

**UNIVERSITE L'ARBI BEN M'HIDI - OUM EL BOUAGHI**

**INSTITUT DE GESTION DES TECHNIQUES URBAINES**

**MODULE : TELEDETECTION**

**ENSEIGNANT : SERRADJ MOHAMED LYES**

# LA TELEDETECTION

La télédétection est une technique par laquelle les mesures sont effectuées à distance, sans contact direct donc entre l'instrument de mesure et l'objet détecté. Elle est particulièrement employée pour l'étude de la surface de la Terre, à partir d'un véhicule aérien ou spatial, en analysant le rayonnement électromagnétique, qui est porteur d'informations. Son développement au cours des dernières décennies a suscité la création d'une véritable discipline s'attachant à l'interprétation des données qu'elle recueille à différentes échelles.

La télédétection aérienne, et plus encore satellitaire, est utilisée pour connaître aussi bien les autres planètes du système solaire que l'environnement global de la Terre ; elle participe également à la construction des systèmes d'information géographique, qui permettent de gérer des collectivités locales. La télédétection peut contribuer aussi au contrôle du désarmement ou effectuer des reconnaissances nécessaires aux opérations militaires. Elle a aujourd'hui sa place dans les domaines théoriques et appliqués, globaux et locaux.

---

## La télédétection aérienne

C'est au cours des opérations de la Première Guerre mondiale que la photo-interprétation prit son essor, et ses premières utilisations civiles ont été faites dans deux domaines : l'archéologie et la prospection pétrolière. En archéologie, on peut déceler d'anciennes structures agraires ou des réseaux d'irrigation abandonnés ; en prospection pétrolière, il est possible de repérer des structures géologiques propices aux gisements d'hydrocarbures.

La Seconde Guerre mondiale a également entraîné une accélération des progrès de la télédétection. En effet, le conflit a ouvert de nouvelles perspectives à la photographie aérienne classique, grâce, entre autres, à des prises de vues à de très hautes altitudes, et a imposé la mise au point de nouvelles méthodes de détection exploitant surtout deux domaines : celui de l'infrarouge thermique et celui du radar. Ce dernier a été particulièrement développé en Grande-Bretagne, notamment pour l'aide au bombardement nocturne. Certains résultats de l'effort de guerre en télédétection, portant par exemple sur la détection des camouflages, ont été repris dans les activités civiles, spécialement pour la reconnaissance, à partir de la photographie en infrarouge proche, des végétaux et des maladies qui les affectent.

---

## La télédétection spatiale

L'ère spatiale induit, après 1960, un nouveau développement de la télédétection, ainsi qu'une révolution de ses méthodes à un moment où la généralisation d'une informatique performante autorise le traitement des masses considérables de données recueillies grâce aux satellites.

La télédétection spatiale a d'abord été développée à des fins militaires : le caractère des orbites des satellites artificiels présentant un avantage considérable pour l'acquisition d'informations d'intérêt stratégique sur des États inaccessibles sans autorisation préalable de survol aérien.

Les vols à bord des premiers vaisseaux habités soviétiques (Vostok et Voskhod) ou américains (Mercury et Gemini) montrèrent à un large public l'intérêt d'observer la Terre depuis l'espace : les premières images réalisées à partir de l'espace apportaient des données nouvelles dans les domaines de la météorologie, de la géologie, de l'océanographie et de la cartographie. La couverture étendue et homogène des systèmes spatiaux, leur caractère synoptique (Vision générale, aperçu panoramique) fournissent des documents que l'on ne peut obtenir avec les photographies aériennes, même assemblées en mosaïques.

À partir de 1972, date de lancement du premier satellite civil américain inaugurant le programme ERTS (Earth Resources Technology Satellite, appelé Landsat par la suite), commencent à fléchir les réticences de ceux qui craignaient que la diffusion des informations spatiales ne nuise à la sécurité internationale: la capacité de distinguer deux objets au sol, appelée résolution , restait suffisamment générale pour qu'un consensus fût obtenu, et le programme fut officiellement développé pour le bénéfice de l'humanité tout entière.

Avec le lancement du satellite français SPOT, en 1986, une nouvelle étape est atteinte : la technologie spatiale n'est plus le domaine réservé des États-Unis et de l'Union soviétique, cette dernière n'ayant d'ailleurs pas vraiment développé de programme civil distinct de ses activités militaires. Aujourd'hui de nombreux satellites civils de télédétection, américains, français, européens, japonais, chinois et indiens, fournissent en permanence des images de notre planète. L'amélioration du pouvoir de résolution des capteurs tend dans le même temps à rapprocher certains types d'images spatiales des photographies aériennes, parfois même à les concurrencer.

---

## **Téledétection passive et active**

Tout corps dont la température est supérieure au zéro, émet un rayonnement électromagnétique qui peut être absorbé, réfléchi ou transmis par les objets qu'il atteint.

Lorsque le rayonnement utilisé a une source naturelle, le plus souvent le Soleil, la télédétection est dite *passive* ; lorsqu'il a une source artificielle fournie par le système de télédétection, elle est dite *active*.

La télédétection se fonde en fait sur la mesure du rayonnement réfléchi, transmis ou émis dans la direction du capteur, et dans les limites du champ d'observation de cet instrument. Cette mesure doit renseigner sur la surface du sol, qui est l'objet d'étude.

Mais la mesure de ce rayonnement est affectée, dans des proportions variables, par les caractères d'absorption et de diffusion de la tranche d'atmosphère traversée par le rayonnement.

En effet, l'atmosphère est opaque (sombre) pour certaines longueurs d'onde, alors qu'elle est transparente – à des degrés divers – au rayonnement dans d'autres parties du spectre, appelées pour cela même «fenêtres atmosphériques»; ces dernières déterminent les bandes spectrales dans lesquelles la télédétection des surfaces terrestres est possible.

---

## **Les bandes spectrales**

En télédétection, les bandes spectrales utilisées sont l'ultraviolet, le visible, le proche infrarouge, l'infrarouge moyen, l'infrarouge thermique et les micro-ondes.

L'*ultraviolet* est très largement absorbé par les hautes couches de l'atmosphère et n'est donc utilisé qu'en télédétection aérienne, où les capteurs sont justement peu nombreux.

Le *visible* et l'*infrarouge proche*, c'est-à-dire proche du visible correspondent à une très importante fenêtre atmosphérique à laquelle s'est adaptée la sensibilité de l'œil humain. Cette partie du spectre est couramment utilisée en télédétection ; elle comprend, selon des longueurs

d'onde croissantes, le violet, le bleu, le vert, le jaune, l'orangé, le rouge ainsi que l'infrarouge proche.

L'*infrarouge moyen* elles renseignent sur l'humidité de la végétation.

Les *micro-ondes* elles sont utilisées par le radar, dont les bandes spectrales sont souvent désignées par les lettres des codes militaires, autrefois secrets. Elles ont la propriété de traverser les nuages, et permettent donc la télédétection par tout temps.

---

### **Les capteurs en télédétection**

---

Appareils photographiques, radiomètres à balayage et radars imageurs sont des capteurs utilisés par la télédétection aérienne comme par la télédétection spatiale.

---

## **Les différents types de satellites de télédétection**

La télédétection de la Terre s'exerce à partir de deux types généraux de satellites : géostationnaires et à défilement.

---

### **Les satellites géostationnaires**

Ils demeurent constamment au-dessus d'un même point de la Terre. Pour cela, ils effectuent une révolution circulaire dans le plan équatorial à 36 000 km d'altitude, l'inclinaison de leur orbite est donc nulle.

En raison de l'altitude à laquelle se trouvent les capteurs, la télédétection se caractérise par un champ global d'observation très vaste: il embrasse une «calotte» centrée sur un point équatorial situé à la longitude du satellite et couvrant 4/10 de la surface du globe terrestre, avec toutefois une qualité médiocre d'observation près des bords de la calotte. Elle est aussi caractérisée par une faible résolution au sol liée à la grande distance de la Terre.

Les satellites géostationnaires de télédétection sont essentiellement météorologiques. Ils font partie d'une ceinture de cinq engins destinés à assurer la couverture de la totalité de la planète, à l'exception des zones polaires, inobservables de cette position.

---

### **Les satellites à défilement**

Ils défilent au-dessus de la surface de la Terre, et l'amplitude de la zone que les satellites de ce type survolent dépend de l'inclinaison de leur plan orbital.

---

## **Les principaux programmes de télédétection**

---

### **Le programme Landsat**

Le premier satellite américain de télédétection, appelé ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite) avant d'être dénommé Landsat 1, fut lancé le 23 juillet 1972. La famille des satellites Landsat comprend plusieurs séries.

---

### **Le programme SPOT**

Le programme SPOT (Satellite pour l'observation de la Terre) a été décidé par la France, en 1978, avec une participation de la Belgique et de la Suède. Les satellites ont été lancés en 1986 (SPOT 1), en 1990 (SPOT 2) et en 1993 (SPOT 3). Leur orbite, circulaire et héliosynchrone, est décrite à une altitude de 830 km; ils passent à 10 h 30 au nœud descendant et ont un cycle orbital de 26 jours.

Une nouvelle génération de satellites commencera avec SPOT 4, qui doit être lancée en 1997-1998 et qui sera dotée d'une plate-forme (MK 2) permettant un accroissement de la charge utile et de la durée de vie du satellite. SPOT 5 est même envisagé, si les budgets le permettent.

---

### **Le programme ERS**

Le programme de l'Agence spatiale européenne ERS (European Remote Sensing) a été décidé, dès 1982, par les douze États membres de l'Agence et par le Canada. Il constitue un instrument important dans le domaine de la surveillance de l'environnement terrestre. L'orbite de référence d'ERS-1 est héliosynchrone à 785 km d'altitude, avec un cycle de 3 jours.

---

## Les programmes russes

Du fait même de la structure du secteur spatial russe, il est difficile de discerner la part du civil et celle du militaire dans nombre de programmes d'observation de la Terre, ces activités étant le plus souvent menées de pair et conçues de façon complémentaire.

Le système Resurs, dont les données sont de plus en plus exploitées à des fins civiles, se compose de trois familles de satellites dotés d'appareils aux capacités de résolution différentes.

Les Resurs F, dérivés de satellites de reconnaissance militaire.

Les Resurs O, hérités du programme Meteor-Priroda, plus spécifiquement orientés vers l'étude de l'environnement et les problèmes de pollution. Ils sont équipés de radiomètres assurant une résolution de 45 m au sol et de radars à antenne synthétique.

Les Okean, destinés à une observation radar à des fins surtout océanographiques. Ils sont dotés de radiomètres et de radars dont la résolution au sol, adaptée à l'étude des étendues marines, est moins fine que celle des systèmes Resurs.

Enfin, les satellites du programme Almaz, dotés de deux radars latéraux d'une résolution de 25 m environ, marquaient le développement d'un ambitieux système. Cependant, après le prototype Cosmos 1870, lancé en 1987, la mise sur orbite en 1991 d'Almaz 1 devait entamer la phase opérationnelle. En fait, la durée de vie du satellite, bien plus courte que prévu, et les difficultés russes de financement d'un système complexe font que la série est actuellement interrompue.



---

## **Les apports de la télédétection**

Les méthodes de connaissance et de représentation de la planète ont été bouleversées par l'usage généralisé de la télédétection, qui a permis une substitution de l'image à l'imaginé, une perception de l'invisible et une généralisation de l'usage du numérique. Toutefois, la télédétection spatiale se distingue nettement de l'aérienne dans la mesure où elle engendre une universalité de l'acquisition des données.

---

## **Le renouvellement des méthodes géographiques**

La télédétection aérienne a commencé à fournir des photographies de régions limitées dès le XIX<sup>e</sup> siècle, mais ce n'est qu'avec la télédétection spatiale que l'on a disposé de véritables images de la totalité de notre planète. C'est ainsi que toute une série d'images s'est ajoutée, et parfois même substituée, aux cartes qui étaient des reconstitutions graphiques d'un espace imaginé à partir de levés de terrain.

De nombreux capteurs de télédétection aérienne ou spatiale ont le pouvoir de rendre visibles des traits qui échappent à l'œil humain ; ces nouvelles observations concernent des parties du spectre de plus en plus nombreuses et sollicitent des efforts considérables de la science contemporaine pour leur interprétation. Les observations dans l'infrarouge comme dans les ondes radar fournissent de bons exemples dans ce domaine.

Si les télédétections aérienne et spatiale atteignent l'invisible spectral, seule la dernière sait atteindre l'invisible géométrique. Les sondes spatiales possèdent ainsi le pouvoir d'accéder à des domaines géométriquement cachés – comme la face opposée de la Lune – pour un observateur terrestre. Elles permettent aussi d'observer d'assez près des domaines forts lointains, comme la surface de Vénus ou de Mars.

La télédétection apporte, en outre, de plus en plus des mesures quantitatives, qui remplacent les observations qualitatives de l'explorateur, du topographe, du géologue, de l'archéologue...

---

## **Les applications de la télédétection**

Cette alliance nouvelle de l'image numérique et de l'informatique a rendu possible le traitement de données fournies en quantités énormes par les satellites. Le traitement substitue de plus en plus aux images originelles simples des images dérivées, filtrées, composées et combinées avec des données fournies par d'autres moyens que la télédétection.

La cartographie, déjà très large utilisatrice des photographies aériennes en photogrammétrie, a trouvé dans l'imagerie numérique satellitaire une base de données à la fois universelle et constamment actualisée. La météorologie élabore aujourd'hui l'essentiel de ses prévisions à partir de l'analyse des images spatiales ; de même, l'océanographie a considérablement développé l'étude des images spatiales pour la connaissance des faits tant biologiques que physiques. La géologie, la pédologie, la cartographie des couverts végétaux, naturels ou agricoles, sont aussi de grandes consommatrices d'images de télédétection. La connaissance de l'environnement, le suivi des catastrophes naturelles, la constitution des outils d'aménagement du territoire et de gestion qui sont devenus les systèmes d'information géographique, le renseignement militaire trouvent désormais dans les données de télédétection une de leurs bases indispensables.

---

## **Aspects politiques et commerciaux de la télédétection**

La télédétection spatiale se différencie fondamentalement de la télédétection aérienne par sa capacité à embrasser de vastes étendues synoptiques, mais aussi par sa liberté de survoler toute la planète sans autorisation préalable.

---

### **La libre circulation dans l'espace**

L'ignorance des frontières politiques – découlant naturellement des lois de la mécanique céleste – a été d'une certaine façon légitimée par le traité de l'Espace de 1967, pierre angulaire du droit spatial. Le principe fondamental est celui de la liberté d'exploration et d'utilisation de l'espace, le traité précisant en préambule que cette utilisation doit être conduite à des fins pacifiques. La réglementation concernant l'observation de la Terre depuis l'espace est donc assez peu précise.

En effet, l'existence de la reconnaissance militaire n'a finalement été reconnue par les États-Unis et l'Union soviétique, et encore de façon seulement implicite, qu'en 1972 à l'occasion de la signature des accords de désarmement SALT. Dans le même temps, les deux pays s'engageaient à ne pas gêner la mise en œuvre de leurs moyens techniques nationaux respectifs, catégorie dont les satellites représentent la part essentielle ; les satellites militaires d'observation se trouvaient donc protégés par un accord bilatéral au moment même où le premier satellite civil, Landsat 1, était mis sur orbite.

La philosophie du programme est alors clairement exposée par les Américains, qui annoncent qu'il est destiné au bénéfice de l'humanité. De fait, les données Landsat seront longtemps accessibles à très faible prix, voire gratuitement pour les scientifiques. Cependant, cette politique de diffusion d'images prises sur n'importe quel territoire portait atteinte au principe de souveraineté nationale, ainsi qu'un certain nombre d'États l'ont fait dès lors remarquer. Le développement d'une politique de commercialisation correspond de fait à un tournant décisif.

---

## **Le droit de la télédétection**

Le souci des États possédant des systèmes de télédétection de rentabiliser leurs efforts de recherche les a conduits à rapprocher le régime juridique des activités de télédétection du régime général du droit commercial. L'ONU a ainsi longuement débattu du «droit de la télédétection» depuis 1970, pour aboutir finalement, le 4 décembre 1986, à l'adoption des principes sur la télédétection : l'accès aux données doit être garanti de façon non discriminatoire à tout acheteur qui en fait la demande, et ce pour un prix qui doit être raisonnable.

Aujourd'hui, les données des satellites sont commercialisées par des agences nationales ou par des sociétés de droit privé. Les images des satellites américains Landsat sont vendues par Eosat, celles des satellites français SPOT par Spot Image. Les Russes tentent de développer un système semblable pour les données Resurs, Cosmos ou Almaz, mais les revendications de plusieurs organismes – concepteurs ou réalisateurs des satellites, voire gestionnaires des données – sur la propriété des images compliquent considérablement le processus.

Les satellites civils d'observation de la Terre sont aujourd'hui développés par un nombre croissant d'États : États-Unis, Europe, Japon, Inde. Leurs données peuvent *a priori* être utilisées par tous du fait de la libre commercialisation des produits.

L'amélioration de la technologie, et donc l'augmentation des capacités de résolution, et l'accès aux systèmes russes marquent un véritable tournant, mais posent aussi un certain nombre de questions sur les implications possibles de ces satellites dans la sécurité internationale.

---

## **La télédétection commerciale**

À partir du moment où un certain nombre de sociétés privées réclament des licences pour la vente d'images dont la résolution est comprise entre 1 et 3 m, en mettant en avant la nécessité de faire face à la concurrence, en particulier russe et française, le débat glisse des enjeux de sécurité aux enjeux économiques.

En dépit de l'enthousiasme des tenants d'une nouvelle libéralisation des conditions d'acquisition et de vente d'images à haute résolution, faisant miroiter le développement d'un

important marché, il faut reconnaître que la concurrence envisagée n'est peut-être pas aussi menaçante.

En effet, les données du satellite Hélios, par exemple, ne sont pas destinées à être largement diffusées, comme certaines publications américaines voudraient le faire croire. En ce qui concerne les images russes d'origine militaire, s'il est vrai que leur contrôle est encore insuffisant, l'expérience prouve que peu d'entre elles circulent et que l'incapacité d'assurer un suivi régulier de la fourniture d'informations limite considérablement les risques éventuels de dérapage.

Les termes de la discussion se résument donc finalement à découpler haute résolution spatiale et actualisation des données civiles, certains responsables de l'administration américaine proposant même de fournir systématiquement des images vieilles de plusieurs années si leur précision inquiète. Mais, dans ce cas, la rentabilité d'un projet de ce type semble assez compromise. Ainsi, la télédétection, servie par des progrès techniques impressionnants, pose encore la nécessité de trouver un équilibre relatif entre commercialisation de l'espace et enjeux de sécurité nationale.

## **Bibliographie**

### **Ouvrages de références sur :**

[http://www.ensg.eu/IMG/pdf/bibliographie\\_ref\\_teledection.pdf](http://www.ensg.eu/IMG/pdf/bibliographie_ref_teledection.pdf)