

## Introduction à la Télédétection

### Principe de base de la télédétection :

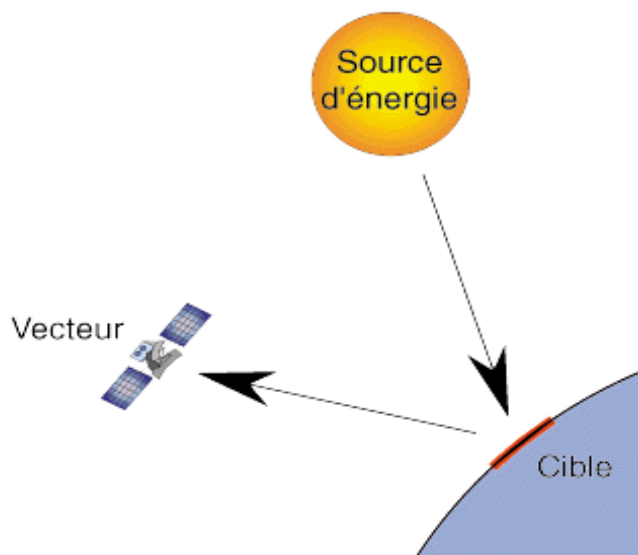
#### 1. Définition de la Télédétection :

La télédétection est la technique d'observation à distance de la réponse des objets à une excitation extérieure naturelle (soleil) ou artificielle (radar).

Autrement dit, La télédétection est une technique d'observation permettant de *détecter* et d'*interpréter* à distances les caractères morphologiques, physiques, et /ou spectraux des matériaux. Elle étudie leur propriété de réflexion, absorption ou émission des radiations électromagnétique ; dans le but d'en tirer des informations concernant leurs natures, leurs propriétés, et leurs états.

### Système de la télédétection :

La télédétection est un système qui peut regrouper un ensemble de paramètres et phénomènes qui interagissent, dont nous pouvons dégager quatre (04) éléments principaux : *le rayonnement électromagnétique, la cible, l'environnement de l'objet et le système d'observation* (Cf. Fig. 1).



#### 2. Le rayonnement électromagnétique :

Selon la théorie corpusculaire de la lumière, le rayonnement électromagnétique peut être considéré comme étant un flux de particules élémentaires appelés photons. Selon la théorie

### 3<sup>ème</sup> topographie Matière : Télédétection

ondulatoire, le rayonnement électromagnétique est composé de deux vecteurs champ électrique et magnétique perpendiculaires et se déplaçant à la vitesse de la lumière (dans le vide  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ ) (figure 2). Deux propriétés principales caractérisent une onde électromagnétique : sa longueur et sa fréquence.

La longueur d'onde est la distance entre deux points homologues (deux crêtes ou deux creux) qu'on note  $\lambda$  (m).

La fréquence est le nombre d'oscillations par unité de temps qu'on note  $\nu$  (nombre oscillations/s ou Hertz Hz).

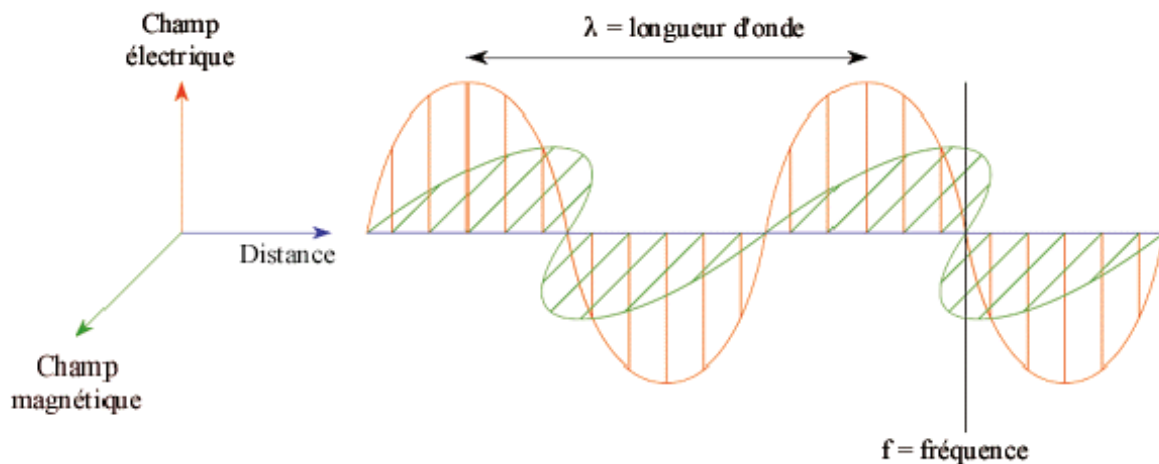


Figure 2 : onde électromagnétique monochromatique

Le spectre électromagnétique s'étend des courtes longueurs d'onde (dont font partie les rayons gamma et les rayons X) aux grandes longueurs d'onde (microondes et ondes radio). La télédétection utilise plusieurs régions du spectre électromagnétique (Figure 3) qui sont :

- ◆ l'ultraviolet ;
- ◆ le visible de  $0.4$  à  $0.7 \mu\text{m}$ ;
- ◆ le proche infrarouge de  $0.7$  à  $1.5 \mu\text{m}$ ;
- ◆ l'infrarouge moyen de  $1.5$  à  $3 \mu\text{m}$ ;
- ◆ l'infrarouge thermique de  $3$  à  $15 \mu\text{m}$ ;
- ◆ les micro-ondes (ou hyperfréquences) de  $1\text{mm}$  à  $1\text{m}$ .

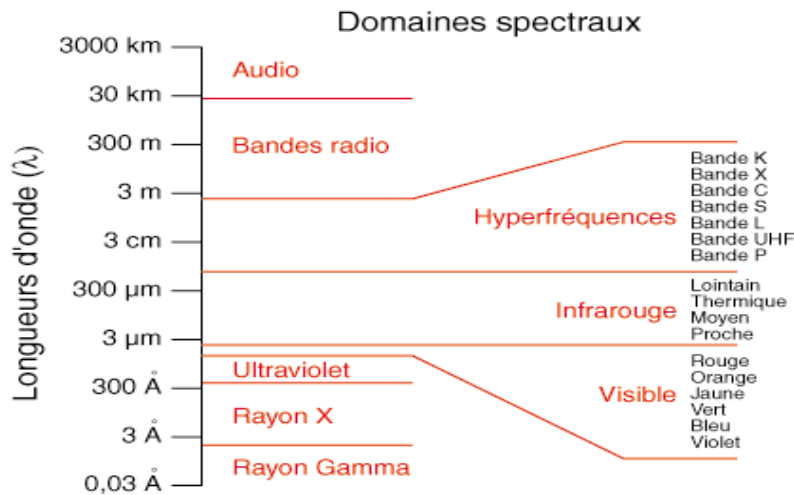


Figure 3: les principaux domaines du spectre

### 3. La cible :

La cible : elle réfléchit, émet, transmet ou absorbe le rayonnement électromagnétique (Fig. 4).

- La réflexion et l'émission sont des porteurs d'information concernant l'objet.
- La transmission et l'absorption du rayonnement par l'objet se traduisent par l'enregistrement d'une faible quantité d'énergie au niveau du capteur. Cette faible énergie joue un rôle très important en photo-interprétation, elle traduit un bon contraste entre l'objet et son environnement (K. TADJEROUNI 2001).

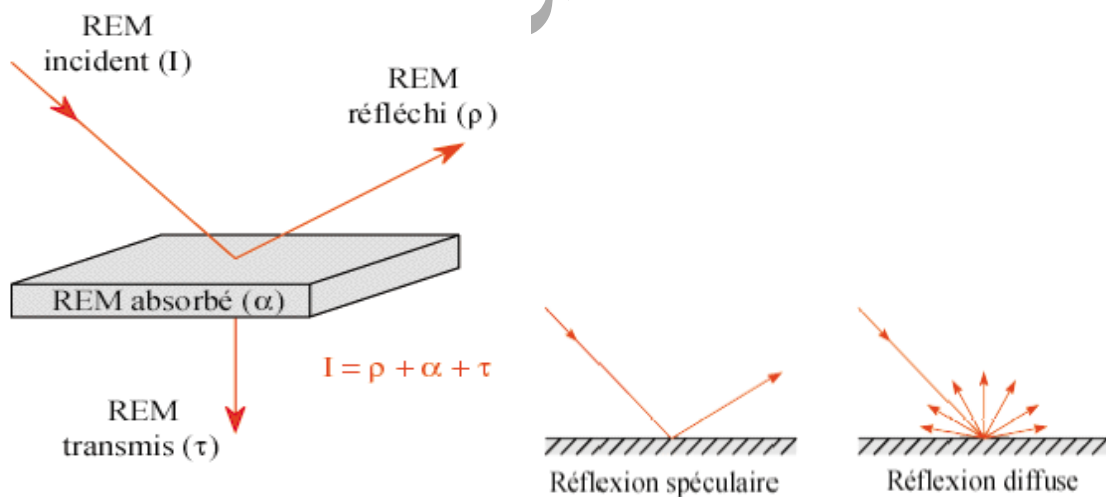


Fig 4 : Réflexion, absorption et transmission d'énergie

### 4. L'environnement

L'atmosphère est un milieu très hétérogène (gaz divers) : ces gaz et les particules ont des températures supérieures à 0°k ; ils émettent de l'énergie (processus d'absorption, de réémission, de diffraction, de réfraction, de réflexion) et introduisent ainsi des parasites (Fig.5). Le voisinage introduit une diminution ou une augmentation d'énergie liée à l'état de

3<sup>ème</sup> topographie  
Matière : Télédétection

la surface et la résolution alors que l'atmosphère introduit deux types de perturbations : les perturbations géométriques et les perturbations radiométriques (**ROBERT 1978**).

***Remarque : L'atmosphère altère le signal dans son double trajet :***

- *source – cible*
- *cible – capteur*

*Pour les applications courantes, nous supposons que cette perturbation est quasiment la même pour tous les objets ; nous pouvons donc l'occulter.*

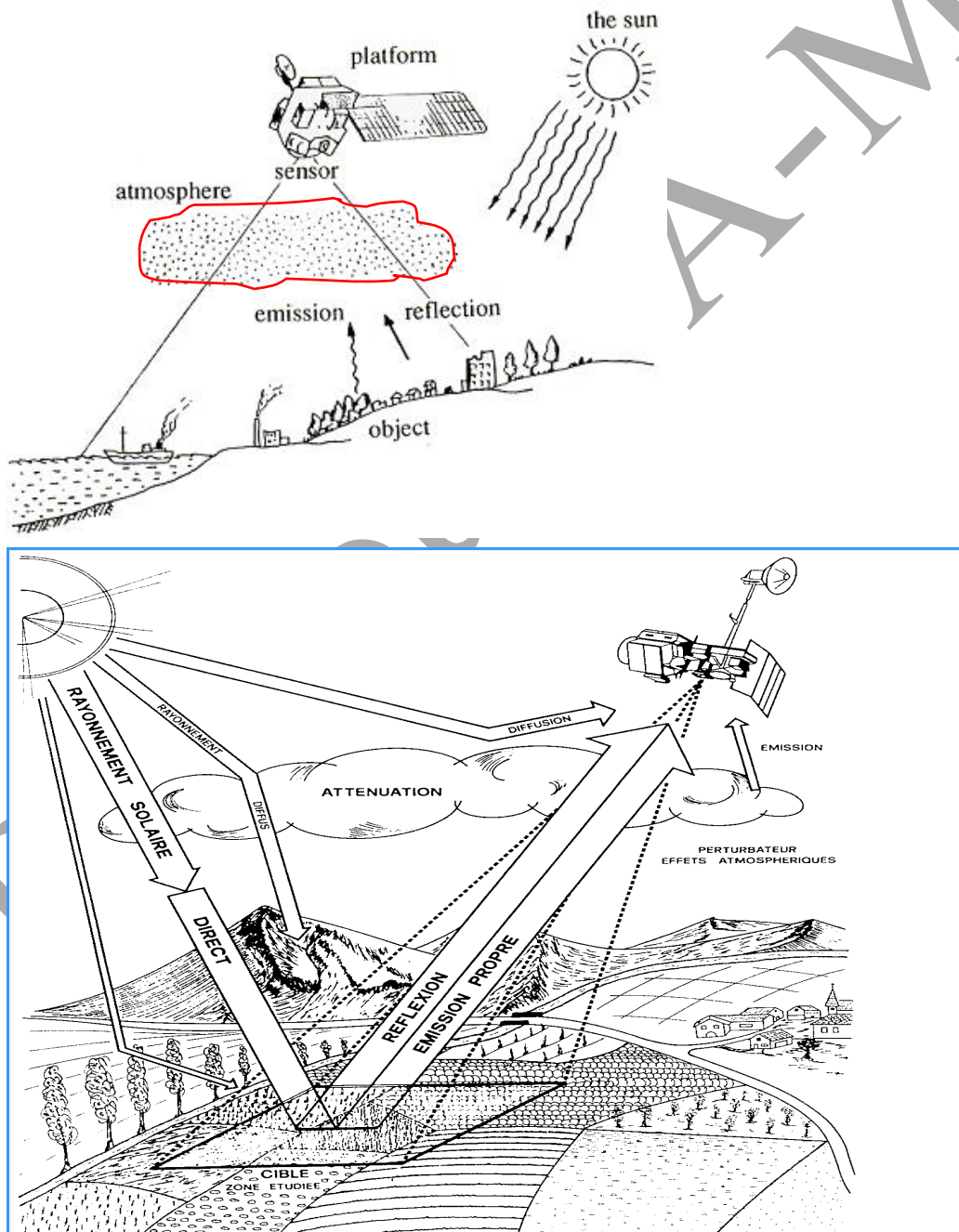


Figure 5 : éléments perturbateurs des rayons électromagnétiques

## 5. Systèmes d'observation

Ils représentent à la fois les instruments de mesures du *rayonnement électromagnétique* (capteurs), et les systèmes de *télédétection* (plates formes).

### 5.1 Les capteurs

Les capteurs sont des appareils capables de recevoir le rayonnement qui vient de la terre et de le transformer en un signal permettant la mémorisation de l'information. Ils se distinguent par leurs types d'acquisitions (passif ou actif), leurs modes d'acquisitions et leurs résolutions.

#### 5.1.1 Type d'acquisition

- **Les capteurs passifs** : le soleil est la source d'énergie ou de rayonnement utilisé en télédétection. Cette énergie est soit réfléchi (la portion visible) ou absorbée et transmise (fluorescence, infra -rouge thermique) par la cible. Les capteurs passifs sont des dispositifs de télédétection qui mesure l'énergie disponible naturellement.
- **les capteurs actifs**: produisent leur propre énergie pour illuminer la cible, et mesurer le signal rétro-diffusé dans sa direction. Ce sont des radiomètres opérant dans le domaine des hyperfréquences, ils ont l'avantage de pouvoir prendre des mesures à n'importe quel moment de la journée ou de la saison.

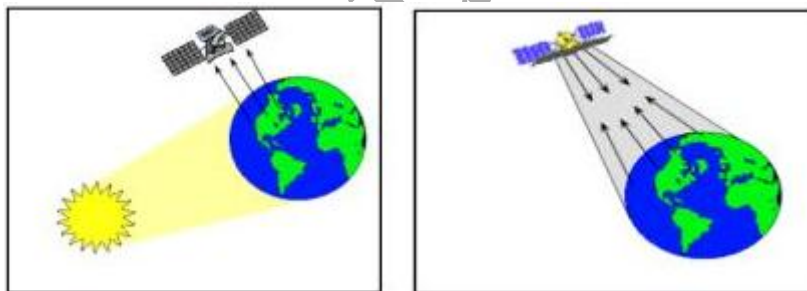


Fig. 6 : Principe de la télédétection passive et active

#### 5.1.2 Mode d'acquisition

Il est soit à balayage électronique (cas de *SPOT* qui a une barrette de détecteurs qui balaye un champ de *60 Km* de largeur - balayage ligne), soit à balayage mécanique (cas de *LANDSAT* qui balaye un champ de *185 Km* de largeur en utilisant un miroir rotatif).

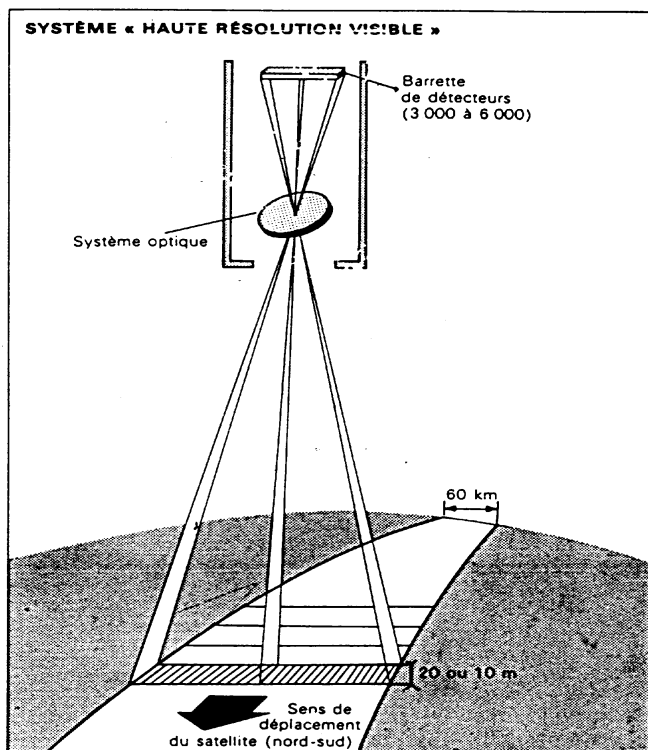
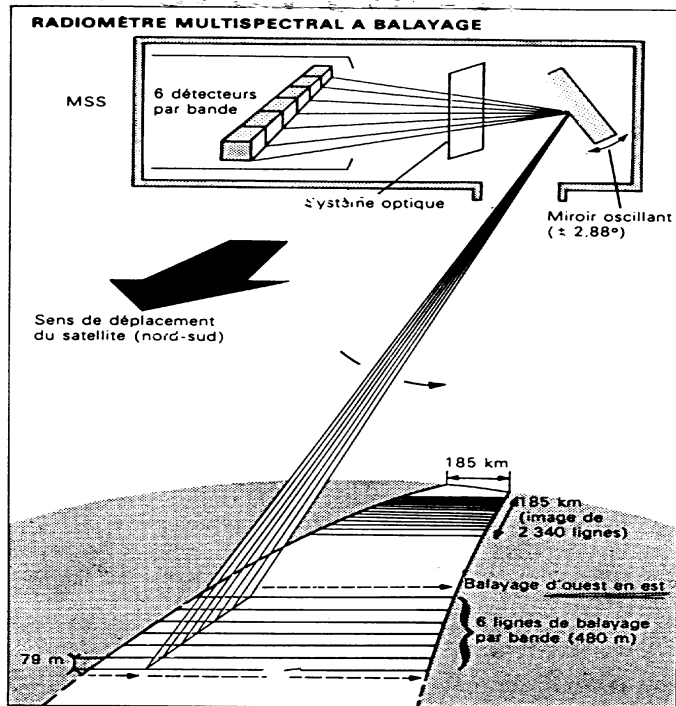


Fig. 07: Mode d'acquisition par balayage mécanique (MSS) ou électronique (SPOT).

### 5.1.3 Résolution

La résolution est une mesure de la capacité d'un système optique de séparer des signaux proches spatialement et/ou spectralement. La capacité de mesurer une information par

### 3<sup>ème</sup> topographie

#### Matière : Télédétection

télédétection exige la considération prudente de quatre types de résolution : radiométrique, spatiale, spectrale, et temporelle.

- **La résolution radiométrique :**

Elle est définie comme le seuil de sensibilité du radiomètre, c'est à dire la plus faible intensité réfléchie ou émise par la scène que le capteur est capable de détecter dans chaque bande spectrale (CALOZ. 1992).

- **La résolution spectrale :**

C'est la plus petite largeur de bande spectrale  $d\lambda$  dans laquelle le radiomètre est capable de mesurer une intensité suffisante. Elle est de 0.1  $\mu\text{m}$  pour les radiomètres destinés aux satellites d'observation des ressources terrestres et de l'ordre de 10 nm pour les radiomètres à haute résolution spectrale (CALOZ. 92).

- **Résolution temporelle :**

La résolution temporelle du système de télédétection est égale à la période de passage au nadir d'un satellite, qui est le temps mis par un satellite pour effectuer un cycle orbital complet. Cette période est généralement de quelques jours. Il faut donc quelques jours à un tel satellite pour qu'il puisse observer de nouveau exactement la même scène à partir du même point dans l'espace.

La résolution temporelle d'un radiomètre est le changement que peut rapporter ce radiomètre entre deux dates pour une surface particulière. Cette résolution est très intéressante pour le suivi d'un phénomène à évolution dans le temps (études multidates).

- **Résolution spatiale**

C'est la plus petite unité au sol décelable par un capteur. Elle correspond à 30 mètres pour le capteur ETM+ de Landsat.

**TABLE 4.2** Spectral Band, Wavelength, and Spatial Resolution of Landsat 7 (ETM+) and Landsat 8

Landsat 7 (ETM+)			Landsat 8		
Band	Wavelength (µm)	Resolution (m)	Band	Wavelength (µm)	Resolution (m)
1	0.45-0.52	30	1	0.43-0.45	30
2	0.52-0.60	30	2	0.45-0.51	30
3	0.63-0.69	30	3	0.53-0.59	30
4	0.77-0.90	30	4	0.64-0.67	30
5	1.55-1.75	30	5	0.85-0.88	30
6	2.09-2.35	30	6	1.57-1.65	30
7 (panchromatic)	0.52-0.90	15	7	2.11-2.29	30
			8 (panchromatic)	0.50-0.68	15
			9	1.36-1.38	30

**TABLE 4.3** Examples of Very High Resolution Satellite Images

Digital Globe			
IKONOS*		GeoEye-1	
Panchromatic	Multispectral	Panchromatic	Multispectral
82 cm	4 m	41 cm	1.65 m
QuickBird*		WorldView-4	
Panchromatic	Multispectral	Panchromatic	Multispectral
61 cm	2.4 m	31 cm	1.24 m
Pléiades			
Panchromatic		Multispectral	
50 cm		2 m	

\*Both Ikonos and QuickBird were inactivated in 2015.

Rerb



**Caractéristiques de quelques capteurs**

CAPTEURS	SPATIALE	SPECTRALE	RADIO-MÉTRIQUE	TEMPORELLE
NOAA_AVHRR	1,1km / 4km 1500 miles	4 ou 5 bandes (.58 - .68µm .72 - 1.1 3.55 - 3.93 10.3 - 11.3 11.5 - 12.5)	10 bit (0 à 1023)	12 heures (1 jour et 1 nuit)
LANDSAT_MSS	80 m 185 km	4 bandes (.5 - .6 µm .6 - .7 .7 - .8 .8 - 1.1)	6 bit (0 à 63)	16 jours
LANDSAT_TM	30 m / 120 m 185 km	7 bandes (.45 - .52µm .52 - .60 .63 - .69 .79 - .9 1.55 - 1.75 2.08 - 2.35 10.4 - 12.5)	8 bit (0 à 255)	14 jours
SPOT_XS	20 m 60 km	3 bandes (.5 - .59µm .61 - .68 .79 - .89)	8 bit (0 à 255)	26 jours
SPOT-P	10 m 60 km	1 bande (.51 - .73µm)	8 bit (0 à 255)	26 jours
IKONOS_XS	4 m 11 km	4 bandes (.45 - .52µm .52 - .60 .63 - .69 .76 - .90)	8 bit (0 à 255)	3 jours
IKONOS_P	1 m 11 km	1 bande (.45 - .90µm)	8 bit (0 à 255)	3 jours
Quick-Bird_XS	2.8 m 3 km	4 bandes (.45 - .52µm .52 - .60 .63 - .69 .76 - .90)	11 bit (0 à 2047)	3 jours ?
Quick-Bird_P	0.7m 3 km	1 bande (.45 - .90µm)	11 bit (0 à 2047)	3 jours ?

## 5.2 Les vecteurs :

Tous les satellites ne sont pas des satellites d'Observation de la Terre.

L'Observation de la Terre comprend la détection des aspects :

- de l'atmosphère,
- des mers,
- des paysages
- et des ressources terrestres.

Selon les applications attendues, les satellites d'observation de la Terre occupent différentes orbites.

### □ Orbite circulaire quelconque

Orbite circulaire : ellipse à excentricité nulle.

Les satellites TIROS, NOAA et ERS-1 ont des orbites circulaires.

### □ Orbite géostationnaire

Un satellite géostationnaire se situe toujours au zénith du même point sur l'équateur terrestre, le plan orbital est confondu avec le plan équatorial, et l'orbite est circulaire.

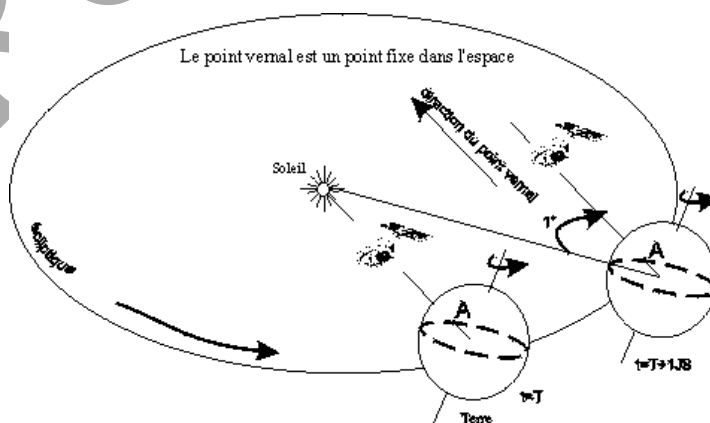
Le satellite tourne à la même vitesse angulaire que la Terre. Le rayon R de l'orbite est donné par la 3<sup>ème</sup> loi de Kepler :

42 164 km (35 786 km au-dessus de l'équateur).

Les satellites METEOSAT (France), GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellites*, USA), GMS (Japon) et INSAT (Inde) sont géostationnaires.

### □ Orbite héliosynchrone

Un satellite héliosynchrone passe **toujours à la même heure solaire locale au-dessus d'un même point** de la Terre. Le plan orbital du satellite reste fixe par rapport au plan orbital de la Terre autour du Soleil, donc la ligne des nœuds fait un angle constant avec la droite des centres de la Terre et du Soleil. Le plan orbital du satellite doit se déplacer de  $360^\circ$  en 365,2425 j soit de  $0,9856^\circ$  par jour.

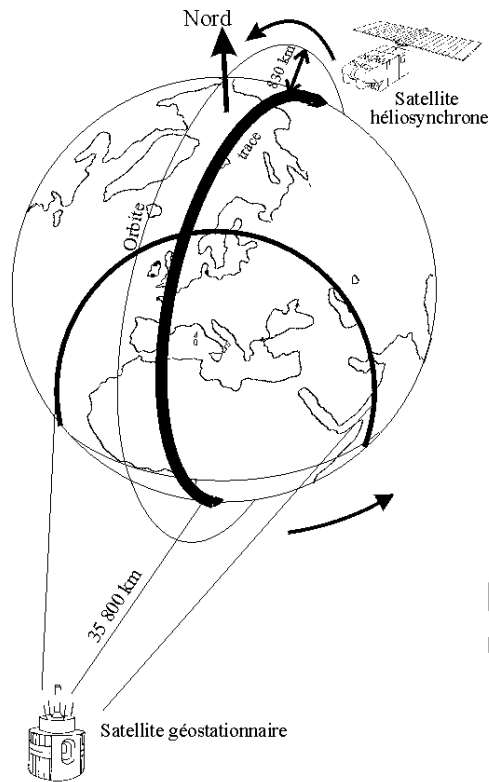


Déplacement du plan orbital d'un satellite héliosynchrone (*adapté de JM. Gilliot, 1994*)

### 3<sup>ème</sup> topographie Matière : Télédétection

Pour une orbite circulaire à 832 km d'altitude (SPOT), l'inclinaison doit être de 98,7 °, les pôles sud et nord ne sont jamais survolés. Les satellites NIMBUS, [LANDSAT](#) et [SPOT](#) circulent sur ce type d'orbite.

On distingue les satellites à défilement : orbites circulaires quelconques ou héliosynchrones, des satellites géostationnaires.



*Positions relatives des satellites héliosynchrone à défilement et géostationnaire.*

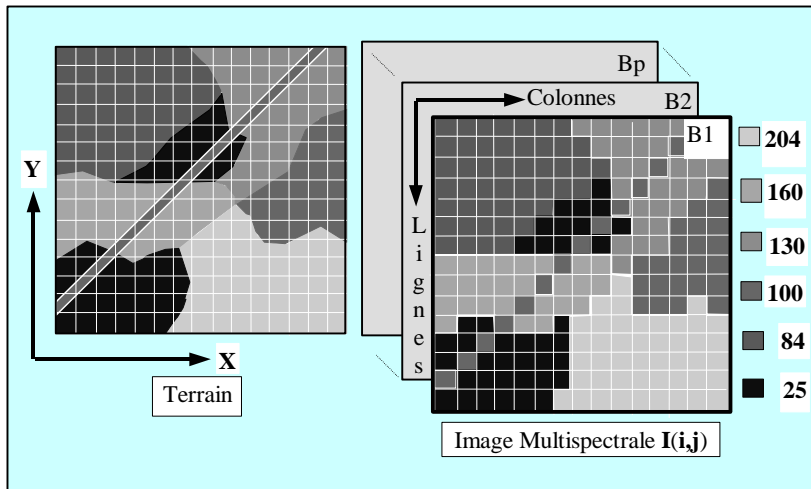
## Nature et Caractéristique de l'image

### 6. Définition de l'image :

Selon le mode de stockage, on distingue les images analogiques et les images numériques. L'*image numérique* est une fonction  $F(X, Y)$  à deux variables  $X$  et  $Y$  qui sont respectivement la ligne et la colonne, fournissant une ou plusieurs valeurs entières représentant les niveaux de gris du pixel dans les différents canaux.

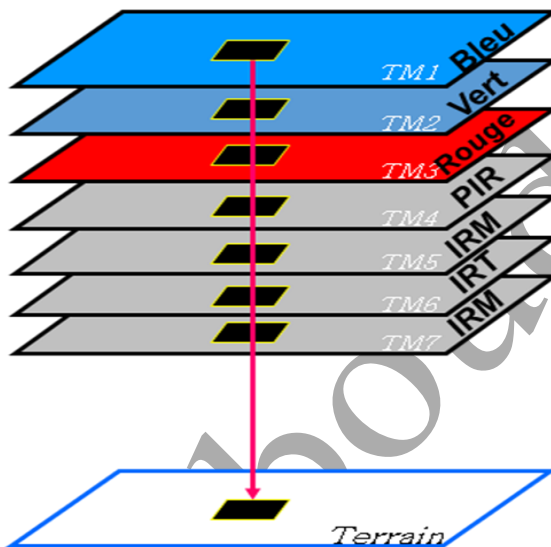
Chaque valeur radiométrique est codée sur  $N$  bits ( $N$  bits = 8 pour la plupart des systèmes de télédétection) et il lui correspond  $2^{N \text{ bits}}$  niveaux de gris. Chaque image peut occuper un espace mémoire égal à  $X \times Y \times N \text{ bits}$  pour une seule bande spectrale.

L'image numérique est une matrice dont chaque élément nous renseigne sur la luminance d'une portion élémentaire de l'objet au sol.



**Fig. 8: Représentation d'une surface sol en images multispectrales**

A titre d'exemple Les Données Numériques Landsat-TM:

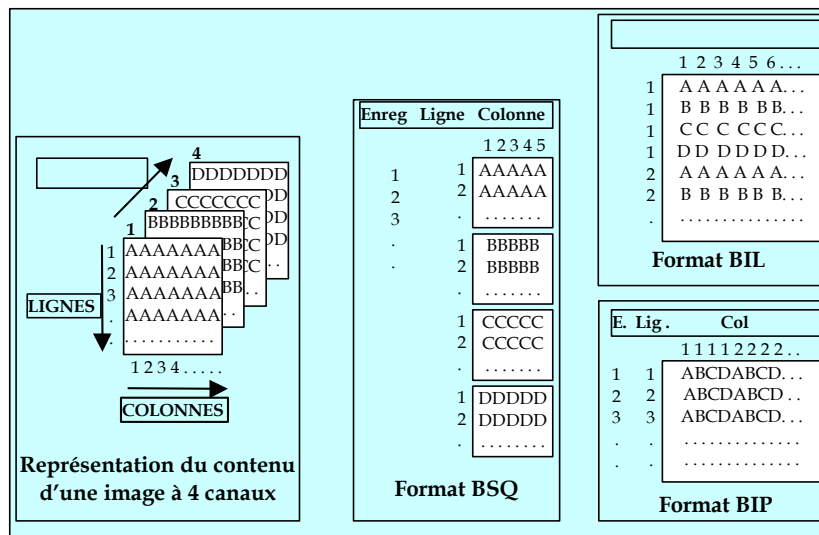


**Formats D'images :**

Les formats standard de bandes magnétiques que l'on peut trouver en télédétection sont:

- \* **BSQ**: Band Sequential,
- \* **BIL**: Band Interleaved by Line,
- \* **BIP**: Band Interleaved by Pixel,

\* **Exemples de formats : BSQ, BIL et BIP**



### 7. spécificité de quelque capteur :

Code capteur	Longueur d'onde (micromètre)	Couleur	Domaine spectral	Domaines d'utilisation
TM1	0,45-0,52	Bleu	Visible	Cartographie des eaux littorales Différentiation sol/végétation Différentiation feuillus/conifères
TM2 XS1 MSS4	0,56-0,60 0,49-0,59 0,50-0,60	Vert-jaune " "	Visible	Détection de la santé des végétaux Pic de réflectance du vert Chlorophylle
TM3 XS2 MSS5	0,63-0,69 0,61-0,69 0,60-0,70	Rouge " "	Visible	Absorption de la chlorophylle → différenciation des espèces végétales
TM4 XS3 MSS6 MSS7	0,76-0,90 0,80-0,91 0,70-0,80 0,80-1,10		TPIR	Cartographie de la biomasse Délimitation des plans d'eau
TM5	1,55-1,75		IRM	Mesure de l'humidité des plantes Différentiation nuage/neige
TM7	2,08-2,35		IRM	Mesure des altérations végétales dues à la sécheresse.
TM6	10,4-12,5		IRT	Cartographie hydrothermale Recherches géologiques

### 8. Principe de visualisation de l'image numérique :

### 3<sup>ème</sup> topographie

#### Matière : Télédétection

On appelle fonction image toute représentation d'un objet ou d'une scène dans un plan. Il existe deux formes physiques d'existence d'une image :

- En niveau de gris
- En couleur

Le principe de la visualisation d'un canal d'une image numérique est d'associer en niveau de gris, c'est un affichage monochrome.

Mais il est également possible de visualiser plusieurs canaux simultanément en système additive des couleurs. C'est ce que l'on appelle une composition colorée, ceci constitue une généralisation de la visualisation d'un canal à deux ou trois dimensions.

Cet affichage en trichromie est sous deux formes :

-une composition colorie vrais :

Bande Rouge (B3 du TM) dans le rouge

Bande ver (B2 du TM) dans le ver

Bande Bleu (B1 du TM) dans le Bleu

Ou en fausse couleur, dont on affecte n'importe quelle bande spectrale à n'importe quelle couleur. le plus important ici d'arriver à faire la distinction entre les objets ou les classe thématiques.

#### **REPRÉSENTATION DES COULEURS :**

La couleur blanche correspond à l'ensemble des couleurs, donc à l'ensemble des ondes du spectre du visible, par contre une autre couleur correspond à l'absence d'une onde ou d'une partie des radiations composant la lumière blanche ( GDTA, 1991 ).

a ) Couleurs primaires:

Elles sont indépendantes et avec lesquels on produit toutes les couleurs par combinaison. Elles sont représentées par les trois couleurs : Bleue; Verte et Rouge.

b ) Couleurs secondaires:

Elles sont obtenues par le mélange deux à deux des couleurs primaires. Ce sont les couleurs :

Jaune : obtenue avec le vert et le rouge.

Cyan : obtenue avec le vert et le bleu.

Magenta : obtenue avec le rouge et bleu.

c ) Couleurs complémentaires:

Lorsqu'elles sont mélangées elles donnent la couleur blanche:

Le rouge avec le cyan.

Le vert avec le magenta.

Le bleu avec le jaune.

il existe également d'autre type de couleur qui utilise l'intensité, la teinte et la saturation. (ITS)

## Traitement des données images

### 9. Prétraitements :

Cet élément englobe les procédures suivantes :

- **Correction géométrique**
- Correction Radiométrique
- Correction Atmosphérique

Ces correction sont sautant nécessaire pour passer aux traitements des images satellite. Mais dans notre cas on ne présent ici que la correction géométrique.

Toutes les images brutes obtenues par télédétection affichent, au départ, une ou plusieurs formes de distorsion géométrique. Les corrections géométriques sont appliquées sur les images pour réduire ces déformations géométriques intervenues lors de l'enregistrement de la scène. Elles comprennent trois étapes principales :

#### -Correction des déformations dues au système de prise de vue

Ces déformations sont dues essentiellement à la rotation de la terre, l'angle de vue et aux mouvements (lacet, roulis, tangage) de la plate - forme (satellite) (**Fig. 9**).

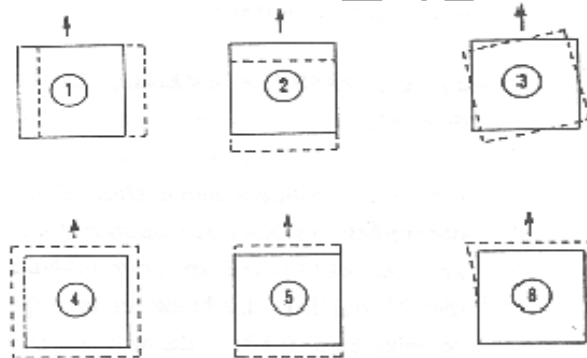


Fig. 9 : Les déformations géométriques dues à l'instabilité du satellite (CASSANET. 1984).

- ***roulis du satellite*** : Variation de l'inclinaison (rotation autour de l'axe de vol).
- ***tangage du satellite*** : Variation de la pente (rotation autour de l'axe de balayage).
- ***orbite d'altitude supérieure aux prévisions,***
- ***vitesse supérieure aux prévisions,***
- ***variation d'altitude en cours (augmentation),***

ENVI permet de recalcr une image soit :

- (1) par rapport à une autre image (correction géométrique),
- (2) par rapport à une carte de référence (géoréférencement).

Le processus de rectification passe par 3 étapes : (i) la saisie de points d'amers, (ii) le choix d'un modèle de rectification et (iii) le recalage par l'application du modèle sur l'image à corriger. Enfin, le processus de rectification est suivi d'un processus de mesure de la qualité du recalage.

**Travaux pratiques essentiellement sur les images Landsat (TM, ETM+ et OLI 8)**

**Références Bibliographiques :**

- 1- ABDELLAOUI A. ....: cours de La télédétection -les principes. Université Paris 12. 52p.
- 2- ABDELLAOUI A. ....: cours de La télédétection - Le rayonnement électromagnétique . Université Paris 12. 56p.
- 3- ABDELLAOUI A. ....: cours de La télédétection - La signature spectrale. Université Paris 12. 7p.
- 4- ABDELLAOUI A. ....: cours de La télédétection -Images et applications. Université Paris 12. 117p.
- 5-Francisco Eugenio González, Javier Marcello Ruiz et Ferran Marqués Acosta 2012 : MANUEL de TÉLÉDÉTECTION SPATIALE. 337p.
- 6- Kergomard C. : La télédétection aérospatiale : une introduction. École normale supérieure de Paris. 74p.
- 7-Régis CALOZ : TELEDETECTION SATELLITALE ; Notes de cours. École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Laboratoire de systèmes d'information géographique (LaSIG). 67p.
- 8- SCHOWENGERDT Robert A. 1997: Remote Sensing; Models and Methods for Image Processing. Second Edition. ACADEMIC PRESS LIMITED, UK.. 522p. ISBN 0-12-628981-6.
- 9- SERRADJ A. 2007: Formation accéléré sur la télédétection ; Application logiciel ENVI, université de Constantine.
- 10- pour plus d'information sur les images landsat :
  - [Lansat.gsfc.nasa.gov](http://Lansat.gsfc.nasa.gov)
  - [Landsat.usgs.gov](http://Landsat.usgs.gov)
- 11 - <https://earthexplorer.usgs.gov> (pour télécharger des images sat).