

3.L’imagerie satellitaire

1. Plates-formes et capteurs

1.1 Plates-formes Pour enregistrer adéquatement l’énergie réfléchie ou émise par une surface ou une cible donnée, on doit installer un capteur sur une **plate-forme** distante de la surface ou de la cible observée.

a. Les plates-formes au sol. Sont souvent utilisés pour enregistrer des informations détaillées sur la surface. Ces informations sont, par la suite, comparées aux informations recueillies par avion ou à partir d'un satellite. Les capteurs au sol sont souvent placés sur des échelles, des échafaudages, des édifices élevés, des grues, etc.

b. Les plates-formes aéroportées sont principalement situées sur des **avions** à ailes fixes, quoique des hélicoptères soient parfois utilisés. L'utilisation des avions est fréquente car cela facilite la cueillette de données ou d'images détaillées de la surface de la Terre.

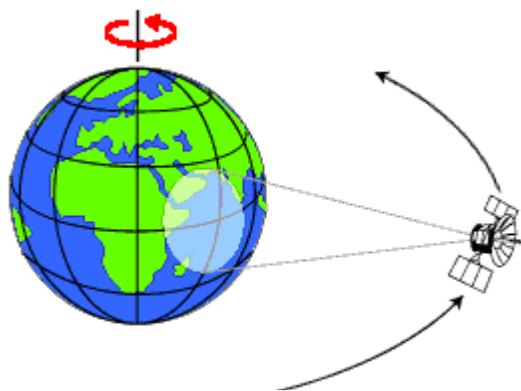
c. Les plates-formes satellitaires situées sur des navettes spatiales ou satellites L'utilisation des satellites est plus fréquents, ils sont en orbite autour de la Terre et permettent une couverture répétitive et continue de la surface de la Terre.

2.2 Les capteurs. Il existe 2 grandes familles de capteurs : **les capteurs passifs** (systèmes photographiques, balayeurs ou scanners) qui enregistrent le rayonnement naturels solaire et **les capteurs actifs** (lidar radar,Echo-sondeurs et les sonars) qui sont leur propre source d'éclairement.

2. Caractéristiques des satellites.

Certaines caractéristiques propres aux satellites en font des instruments particulièrement utiles pour l'acquisition d'information sur la surface de la Terre.

a.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.



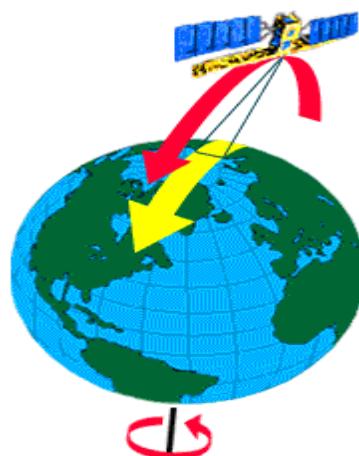
On distingue deux sortes d'orbites.

Orbite géostationnaire. Ces satellites géostationnaires ont une altitude d'environ 36 000 km et se déplacent à une vitesse qui correspond à celle de la Terre, donnant ainsi l'impression qu'ils sont stationnaires. Cette configuration orbitale permet au satellite d'observer et d'amasser continuellement de l'information sur une même région c'est-à-dire, il regarde toujours la même région de la surface de la Terre. Les satellites de communication et d'observation des conditions météorologiques sont situés sur de telles orbites.

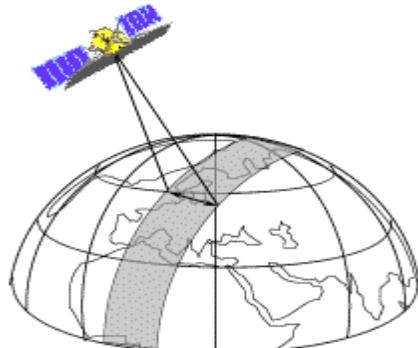
Orbite quasi polaire. Appelé ainsi à cause de l'inclinaison de l'orbite par rapport à une ligne passant par les pôles Nord et Sud de la Terre. Avec cette configuration et combinée à la rotation de la Terre (ouest-est), les satellites arrivent à observer presque la totalité de la surface de la Terre.

La plupart des satellites sur orbite quasi-polaires ont aussi une orbite **héliosynchrone**; de cette façon, ils observent toujours chaque région du globe à la **même heure locale solaire**.

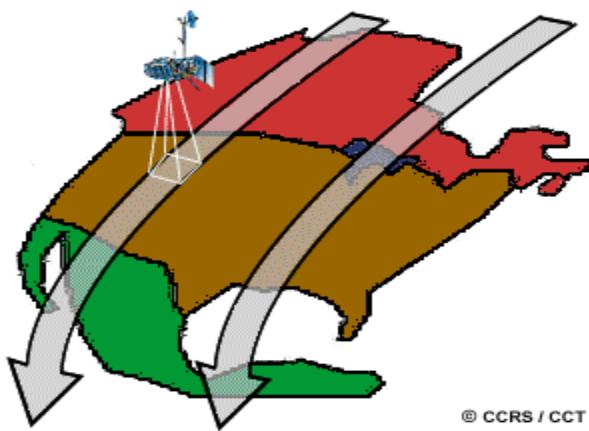
Les autres satellites sont des **orbites circulaires** quelconques qui offrent l'avantage de passer à la même altitude au dessus d'un point de la terre mais à des heures différentes. C'est le cas des satellites *ERS-1* et *ERS-2*.



b. 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**. Les capteurs sur plate-forme spatiale ont une fauchée dont la largeur varie généralement entre une dizaine et une centaine de kilomètres



c. les points nadir . Les points sur la surface de la Terre qui se trouvent directement en dessous de la trajectoire du satellite sont appelés les points **nadir**. On définit le **cycle de passage** du satellite comme étant la période de temps nécessaire pour que le satellite revienne au-dessus d'un point nadir pris au hasard. Le satellite aura alors effectué **un cycle orbital complet**.



© CCRS / CCT

3.Caractéristiques des images

a.Le pixel est le plus petit élément d'une image. Il est normalement carré et représente une partie de l'image.

Si un capteur a une résolution spatiale de 20 mètres et qu'il est possible de charger à l'écran une image provenant de ce capteur avec la pleine résolution, chaque pixel à l'écran représentera une superficie correspondant à 20 m sur 20 m au sol. Dans ce cas, la résolution et l'espacement des pixels sont identiques. Les images sur lesquelles seuls les grands éléments sont visibles ont une **Résolution**

"grossière" ou "basse". Les images à **Résolution fine ou élevée** permettent l'identification d'éléments de plus petites dimensions.

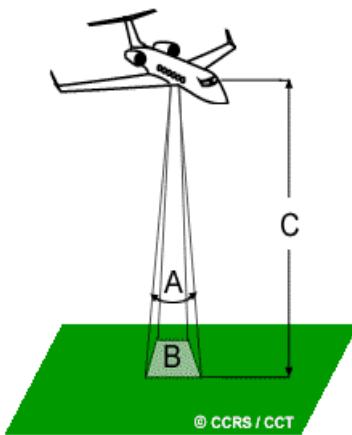
Les capteurs utilisés par les militaires par exemple, sont conçus pour obtenir le plus de détails possible. Ils ont donc une résolution très fine. Les satellites commerciaux ont une résolution qui varie de quelques mètres à plusieurs kilomètres.

b.L'échelle Le rapport entre la distance que l'on mesure sur une image ou une carte, et la distance correspondante au sol est appelée échelle. Une carte ayant une échelle de 1:100 000 représente un objet au sol de 100 000 cm (1 km) par un objet de 1 cm. Les cartes pour lesquelles le rapport est petit (1:100 000) sont des cartes à petite échelle, tandis que les cartes pour lesquelles ce rapport est plus grand (1:5 000) sont des cartes à grande échelle.

4.Caractéristiques des capteurs.

Pour certains instruments de télédétection, la distance entre la cible observée et la plateforme 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, 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. L'astronaute pourra voir une province entière d'un seul coup d'œil mais ne pourra pas distinguer les maisons. Lors d'un vol en avion au-dessus d'une ville, il est possible de voir des édifices et des automobiles, mais la région observée est beaucoup plus petite que celle vue par l'astronaute.



Quatre types de résolution caractérisent un capteur de télédétection, au sol ou embarqué

a. Résolution spatiale. C'est la surface minimale d'échantillonnage observée instantanément par le capteur satellitaire c'est-à-dire c'est la mesure de la finesse des détails d'une image et cette surface correspond au **pixel**

b. Résolution spectrale. Elle correspond aux bandes ou intervalles de longueurs d'onde auxquelles les capteurs sont sensibles.

L'eau et la végétation, peuvent être séparées en utilisant un intervalle de longueurs d'onde assez grand (le visible et l'infrarouge par exemple).

Alors que les différents types de roche ne sont pas aussi faciles à différencier et nécessitent l'utilisation d'un intervalle de longueurs d'onde beaucoup plus fin.

Plusieurs instruments de télédétection peuvent enregistrer l'énergie reçue selon des intervalles de longueurs d'onde à différentes résolutions spectrales. Ces instruments sont appelés **capteurs multispectraux**.

Des capteurs multispectraux plus développés, appelés capteurs hyperspectraux, sont capables de détecter des centaines de bandes spectrales très fines dans la portion du spectre des ondes électromagnétiques réunissant le visible, le proche infrarouge et l'infrarouge moyen.

c.Résolution radiométrique : La **résolution radiométrique** d'un système de télédétection décrit sa capacité de 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. La gamme de longueurs d'onde à l'intérieur de laquelle un capteur est sensible se nomme **plage dynamique**.

Les données images sont représentées par une valeur numérique variant entre 0 et 2 à une certaine puissance moins un. Cet intervalle correspond à un nombre de bits utilisés pour encoder des valeurs en format binaire. Chaque bit représente un exposant de la base 2 (par exemple, 1 bit = $2^1 = 2$). Le nombre maximum de niveaux d'intensité disponibles dépend du nombre de bits utilisés pour représenter l'intensité enregistrée. Par exemple, un capteur utilisant 8 bits pour enregistrer les données aura $2^8 = 256$ niveaux d'intensité disponibles car il aura 256 valeurs numériques 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. Les données enregistrées sont souvent affichées en tons de gris, avec le noir représentant une valeur numérique de "0" et le blanc représentant la valeur numérique maximale. En comparant une image de 2-bits à une image de 8-bits à une image de 8-bits d'une même scène, on peut voir l'énorme différence dans le nombre de détails qu'il est possible de distinguer selon la résolution radiométrique.



La résolution radiométrique faible (4 bits) La résolution radiométrique faible (8 bits)

d.Résolution temporelle ou répétitivité. Elle correspond à la période entre deux acquisitions de la même scène (même point). Cette résolution ne dépend pas du capteur mais de l'orbite et du mode de manœuvre du satellite.

En amassant des données périodiquement et de façon continue, il est possible de suivre les changements qui surviennent à la surface de la Terre, qu'ils soient naturels (comme le développement de la végétation ou l'évolution d'une inondation) ou de source humaine (comme le développement des milieux urbains ou la déforestation).

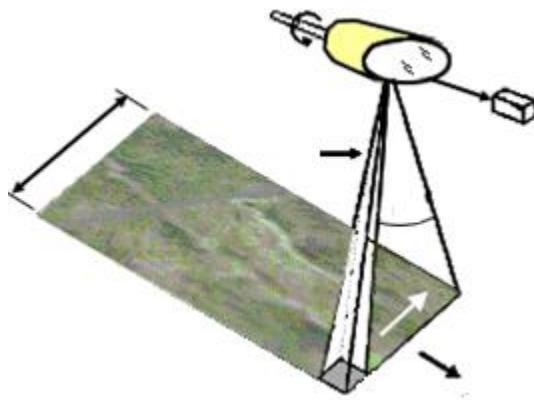
5. le principe d'acquisition des données

Contrairement aux capteurs photographiques, plusieurs capteurs électroniques acquièrent leurs données en utilisant un **système à balayage**

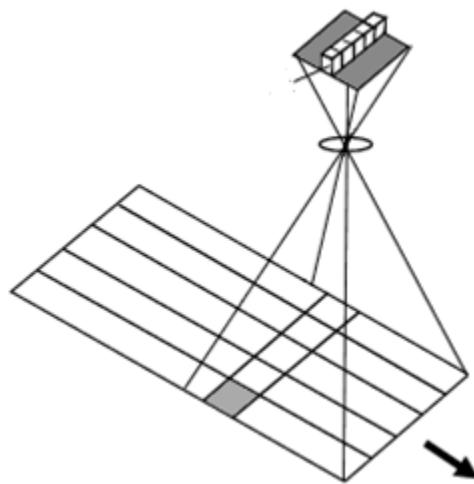
5.1.Balayage multispectral Les systèmes à balayage peuvent être utilisés sur des plates-formes aériennes ou spatiales, et opèrent essentiellement de la même façon. Un système à balayage qui utilise plusieurs longueurs d'onde pour acquérir les données est appelé un **balayeur multispectral (BMS)**.

Il y a deux méthodes principales (ou modes) de balayage pour amasser des données multispectrales : le **balayage perpendiculaire à la trajectoire** et le **balayage parallèle à la trajectoire**.

a.Le balayage perpendiculaire à la trajectoire ratisse la Terre en une série de lignes. Le balayage s'effectue d'un côté du capteur à l'autre,



b.Le balayage parallèle à la trajectoire (balayeur à barrettes) utilise aussi le mouvement de la plate-forme afin d'enregistrer les données le long de lignes successives et de construire une image bidimensionnelle.



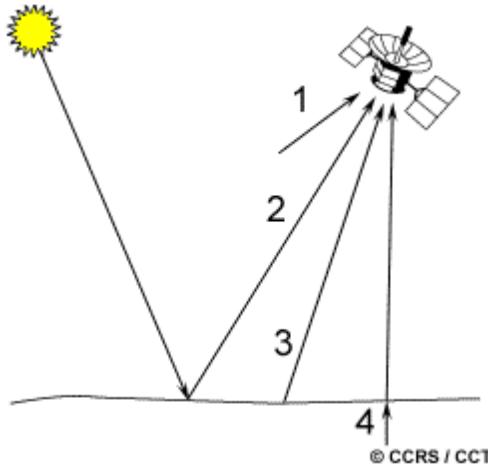
Télédétection de hyperfréquences

I.Introduction : la portion du spectre des hyperfréquences couvre une longueur d'onde d'une étendue variant de 1 centimètre à 1 mètre. Les ondes les plus longues passent au travers de la couche nuageuse, la brume, la poussière et la pluie fine puisqu'elles ne sont pas sensibles à la diffusion atmosphérique qui affecte les ondes plus courtes.

Cette propriété permet la détection dans presque toutes les conditions atmosphériques, et donc l'acquisition de données en tout temps.

La détection par hyperfréquences (micro-ondes) comprend la forme active et la forme passive de la télédétection

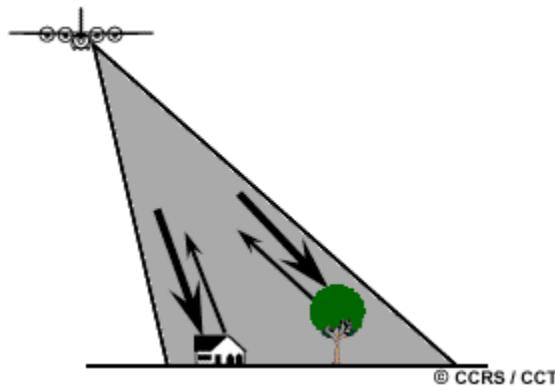
1.Les capteurs passifs à hyperfréquences. Un capteur passif détecte l'énergie dans les hyperfréquences émises naturellement dans son champ de vision. Cette énergie est fonction de la température et de l'humidité de l'objet sur la surface émettrice. Les capteurs passifs sont habituellement des radiomètres ou des balayeurs. L'énergie enregistrée dans la partie du spectre des hyperfréquences par un capteur passif, peut être émise par l'atmosphère (1), réfléchie du sol (2), émise par le sol (3) ou transmise du sous-sol (4)



2.Les capteurs actifs à hyperfréquences. Ils fournissent leur propre source de rayonnement pour illuminer la cible.

Le plus répandu des systèmes actifs à hyperfréquences est le **radar**. De l'anglais (Radio Detection And Ranging) radar veut dire détection et télémétrie par ondes radio.

Les radars transmettent vers la cible un signal radio dans les hyperfréquences et détectent la partie rétrodiffusée du signal. L'intensité du signal rétrodiffusé est mesurée pour discerner les différentes cibles, et le délai entre l' transmission et la réception du signal sert à déterminer la distance (ou la portée) de la cible.



Les capteurs actifs à hyperfréquences . sont généralement divisés en deux catégories distinctes : les capteurs imageurs et les capteurs non-imageurs.

a. Les capteurs à hyperfréquences non-imageurs. incluent les altimètres, ils mesurent le temps aller retour jusqu'aux cibles pour déterminer la distance. Généralement, les altimètres pointent directement au nadir (sous la plate-forme) et peuvent ainsi mesurer la hauteur ou l'élévation de la cible. Ils sont embarqués à bord d'avions et de satellites pour la cartographie topographique et l'estimation de la hauteur de la surface de la mer.

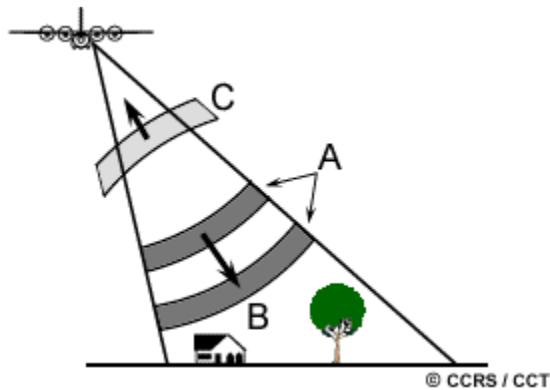
b. Les capteurs à hyperfréquences imageurs . fournissent des images bidimensionnelles

II. Principes de base des radars.

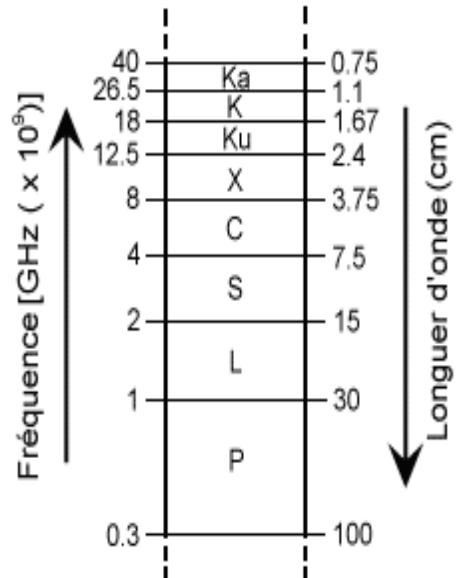
Un **radar** est essentiellement un instrument mesurant des distances.

Il consiste en un émetteur, un récepteur, une antenne et un système électronique pour traiter et enregistrer les données. L'émetteur génère de courtes **impulsions** d'hyperfréquences (A) à intervalle régulier qui sont concentrées en un faisceau (B) par l'antenne. Le faisceau radar illumine latéralement la surface à angle droit par rapport au déplacement de la plate-forme. L'antenne reçoit une partie de l'énergie réfléchie (**rétrodiffusée**) par différents objets illuminés par le faisceau (C). En mesurant le délai entre la transmission et la réception de l'impulsion rétrodiffusée par les différentes cibles que les radars illuminent, on peut déterminer leur distance au radar, donc leur position.

À mesure que le capteur se déplace, l'enregistrement et le traitement du signal rétrodiffusé construisent une image en deux dimensions de la surface illuminée par les hyperfréquences.



1.Les bandes d'hyperfréquences. Les bandes d'hyperfréquences les plus utilisées sont toujours identifiées par des lettres qui leur ont été attribuées lors de la Deuxième Guerre Mondiale.



-**Bandes Ka, K et Ku** : très petites longueurs d'onde, utilisées dans les premiers radars aéroportés, très peu utilisées de nos jours.

- **Bandes X** : très utilisée dans les systèmes radars aéroportés pour la reconnaissance militaire et la cartographie.

-Bande C : répandue dans plusieurs systèmes de recherche aéroportés (le Convair-580 du CCT, le AirSAR de

-Bande S : utilisée par le satellite russe ALMAZ.

-Bande L : utilisée par le satellite américain SEASAT et le satellite japonais JERS-1, ainsi que dans le système aéroporté de la NASA.

-Bande P : la plus grande longueur d'onde radar, utilisée pour le système aéroporté expérimental de la NASA. la NASA) et spatioportés (ERS-1 et 2 ainsi que RADARSAT).