchie par une portion d'espace terrestre (% réfléchie) spéculaire ou diffuse



Réflexion spéculaire



Réflexion diffuse

l'absorption Un corps qui reçoit un REM peut en absorber une partie
cette énergie absorbée est transformée et modifie l'énergie interne du
corps peut augmenter la température interne du corps

La transmission un corps qui reçoit un REM peut en transmettre une partie un objet transparent à une transmittance élevée dans les longueurs d'ondes visibles une surface d'eau pure ou le feuillage d'arbres sont des exemples de surfaces susceptibles de transmettre une partie du REM

la diffusion Une très grande importance en télédétection des particules microscopiques dans l'atmosphère amènent la diffusion dans toutes les directions d'une partie du REM le REM traversant ce milieu peut alors être considérablement transformé. environ 25% du rayonnement solaire qui traverse l'atmosphère est diffusé

Interactions avec la cible

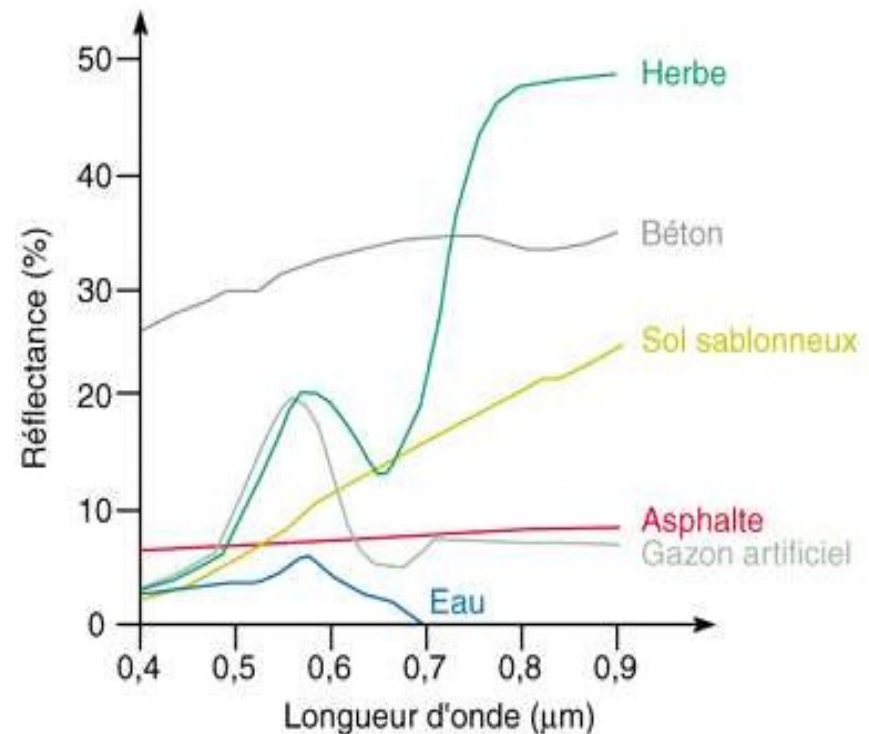
- **violet** : 0,4 - 0,446 μm
- **bleu** : 0,446 - 0,500 μm
- **vert** : 0,500 - 0,578 μm
- **jaune** : 0,578 - 0,592 μm
- **orange** : 0,592 - 0,620 μm
- **rouge** : 0,620 - 0,7 μm

Chaque objet possède des propriétés spécifiques

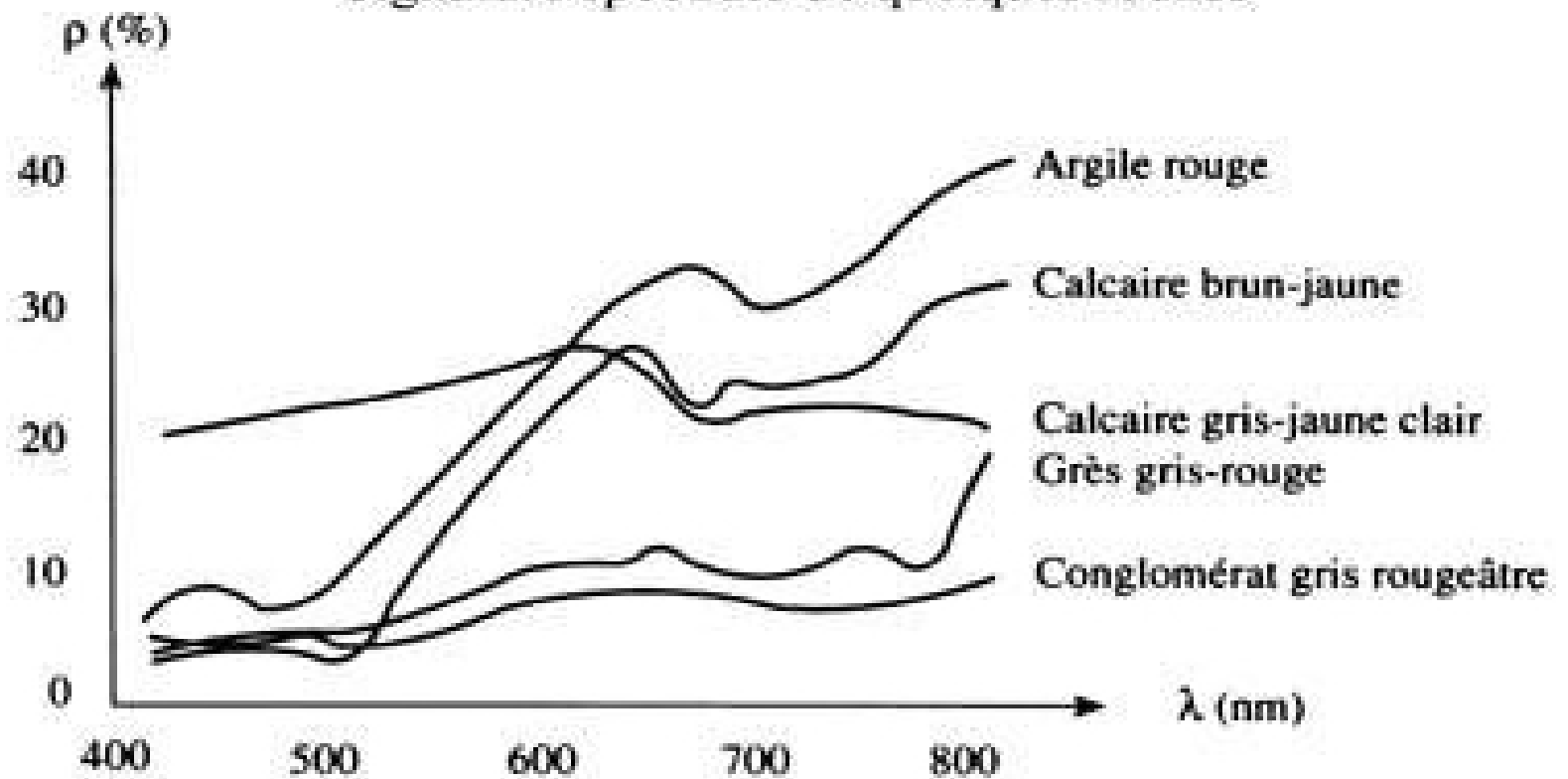
→ **Identification**



Signatures spectrales comparées



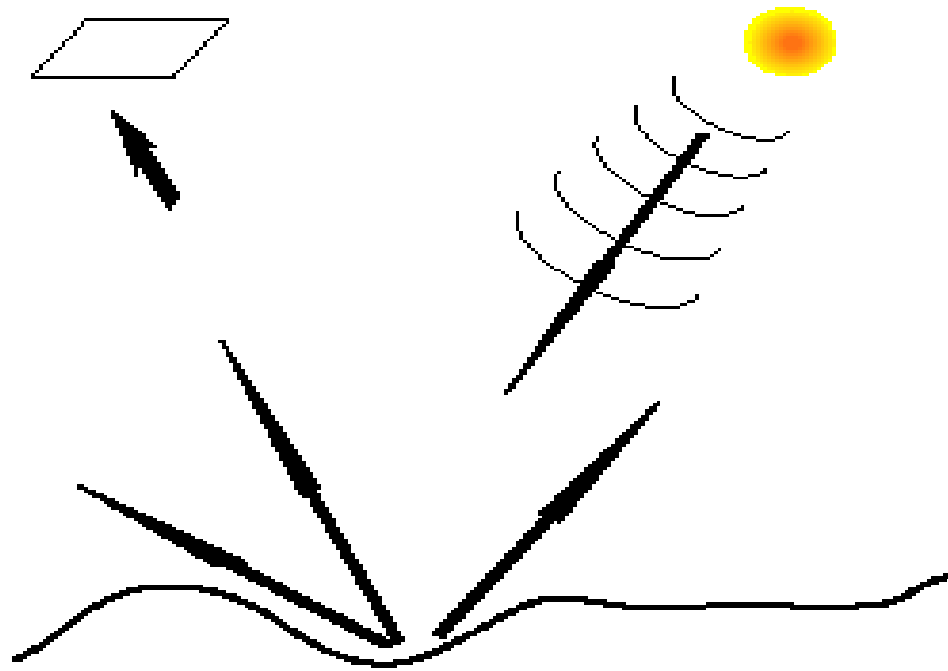
Signature spectrale de quelques roches



Les Capteurs

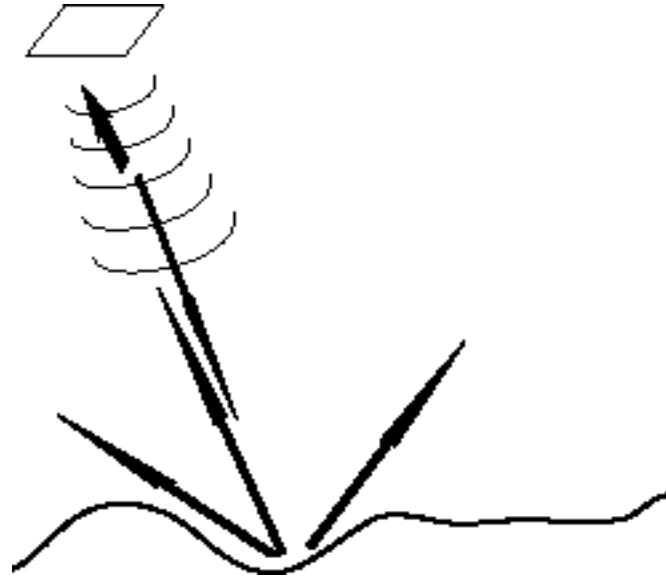
instruments qui permettent de transformer le rayonnement électromagnétique en informations perceptibles et analysables par l'humain

Passif: on se contente d'enregistrer l'énergie naturelle (réfléchié ou émise) provenant de la terre: Radiomètres, les balayeurs thermiques, les balayeurs optiques, les chambres de prise de vue, les spectroradiomètres..etc.



Il recueille de l'énergie réfléchié par la scène et provenant d'une autre source (Soleil en général).

Actif: On éclaire artificiellement les corps à étudier avant d'enregistrer l'énergie que ceux-ci renvoient vers le capteur: radars, diffusomètres, lidars..etc.



Il lui est associé un émetteur qui envoie un signal vers la scène.

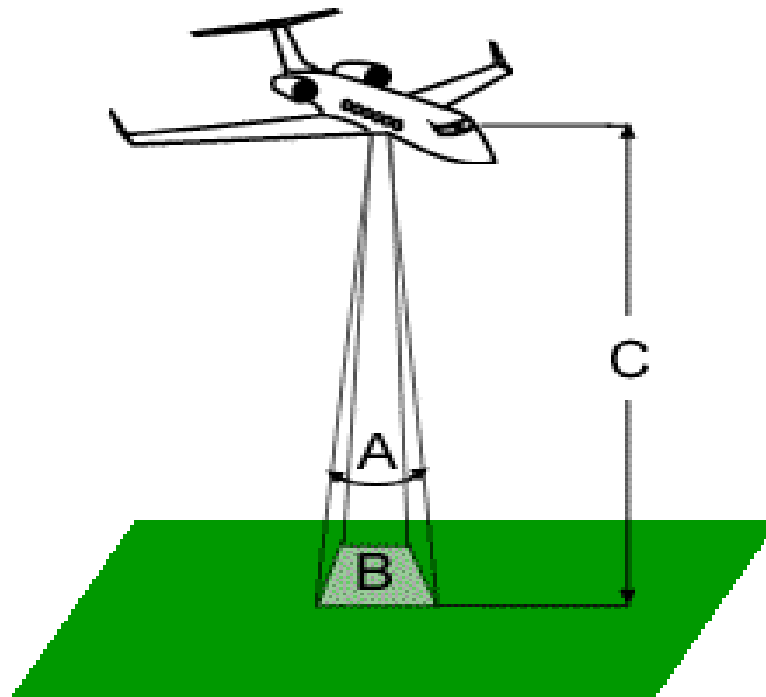
Composantes d 'un capteur

- **Un système optique**: conditionne la limite de résolution spatiale, définit la géométrie, les caractéristique optiques et l 'angle de visée du système.
- **Un filtre spectral**: conditionne le domaine spectral de mesure.
- **Un détecteur**: commande à la fois la limite de résolution radiométrique et la limite de résolution spectrale, transforme le signal physique reçu en une forme de données (voltage, réaction photos-chimique) qui deviennent analysables mathématiquement ou perceptibles à l 'Œil humain (codage).

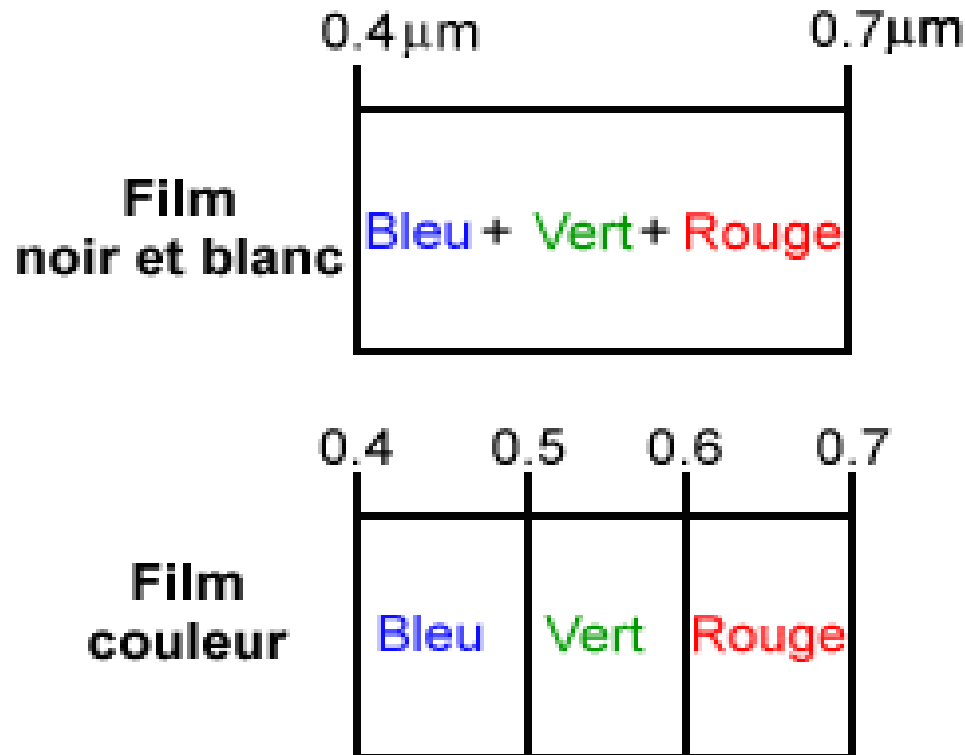
Il ne retient que l'énergie d'une bande du **spectre électromagnétique**. cette bande correspond à la couverture spectrale du satellite.

Résolutions d 'un capteur

La résolution spatiale est fonction de la dimension du plus petit élément qu'il est possible de détecter



La résolution spectrale décrit la capacité d'un capteur à utiliser de petites fenêtres de longueurs d'onde. Plus la résolution spectrale est fine, plus les fenêtres des différents canaux du capteur sont étroites.



La **résolution radiométrique** d'un système de télédétection décrit sa capacité de reconnaître de petites différences dans l'énergie électromagnétique



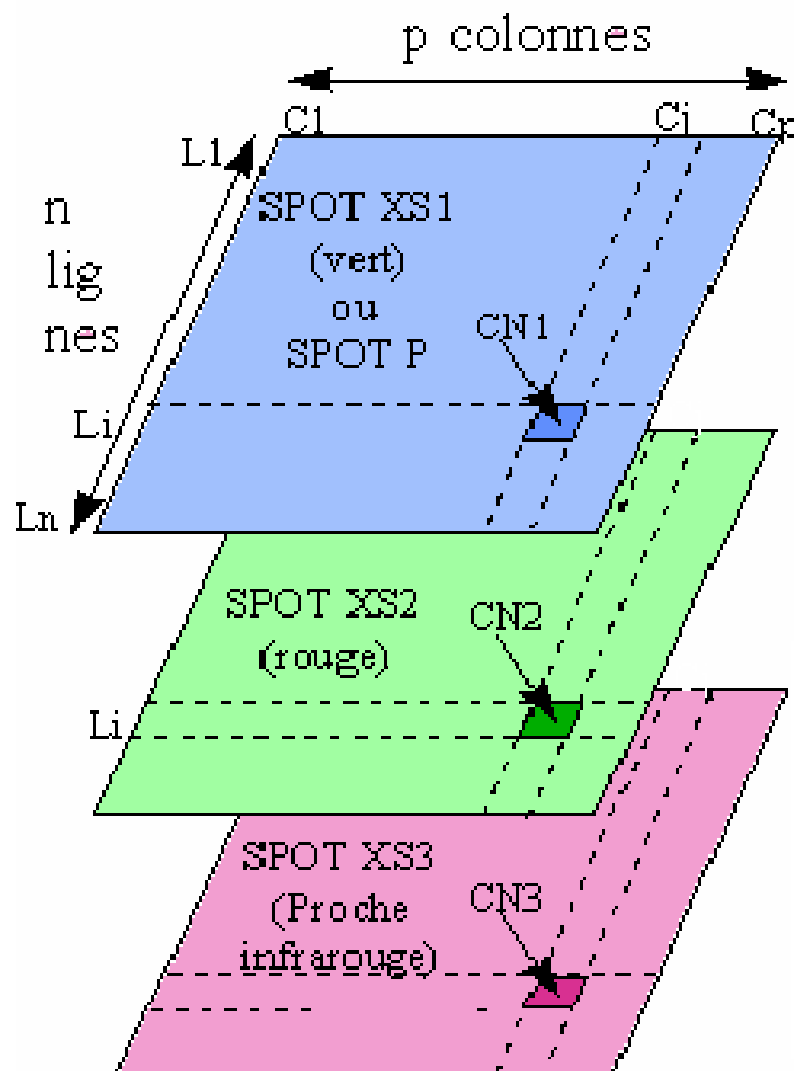
La structure d'une image satellitale

-1. Spatial :

La zone observée est découpée en surfaces élémentaires (pixels) caractéristiques de la résolution spatiale du satellite,

-2. Numérique :

Le signal analogique enregistré par les détecteurs est codé à l'aide d'entiers compris entre 0 et 255.



Une image monospectrale est une grille

Un pixel est défini par :

- 1) i : sa coordonnée en ligne
- 2) j : sa coordonnée en colonne
- 3) CN : son compte numérique
(valeur de luminance codée entre 0 et 255)

Une image multispectrale est composée de k grilles
(k : nombre de bandes spectrales ou canaux)

Un pixel est défini par :

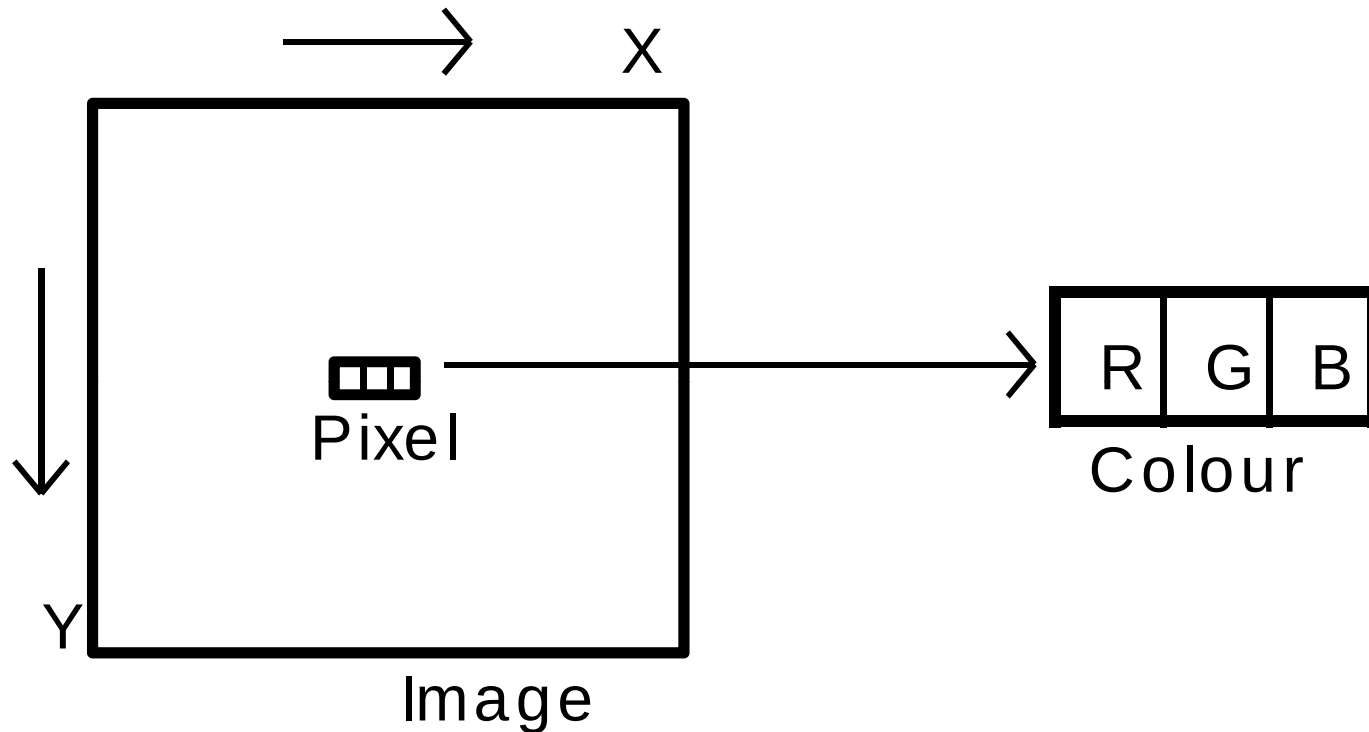
- 1) i : sa coordonnée en ligne
- 2) j : sa coordonnée en colonne
- 3) CN (k) : compte numérique dans chaque bande k
(valeur de luminance codée entre 0 et 255)

- Une image numérique est un tableau à deux dimensions.

par exemple, une image SPOT de dimension 60 km x 60 km avec une taille de pixel de 20m x 20m correspond à un tableau de 3 000 lignes x 3 000 colonnes.

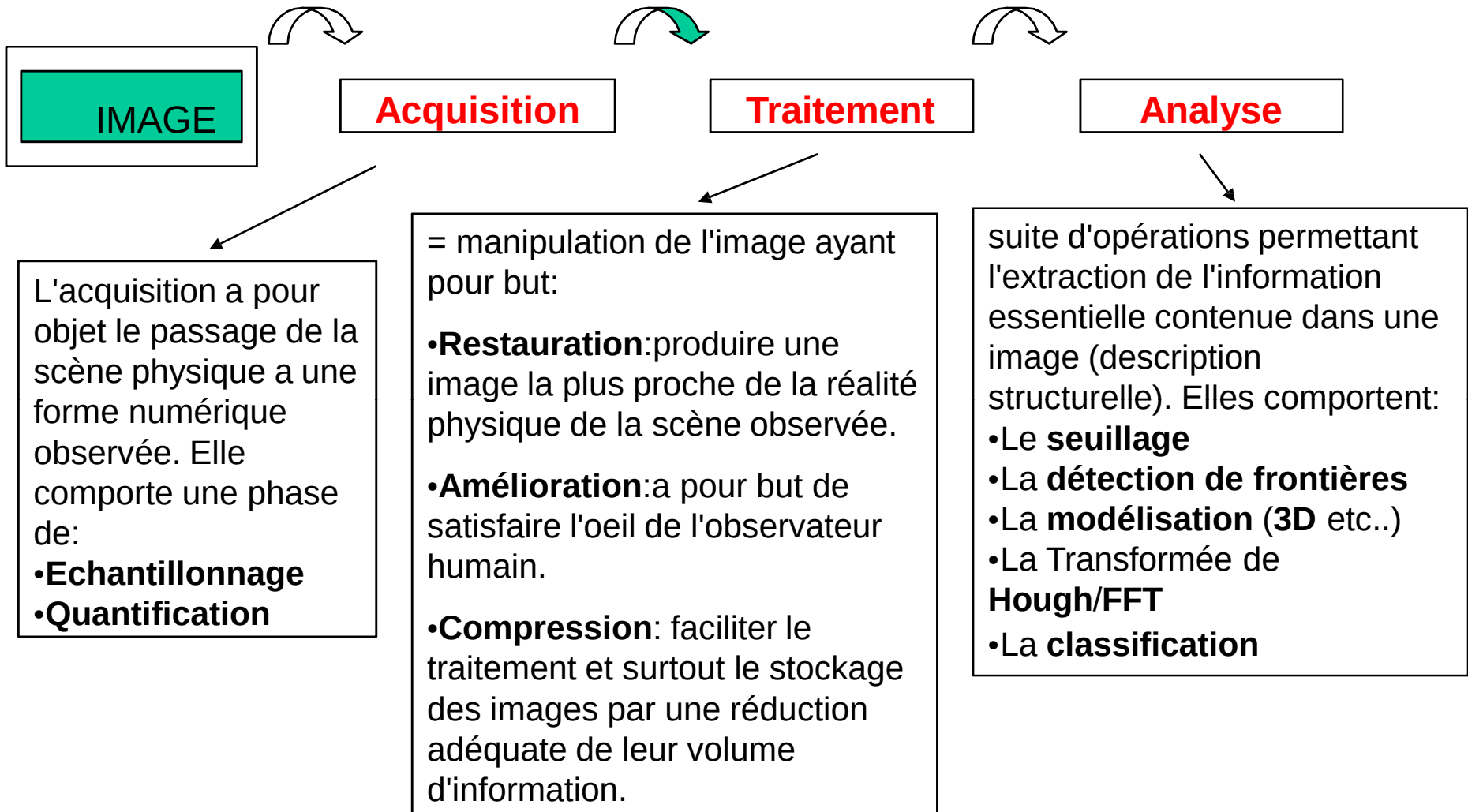
Cette représentation des données est plus connu sous le terme de format raster.

→ Image couleur



Un triplet de valeurs décrit chaque pixel. Ceci peut être vu comme :
(3* Tableau 2D) ou un (tableau 3D).

Traitement/Analyse des images de télédétection



Les indices

Indices spectraux = Nouvelles images dont les valeurs des pixels sont calculées à partir de la combinaison des différentes valeurs dans les différentes bandes

SR = PIR/R

Simple Ratio

pour estimer la biomasse verte

NDVI = (PIR-R) / (PIR+R)

(R800 – R670) / (R800+R670)

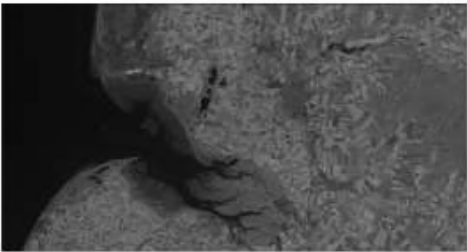
Normalized Difference Vegetation Index

pour estimer la biomasse verte/couverts végétaux

- **NDVI (valeurs entre -1, 1)**
 - **Noir**
 - absence de couverture végétale
 - **Blanc**
 - activité chlorophyllienne très élevée



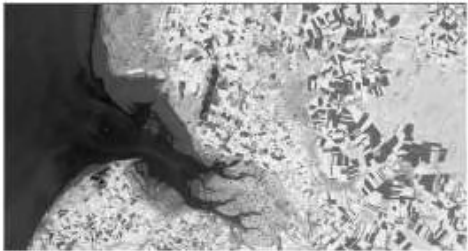
3 canaux
(Infra rouge, Rouge Vert)



Infra rouge



Rouge



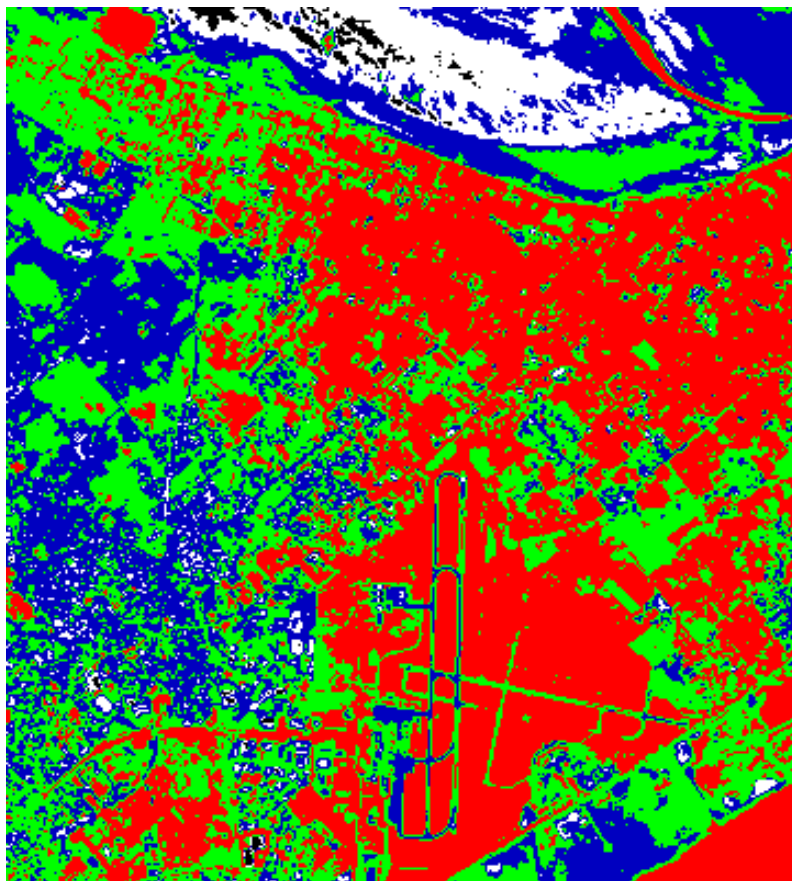
NDVI

- *Indice de brillance des sols*: $IBS = \sqrt{(R)^2 + (PIR)^2}$
 - application en pédologie, pour dissocier les couvertures végétales et minérales
- *Indice de cuirasse* $IC = [(3 \times Vert) - Rouge - 100]$

performant pour la différentiation des surfaces bâties et des sols nus

 - les surfaces végétales et aquatiques apparaissent en noir

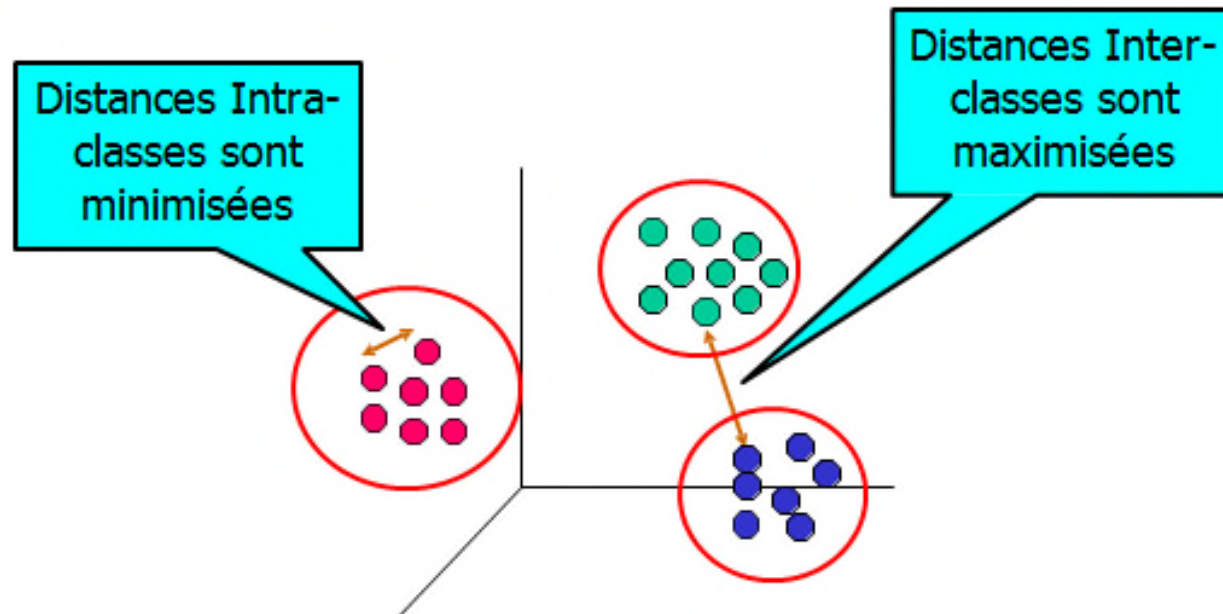
Classification des images satellites



- la classification se résume à une division de l'espace de caractéristiques en partitions disjointes.

Classification = Segmentation + Identification

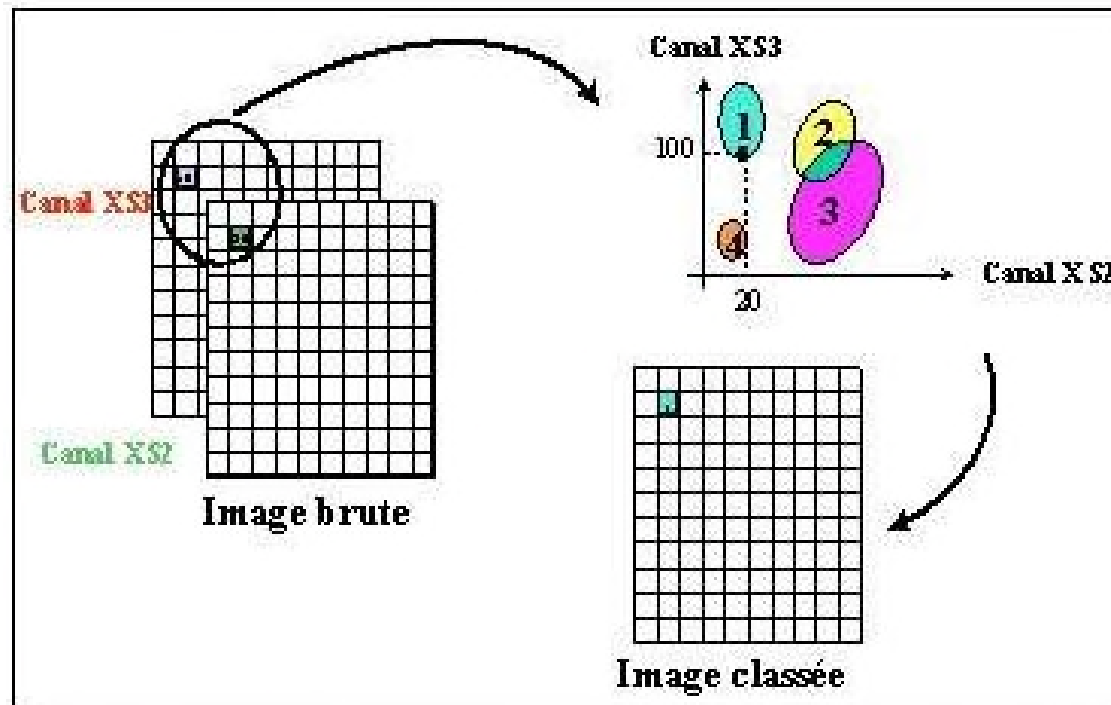
Une bonne classification produit des classes ayant une similarité élevée intra-classes et une similarité faible inter-classes



Classification Non supervisée

Aucune connaissance a priori sur les constituants de l'image

Apprentissage et extraction automatique des caractéristiques des classes



Principe de la classification thématique d'une image

Classification supervisée

L'algorithme va classer les pixels de l'image en utilisant les propriétés spectrales des classes d'apprentissage.