



BULLETIN DE L'INFORMATION GEOGRAPHIQUE APPLIQUEE AUX ACTIVITES DE RECHERCHE- DEVELOPPEMENT



Numéro 3

Voici le troisième numéro du BIG, mensuel de l'information géographique appliquée aux activités de recherche-développement, qui traite ce mois-ci de la télédétection.

La télédétection est utilisée de manière croissante à Madagascar dans différents domaines, tels que la gestion des ressources naturelles, la sécurisation foncière ou encore l'urbanisme opérationnel. De quoi s'agit-il ?

Télé signifie "à distance" et détection veut dire "découvrir" ou "déceler". La télédétection peut donc être définie comme « l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci. » (Pouchin)

En conséquence, lorsque nous faisons l'usage d'images satellites dans le cadre de nos recherches ou de nos projets, qu'il s'agisse de photographies aériennes ou d'images satellites (y compris les images obtenues via les serveurs gratuits de type Google Earth), nous faisons de la télédétection... parfois peut-être sans le savoir !

Un peu de théorie pour consolider nos pratiques ? C'est ce que propose cette fiche synthétique.

Initiation à la télédétection

En théorie, la télédétection est née de la fusion de deux inventions anciennes : la mongolfière et la photographie. En réalité, la télédétection moderne est née de la photographie aérienne, qui a connu un essor considérable au cours du XX^e siècle, surtout au cours de la seconde guerre mondiale... motivée par les objectifs militaires et stratégiques que l'on connaît.

Mais l'année qui symbolise l'entrée de la télédétection dans l'ère moderne est l'année 1957 avec le lancement de Spoutnik, premier satellite artificiel. Depuis, de nombreux pays dont les USA, le Canada, la France, l'ex-URSS puis la Russie, la Chine, le Japon ou encore l'Inde ont développé leurs propres programmes de télédétection. Aujourd'hui, des dizaines de satellites d'observation de la Terre sont en orbite et fournissent en permanence des milliers d'images pour des applications militaires, mais aussi de plus en plus pour des applications civiles.



Qu'est ce que la télédétection ?

La télédétection se définit comme un processus d'acquisition d'information à propos d'un objet, d'une surface, d'un phénomène sans contact avec eux. Notre oeil est un excellent exemple d'un dispositif de télédétection. Nous sommes capables d'estimer la quantité et la nature de l'énergie

de la lumière visible réfléchi nous parvenant dans notre champ visuel et d'en déduire des informations à propos de notre environnement. Cette énergie est produite par une source externe, en général le soleil. Contrairement au thermomètre qui a besoin d'être en contact avec l'objet pour en

mesurer la température, la télédétection collecte l'information à distance.

Cette définition est assez générale. On a proposé également de réserver le terme de télédétection à l'estimation des interactions entre les matériaux de la surface terrestre et l'énergie électromagnétique. Ainsi, "la télédétection est la technique qui, par l'acquisition d'images, permet d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information". (CCT).

C'est une science qui permet de photographier la terre à distance. Dans ce

Principes de base de la télédétection

Le principe de base de la télédétection est similaire à celui de la vision de l'homme. La télédétection est le fruit de l'interaction entre trois éléments fondamentaux : une source d'énergie, une cible et un vecteur.

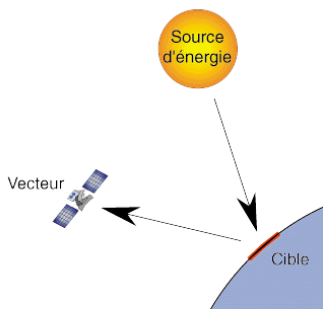


Figure 2 : principe de base de la télédétection

● **La cible** est la portion de la surface terrestre observée par le satellite. Sa taille peut varier de quelques dizaines à plusieurs milliers de kilomètres carrés.

● **La source d'énergie** est l'élément qui "éclaire" la cible en émettant une onde électromagnétique (flux de photons).

cas, elle mesure et permet d'étudier la réponse spectrale de l'état de surface du sol en fonction de la longueur d'onde de l'onde électromagnétique utilisée (figure 1).



Figure 1 : Image du satellite Landsat-TM à 25 m de résolution. Feuillet 22A - Gaspé (Est du Québec)

Dans l'immense majorité des cas que nous aborderons ici, la source d'énergie est le soleil. Néanmoins, la technologie RADAR nécessite qu'un émetteur soit embarqué sur le satellite, dans ce cas le satellite lui-même est source d'énergie. Il est également possible de mesurer la chaleur qui se dégage à la surface de la cible (infrarouge thermique), auquel cas c'est la cible qui est source d'énergie (bien qu'il s'agisse d'énergie solaire stockée et réémise).

● **Le vecteur** ou plate-forme de télédétection mesure l'énergie solaire (rayonnement électromagnétique) réfléchi par la cible. Le vecteur peut-être un satellite ou un avion, dominant la cible de quelques centaines de mètres à 36 000 kilomètres. Les capteurs embarqués sur le satellite mesurent le rayonnement électromagnétique réfléchi, puis un émetteur renvoie l'image sur Terre vers des stations de réception.

Lorsque le satellite ne fait que capter le rayonnement réfléchi, on parle de télédétection passive et lorsque le satellite émet une onde vers la cible et en mesure l'écho, on parle de télédétection active.

Sept étapes clés

De manière plus détaillée, on peut schématiser la télédétection comme un ensemble de 7 étapes clés

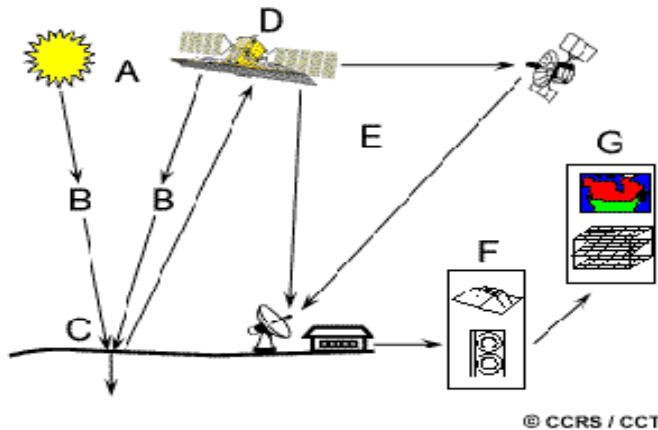


Figure 3 : les sept étapes de la télédétection

1. Source d'énergie ou d'illumination (A) :

À l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible. Le plus souvent, voire dans la presque totalité des cas, cette source d'énergie est le soleil. Mais le satellite lui-même peut être source d'énergie : c'est le cas pour le domaine de la télédétection radar.

2. Rayonnement et atmosphère (B) :

Durant son parcours « aller » entre la source d'énergie et la cible, le rayonnement interagit avec l'atmosphère. Une seconde interaction se produit lors du trajet « retour » entre la cible et le capteur.

3. Interaction avec la cible (C) -

Une fois parvenue à la cible, l'énergie interagit avec la surface de celle-ci. La nature de cette interaction dépend des caractéristiques du rayonnement et des propriétés de la surface. Chaque objet géographique émet ou réfléchit un rayonnement dans les diverses fréquences du spectre électromagnétique (cf. encart ci-après). Cette caractéristique s'appelle le comportement spectral. En télédétection, on suppose que tout objet ou classe d'objet sur la surface terrestre possède sa propre « empreinte digitale » dans le spectre électromagnétique (la signature spectrale), en fonction de la longueur d'onde du rayonnement qui est réfléchi ou émis par lui-même. Ainsi, une parcelle de canne à sucre aura des signatures différentes en

fonction de son stade végétatif et de son niveau de maturation.



Figure 4 de gauche à droite : parcelle de canne à sucre récemment repiquée, arrivée à maturité et coupée recouverte de matière sèche (l'activité chlorophyllienne ressort en rouge).

Ainsi, la télédétection est mobilisée de manière croissante dans les très grandes exploitations (Afrique du Sud, Australie, Europe...) pour localiser des retards de croissance ou des stress hydriques, qui sont identifiables et donc localisables par traitement d'images.

4. Enregistrement de l'énergie par le capteur (D) -

Une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée à distance par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible mais embarqué à bord d'un satellite ou d'un avion par exemple, pour être enfin enregistrée sous format numérique.

5. Transmission, réception et traitement (E) -

Cette information enregistrée par le capteur est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception généralement située au sol où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques).

6. Interprétation et analyse (F) - Une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible. Cet aspect sera plus traité plus en détails dans notre prochain numéro du BIG

7. Application (G) - La dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible, c'est-à-dire la portion d'espace étudiée (une ville, une zone inondée, une forêt, etc...) pour nous en faire découvrir de nouveaux aspects ou pour aider à résoudre un problème particulier.

Ces sept étapes couvrent le processus de la télédétection, du début à la fin.



Figure 5 :Antananarivo, quartiers d'Anosy, Mahamasina et Antaninarenina... Extrait d'une image QuickBird à très haute résolution (source Google Earth). En réalité, l'image satellite a été modifiée pour que les couleurs correspondent aux couleurs telles qu'elles sont perçues par l'œil humain : on dit alors qu'il s'agit de « fausses couleurs ». Cette présentation est particulièrement utilisée pour du repérage ou des traitements manuels réalisés à l'œil nu, comme on le ferait avec une photo aérienne.

Un encart pour mieux comprendre... :

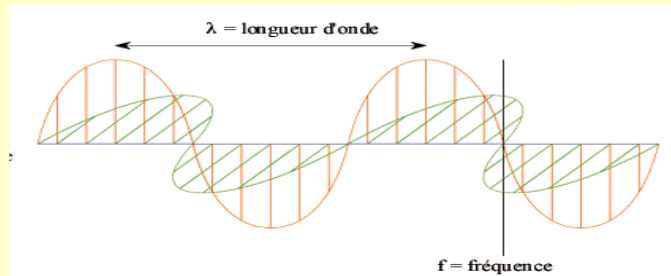
Rayonnement électromagnétique et spectre

Le signal, c'est-à-dire la part d'énergie reçue puis réfléchi par une cible en direction du capteur est transmis sous forme de rayonnement électromagnétique.

Le rayonnement électromagnétique (REM)

Pour comprendre la télédétection, il est indispensable de saisir les deux composantes du rayonnement électromagnétique que sont la longueur d'onde et la fréquence.

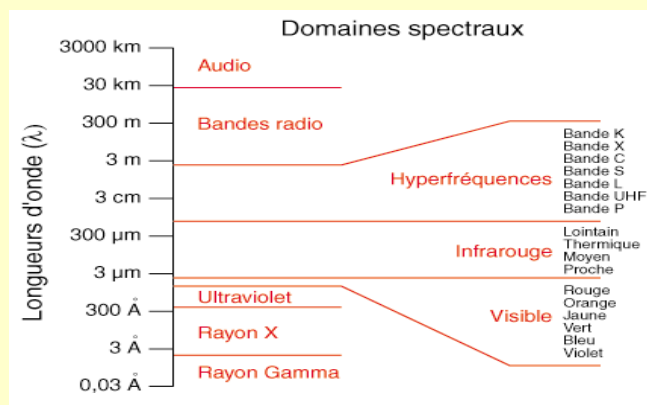
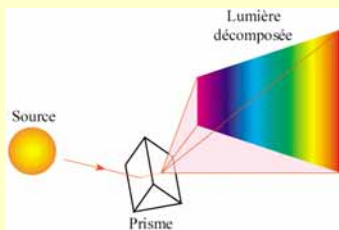
La longueur d'onde équivaut à la longueur d'un cycle d'une onde, ce qui correspond à la distance entre deux crêtes successives d'une onde. La longueur d'onde est représentée habituellement par la lettre grecque lambda (λ), et est mesurée en mètres ou en l'un de ces sous-multiples tels que les nanomètres (nm, 10⁻⁹ mètre), micromètres (μ m, 10⁻⁶ mètre) ou centimètres (cm, 10⁻² mètre). La fréquence représente le nombre d'oscillations par unité de temps. La fréquence est normalement mesurée en Hertz (Hz) (c.-à-d. en oscillations par seconde) ou en multiples de Hertz.



La longueur d'onde et la fréquence sont donc inversement proportionnelles, c'est-à-dire que plus la longueur d'onde est petite, plus la fréquence est élevée, et plus la longueur d'onde est grande, plus la fréquence est basse. Afin de comprendre l'information tirée des données de télédétection, il est essentiel de bien saisir les caractéristiques du rayonnement électromagnétique. Nous examinerons maintenant la classification du rayonnement électromagnétique.

Le spectre électromagnétique : c'est le résultat de la décomposition du rayonnement électromagnétique en ses fréquences constituantes. 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). La télédétection utilise plusieurs régions du spectre électromagnétique.

Ainsi, lorsque la lumière passe à travers un prisme, elle se décompose en plusieurs couleurs constituantes (principe de l'arc-en-ciel).



En télédétection aérospatiale, les capteurs des instruments embarqués sur les satellites et avions mesurent la quantité de REM renvoyée par une portion d'espace terrestre. Alors que les pellicules photographiques ne peuvent techniquement enregistrer que les longueurs d'ondes visibles et proche-infrarouge, les capteurs embarqués sur les satellites peuvent enregistrer les ultraviolets (rare), le visible, le proche-infrarouge, l'infrarouge moyen, l'infrarouge thermique, l'infrarouge lointain et les hyperfréquences.

Pour en savoir plus sur la télédétection

- *"Du rayonnement à l'image"* Découverte des principes de base et des lois physiques fondamentales. <http://tpouchin.club.fr/chapitre1/chapitre1.htm>
- Tutoriel du Centre Canadien de Télédétection - *Notions fondamentales de télédétection* http://www.cct.rncan.gc.ca/resource/tutor/fundam/chapter1/02_f.php
- Tutoriel de l'Université de Sherbrooke – Département de géomatique appliquée - <http://www.usherbrooke.ca/geotel/geomatique/tutoriels.html>

Dans le prochain BIG : initiation au traitement numérique des images.

Ce bulletin est édité par l'Université d'Antananarivo et le Cirad. Pour tout complément d'information ou pour toute suggestion concernant cette initiative, merci de bien vouloir contacter : Cécile Martignac (martignac@cirad.mg), Solofo Rakotraompiana (ioga.ccrq@wanadoo.mg) ou Solofo Rakotoniaina (solofoup@wanadoo.mg).