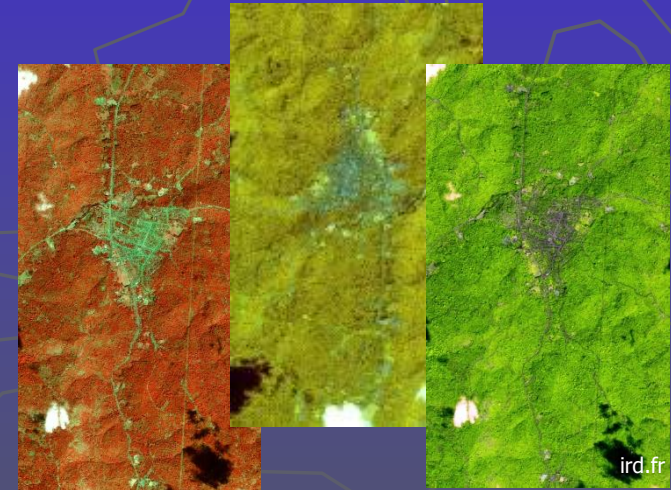


LA TELE DTECTION

SERRADJ MOHAMED LYES
INSTITUT GTU
UNIVERSITE OUM EL BOUGHI



Sources: Cours SIG - Santé

M Souris et D Demoraes

Paris Ouest Nanterre-La Défense

Sommaire

▶ Télédétection : Concepts généraux

- Processus de télédétection
- Spectre électromagnétique
- Interaction des éléments de la superficie terrestre avec la radiation

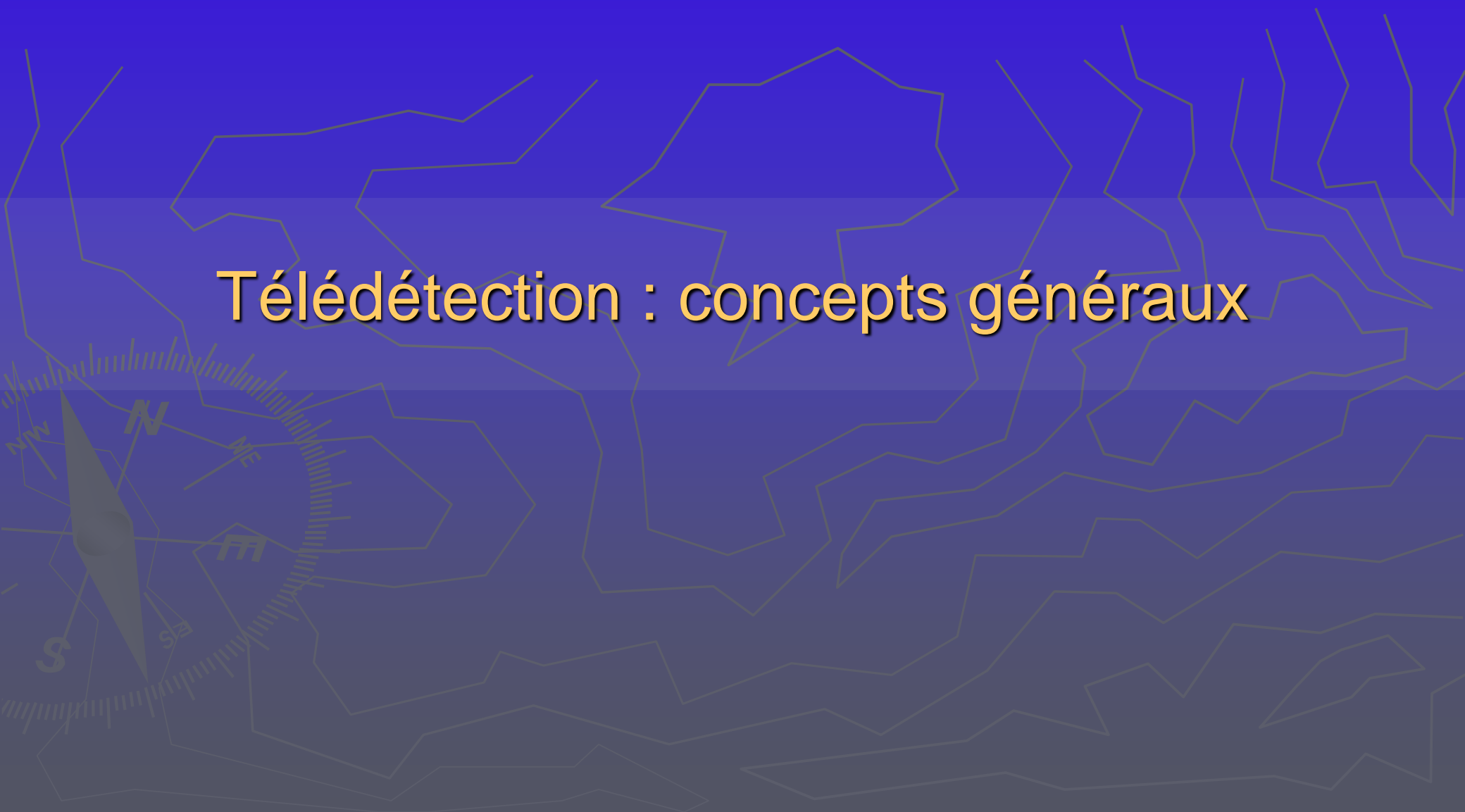
▶ Les satellites et les capteurs

- Les satellites
- Les capteurs

▶ L'image numérique

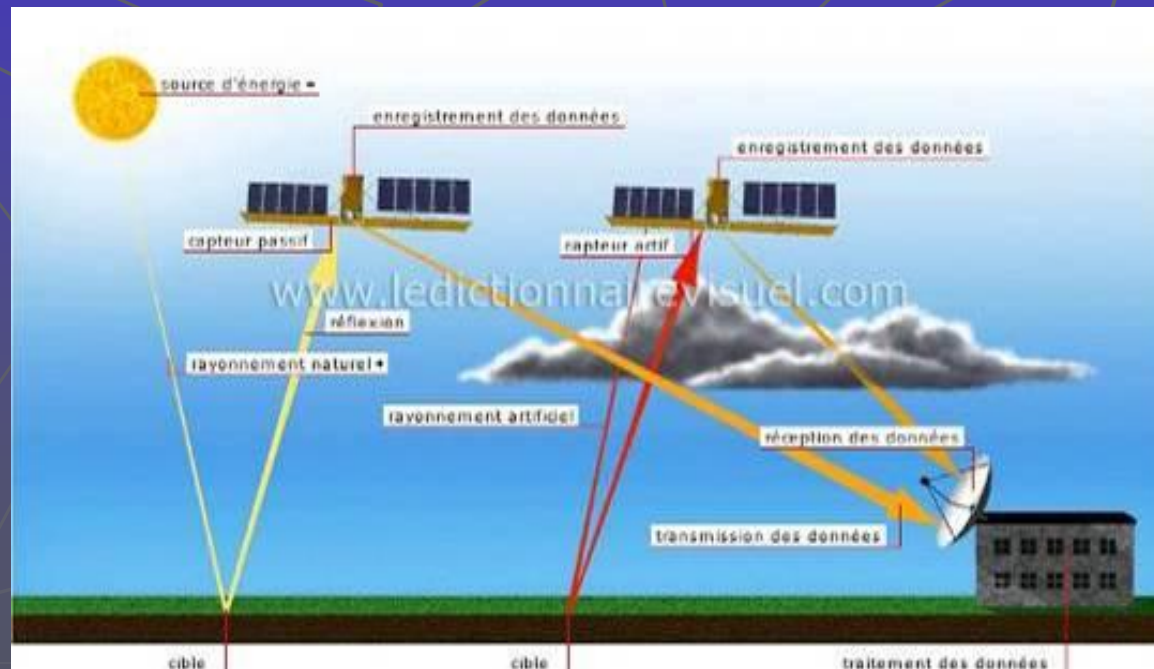
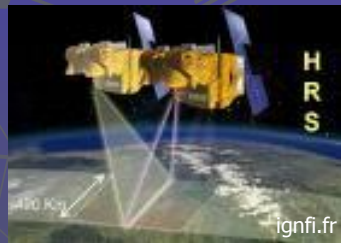
- Résolution des images
- Corrections des images
- Techniques de filtrage
- Traitements d'images : indices y néo-canaux
- Classifications
- Applications

Téledétection : concepts généraux



Téledétection : définition

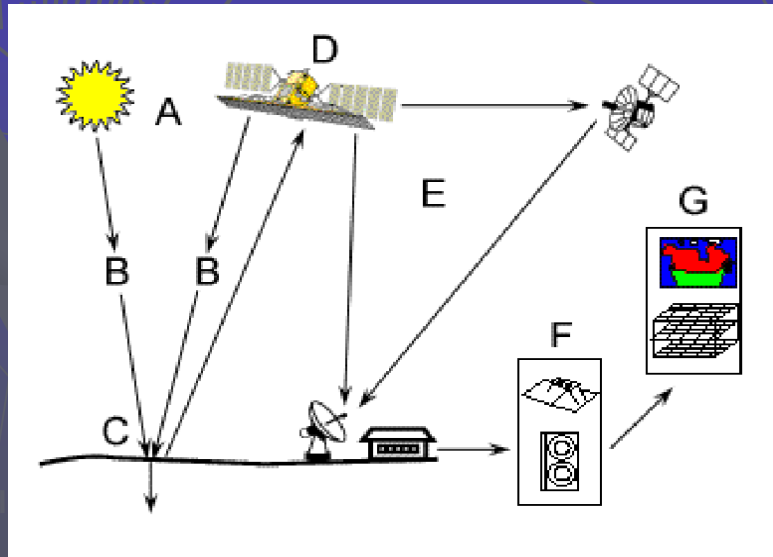
Science dont l'art est d'obtenir de l'information sur la superficie de la Terre sans entrer en contact avec elle. Réalisé en détectant et enregistrant l'énergie émise ou réfléchiée, et en traitant, analysant et utilisant cette information.



La télédétection

La télédétection spatiale utilise les radiations émises par les objets au sol (soit à partir de la lumière du soleil, soit à partir de lumière émise par le satellite).

Un exemple de ce processus, avec l'utilisation de systèmes de capture d'images, est illustré ci-dessous.



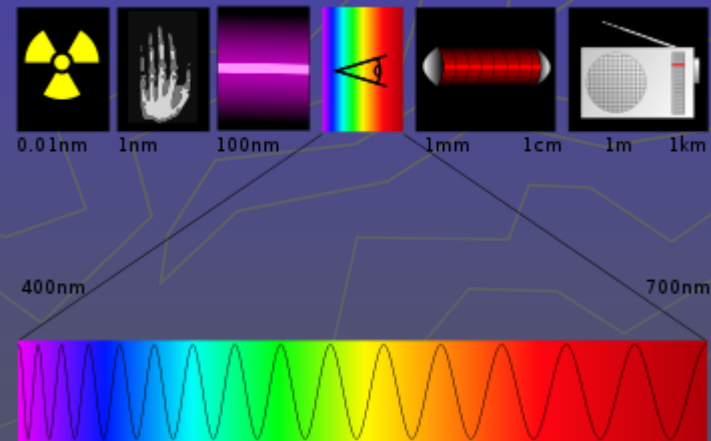
- A. Source d'énergie ou illumination
- B. Radiation et atmosphère
- C. Interaction avec l'objet
- D. Détection de l'énergie par le capteur
- E. Transmission, réception et traitement
- F. Interprétation et analyses
- G. Applications

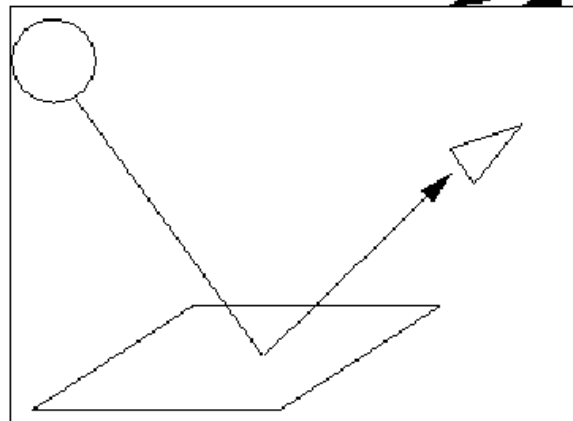
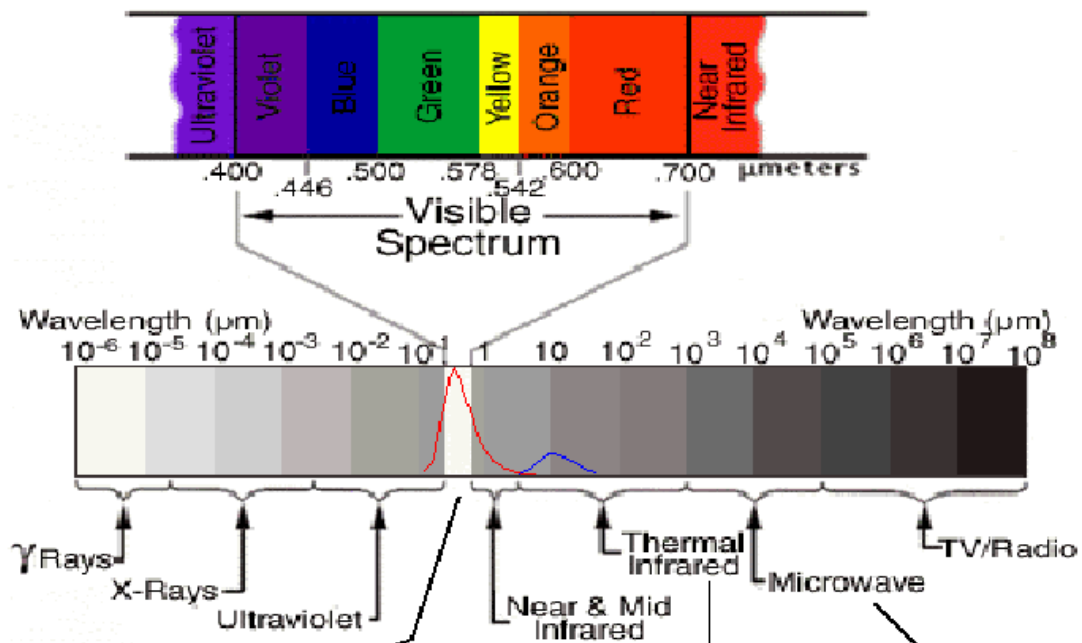
Spectre électromagnétique

Un spectre électromagnétique est la décomposition d'un rayonnement électromagnétique en fonction de sa longueur d'onde, ou de sa fréquence.

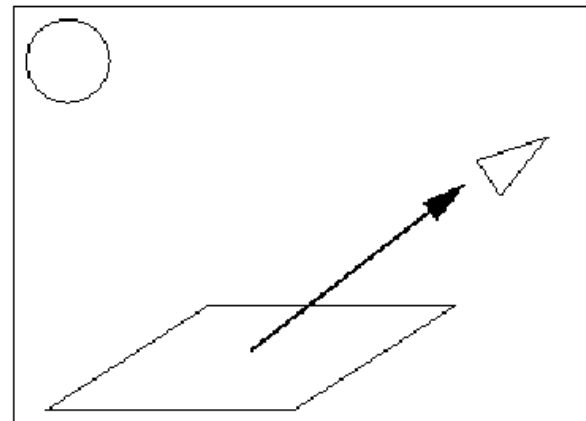
Les ondes électromagnétiques sont désignées par différents termes, en fonction des gammes de fréquence (ou de longueur d'ondes). Par longueur d'onde croissante, ce sont :

- Rayons γ
- Rayons x
- Ultra violets
- Lumière visible
- Infra rouge
- Micro-ondes
- Ondes radar
- Ondes radio

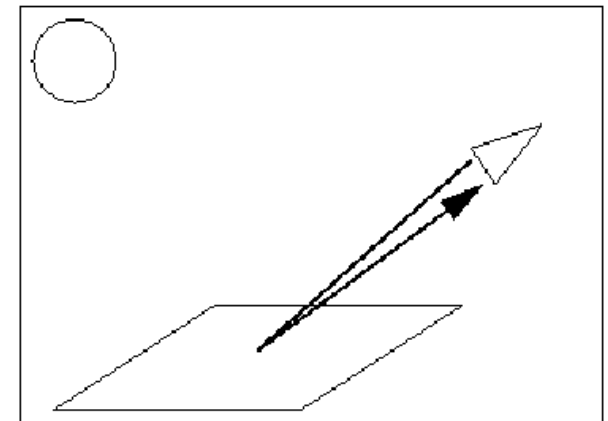




Técnicas en el visible



Técnicas en el infrarrojo termico

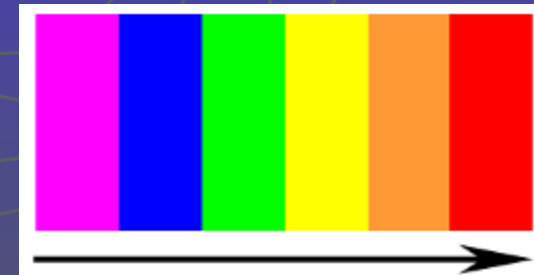


Técnicas de microondas

Radiation électromagnétique

- ▶ **Le spectre visible** ne représente qu'une petite portion de l'ensemble du spectre électromagnétique.
- ▶ Les longueurs d'onde du visible vont de 0,4 à 0,7 μm . C'est la seule partie du spectre que nous pouvons associer à des couleurs.

- 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

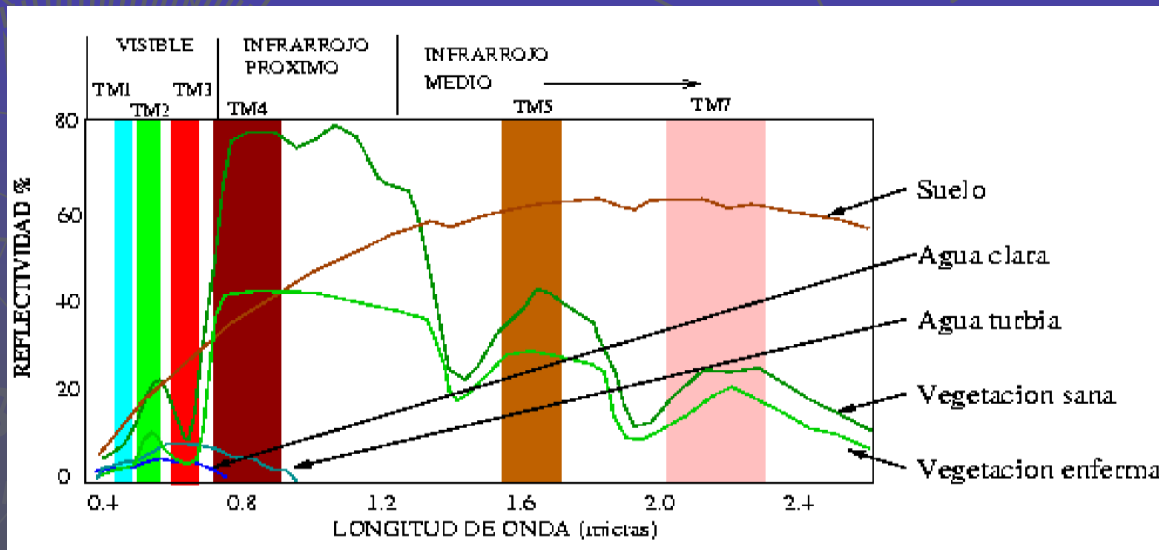


longueurs d'onde

Interaction des éléments de la superficie terrestre avec la radiation

Chaque type de matériau, sol, végétation, eau, etc. reflète la radiation incidente de façon différente, ce qui permet en principe de les distinguer sur une image, en mesurant cette réflexion.

La signature spectrale d'un objet est le pourcentage de radiations réfléchi par l'objet, pour l'ensemble des longueurs d'onde du spectre électromagnétique.



Dans le cas du visible, les différences de réflexion sont traduites par le cerveau en perception de couleurs différentes. Par exemple, un objet est vert s'il reflète la lumière de façon importante dans la longueur d'onde correspondante.

Les satellites et les capteurs

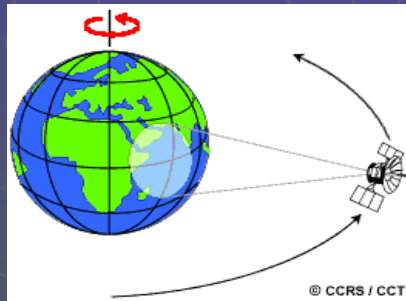


Les satellites

La trajectoire d'un satellite autour de la Terre s'appelle "orbite". Il existe deux types de satellites, les géosynchrones ou géostationnaires, et les héliosynchrones.

► Géostationnaires :

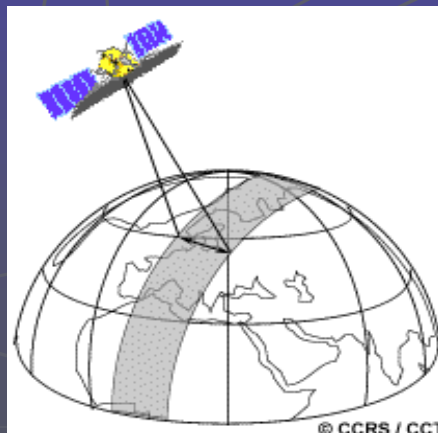
Il doivent se situer sur la ligne équatoriale à une orbite de 36000 Km de la Terre. Ils restent en permanence à la verticale d'un point donné, accompagnant la Terre dans son mouvement de rotation. Ex: Les satellites de communication et les satellites d'observation météorologique.



Les satellites

► Héliosynchrones :

Ils se déplacent en orbites généralement circulaires et polaires (le plan de l'orbite contient l'axe de rotation de la Terre), de façon à ce que, utilisant le mouvement de rotation de la Terre, ils puissent capturer des images de différents points à chaque fois qu'ils passent par le même point de l'orbite. L'altitude de telles orbites est comprise entre 300 et 1500 km d'altitude. L'orbite est définie de façon à ce que le satellite passe toujours au-dessus du même point à la même heure.



Les capteurs

Un capteur est un appareil qui réunit la technologie nécessaire à l'acquisition d'images à distance et qui est transporté par le satellite. Il permet de capturer l'information pour différentes régions du spectre. Chacune de ces régions donne lieu à une image, appelée alors canal ou bande.

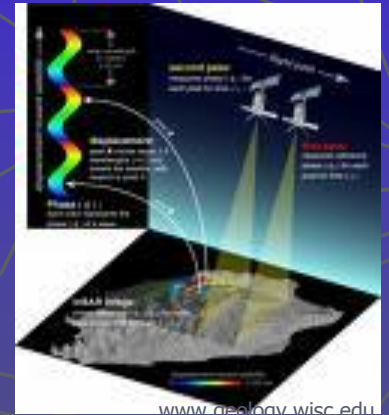
Deux types de capteurs :

► **Actifs** : Produisent leur propre radiation et reçoivent la radiation réfléchiée par la surface terrestre

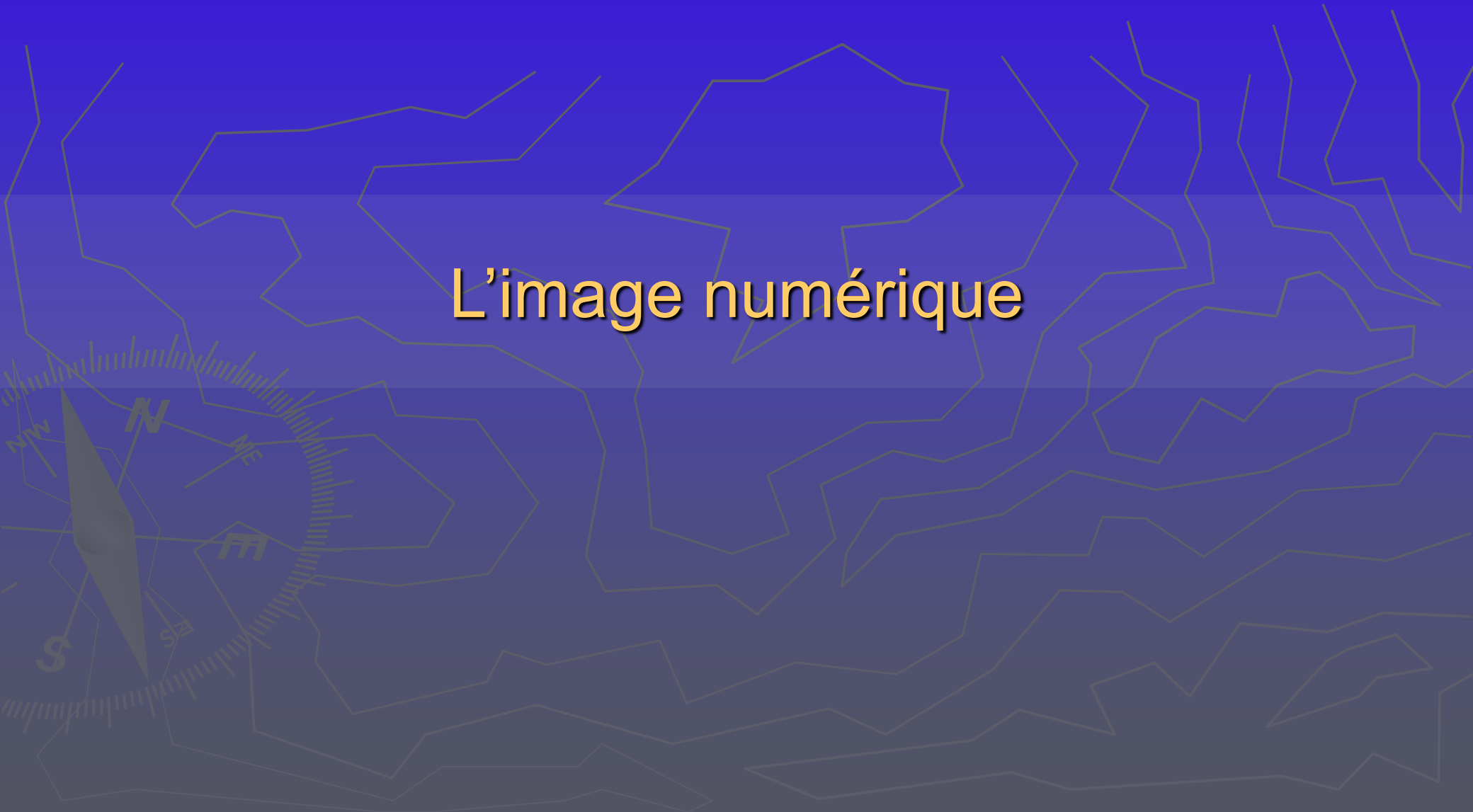
- radar
- lidar (technologie laser)

► **Passifs** : reçoivent la radiation électromagnétique réfléchiée par la surface terrestre

- Photographiques
- Optico-électroniques qui combinent une optique et un système de détection électronique, comme SPOT
- Spectromètres d'images et d'antenne (radiomètres de microondes).



L'image numérique



Résolution des images

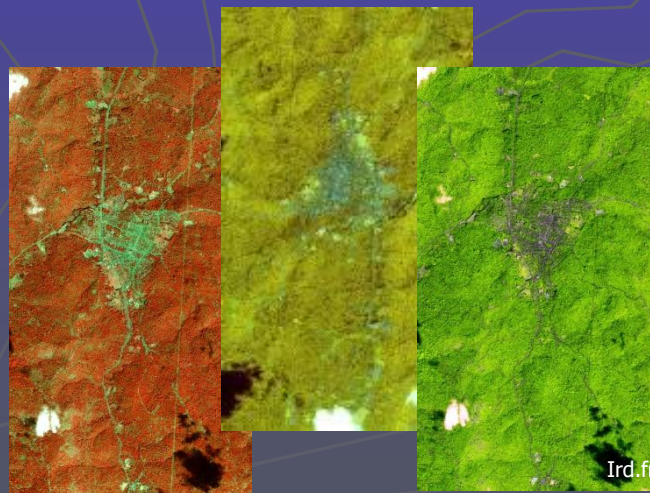
L'émission de radiation (émise ou réfléchi) à partir de la surface terrestre est un phénomène continu en 4 dimensions (espace, temps, longueur d'onde et intensité). On définit :

- la **résolution spatiale** : taille du pixel
- la **résolution spectrale** : nombre et largeur des régions du spectre capturées
- la **résolution radiométrique** : nombre d'intervalles des intensités qui peuvent être capturées
- la **résolution temporelle** : intervalle de temps entre deux captures d'une même région

L'image numérique

Pour chaque canal, le capteur convertit les valeurs réfléchies et capturées en valeurs numériques (appelées radiométriques), avec une précision habituelle de 256 niveaux. Ces valeurs sont conservées sous la forme d'images matricielles, composées de pixels (généralement carrés). Il y a donc une image par canal.

Le pixel est défini par sa position (ligne, colonne) et sa valeur.



L'image numérique

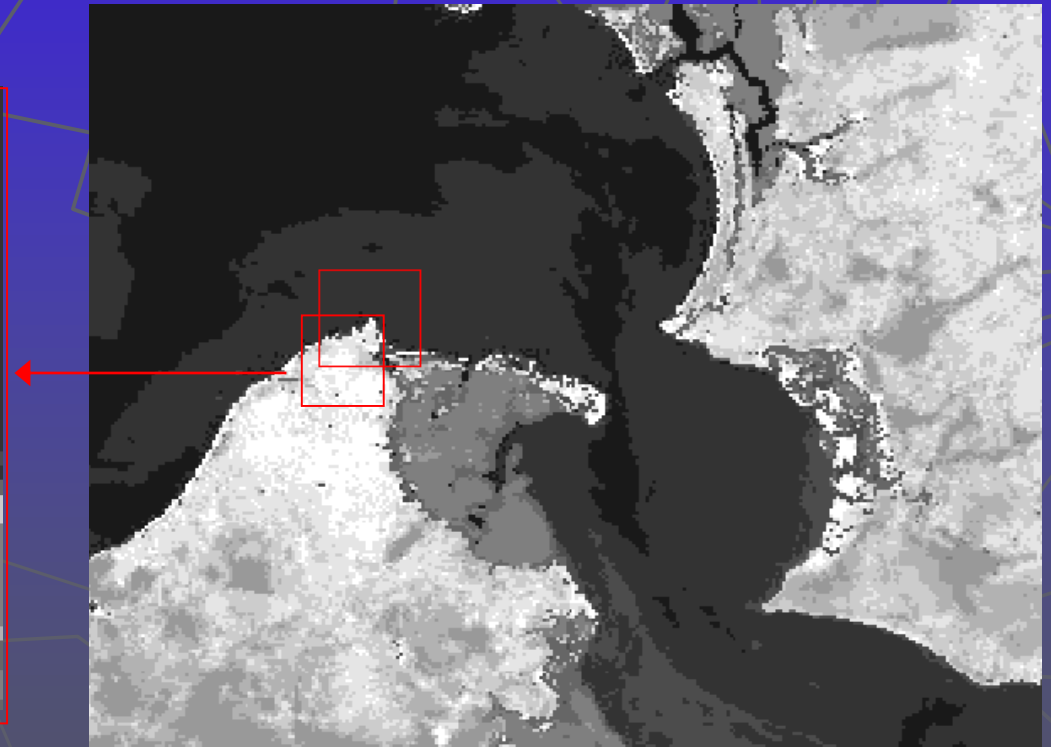
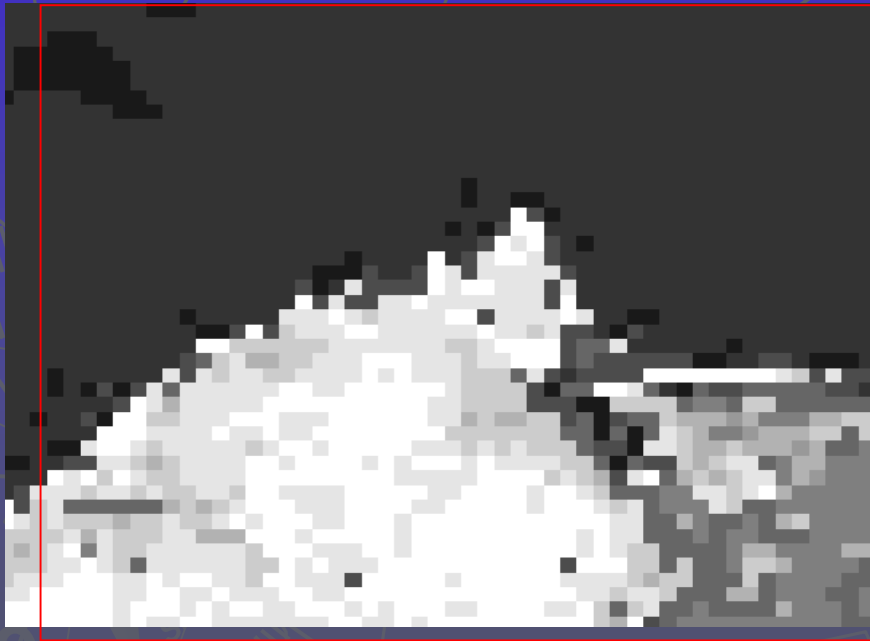
4	12	11	5	203	225	205	221
9	8	10	214	221	222	218	219
12	10	55	212	225	230	244	210
9	8	70	210	220	224	221	220
11	7	146	214	218	227	230	219
6	122	125	146	222	235	249	231
78	114	120	135	138	139	140	146
123	132	135	138	141	132	134	129

- ▶ Valeurs radiométriques entre 0 y 255:
 - 0 (0% de réflexion): Noir
 - 255 (100% réflexion): Blanc
- ▶ Ces matrices de valeurs radiométriques peuvent être visualisées :
 - En matrices de gris
 - En compositions colorées (par une combinaison de plusieurs bandes)

L'image numérique

Images satellites : exemples

Image Spot 5 du 23/11/2003



L'image numérique

Images satellites : exemples

Image Spot 5 du 23/11/2003



Panchromatique



Multi spectral: composition colorée

L'image numérique

Images satellites : exemples

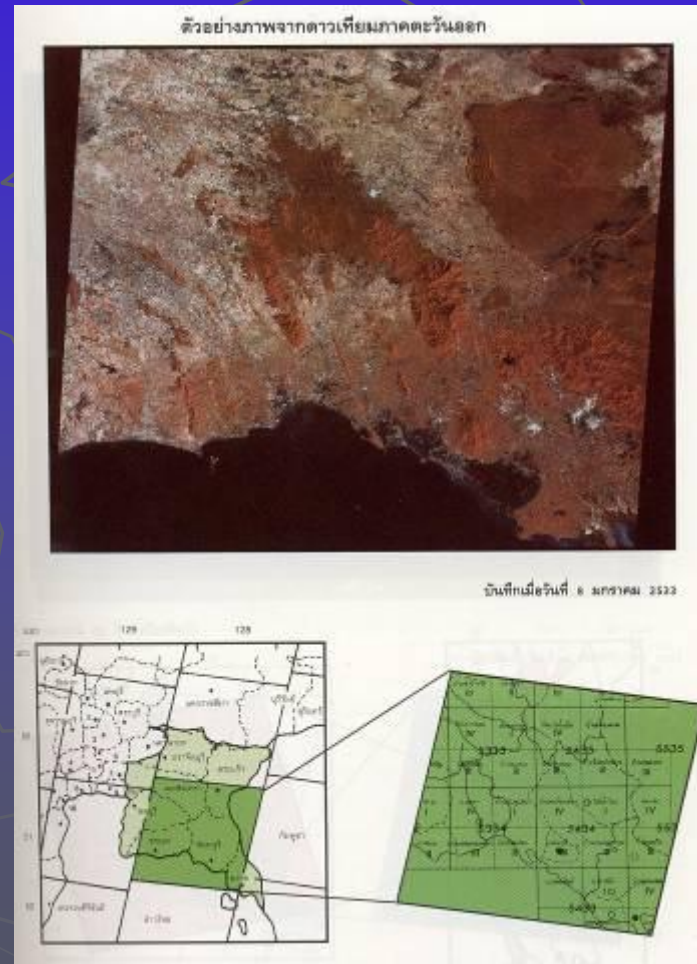
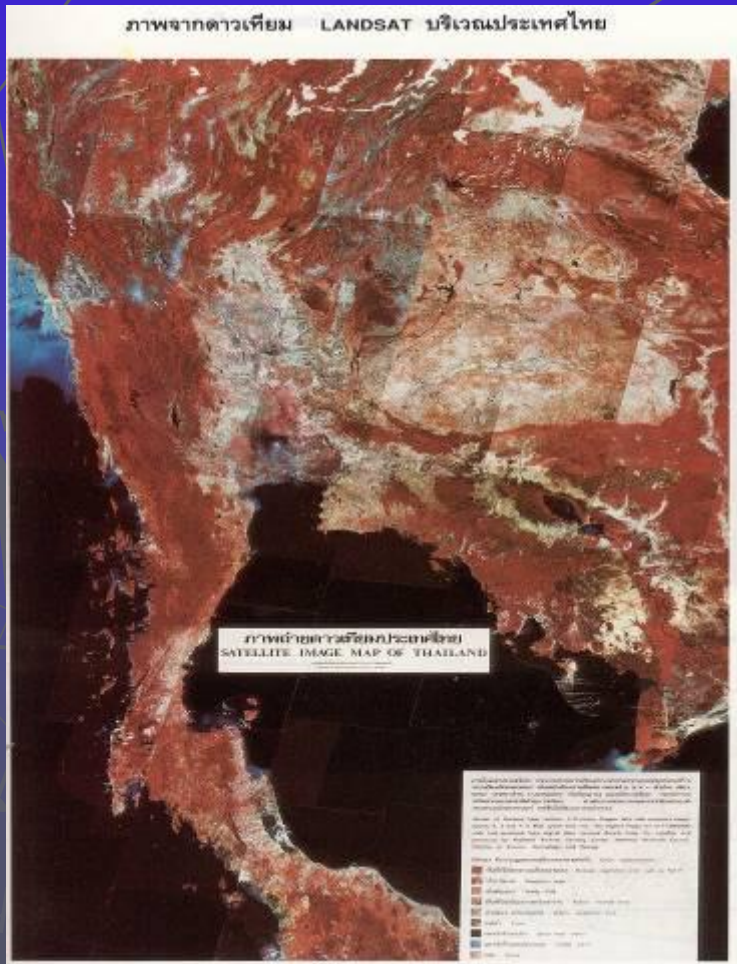


Image Landsat
(Thaïlande)

L'image numérique

Images satellites : exemples



Pétrolier qui coule

Rio de Janeiro.

IKONOS Pan: resolution 1
metre

(15/10/2002)

Source: NASA

L'image numérique

Images satellites : exemples

Spaceborne Imaging Radar-
bands C & X - Synthetic
Aperture Radar

“Phu Kradung” nord-est
Thaïlande (03/10/1994)

Source: NASA



Corrections préliminaires dans une image

Une image satellite est soumise à une série de facteurs qui perturbent la réception et introduisent des erreurs dans l'image.

- **Erreurs des capteurs**, qui introduisent des pixels incorrects (correction radiométrique)
- **Erreurs dans le mouvement du satellite** ou du mécanisme de réception, qui génèrent des distorsions dans l'image (correction géométrique)
- **L'atmosphère**, qui modifie de façon systématique les valeurs des pixels (correction atmosphérique)



Techniques de filtrage

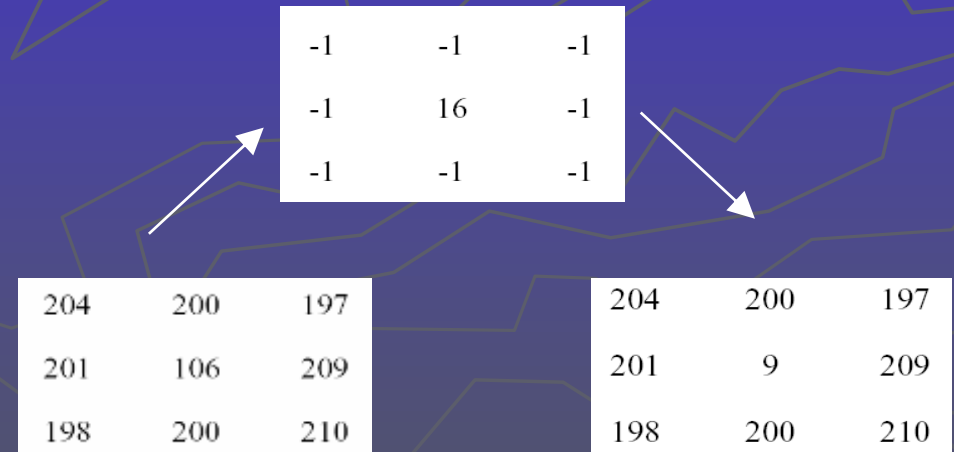
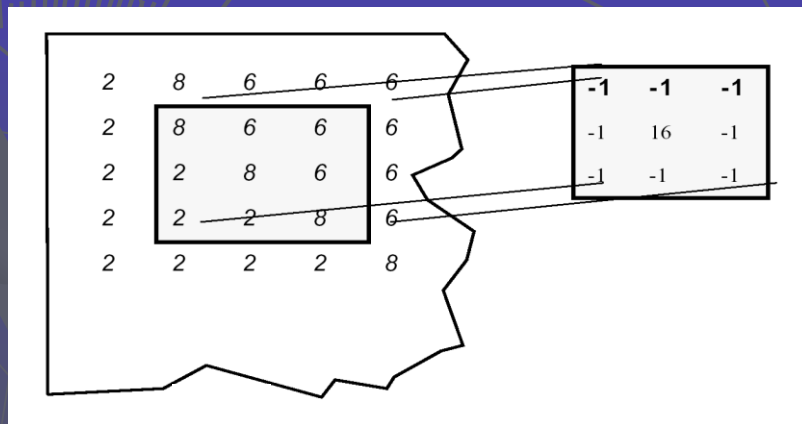
Méthodes destinées à augmenter ou supprimer, de façon sélective, l'information contenue dans une image, afin de mettre en évidence certains éléments de l'image, ou au contraire de supprimer des valeurs anormales.

Les filtres les plus utilisées sont :

- **passee-bas** (pour diminuer le contraste)
- **passee-haut** (pour augmenter le contraste)
- **directionnels** (détectent des structures qui suivent une direction donnée)
- **détection de contours** (permettent d'identifier et d'isoler des objets homogènes dans une image)

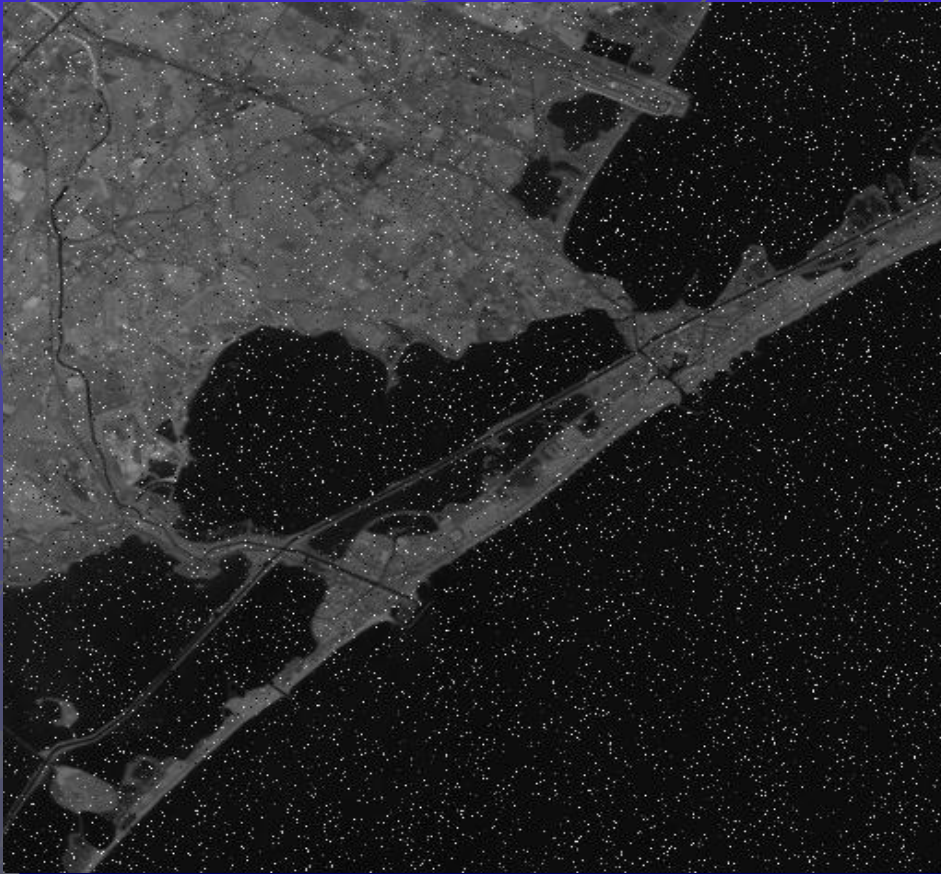
Techniques de filtrage

Pour filtrer une image, on applique à chaque pixels de l'image une matrice multiplicative de taille $N \times N$ (fenêtre mobile, généralement de 3×3). Le résultat de la combinaison linéaire est divisée par un scalaire (en général la somme des coefficients de la matrice).



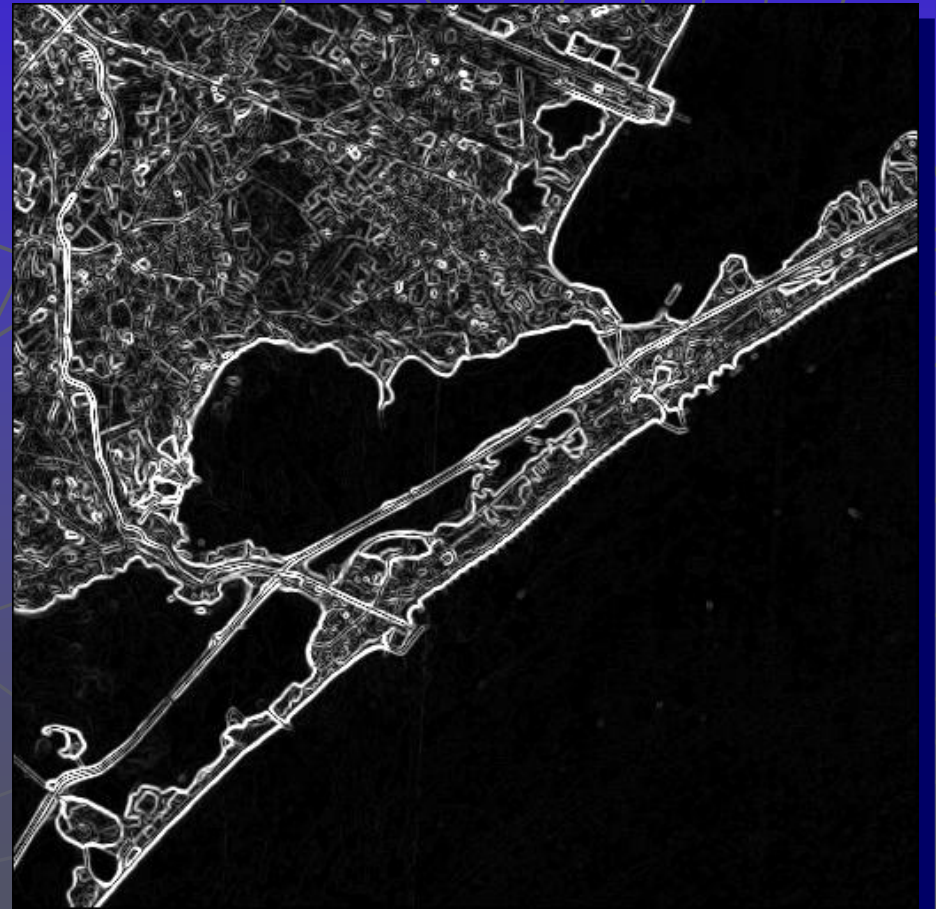
Techniques de filtrage

Filtres passe-bas : élimination du bruit (filtre de la médiane)



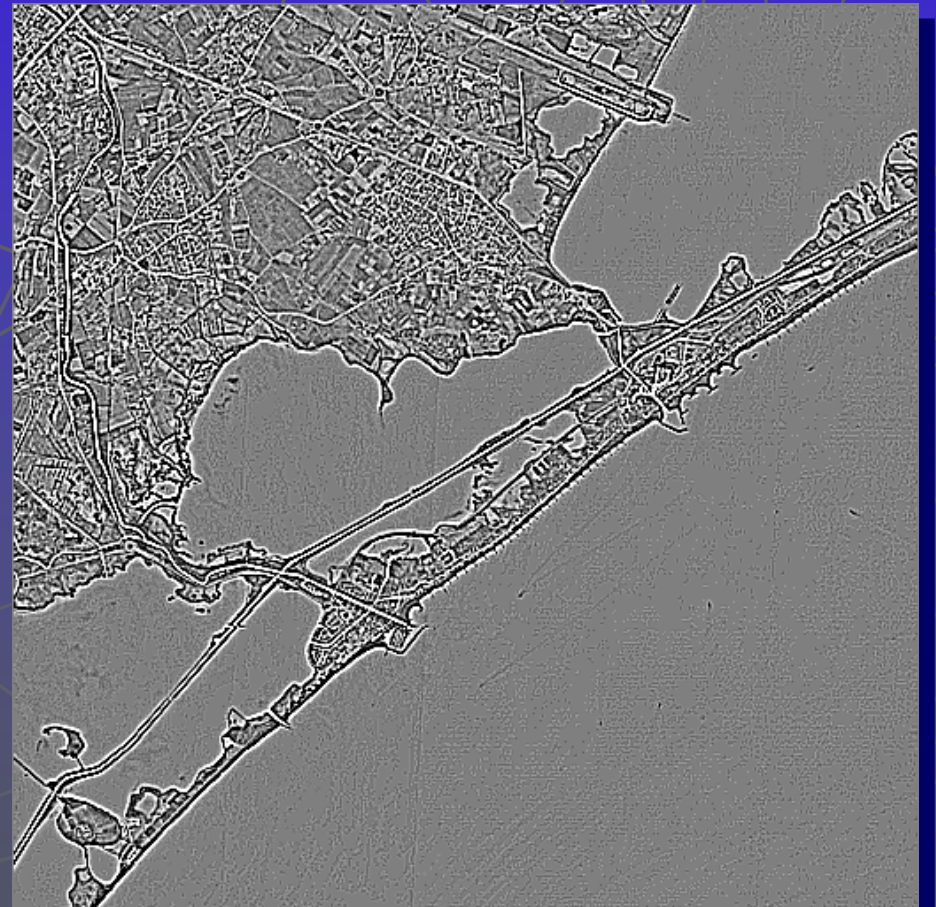
Techniques de filtrage

Détection de contours (filtre de Prewitt)



Techniques de filtrage

Détection de contours (filtre Laplacien)



Traitement d'image : indices

Lorsque l'on souhaite **détecter un aspect spécifique de la superficie terrestre**, on peut utiliser des **indices construits** à partir de plusieurs canaux.

Indices de végétation : calculés à partir de la radiométrie de différents canaux, ils permettent de mettre en évidence la quantité et l'état de végétation. Ils sont basés sur les propriétés radiométrique de la végétation.

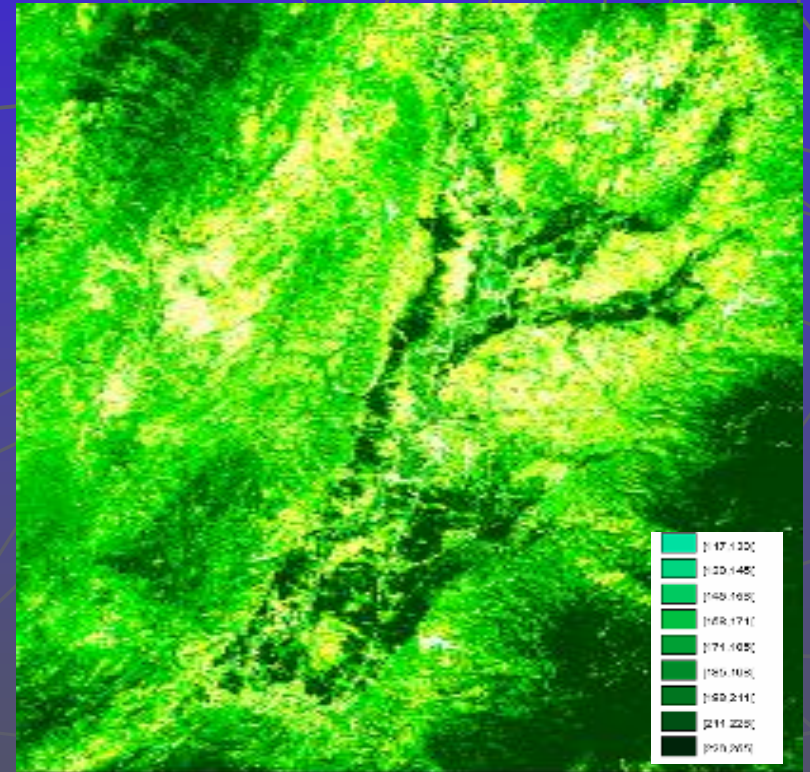
La signature spectrale caractéristique de la végétation saine montre un fort contraste entre la faible réflectance dans le rouge ($0,6\mu - 0,7\mu$) et la haute réflectance dans l'infrarouge de longueur d'onde plus courte ($0,7\mu - 1,1\mu$). La différence est d'autant plus grande que la densité de végétation est forte et que son état sanitaire est satisfaisant.

Traitement d'image : indices

La plupart des indices de végétation sont basés sur ce principe. L'indice le plus connu est l'Indice Normalisé de Végétation (NDVI) dont l'équation est :

$$NDVI = \frac{\rho_{ir} - \rho_r}{\rho_{ir} + \rho_r}$$

où ρ_{ir} est la réflectance dans l'infrarouge proche (bande 4 de landsat TM, par exemple) y ρ_r est la réflectance dans le rouge (bande 3 de landsat TM).



Traitement d'image : néo-canaux

Une image satellite contient plusieurs canaux, correspondant chacune à une région du spectre électromagnétique. Dans certains cas ces canaux correspondent à des sous-régions du spectre visible.

D'un autre côté, les cartes graphiques utilisent trois entrées correspondant aux trois couleurs de base (R,V,B) pour représenter l'ensemble des couleurs. En assignant une couleur à un canal, on peut ainsi obtenir une **composition colorée**.

Traitements d'image : néo-canaux

La **composition colorée** la plus simple consiste à simuler les vraies couleurs. Par exemple, avec Landsat :

b1 -> B

b2 -> G

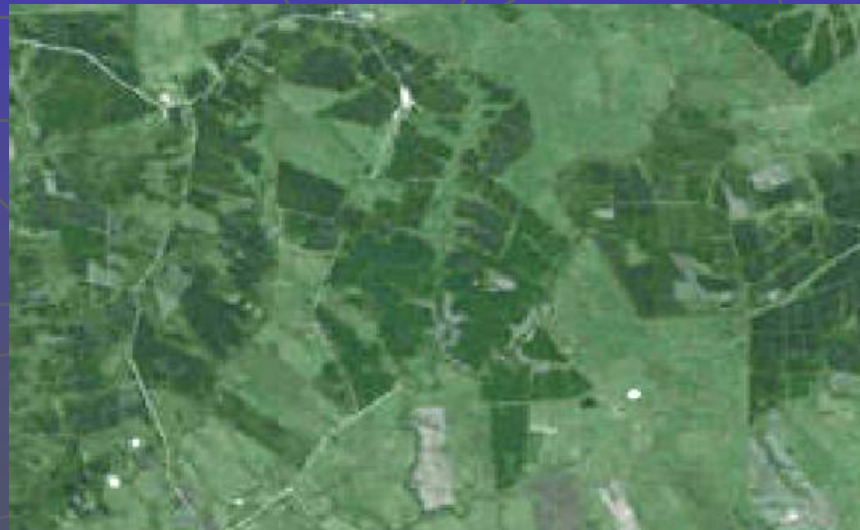
b3 -> R



Mais comme on dispose de plus de trois canaux, rien n'empêche de les utiliser pour créer des images en **fausses couleurs**. Ces compositions sont utilisées pour mettre en évidence des éléments dont la réflectance est plus forte dans certains canaux.

Traitements d'image : néo-canaux

LANDSAT : Il est possible de créer une composition colorée à partir des canaux 3-2-1 de Landsat TM. Dans ce cas, le résultat se rapproche d'une photographie en vraies couleurs.



Traitements d'image : néo-canaux

Une composition colorée RGB de la même scène, utilisant les canaux 4 (proche infrarouge), 5 (infrarouge moyen) et 3 (rouge du spectre visible).

Cette région du spectre permet de mettre en évidence des différences dans la couverture végétal. On peut différencier clairement les différents types de forêts, et, avec quelques données de terrain, avoir des informations sur l'âge et la gestion de chaque espèce.



Classification

La classification répond à l'idée qu'une **classification des valeurs des pixels** permet de **différencier des objets**.

La classification en télédétection est un cas particulier du problème général de classification de N individus (pixels) provenant d'un échantillon en un ensemble de $M < N$ classes en fonction d'une série de k variables (X_1, X_2, \dots, X_k). Ce problème peut se résoudre de deux façons :

- Déterminer le nombre de classes et les propriétés de ces classes par rapport aux k variables,
- Affecter chaque pixel à l'une des M classes en utilisant des règles de décision basées sur les propriétés du pixel et des classes, en utilisant les k variables

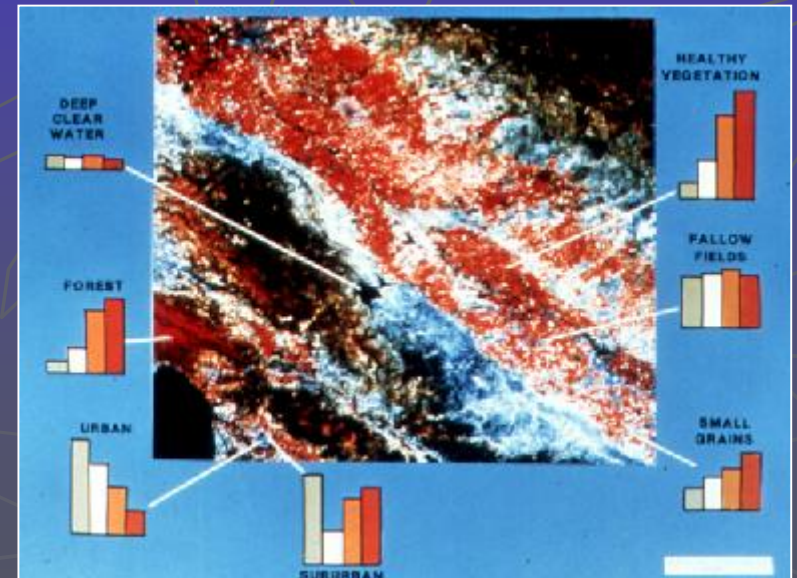
Classification

La détermination des classes peut utiliser deux méthodes : la classification supervisée et la classification non supervisée.

- **Classification supervisée** : utilise des zones dites d'entraînement. Ces zones dont on connaît la nature réelle des objets permettent de générer des signatures spectrales caractéristiques de chacune des classes et d'affecter à chaque classe des règles de sélection des pixels.

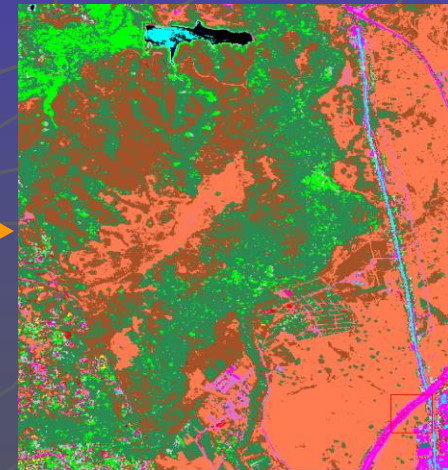
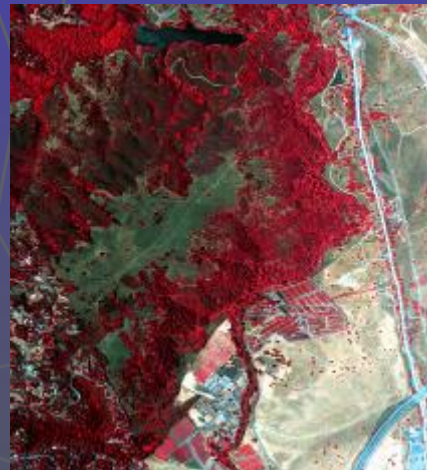
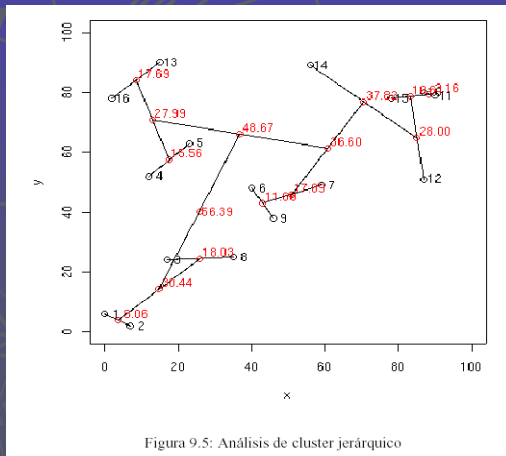
Les zones d'entraînement doivent être les plus homogènes possibles. La vérification sur le terrain doit être effectuée le jour du passage du satellite.

La figure ci-dessous montre les caractéristiques spectrales d'un ensemble de classes d'usage du sol, définies à partir de valeurs de réflectance de différents canaux de Landsat MSS.



Classification

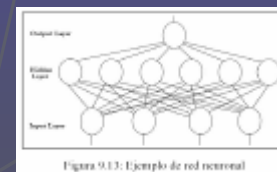
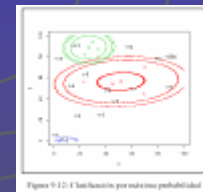
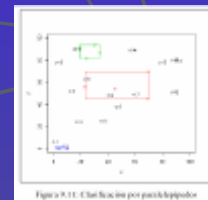
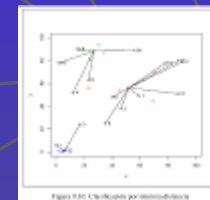
- **Classification non supervisée.** Aucune classe n'est établie à priori. Il suffit de préciser le nombre de classes désiré, et un processus de classification automatique permet de regrouper les individus pour définir des classes. Différents algorithmes de regroupement peuvent être utilisés. Le plus courant en télédétection est le regroupement hiérarchique (ISODATA).



Classification

Après la définition des classes, il faut affecter une classe à chaque pixel.
Plusieurs méthodes sont utilisées :

- Non statistiques (arbres de décision, distance, parallélépipèdes)
- Statistiques classiques (probabilité maximum)
- Techniques d'intelligence artificielle (logique floue, réseau neuronaux)
- Algorithmes utilisant l'information contextuelle



Classification: évaluation des erreurs et validation

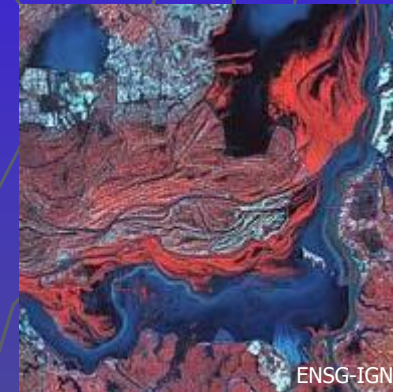
Deux possibilités:

- ▶ évaluer une estimation théorique de l'erreur en fonction des caractéristiques de l'algorithme de classification
- ▶ analyser une série zones « test » obtenues de la même façon que les zones d'entraînement

La deuxième possibilité permet d'obtenir une estimation plus réaliste des erreurs si l'échantillon de pixels pour l'estimation de l'erreur est suffisamment grande et représentative

Quelques applications

- ▶ Planification territoriale
- ▶ Actualisation de fonds cartographiques
- ▶ Suivi de l'évolution du tissu urbain
- ▶ Gestion de risques naturels
- ▶ Suivi environnemental
- ▶ Prévision météorologiques, analyses hydrologiques
- ▶ Gestion des forêts et de la production agricole
- ▶ Prévention des incendies
- ▶ Gestion côtière et pêche
- ▶ Prospection géologique et minière, ressources naturelles
- ▶ Epidémiologie et environnement



FIN

