

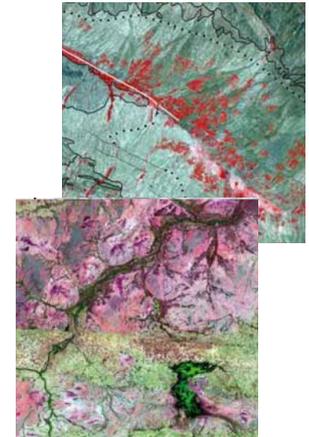
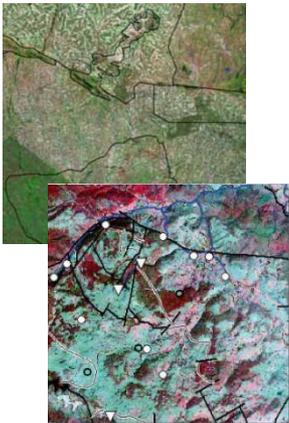


# Cours: Introduction à la Télédétection Spatiale

*(Principes de bases, Traitement & Applications)*

**Dr. Nadia AKDIM**

*Ph.D en Géosciences et Télédétection spatiale  
À l'Université Chouaib Doukkali à El Jadida  
& l'Université Technologique de Delft aux Pays Bas*



*Master /2016- 2017*

# Sommaire

## **Section I: Introduction Générale à la télédétection Spatiale**

- I.1) Introduction
- I.2) Objectifs / Avantages
- I.3) Historique
- I.4) Exemple d'images et d'application

## **Section II: Processus de la télédétection Spatiale**

- II.1) Source d'énergie et d'illumination
- II.2) Interaction Rayonnement – Atmosphère
- II.3) Interaction Rayonnement – cible
- II.4) Enregistrement du signal par le capteur satellitaire
- II.5) Transmission, réception et traitement
- II.6) Interprétation, Analyse et Application

## **Section III: Domaine d'application de la télédétection Spatiale**

## **Section IV: Quelques Satellites**

## **Section V: Quelques Logiciel de traitement d'images**

# Section I:

---

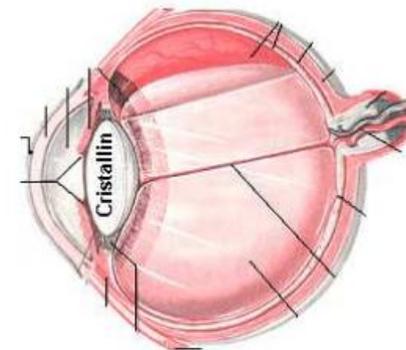
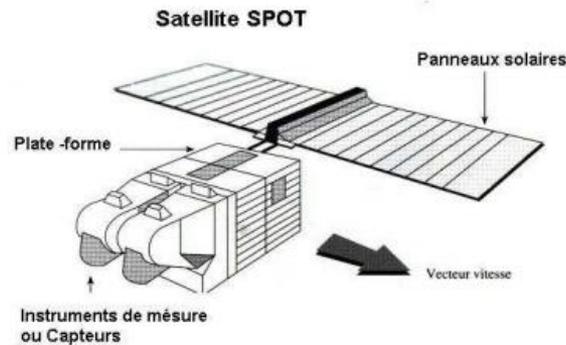
## INTRODUCTION GÉNÉRALE A LA TÉLÉDÉTECTION SPATIALE

# INTRODUCTION

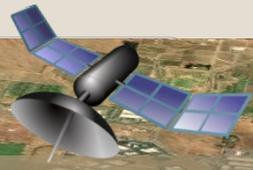


La télédétection spatiale est une technique qui, à l'aide d'un ou plusieurs capteurs, permet d'acquérir de l'information sur un objet, surface ou phénomène sans contact direct avec eux.

L'œil humain est un capteur qui intercepte le rayonnement visible. Ce rayonnement, transformé en impulsions électriques par des cellules photo-réceptrices spécialisées, est envoyé et reçu par le cerveau qui l'interprète et en tire de l'information. C'est le même concept de la télédétection spatiale qui 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.



# Objectif/Avantages



La télédétection présente plusieurs avantages, qui peuvent être complémentaires aux mesures du terrain :

- i) **En termes de couverture spatiale:** la télédétection couvre des étendues considérables de la terre ou des planètes.  
L'information peut être représentée dans l'espace par le biais des systèmes d'information géographiques (SIG), révélant les géométries spatiales qui ne sont pas souvent apparentes lorsque l'information est fournie sous forme de tableaux.  
Lorsque l'accès à l'information classique est difficile voir impossible pour des raisons politiques ou militaires.
- ii) **En terme de couverture temporelle :** les observations de télédétection peuvent être répétitives, permettant de contrôler les pratiques des gestionnaires et d'évaluer l'impact des interventions.
- iii) **En terme de précision:** l'information peut être très précise par rapport à certain type de mesures au sol. Les données obtenues par télédétection sont objectives et ne sont pas basées sur des opinions.

# HISTORIQUE



G.F. Tournachon

1844

- Premières photographies aériennes réalisées depuis un ballon par G.F. Tournachon dit NADAR.

- Premières photographies depuis un avion (WRIGHT).

1909



1909 W. Wright

- Apparition des premiers radars opérationnels en Grande-Bretagne (bataille d'Angleterre).

1914-1918

- Utilisation intensive de la photographie aérienne comme moyen de reconnaissance pendant la 1ère guerre mondiale.

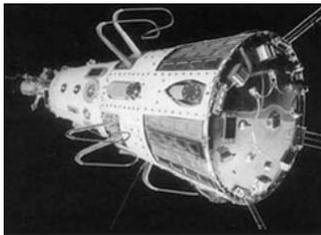
1940

- Développement continu de la photographie aérienne comme méthode opérationnelle de cartographie et de surveillance de l'environnement.

1945

- Lancement de Spoutnik 1, premier satellite artificiel.

1957



1960-1972

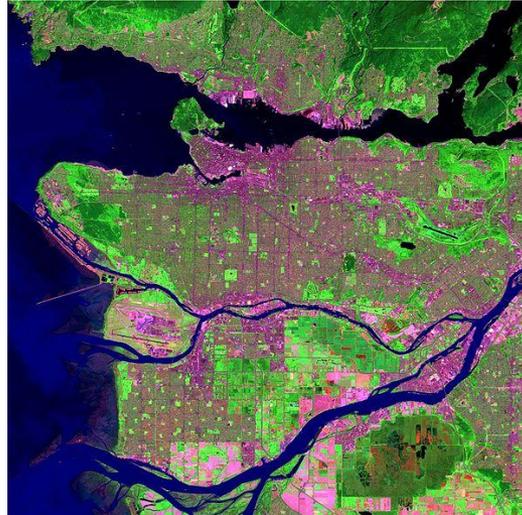
- Développement parallèle de la technique des satellites et des capteurs



# EXEMPLE D'IMAGES & D'APPLICATION



*MERIS image (300 m) of the island of Cuba, 145 km south of Florida: covering an area of 670 km x 670 km.*



*Landsat image (30m) of Vancouver, British Columbia (U.S. federal government)*



*Sentinel-2B image (10m) of Brindisi, Italy : 15/03/2017 (from ESA)*



*SPOT (HRVIR) image (20 m) of Jorf Laasfar, El Jadida, Morocco*



*Kompsat image (4 m) of ZEMAMRA city, Morocco*



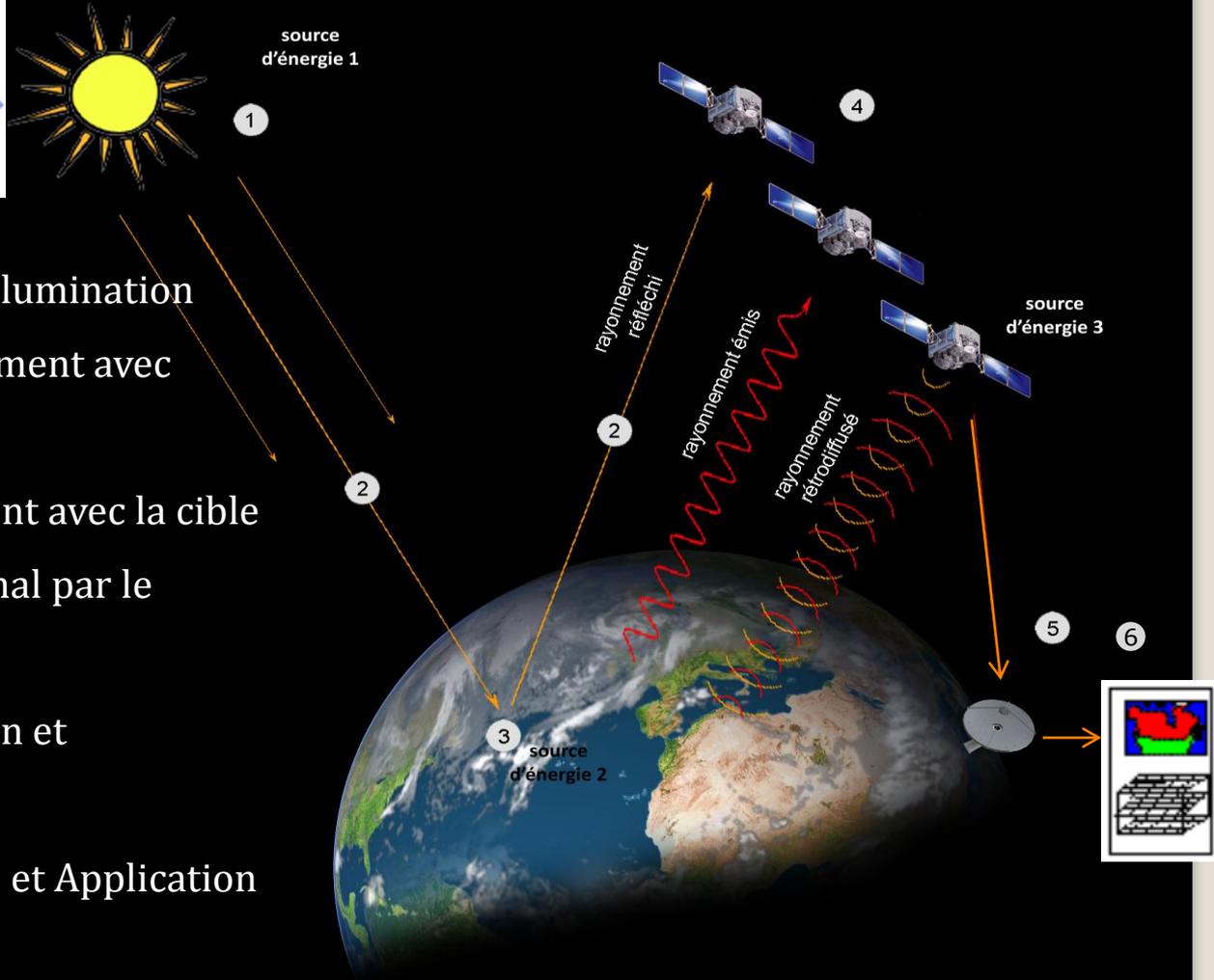
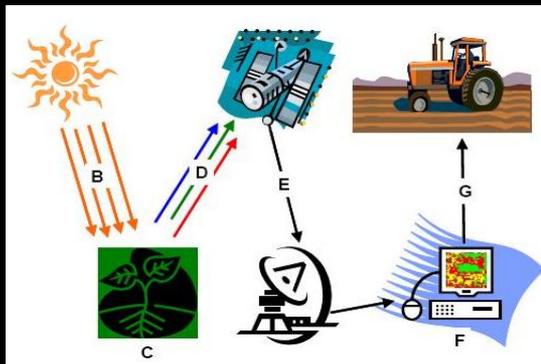
*RapidEye image (5 m) of Sidi Bennour City, Morocco*

## **Section II:**

---

# **PROCESSUS DE LA TÉLÉDÉTECTION SPATIALE**

# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE



- 1) Source d'énergie ou d'illumination
- 2) Interaction du rayonnement avec l'atmosphère.
- 3) Interaction rayonnement avec la cible
- 4) Enregistrement du signal par le capteur
- 5) Transmission, réception et traitement
- 6) Interprétation, Analyse et Application

# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 1) SOURCE D'ÉNERGIE OU D'ILLUMINATION

### 1.1) Notions sur l'onde et le rayonnement :

Les rayonnements électromagnétiques sont une forme de transport de l'énergie sans support matériel.

Le rayonnement électromagnétique est composé d'un champ électrique (E) et d'un champ magnétique (M).

Le champ électrique varie en grandeur et orienté de façon perpendiculaire à la direction de propagation du rayonnement. Le champ magnétique est orienté de façon perpendiculaire au champ électrique.

Les deux champs se déplacent à la vitesse de la lumière (c).

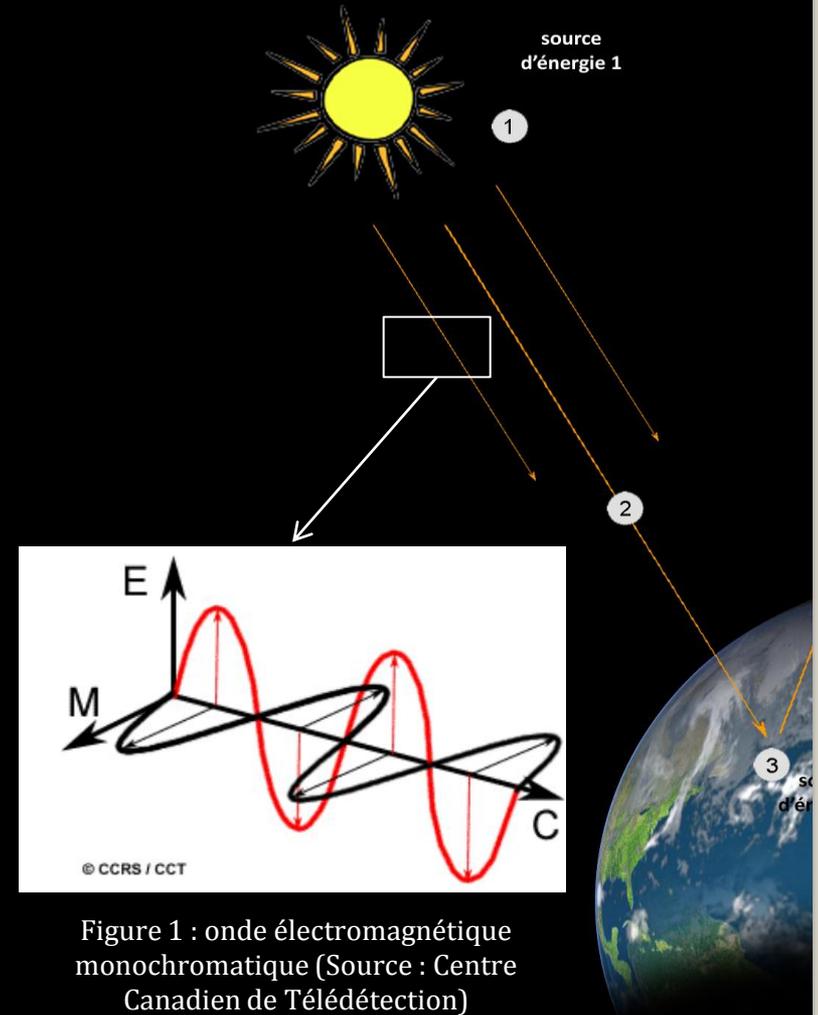


Figure 1 : onde électromagnétique monochromatique (Source : Centre Canadien de Télédétection)

# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 1) SOURCE D'ÉNERGIE OU D'ILLUMINATION

### 1.1) Notions sur l'onde et le rayonnement :

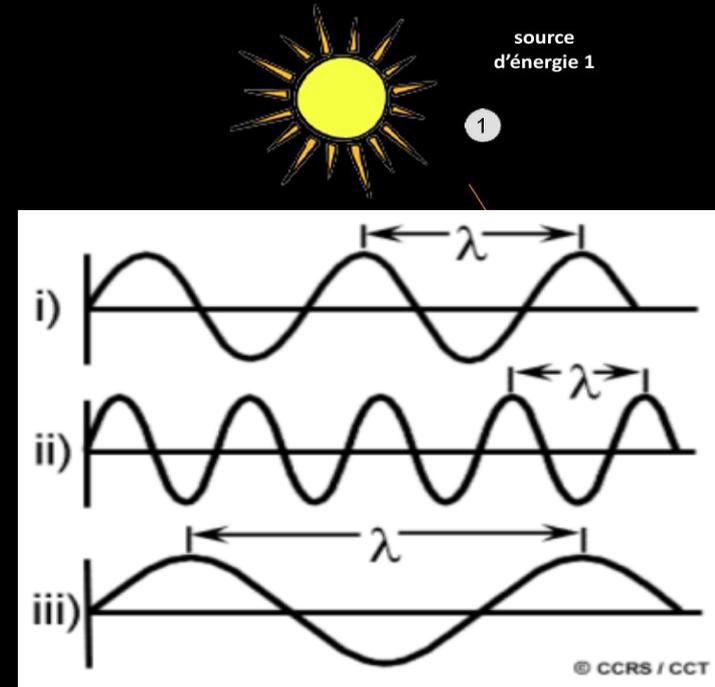
Deux propriétés principales caractérisent une onde électromagnétique : sa longueur ( $\lambda$ ) et sa fréquence ( $\nu$ ).

- **La longueur d'onde ( $\lambda$ )** : la distance entre deux crêtes successives d'une onde. Elle est mesurée en mètres ou en l'un de ces sous-multiples tels que les nanomètres (nm,  $10^{-9}$  mètre), micromètres ( $\mu\text{m}$ ,  $10^{-6}$  mètre) ou centimètres (cm,  $10^{-2}$  mètre).

- **La fréquence ( $\nu$ )** : inverse de la période, elle traduit le nombre de cycles par unité de temps. Elle s'exprime en Hertz (Hz).

La Longueur d'onde et fréquence sont inversement proportionnelles et unies par la relation suivante :

$$c = \lambda * \nu \quad \text{où } c : \text{vitesse de la lumière } (3.10^8 \text{ m.s}^{-1})$$



# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 2) SPECTRE ELECTROMAGNETIQUE :

Le spectre électromagnétique représente la répartition des ondes électromagnétiques en fonction de leur longueur d'onde, de leur fréquence ou bien encore de leur énergie.

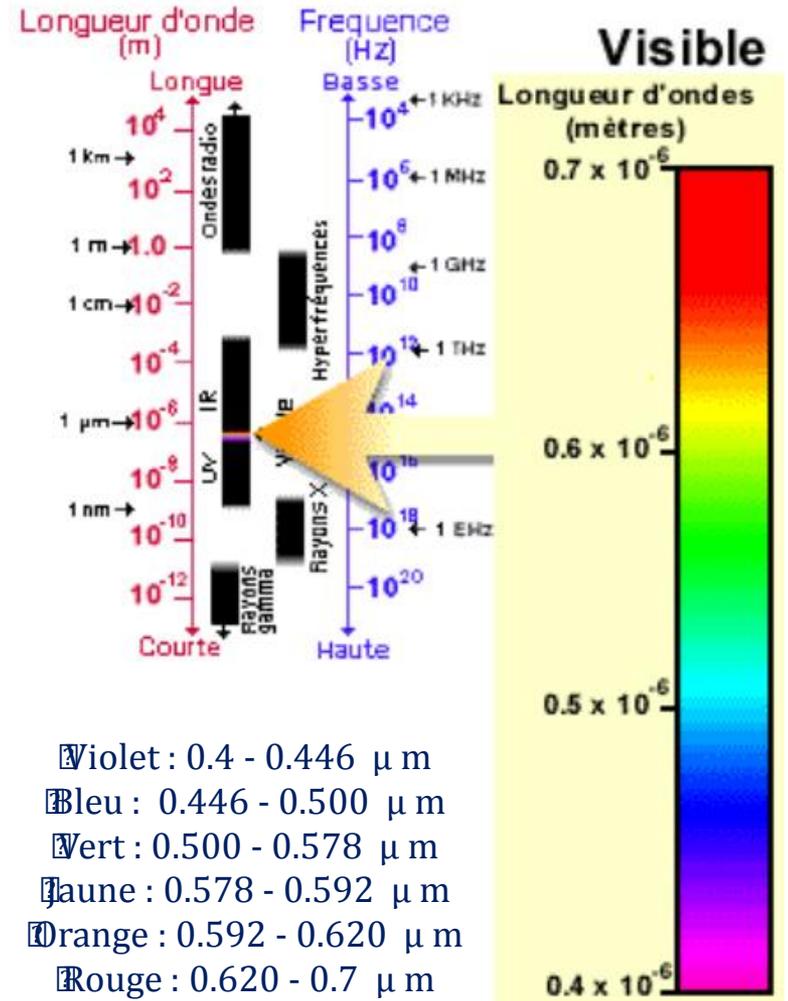
Il s'étend des courtes longueurs d'onde (dont font partie les rayons gamma et les rayons X) aux grandes longueurs d'onde (micro-ondes et ondes radio).

**Trois fenêtres spectrales sont principalement utilisées en télédétection spatiale :**

- **Le domaine du visible:** s'étend de **0,4 à 0,7  $\mu\text{m}$**

- **Le domaine des infrarouges** (proche IR, IR moyen et IR thermique): s'étend de 0,7 à 100  $\mu\text{m}$ , ce qui est un intervalle environ 100 fois plus large que le spectre visible.

- **Le domaine des micro-ondes ou hyperfréquences:** s'étend approximativement de 1 mm à 1 m.



# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 2) SPECTRE ELECTROMAGNETIQUE :

Le spectre électromagnétique représente la répartition des ondes électromagnétiques en fonction de leur longueur d'onde, de leur fréquence ou bien encore de leur énergie.

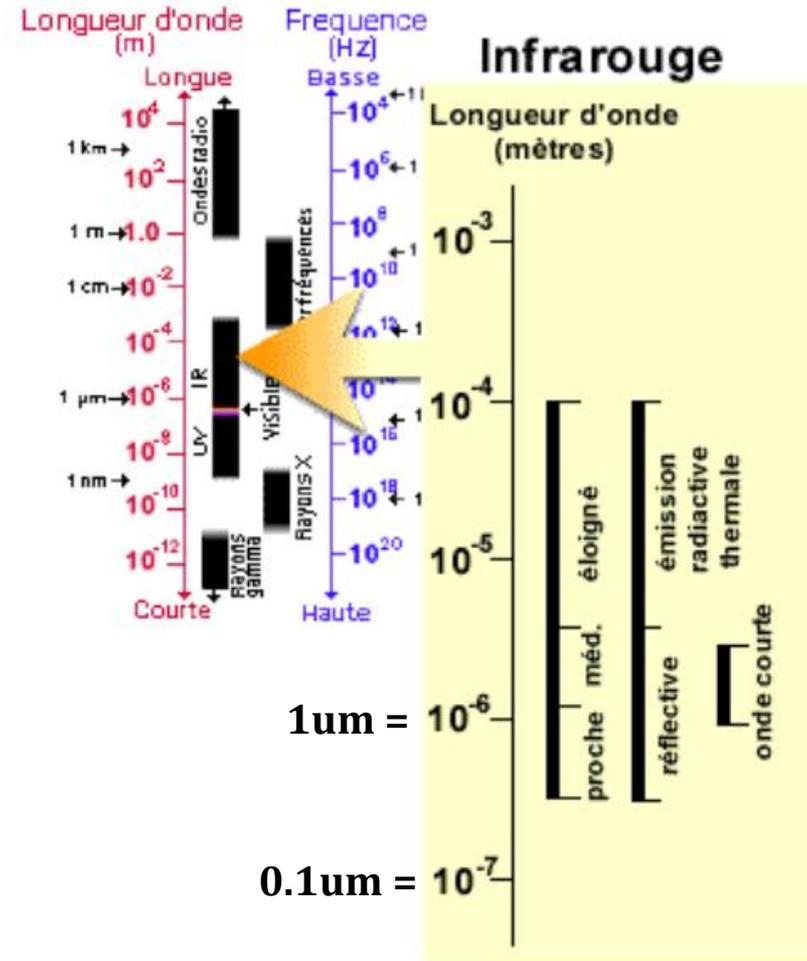
Il s'étend des courtes longueurs d'onde (dont font partie les rayons gamma et les rayons X) aux grandes longueurs d'onde (micro-ondes et ondes radio).

**Trois fenêtres spectrales sont principalement utilisées en télédétection spatiale :**

- **Le domaine du visible:** s'étend de 0,4 à 0,7  $\mu\text{m}$

- **Le domaine des infrarouges** (proche IR, IR moyen et IR thermique): s'étend de **0,7 à 100  $\mu\text{m}$** , ce qui est un intervalle environ 100 fois plus large que le spectre visible.

- **Le domaine des micro-ondes ou hyperfréquences:** s'étend approximativement de 1 mm à 1 m.



# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 2) SPECTRE ELECTROMAGNETIQUE :

Le spectre électromagnétique représente la répartition des ondes électromagnétiques en fonction de leur longueur d'onde, de leur fréquence ou bien encore de leur énergie.

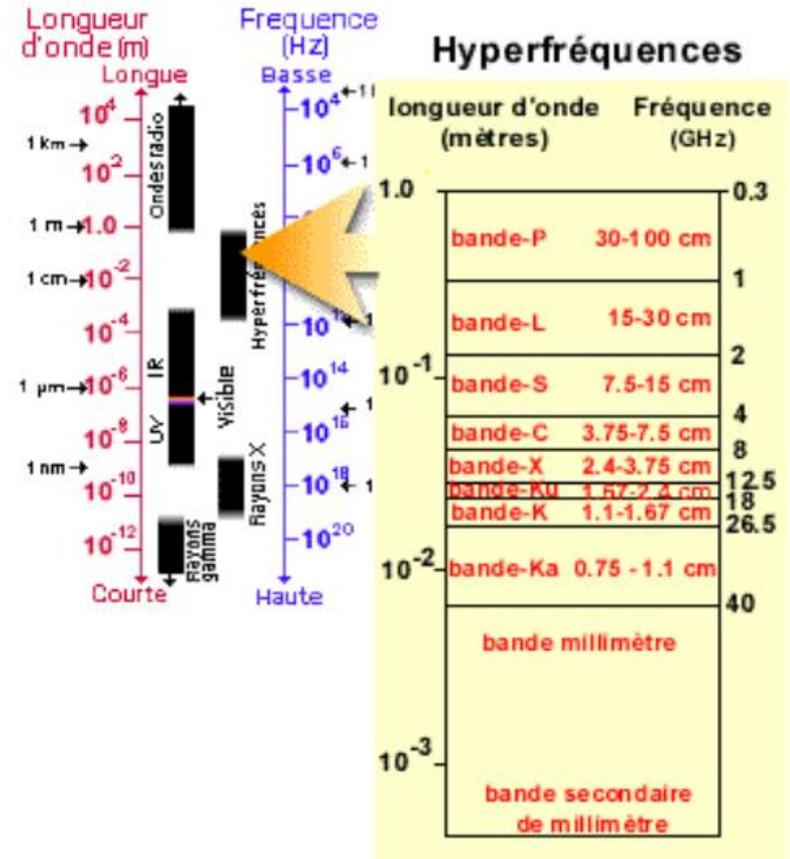
Il s'étend des courtes longueurs d'onde (dont font partie les rayons gamma et les rayons X) aux grandes longueurs d'onde (micro-ondes et ondes radio).

**Trois fenêtres spectrales sont principalement utilisées en télédétection spatiale :**

- **Le domaine du visible:** s'étend de 0,4 à 0,7  $\mu\text{m}$

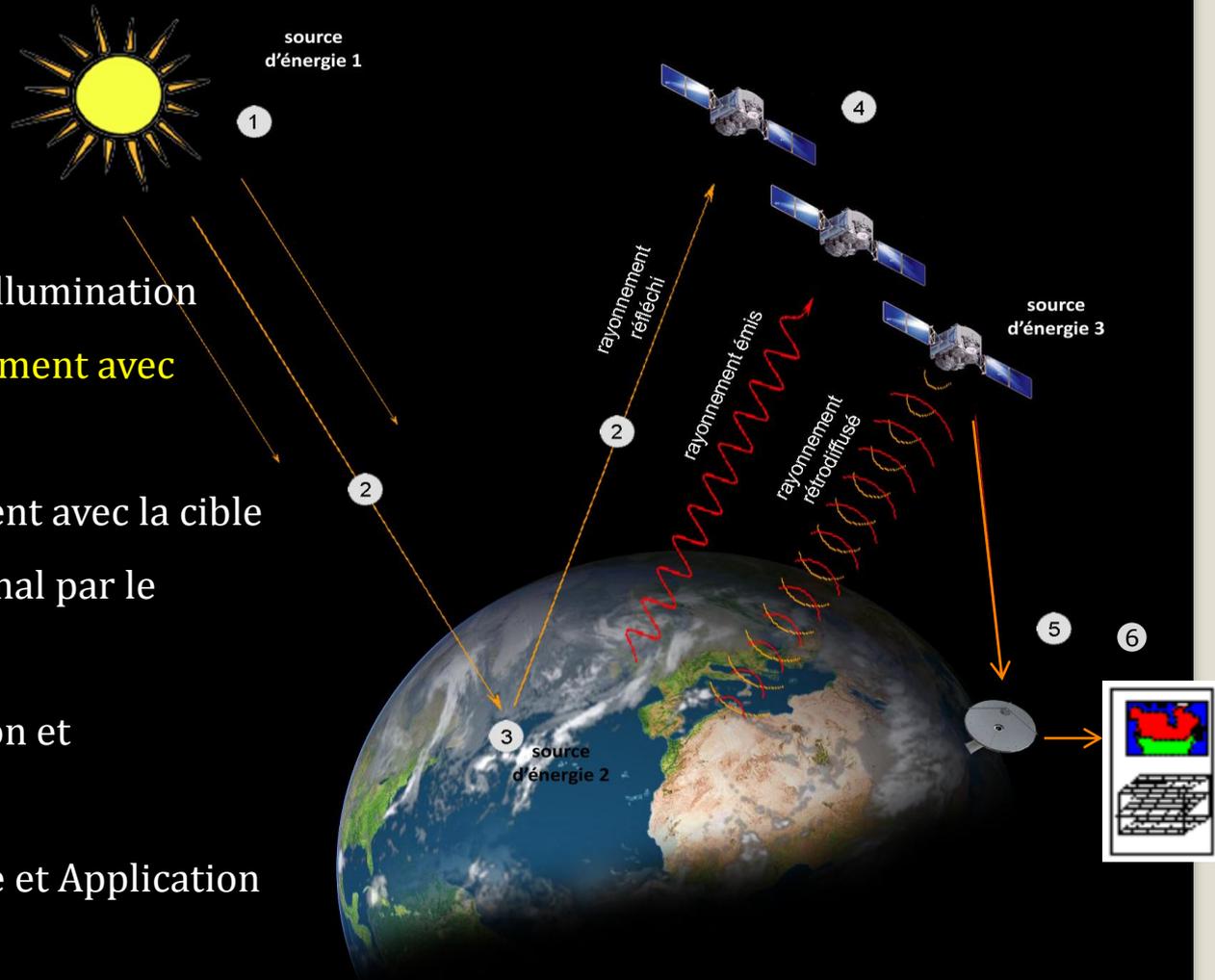
- **Le domaine des infrarouges** (proche IR, IR moyen et IR thermique): s'étend de 0,7 à 100  $\mu\text{m}$ , ce qui est un intervalle environ 100 fois plus large que le spectre visible.

- **Le domaine des micro-ondes ou hyperfréquences:** s'étend approximativement de **1 mm à 1 m**.



# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

- 1) Source d'énergie ou d'illumination
- 2) Interaction du rayonnement avec l'atmosphère.
- 3) Interaction rayonnement avec la cible
- 4) Enregistrement du signal par le capteur
- 5) Transmission, réception et traitement
- 6) Interprétation, Analyse et Application

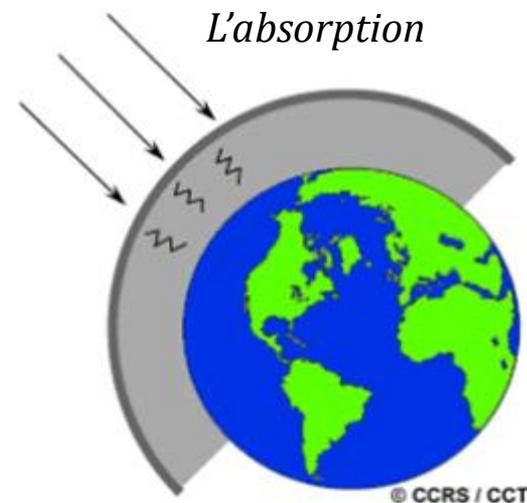
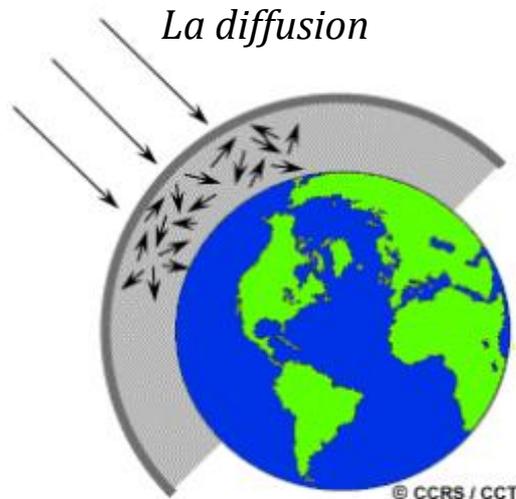
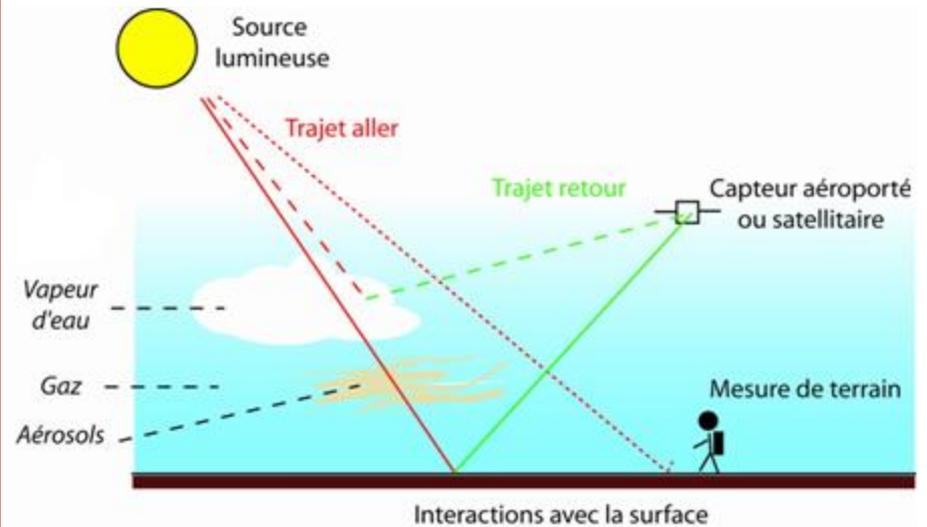


# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 2) INTERACTION RAYONNEMENT - ATMOSPHERE

Avant que le rayonnement utilisé pour la télédétection n'atteigne la surface de la Terre, celui-ci doit traverser une certaine épaisseur d'atmosphère .

Les particules et les gaz dans l'atmosphère peuvent dévier ou bloquer le rayonnement incident. Ces effets sont causés par les mécanismes de **diffusion** et d'**absorption**.



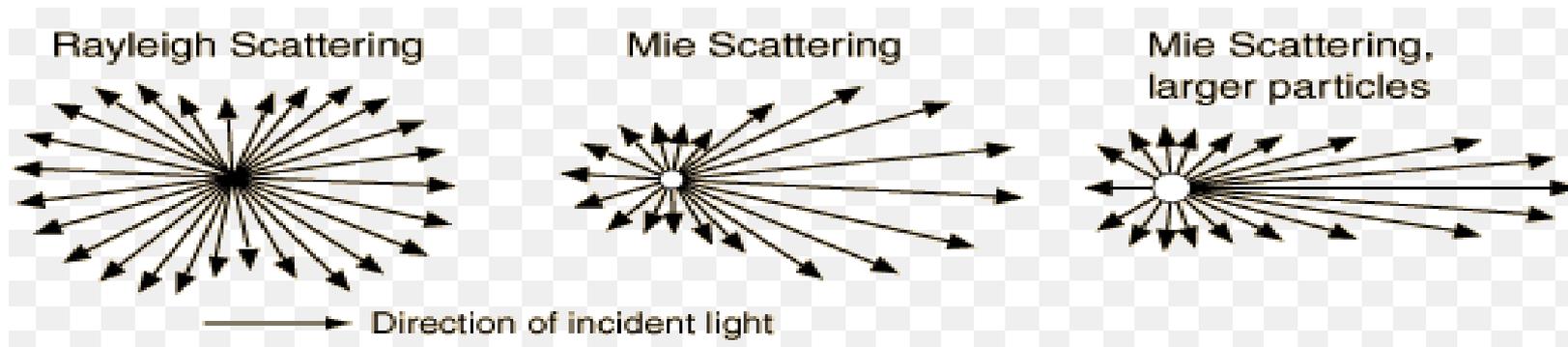
# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 2) INTERACTION RAYONNEMENT - ATMOSPHERE

**La diffusion de Rayleigh** se produit lorsque la taille des particules est inférieure à la longueur d'onde du rayonnement. Celles-ci peuvent être soit des particules de poussière ou des molécules d'azote ou d'oxygène.

**La diffusion de Mie** s'effectue lorsque les particules sont presque aussi grandes que la longueur d'onde du rayonnement. Ce type de diffusion est souvent produit par la poussière, le pollen, la fumée et l'eau.

**La diffusion non-sélective** se produit lorsque les particules (les gouttes d'eau et les grosses particules de poussière) sont beaucoup plus grosses que la longueur d'onde du rayonnement. Nous appelons ce genre de diffusion "non-sélective", car toutes les longueurs d'onde sont dispersées.



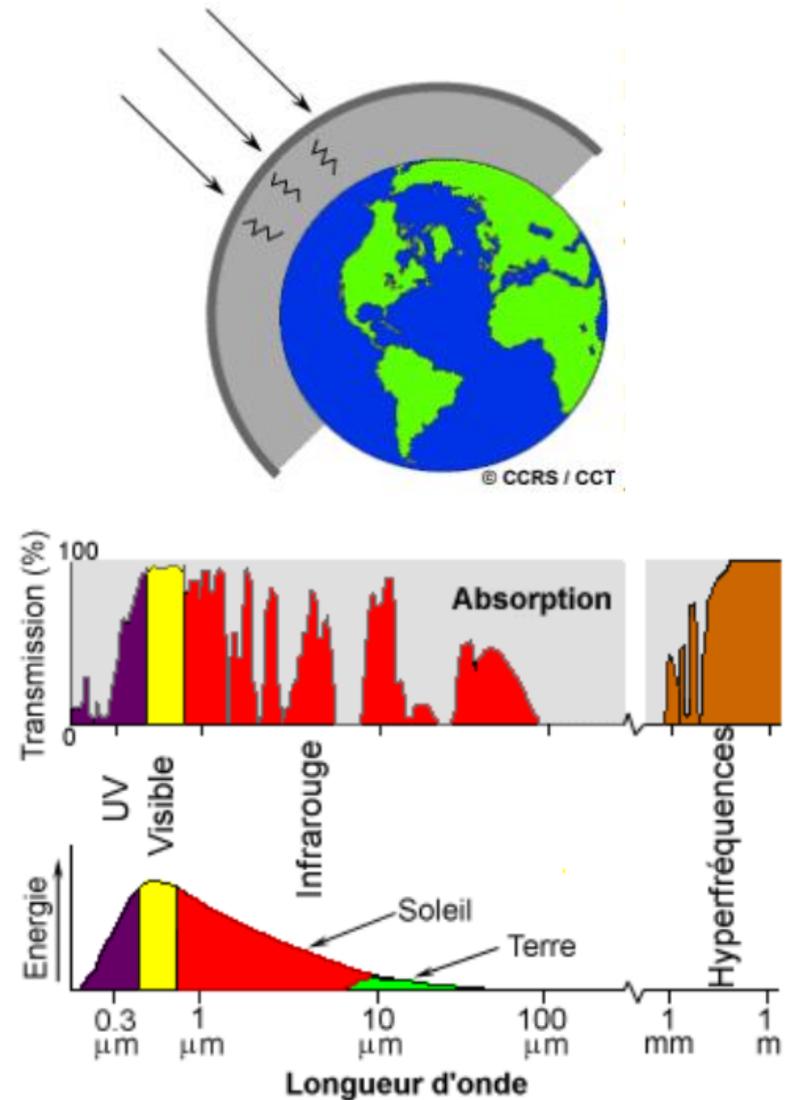
*Exemple de type de diffusion atmosphérique*

# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 2) INTERACTION RAYONNEMENT - ATMOSPHERE

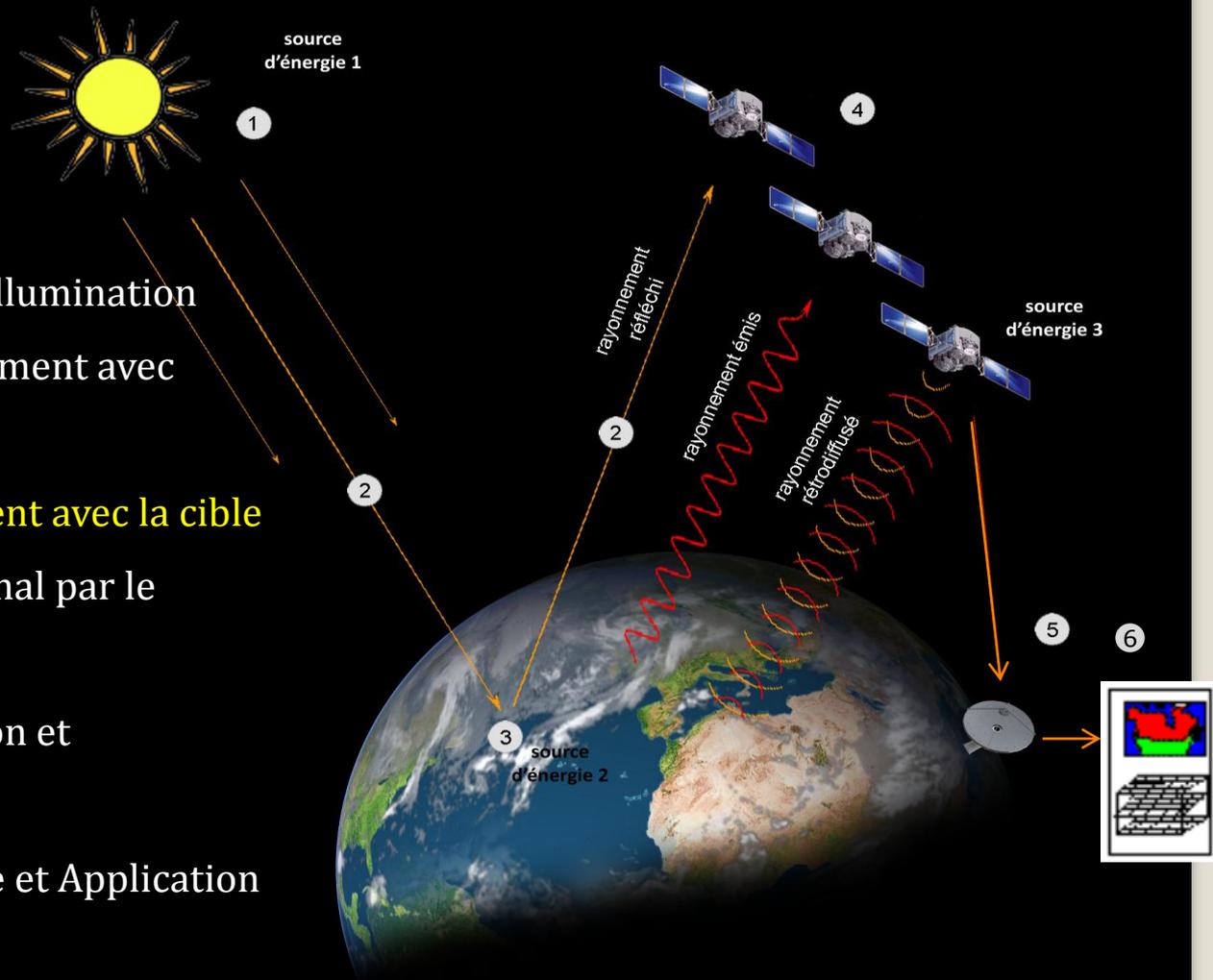
L'absorption survient lorsque les grosses molécules de l'atmosphère (ozone, dioxyde de carbone et vapeur d'eau) absorbent l'énergie de diverses longueurs d'onde.

L'ozone absorbe les rayons ultraviolets qui sont néfastes aux êtres vivants. Sans cette couche de protection dans l'atmosphère, notre peau brûlerait lorsqu'elle est exposée au Soleil. Le dioxyde de carbone est un gaz qui contribue à l'effet de serre. Ce gaz absorbe beaucoup de rayonnement dans la portion infrarouge thermique du spectre et emprisonne la chaleur dans l'atmosphère.



# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

- 1) Source d'énergie ou d'illumination
- 2) Interaction du rayonnement avec l'atmosphère.
- 3) **Interaction rayonnement avec la cible**
- 4) Enregistrement du signal par le capteur
- 5) Transmission, réception et traitement
- 6) Interprétation, Analyse et Application



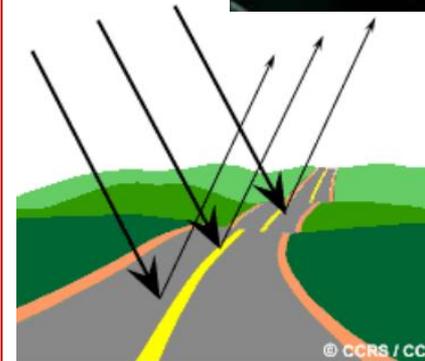
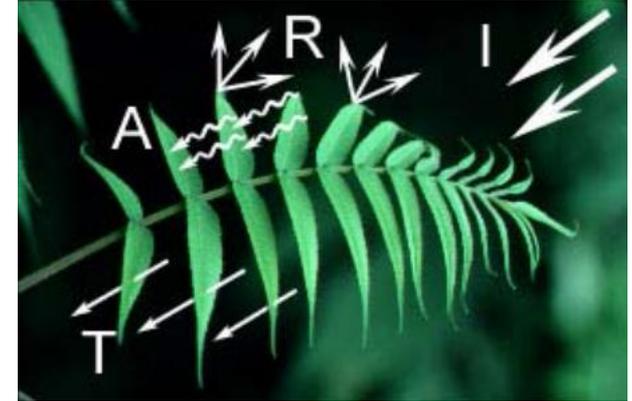
# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 3) INTERACTION RAYONNEMENT - CIBLE

Le rayonnement qui n'est pas absorbé ou diffusé dans l'atmosphère peut atteindre et interagir avec la surface de la Terre. Lorsque l'énergie atteint la cible, la surface peut absorber (A) l'énergie, la transmettre (T) ou réfléchir (R) l'énergie incidente.

La proportion de chaque interaction dépendra de la longueur d'onde de l'énergie, ainsi que de la nature et des conditions de la surface.

La télédétection s'intéresse au rayonnement réfléchi par une cible. **La réflexion spéculaire** et **la réflexion diffuse** représentent deux modes limites de réflexion de l'énergie.



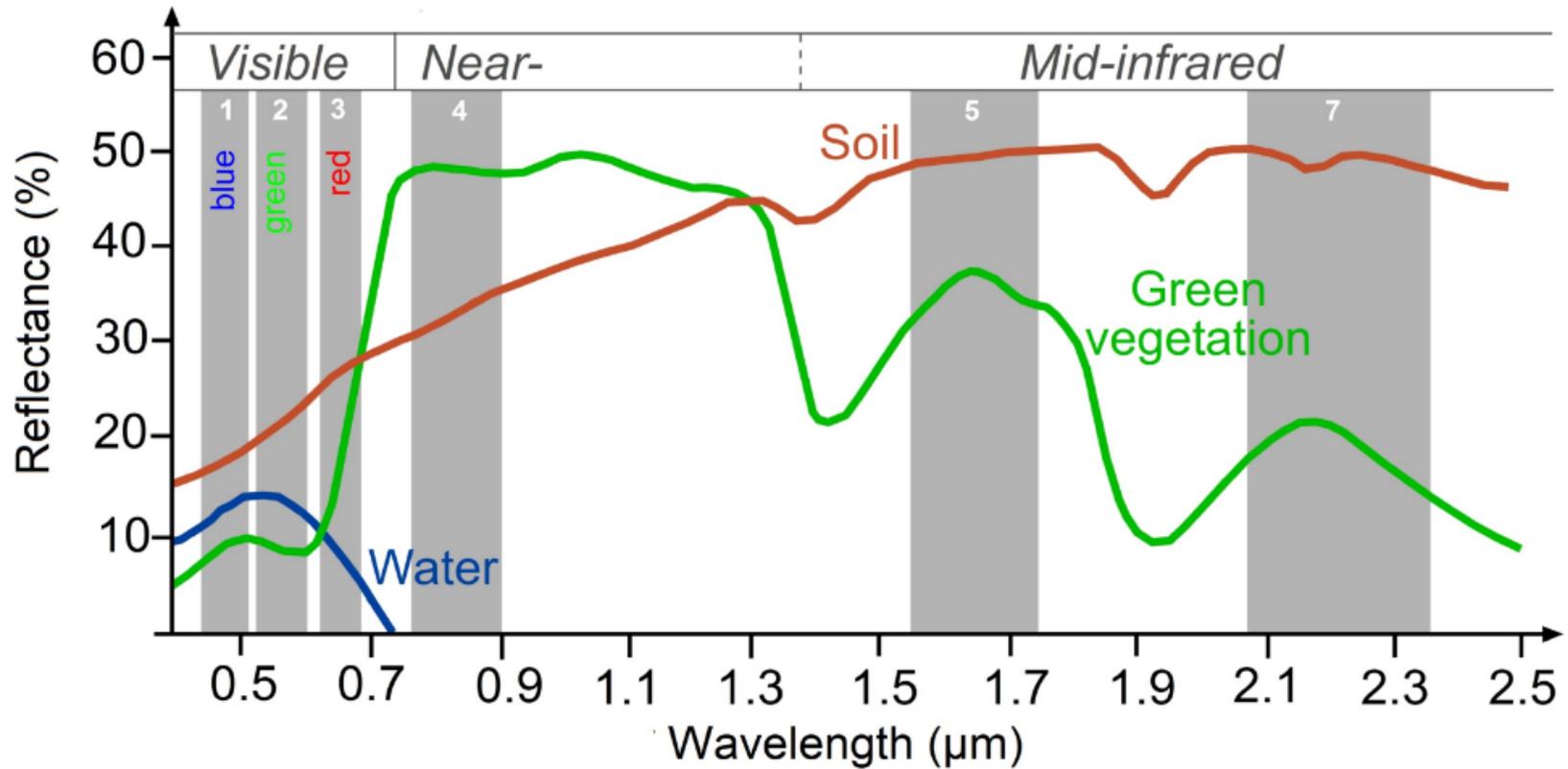
*La réflexion spéculaire*



*La réflexion diffuse*

# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

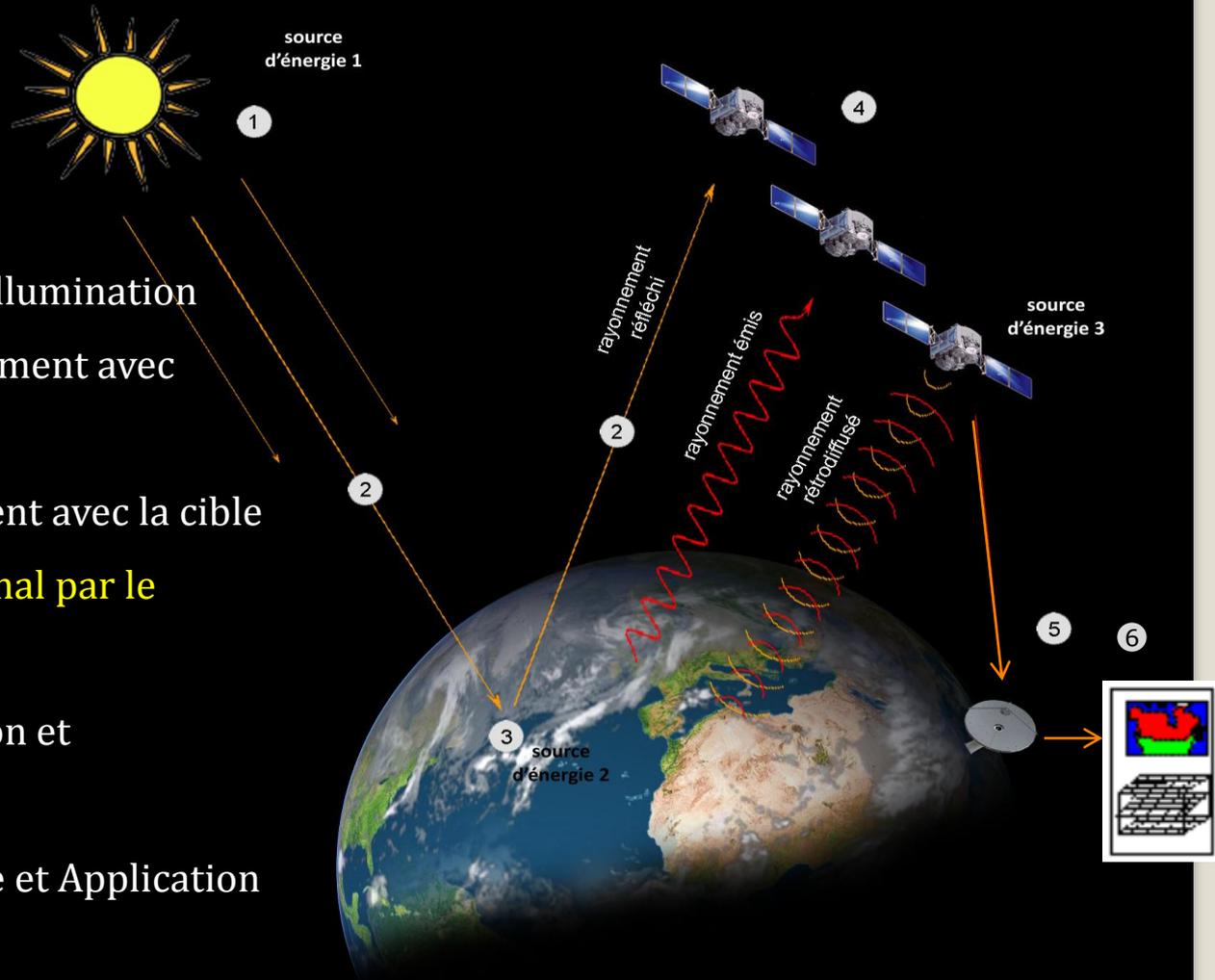
## 3) INTERACTION RAYONNEMENT - CIBLE



*Les signatures spectrales du sol, l'eau et la végétation*

# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

- 1) Source d'énergie ou d'illumination
- 2) Interaction du rayonnement avec l'atmosphère.
- 3) Interaction rayonnement avec la cible
- 4) **Enregistrement du signal par le capteur**
- 5) Transmission, réception et traitement
- 6) Interprétation, Analyse et Application

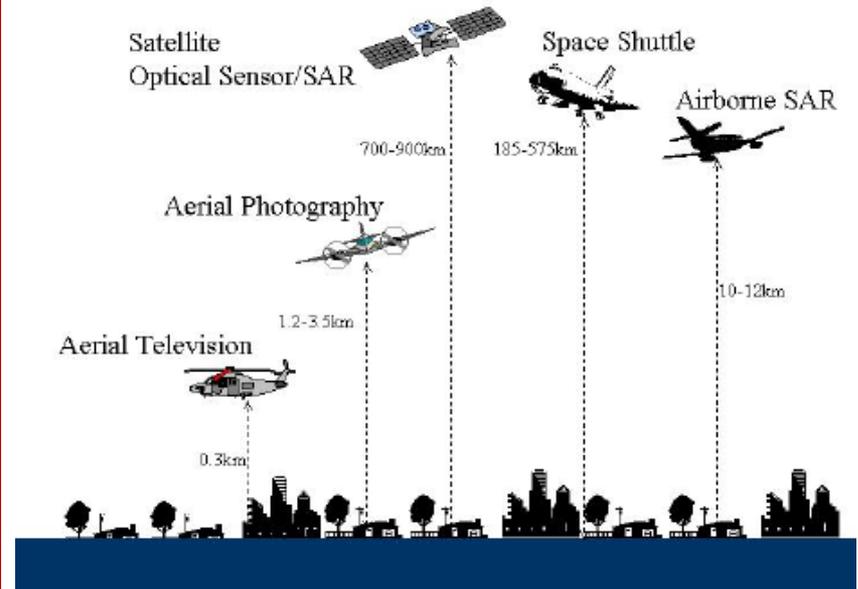


# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 4) Enregistrement du signal par le capteur

L'énergie radiative provenant de la scène visée est enregistrée par la suite par des **capteurs** embarqués sur **une plate-forme** distante de la surface ou de la cible observée.

Ces plates-formes peuvent être situées près de la surface terrestre, comme par exemple au sol, dans un avion ou un ballon ; ou à l'extérieur de l'atmosphère terrestre, comme par exemple sur un véhicule spatial ou **un satellite**.



Capteur au sol

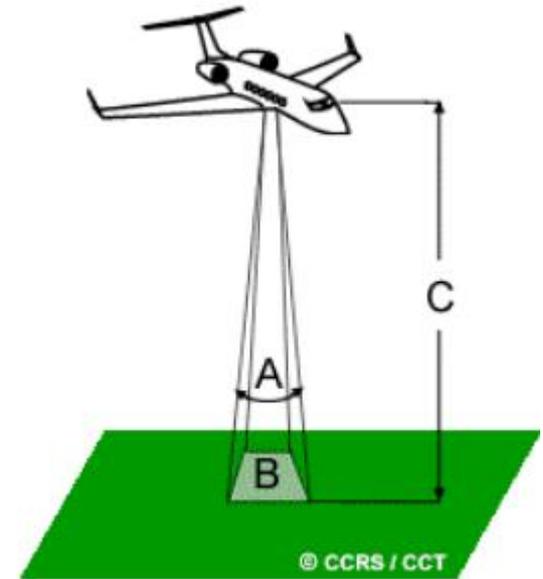


# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 4) Enregistrement du signal par le capteur

Pour certains instruments de télédétection, la distance entre la cible observée et la plate-forme joue un rôle important puisqu'elle détermine la grandeur de la région observée et le détail qu'il sera possible d'obtenir.

Un capteur placé sur une plate-forme éloignée de la cible pourra observer une plus grande région, mais ne sera pas en mesure de fournir beaucoup de détails. Par exemple, pensez à ce que voit un astronaute à bord de la navette spatiale lorsqu'il regarde la Terre par rapport à ce que vous pouvez observer à bord d'un avion. Il y a une différence semblable, quoique moins marquée, entre les images satellitaires et les photographies aériennes.

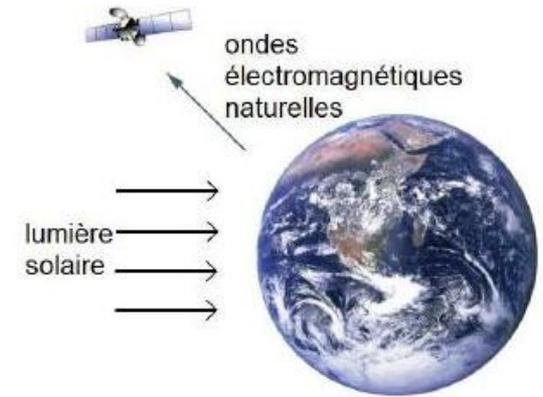


# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 4) Enregistrement du signal par le capteur

**Le capteur passif** peut seulement percevoir l'énergie réfléchie lorsque le Soleil illumine la Terre. Il n'y a donc pas d'énergie solaire réfléchie le soir, tandis que l'énergie dégagée naturellement (l'infrarouge thermique) peut être perçue le jour ou la nuit.

**Le capteur actif** produit sa propre énergie pour illuminer la cible : il dégage un rayonnement électromagnétique qui est dirigé vers la cible. Le rayonnement réfléchi par la cible est alors perçu et mesuré par le capteur. Le capteur actif a l'avantage de pouvoir prendre des mesures à n'importe quel moment de la journée ou de la saison. Exp: Radar , Lidar.



*Principe de la télédétection passive*



*Principe de la télédétection active*

# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

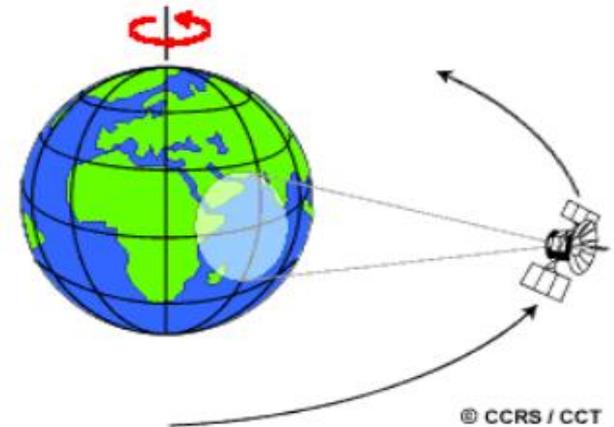
## 4) Enregistrement du signal par le capteur

Les caractéristiques d'un satellite:

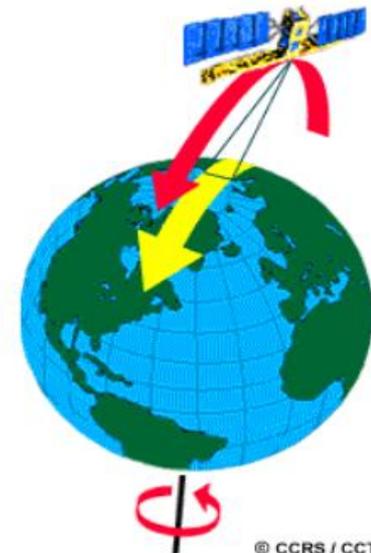
**L'orbite:** La trajectoire effectuée par un satellite autour de la Terre est appelée orbite. L'orbite d'un satellite est choisie en fonction de la capacité des capteurs qu'il transporte et des objectifs de sa mission.

**L'orbite Géostationnaire:** Lorsque le satellite a une altitude très élevée et regarde toujours la même région de la surface de la Terre.

**L'orbite quasi polaire:** Lorsque le satellite suit une orbite allant pratiquement du nord au sud ou vice versa. Cette configuration, combinée à la rotation de la Terre (ouest-est), fait qu'au cours d'une certaine période, les satellites ont observé la presque totalité de la surface de la Terre.



Satellite Géostationnaire



Satellite Héliosynchrone

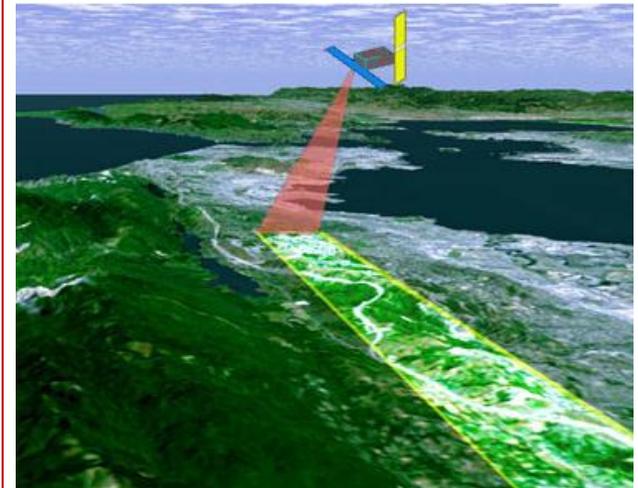
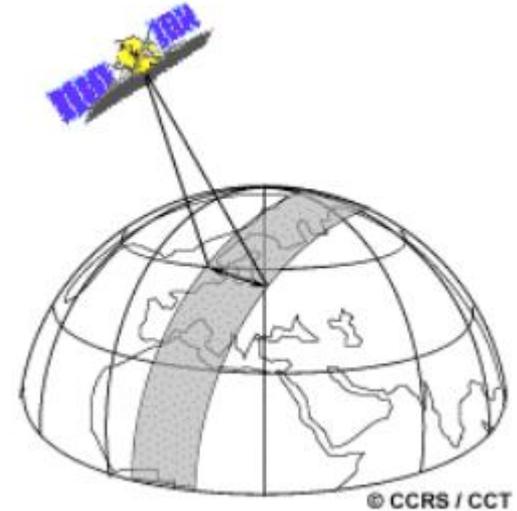
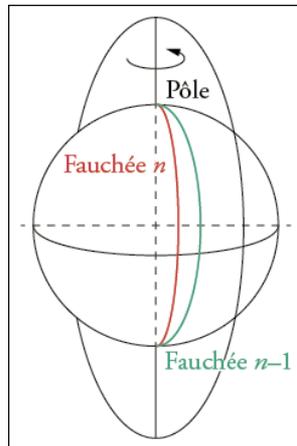
# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 4) Enregistrement du signal par le capteur

Les caractéristiques d'un satellite:

**La fauchée:** Lorsqu'un satellite est en orbite autour de la Terre, le capteur "observe" une certaine partie de la surface. Cette surface porte le nom de **couloir-couvert** ou **fauchée**. La largeur d'une fauchée varie généralement entre une dizaine et une centaine de kilomètres.

Les points sur la surface de la Terre qui se trouvent directement en dessous de la trajectoire du satellite sont appelés **les points nadir**.



# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

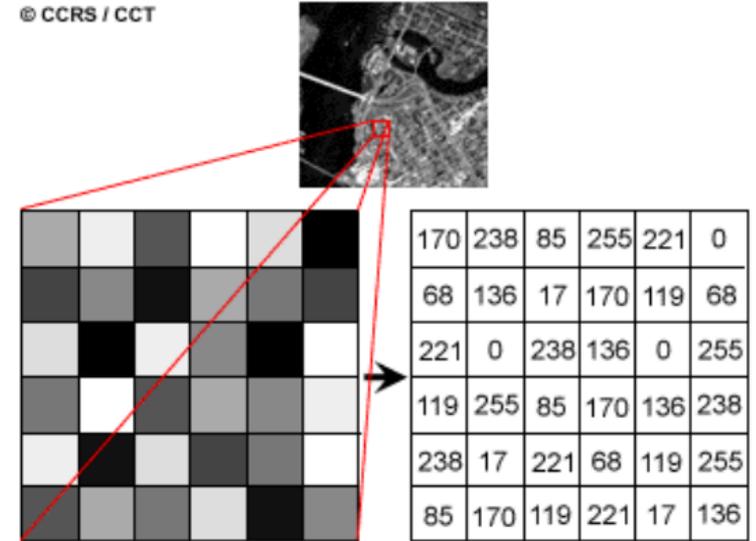
## 4) Enregistrement du signal par le capteur

### Caractéristiques des images:

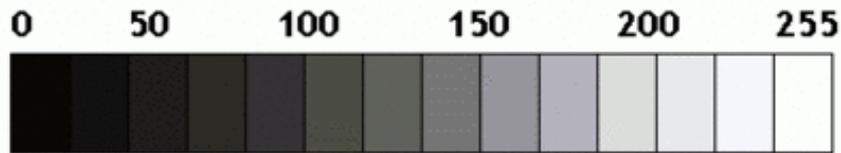
Une image satellite est constituée de nombreux carrés appelés pixels. Le pixel représente la plus petite unité figurant sur une image satellite. Les pixels fournissent toute l'information qui constitue l'image dans son intégralité.

Chaque pixel d'une image a une valeur. Cette valeur correspond à l'intensité du rayonnement réfléchi par l'objet observé dans la gamme de longueur d'ondes auxquelles le capteur est sensible.

© CCRS / CCT



Pixel values



# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 4) Enregistrement du signal par le capteur

### Combinaison des bandes:

Bande	Longueur d'onde ( $\mu\text{m}$ )	Rayonnement Electromagnétique	Intérêts et applications
1	0.45 - 0.52	Visible (Bleu)	Cartographie des eaux côtières, différenciation du sol et de la végétation
2	0.52 - 0.60	Visible (Vert)	Estimation de la vigueur de la végétation
3	0.63 - 0.69	Visible (Rouge)	Zone d'absorption de la chlorophylle donnant l'état de différenciation de la végétation
4	0.76 - 0.90	Infrarouge proche	Surveillance de la Biomasse et délimitation de zones immergés
5	1.55 - 1.75	Infrarouge moyen	Mesures de l'humidité du sol et de la végétation; différenciation entre la neige et les nuages
6	10.40- 12.50	Infrarouge Thermique	Cartographie thermique, études de l'humidité du sol et mesures des contraintes engendrés par la chaleur sur les plantes
7	2.08 - 2.35	Infrarouge moyen	Cartographie hydrothermale
8	0.52 - 0.90 (panchromatique)	Visible (Vert et Rouge), Infrarouge proche	Cartographie de larges zones, évolution de l'urbanisation

# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 4) Enregistrement du signal par le capteur

### La résolution spatiale:

En télédétection, on ne parle pas d'échelle comme pour une photo aérienne, mais de **résolution spatiale**, qui donne la précision des images. La résolution d'une image est déterminée par la plus petite surface que le satellite peut détecter au sol, nommé **un PIXEL**. Cependant, plus on augmente la résolution, plus la superficie couverte par l'image est petite. Donc, ce qu'on gagne en précision, on le perd dans la vue d'ensemble.

L'exemple des images de la ville Zemamra illustre bien ce phénomène :

- l'image prise par le satellite **Landsat 8** à une résolution de **30 mètres** permet d'observer l'emplacement de la ville Zemamra et son environnement;
- l'image prise par **RapidEye** à une résolution de **5 mètre** permet de circonscrire la ville et de voir des détails à l'intérieur.



*Image Landsat 8 : 30m*



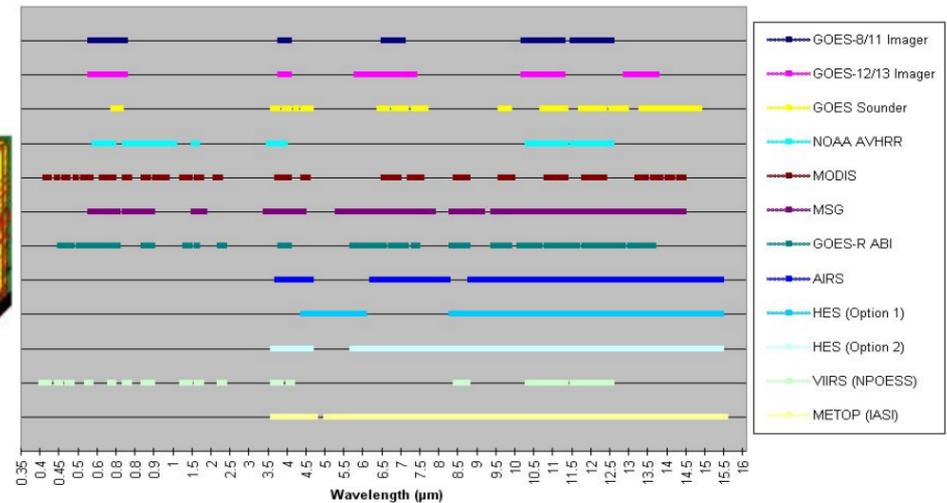
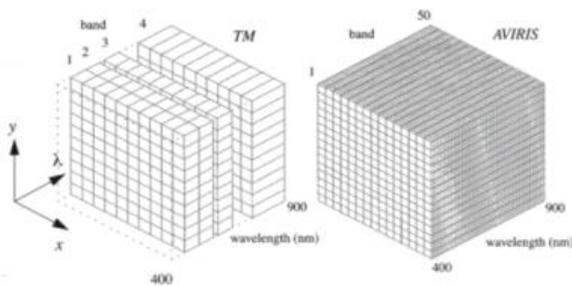
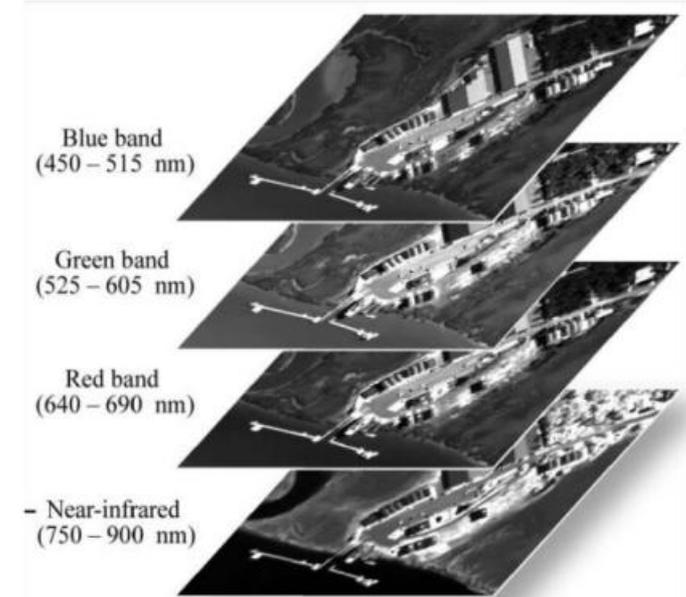
*Image RapidEye : 5m*

# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 4) Enregistrement du signal par le capteur

### La résolution spectrale:

- La résolution spectrale indique le nombre de bandes spectrales dans lesquelles le capteur peut capturer radiations.
- Le nombre de bandes n'est pas le seul aspect important de la résolution spectrale. La position des bandes dans le spectre électromagnétique est un aspect clé.

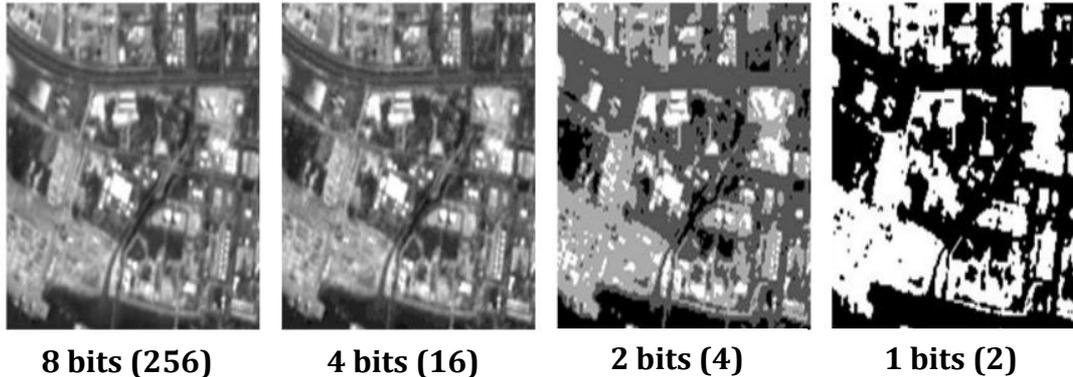


# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 4) Enregistrement du signal par le capteur

### La résolution Radiométrique:

La résolution radiométrique d'un système de télédétection décrit sa capacité à reconnaître de petites différences dans l'énergie électromagnétique. Plus la résolution radiométrique d'un capteur est fine, plus le capteur est sensible à de petites différences dans l'intensité de l'énergie reçue.



Le nombre maximum de niveaux d'intensité disponibles dépend du nombre de bits utilisés. Par exemple, un capteur utilisant 8 bits pour enregistrer les données aura  $2^8 = 256$  niveaux d'intensité disponibles allant de 0 à 255. Si seulement 4 bits sont utilisés, alors seulement  $2^4 = 16$  valeurs allant de 0 à 15 seront disponibles. La résolution radiométrique sera donc plus faible.

# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 4) Enregistrement du signal par le capteur

### La résolution temporelle:

La résolution temporelle précise la fréquence de révision du satellite pour un emplacement spécifique (en fonction de la latitude et de la largeur du swath).

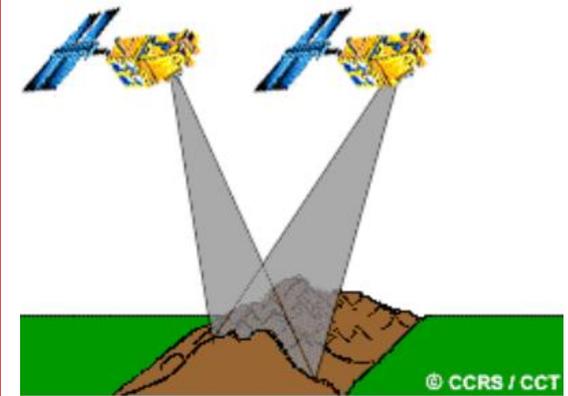
Le facteur temps est important lorsque:

- Les nuages persistants offrent une vue directe limitée de la surface de la Terre.
- Les phénomènes à court terme (inondations, marées noires, etc.)
- Les phénomènes qui changent rapidement (atmosphérique)

Haute résolution temporelle: < 1 - 3 jours

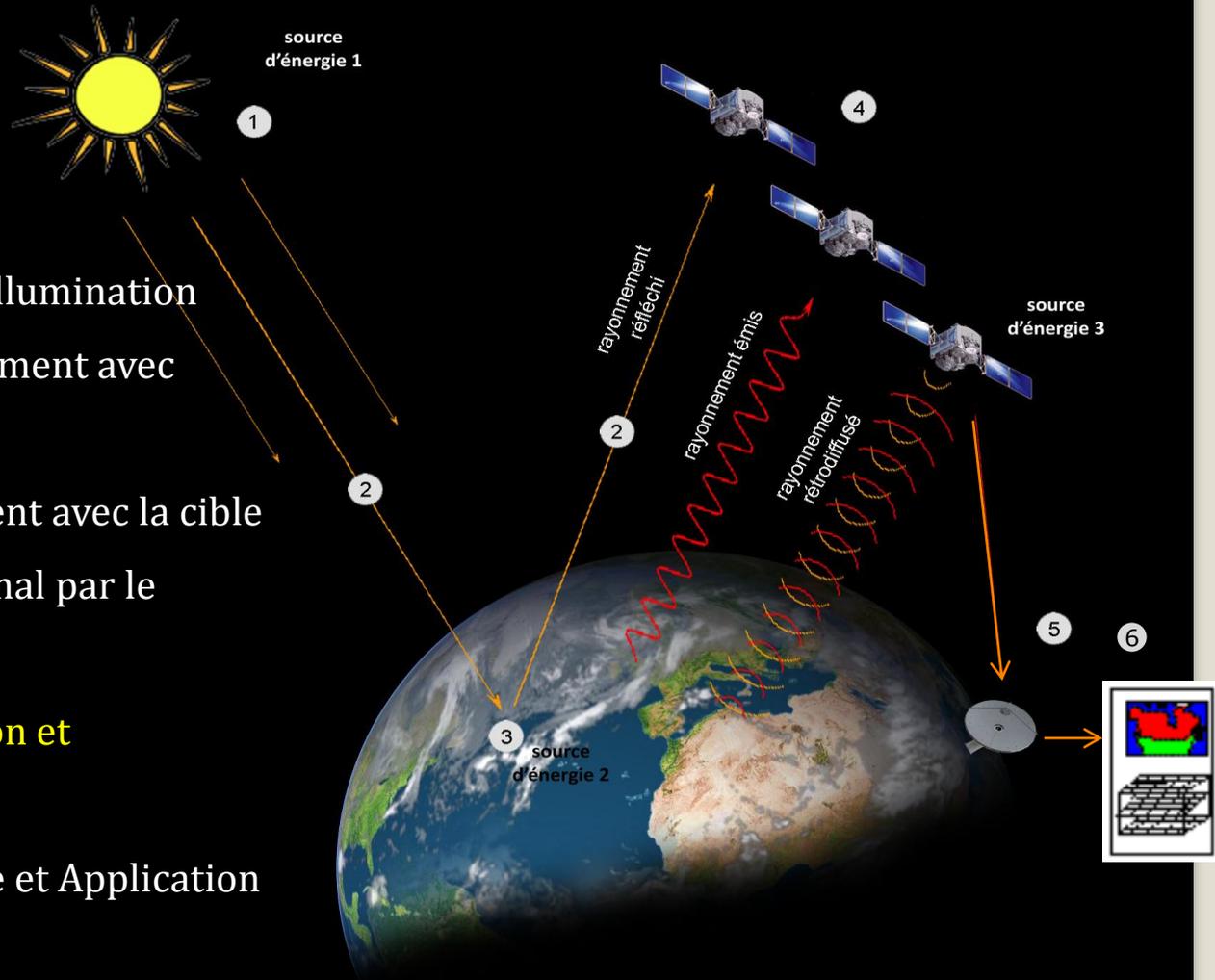
Moyenne résolution temporelle : 4 - 16 jours

Faible résolution temporelle: > 16 jours



# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

- 1) Source d'énergie ou d'illumination
- 2) Interaction du rayonnement avec l'atmosphère.
- 3) Interaction rayonnement avec la cible
- 4) Enregistrement du signal par le capteur
- 5) **Transmission, réception et traitement**
- 6) Interprétation, Analyse et Application



# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

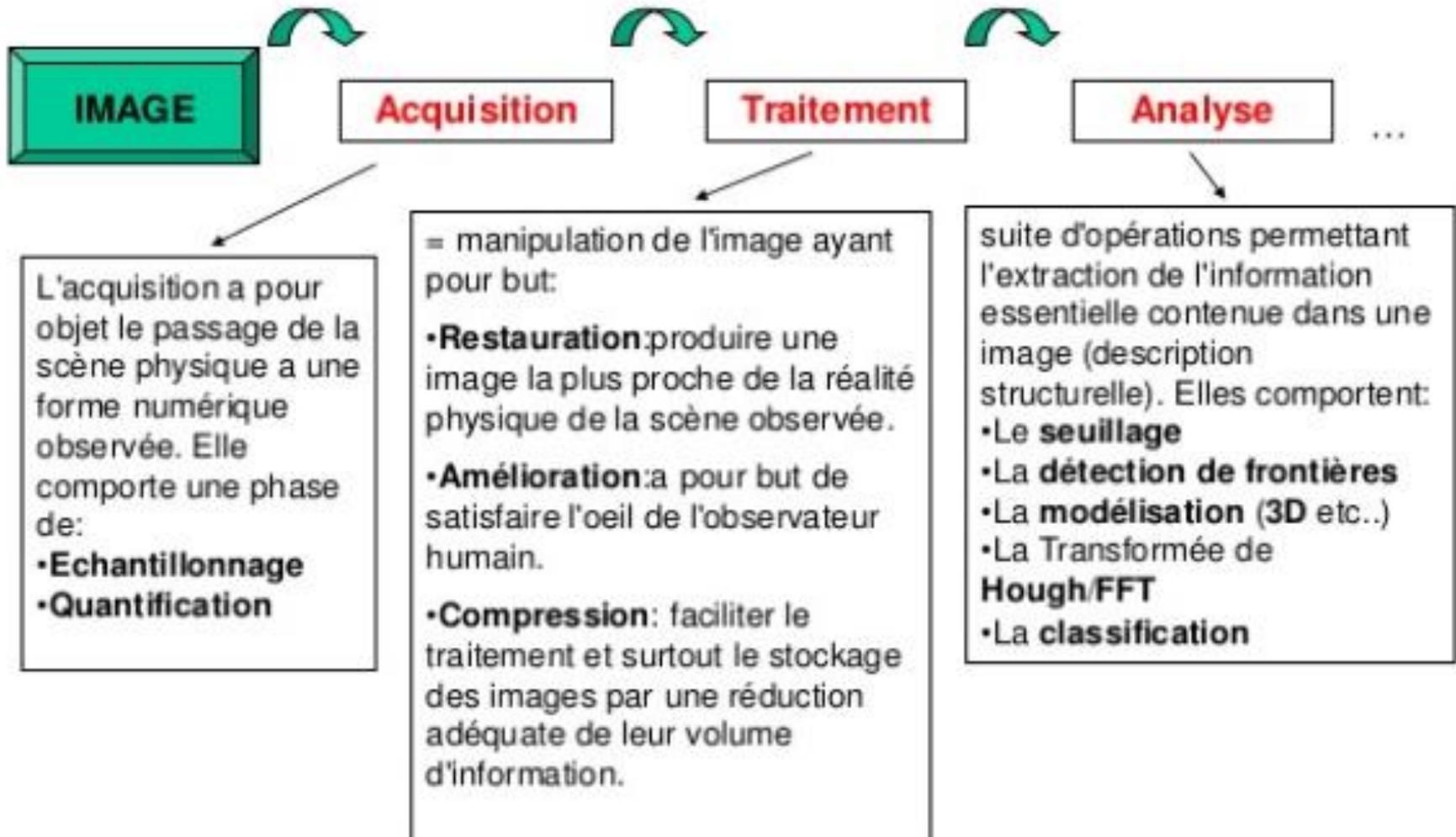
## 5) Transmission, réception et traitement



*Exemples des stations terrestres de réception*

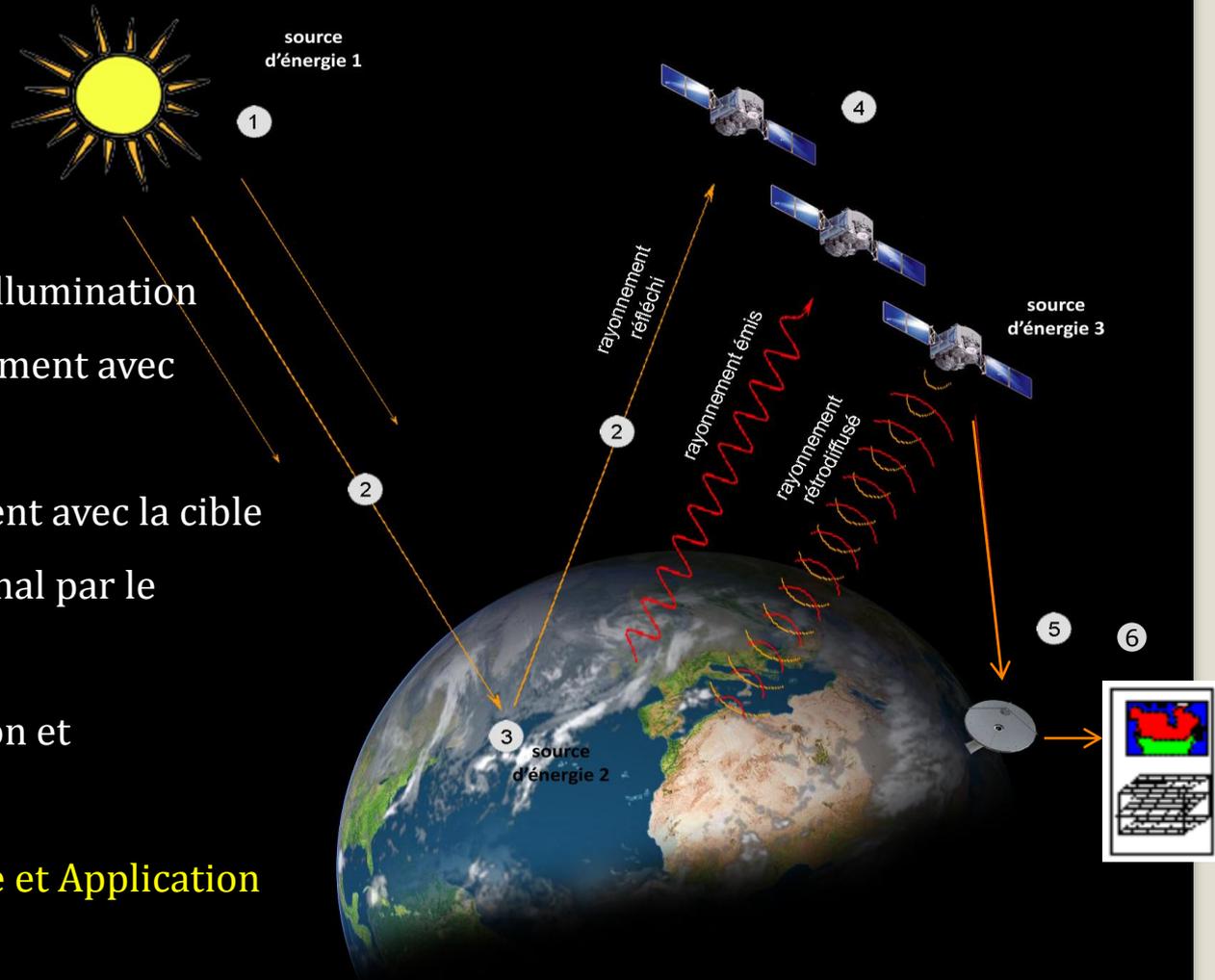
# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 5) Transmission, réception et traitement



# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

- 1) Source d'énergie ou d'illumination
- 2) Interaction du rayonnement avec l'atmosphère.
- 3) Interaction rayonnement avec la cible
- 4) Enregistrement du signal par le capteur
- 5) Transmission, réception et traitement
- 6) **Interprétation, Analyse et Application**

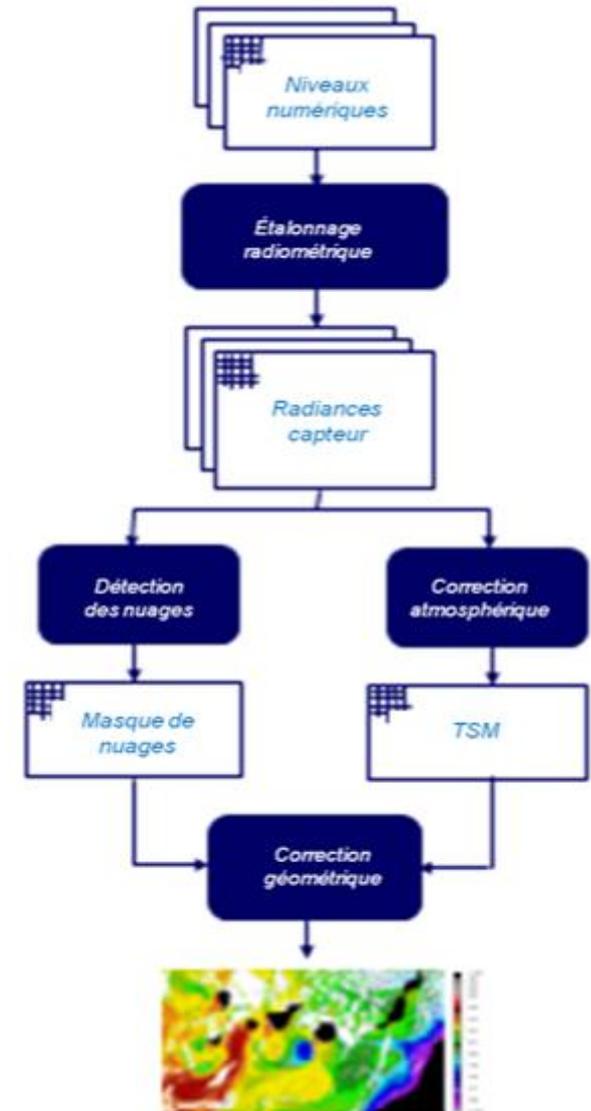


# PROCESSUS DE TELEDETECTION SPATIALE

## 6) Interprétation, Analyse et Application

### HIÉRARCHIE DE TRAITEMENT D'IMAGES SATELLITES:

- **Étalonnage radiométrique:** Changer les niveaux digitaux aux valeurs de radiance ou des valeurs de température de brillance.
- **Correction atmosphérique:** Prendre en compte la contribution du rayonnement atmosphérique qui arrive au capteur (récupération de SST ou NDVI).
- **Correction géométrique:** Corriger les distorsions dans les images reçues liées à la courbure et la rotation de la Terre, l'exploration du capteur et les variations de la plateforme.
- **Détection de nuages:** Masquer correctement les pixels nuageux pour assurer que les paramètres géophysiques obtenus sont représentatifs de la surface de la Terre.



## Section III:

---

# DOMAINES D'APPLICATION DE LA TÉLÉDÉTECTION SPATIALE



# DOMAINES D'APPLICATION DE LA TELEDETECTION

## 1) Agriculture

---

L'agriculture est le pilier économique de nombreux pays. La télédétection peut offrir les informations suivantes:

- ❖ Extension et inventaire des cultures Cartographie des cultures
- ❖ Production agricole: suivie de la phénologie des cultures.
- ❖ Prévisions de récoltes
- ❖ Sélection et surveillance des zones agricoles
- ❖ Evaluation des dommages causés par la sécheresse et les inondations
- ❖ Contrôle des ravageurs et des maladies des cultures
- ❖ Détection de stress métabolique (hydrique ou nutritionnel)
- ❖ Agriculture de précision (à la parcelle)



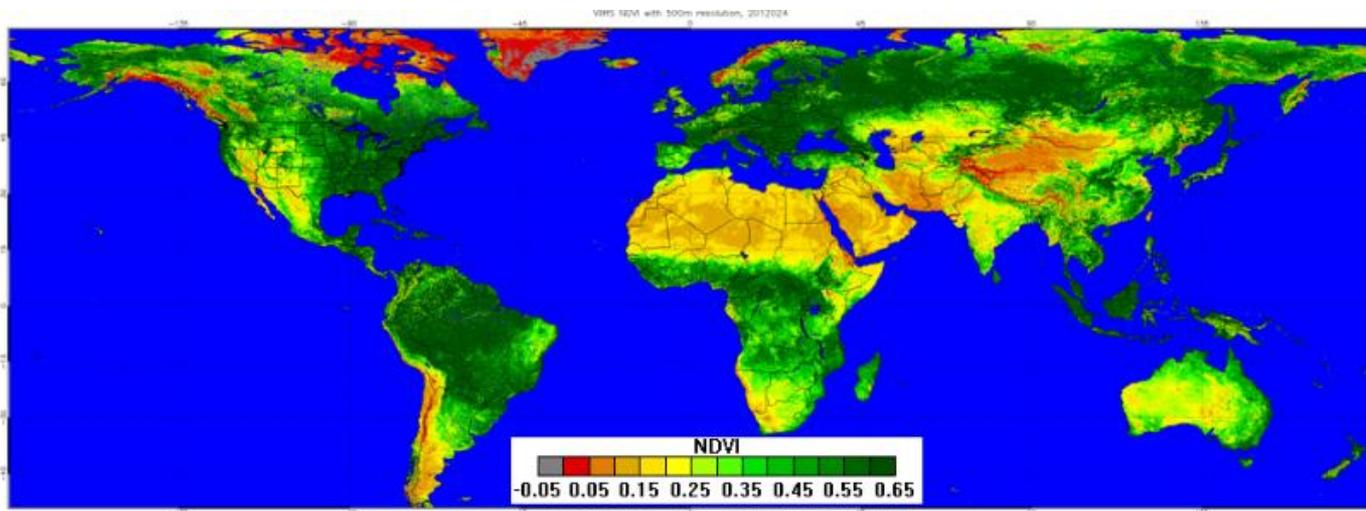
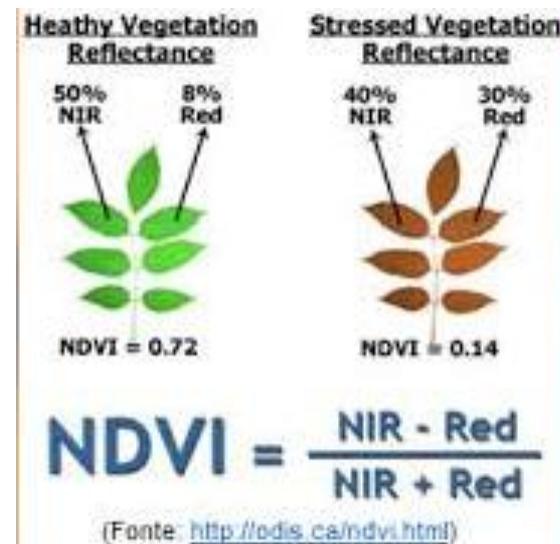
# DOMAINES D'APPLICATION DE LA TELEDETECTION

## 1) Agriculture

Indices spectraux:

Combinaison entre des bandes pour obtenir le paramètre d'intérêt (végétation, eau, sol nu, etc.)

Les indices de végétation sont calculés en combinant la réflectivité à différentes longueurs d'onde pour discriminer et extraire des informations de la végétation en minimisant l'influence d'autres facteurs externes tels que le sol, l'irradiance solaire, la géométrie d'éclairage etc.



# DOMAINES D'APPLICATION DE LA TELEDETECTION

## 1) Agriculture

### Les indices de végétation

RVI	Ratio vegetation index	$RVI = \frac{R_{NIR}}{R_R}$	MSAVI2	Modified Second Soil-adjusted vegetation index	$MSAVI2 = \frac{1}{2} \left[ 2(R_{NIR} + 1) - \sqrt{2(R_{NIR} + 1)^2 - 8(R_{NIR} - R_R)} \right]$
NDVI	Normalised difference vegetation index	$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_R}{R_{NIR} + R_R} = \frac{RVI - 1}{RVI + 1}$	ATSAVI <sup>1</sup>	Adjusted transformed soil-adjusted vegetation index	$ATSAVI = \frac{a(R_{NIR} - aR_R - b)}{aR_{NIR} + R_R - ab + X(1 + a_2)}$
WDVI	Weighted difference vegetation index	$WDVI = R_{NIR} - aR_R$	EVI	Environmental vegetation index	$EVI = \frac{2.5(R_{NIR} - R_R)}{1 + R_{NIR} + 6R_R - 7.5R_B}$
SAVI	Soil-adjusted vegetation index	$SAVI = \frac{R_{NIR} - R_R}{R_{NIR} - R_R + L} (1 + L)$	NDVI <sub>verd</sub> e	Green normalised difference vegetation index	$NDVI_{green} = \frac{R_{NIR} - R_{550}}{R_{NIR} + R_{550}}$
SAVI2	Second Soil-adjusted vegetation index	$SAVI2 = \frac{R_{NIR}}{R_R + b/a}$	$\frac{R_{750}}{R_{550}}$	$\frac{R_{750}}{R_{550}}$	$\frac{R_{750}}{R_{550}}$
			$\frac{R_{850}}{R_{550}}$	$\frac{R_{850}}{R_{550}}$	$\frac{R_{850}}{R_{550}}$

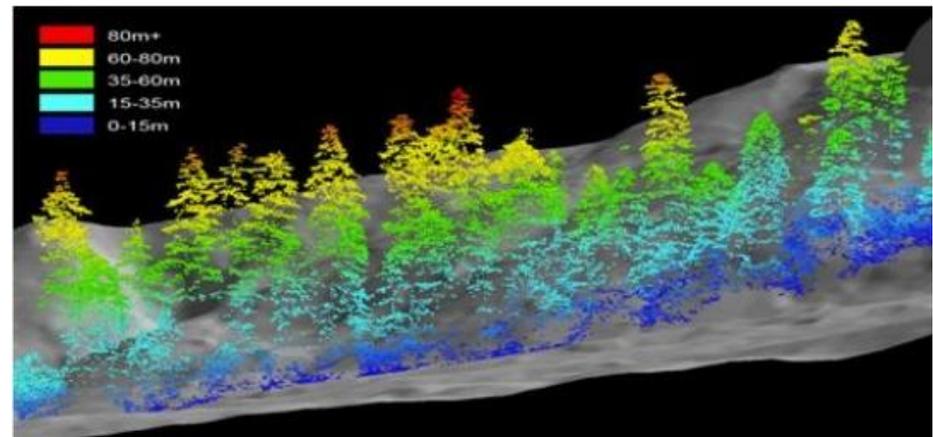
# DOMAINES D'APPLICATION DE LA TELEDETECTION

## 2) Foresterie

---

La télédétection est utile dans les applications forestières:

- Couvert forestier
- Densité des forêts (crown closure)
- Phénologie (saisonnalité)
- Inventaire des espèces forestières
- Estimation de la biomasse
- Déforestation
- Protection des forêts
- Prévention, suivi et évaluation des feux

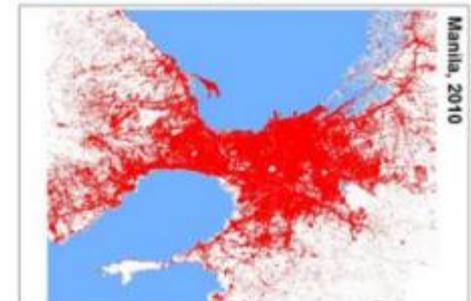
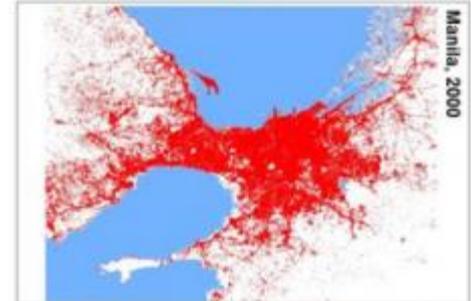
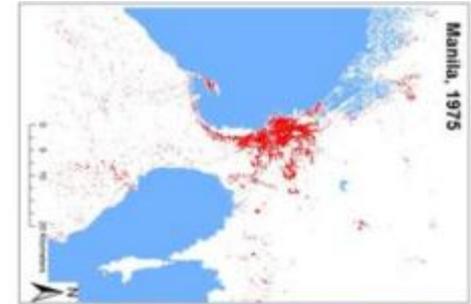


# DOMAINES D'APPLICATION DE LA TELEDETECTION

## 3) L'urbanisme:

Les applications de la télédétection dans les zones urbaines dépendent principalement du nombre de bandes disponibles et de la résolution spatiale du capteur.

- Estimation de population
- Comprendre le processus d'urbanisation (blocs, etc.)
- Planification (ports, aéroports, routes, etc.)
- Détection de constructions clandestines
- Analyser les vulnérabilités et les risques
- Surveillance des catastrophes naturelles
- Analyse économique régionale (population, perdre d'activité agricole, activité industrielle, commercial, etc.)
- Modélisation 3D de bâtiments.



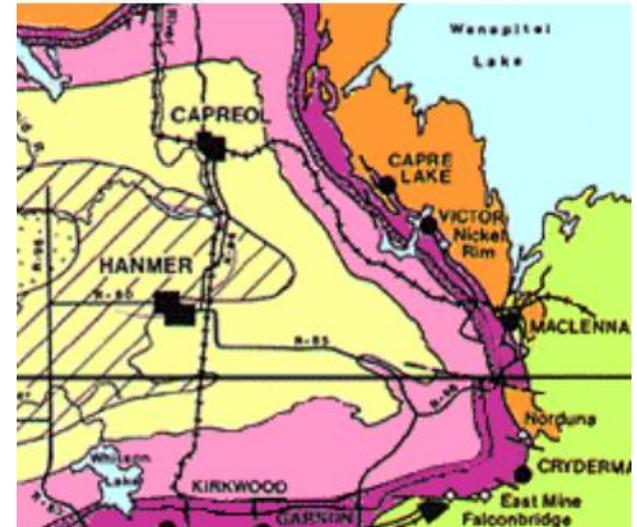
# DOMAINES D'APPLICATION DE LA TELEDETECTION

## 4) La géologie:

---

Voici une liste des principales applications de la télédétection pour la géologie :

- La cartographie des dépôts de surface
- La cartographie lithologique
- La cartographie structurale
- L'exploration et exploitation des agrégats (sable et gravier)
- L'exploration minière
- L'exploration pétrolière
- La géologie environnementale
- La géobotanique
- L'infrastructure de base
- La cartographie et surveillance des taux de sédimentation
- La cartographie et surveillance des phénomènes naturels
- La cartographie des risques géologiques
- La cartographie planétaire.

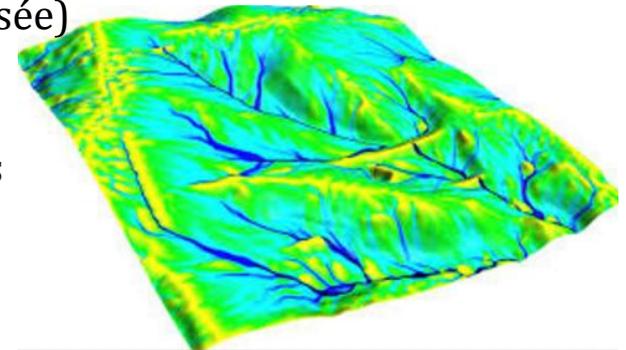
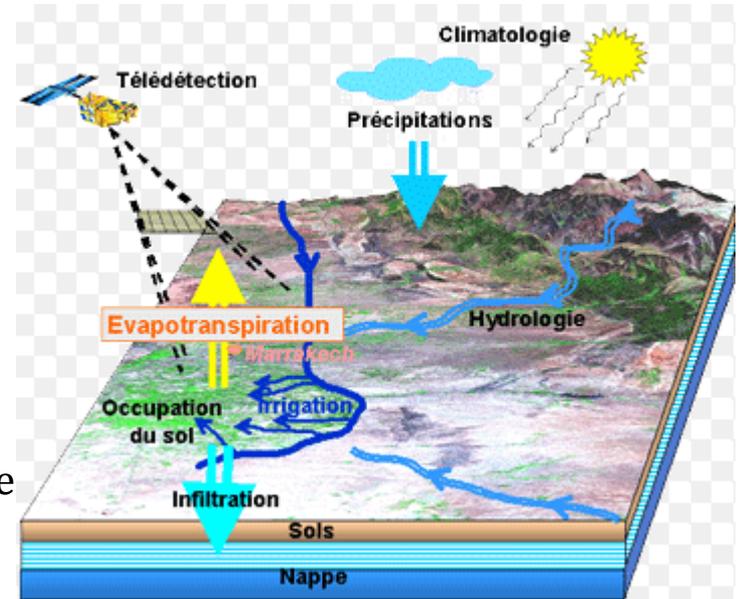


# DOMAINES D'APPLICATION DE LA TELEDETECTION

## 5) L'hydrologie:

Voici quelques applications hydrologiques :

- La cartographie et la surveillance des marécages
- L'évaluation de l'humidité du sol
- La surveillance et la cartographie de l'étendue d'une surface de neige
- La mesure de l'épaisseur de la neige
- L'évaluation de la quantité d'eau d'une surface de neige
- La surveillance de la glace fluviale et lacustre
- La surveillance et la cartographie des inondations
- La surveillance de la dynamique des glaciers (ablation, poussée)
- la détection des changements dans les rivières et les deltas
- La cartographie et la modélisation des bassins hydrologiques
- La détection des fuites des canaux d'irrigation
- La planification des horaires d'irrigation.



Flow accumulation with Multiple Flow Directions (using r.watershed, North Carolina sample dataset)

# DOMAINES D'APPLICATION DE LA TELEDETECTION

## Autres Applications:

- Défence
- Humidité du sol
- Topographie (modèles numériques d'élévation de terrain)
- Archéologie
- Géodésie
- Océanographie:

### Océanographie Biologique

- Température de surface de la mer (SST)
- Niveau de la mer (SSH)
- Salinité (SSS)
- Vents de surface
- Courants océaniques

### Océanographie Chimique

- Qualité de l'eau
- Salinité (SSS)
- pH, calcite, etc

### Océanographie Biologique

- Couleur de l'océan
- Qualité de l'eau
- Prolifération
- Sebadales

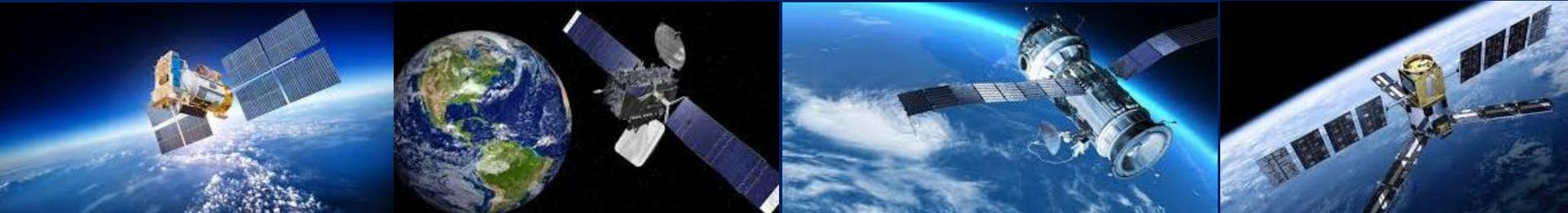
### Océanographie Géologique

- Gestion des zones côtières
- Bathymétrie (érosion, sédimentation, etc.)

# Section IV:

---

## QUELQUES SATELLITES



# QUELQUES SATELLITES

Echelle reconnaissance  
(faible résolution)

1km-250 m

**NOAA - AVHRR (1km)**

AQUA-MODIS  
(250m-300m - 1km)

TERRA MODIS (1Km)

MERIS - ENVISAT

DMSP - OLS

Echelle semi-détaillée  
(moyenne résolution)

100m-15 m

LANDSAT (OLI-TIRS)

LANDSAT TM

LANDSAT ETM+

LANDSAT MSS

SPOT-HRV (20m)

SENTINEL 2

TERRA ASTER

IRS-LISS

Echelle détaillée  
(haute résolution)

10m-2 m

SPOT HRG (xs+pan)

QUICKBIRD

IKONOS

RAPIEYE (REIS)

GEOEYE

WorldView

Echelle très détaillée  
(très haute résolution)

<2 m

LIDAR

UAV

CAMERAS  
PHOTOGRA-  
METRIQUE

CHRIS - PROBA

## NOAA (AVHRR)

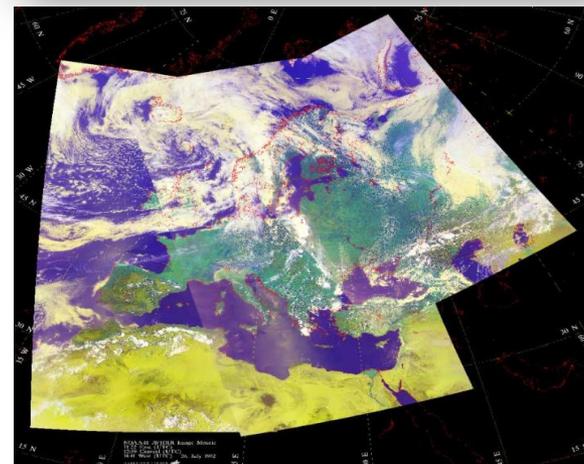
Les satellites NOAA (**National Oceanic and Atmospheric Administration**) sont des satellites météorologiques américains à orbite polaire observant la Terre mis en place par l'Organisation Météorologique Mondiale.

- Mis sur orbite en 1970
- Altitude de l'ordre de 820 à 855 km
- Orbite : héliosynchrones
- Répétitivité temporelle: 1 jour

Les satellites NOAA sont équipés de multiples capteurs :

- l'**AVHRR/2** dont la fauchée est de 2600km et la résolution de 0,5 km (visible) et de 1,0 km (IR)

- l'**AVHRR/3** dont la fauchée est de 2940km et la résolution de 0,5 km (visible) et de 1,0 km (IR)



Channel	Resolution at Nadir	Wavelength (um)	Typical Use
1	1.09 km	0.58 - 0.68	Daytime cloud and surface mapping
2	1.09 km	0.725 - 1.00	Land-water boundaries
3A	1.09 km	1.58 - 1.64	Snow and ice detection
3B	1.09 km	3.55 - 3.93	Night cloud mapping, sea surface temperature
4	1.09 km	10.30 - 11.30	Night cloud mapping, sea surface temperature
5	1.09 km	11.50 - 12.50	Sea surface temperature

# QUELQUES SATELLITES

Echelle reconnaissance  
(faible résolution)

Echelle semi-détaillée  
(moyenne résolution)

Echelle détaillée  
(haute résolution)

Echelle très détaillée  
(très haute résolution)

1km-250 m

100m-15 m

10m-2 m

<2 m

NOAA - AVHRR (1km)

LANDSAT (OLI-TIRS)

SPOT HRG (xs+pan)

LIDAR

AQUA-MODIS  
(250m-300m - 1km)

LANDSAT TM

QUICKBIRD

UAV

TERRA MODIS (1Km)

LANDSAT ETM+

IKONOS

CAMERAS  
PHOTOGRA-  
METRIQUE

MERIS - ENVISAT

LANDSAT MSS

RAPIEYE (REIS)

SPOT-HRV (20m)

GEOEYE

DMSP - OLS

SENTINEL 2

WorldView

TERRA ASTER

IRS-LISS

CHRIS - PROBA

# QUELQUES SATELLITES

## LANDSAT 8 (OLI-TIRS):

**Altitude:** 705 km

**Inclination:** 98.2 degrees

**Revisit time:** 16 days

**Scene size:** 170 km x 185 km

### Les bandes spectrales de l'instrument OLI<sup>8</sup>

Bande spectrale	Longueur d'onde	Résolution
Bande 1 - Aérosols	0,433 - 0,453 $\mu\text{m}$	30 m
Bande 2 - Bleu	0,450 - 0,515 $\mu\text{m}$	30 m
Bande 3 - Vert	0,525 - 0,600 $\mu\text{m}$	30 m
Bande 4 - Rouge	0,630 - 0,680 $\mu\text{m}$	30 m
Bande 5 - Infrarouge proche	0,845 - 0,885 $\mu\text{m}$	30 m
Bande 6 - Infrarouge moyen 1	1,560 - 1,660 $\mu\text{m}$	30 m
Bande 7 - Infrarouge moyen 2	2,100 - 2,300 $\mu\text{m}$	30 m
Bande 8 - Panchromatique	0,500 - 0,680 $\mu\text{m}$	15 m
Bande 9 - Cirrus	1,360 - 1,390 $\mu\text{m}$	30 m

### Bandes spectrales de l'instrument TIRS<sup>9</sup>

Bande spectrale	Longueur d'onde	Résolution
Bande 10 - Infrarouge moyen	10,30 - 11,30 $\mu\text{m}$	100 m
Bande 11 - Infrarouge moyen	11,50 - 12,50 $\mu\text{m}$	100 m



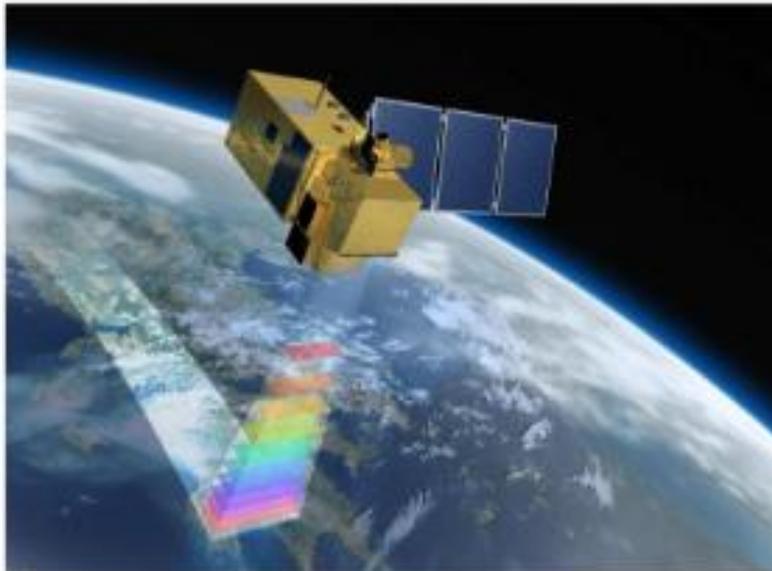
### ▪ Satellites NASA-USGCS.

- LANDSAT 1 (1972)
- LANDSAT 2 (1975)
- LANDSAT 3 (1978)
- LANDSAT 4 (1982)
- LANDSAT 5 (1985)
- LANDSAT 6 (1993)
- LANDSAT 7 (1999)
- LDCM (LANDSAT 8) 2013

# QUELQUES SATELLITES

## LANDSAT 8 (OLI-TIRS) / SENTINEL 2

Sentinel 2	
Altitude	786 km
Swath	290 km (FOV : 20.6°)
LTDN	10:30
Revisite (2 satellites)	5 jours (3 days à 45°)
Résolution VNIR	10 / 20 / 60 m
Masse totale	1200 kg
Masse MSI	290 kg



Landsat 8	
Altitude	705 km
Fauchée	185 km (FOV : 15°)
LTDN	10:00
Revisite (1 satellite)	16 jours
Résolution VNIR	15/30 m
Masse totale	2782 kg
Masse OLI	432 kg
Masse TIR	225 kg

# QUELQUES SATELLITES

## SPOT HRV - HRVIR

- **SPOT** (Satellite Pour l'Observation de la Terre) satellite optique d'une résolution moyenne / élevée.
- Exploité par Spot Image (Toulouse, France). Créé par le CNES (Centre National d'Études Spatiales) dans les années 70.
- Lancés avec les Ariane 2, 3 y 4.
  - SPOT 1 (1986) con 10 m PAN y 20 m MS.
  - SPOT 2 (1990)
  - SPOT 3 (1993)
  - SPOT 4 (1998)
  - SPOT 5 (2002) con 2.5 m/5 m PAN y 10 m MS.



# QUELQUES SATELLITES

Echelle reconnaissance  
(faible résolution)

1km-250 m

NOAA - AVHRR (1km)

AQUA-MODIS  
(250m-300m - 1km)

TERRA MODIS (1Km)

MERIS - ENVISAT

DMSP - OLS

Echelle semi-détaillée  
(moyenne résolution)

100m-15 m

LANDSAT (OLI-TIRS)

LANDSAT TM

LANDSAT ETM+

LANDSAT MSS

SPOT-HRV (20m)

SENTINEL 2

TERRA ASTER

IRS-LISS

Echelle détaillée  
(haute résolution)

10m-2 m

SPOT HRG (xs+pan)

QUICKBIRD

IKONOS

RAPIEYE (REIS)

GEOEYE

WorldView

Echelle très détaillée  
(très haute résolution)

<2 m

LIDAR

UAV

CAMERAS  
PHOTOGRA-  
METRIQUE

CHRIS - PROBA

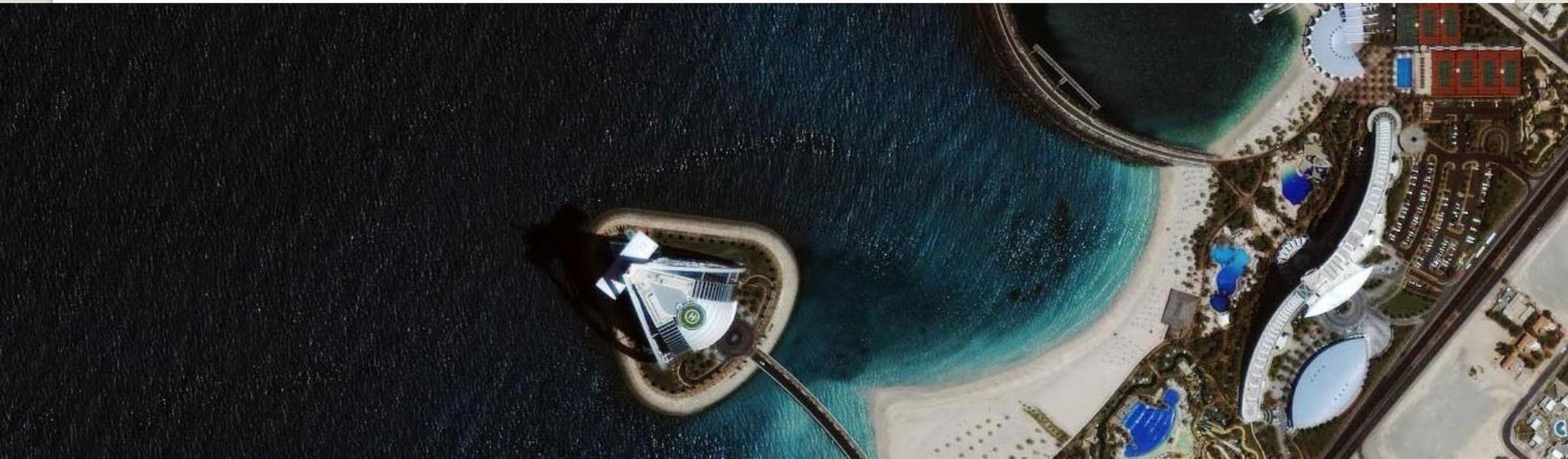
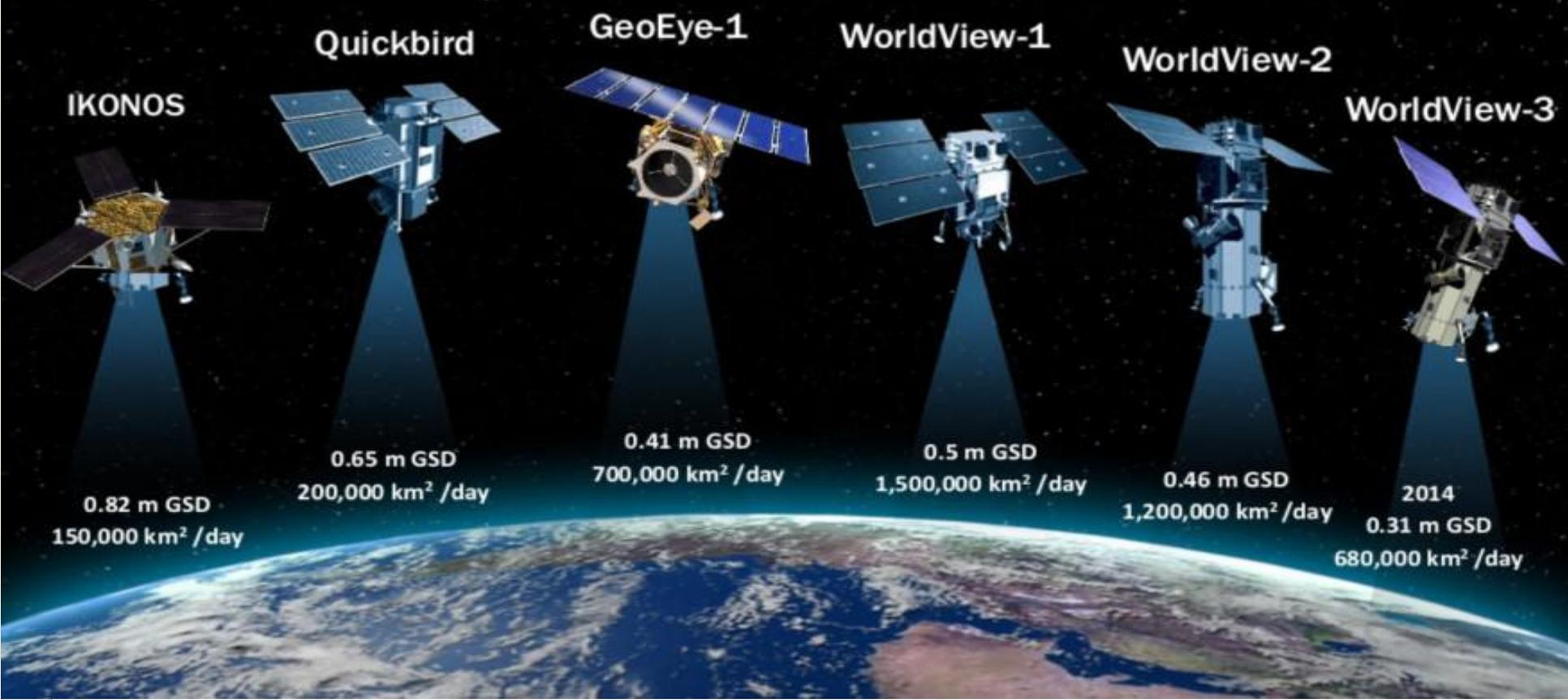
# QUELQUES SATELLITES

## IKONOS Satellite Sensor

C'est un satellite d'observation de la terre américain à vocation commerciale. Ce satellite offre une résolution d'un mètre en panchromatique et de quatre en multispectrale.



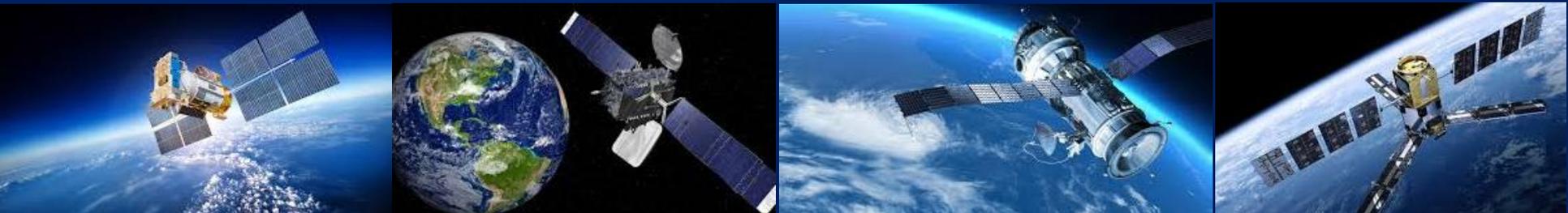
<b>Launch Date</b>	24 September 1999 at Vandenberg Air Force Base, California, USA
<b>Operational Life</b>	Over 7 years
<b>Orbit</b>	98.1 degree, sun synchronous
<b>Speed on Orbit</b>	7.5 kilometers per second
<b>Speed Over the Ground</b>	6.8 kilometers per second
<b>Revolutions Around the Earth</b>	14.7, every 24 hours
<b>Altitude</b>	681 kilometers
<b>Resolution at Nadir</b>	0.82 meters panchromatic; 3.2 meters multispectral
<b>Resolution 26° Off-Nadir</b>	1.0 meter panchromatic; 4.0 meters multispectral
<b>Image Swath</b>	11.3 kilometers at nadir; 13.8 kilometers at 26° off-nadir
<b>Equator Crossing Time</b>	Nominally 10:30 AM solar time
<b>Revisit Time</b>	Approximately 3 days at 40° latitude
<b>Dynamic Range</b>	11-bits per pixel
<b>Image Bands</b>	Panchromatic, blue, green, red, near IR



# Section V:

---

# QUELQUES LOGICIELS DE TRAITEMENT D'IMAGE



Get the Information  
You Need from Imagery.



ENVI




erdas

*The Earth to Business Company*



QGIS

® Trademark

ILWIS 3.8  
Open



52north  
exploring horizons



idrissi



ArcGIS®

ESRI

esa

**BEAM**

Toolbox for analysis and processing of EO data

BROCKMANN CONSULT

Starting runtime - Running application

Version 5.0

... THE END

