

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE BATNA -2
CHAHID MOSTEFA BEN BOULAID

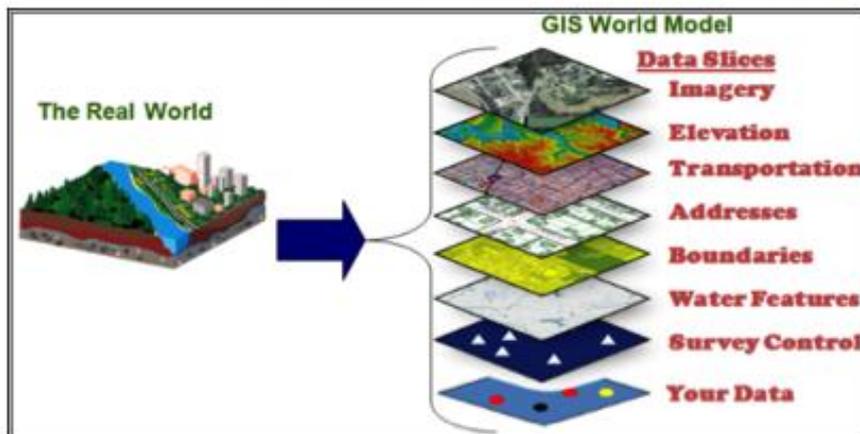


Institut des sciences de la terre et de l'univers
Département de géographie et aménagement du territoire

1^{ère} année géographie et aménagement du territoire

Cours :

Introduction à la géomatique



Réalisé par : Dr. Guellouh Sami.

Année universitaire 2019/2020

Unité d'enseignement : UE Méthodologique UEM21

Intitulé de la matière M 213: Introduction à la géomatique

Crédits : 3

Coefficient : 2

Chapitre 1. La Géomatique

- ❖ Définition des concepts
- ❖ Disciplines de la géomatique: (Cartographie, Systèmes d'Information Géographique (SIG), Informatique, Imagerie aérienne et spatiale, Géodésie, Topométrie, Télédétection
- ❖ Photogrammétrie, Mathématiques).
- ❖ Applications de la géomatique

Chapitre 2. Système d'information géographique :

- ❖ Les composants d'un SIG (Matériel, Logiciels, Données, Utilisateurs...)
- ❖ Base de données géographiques.
- ❖ Les volets d'un SIG (Géotraitement, géovisualisation, géodatabase)
- ❖ Domaines d'application du SIG
- ❖ Avantages de l'utilisation des SIG

Chapitre 3. Télédétection :

- ❖ Principes de fonctionnement
- ❖ Le rayonnement électromagnétique
- ❖ Les satellites
- ❖ Les signatures multi spectrales
- ❖ La résolution
- ❖ Domaines d'application de la télédétection
- ❖ Avantages de l'utilisation de la télédétection

Mode d'évaluation : Contrôle continu et examen

Cours 1 : La géomatique

Le mot « géomatique » est un néologisme qui a été proposé, dans les années 1960 par le géomètre et photogrammètre français Bernard Dubuisson. Géomatique issu de la contraction de deux termes « géographie » et « informatique ». Donc c'est la Combinaison syntaxique de ses deux mots : Géo veut dire terre /Matique veut dire informatique.

C'est tout d'abord au Québec que le terme de « géomatique » va se développer. Ce néologisme est apparu à l'université de Laval qui contient une faculté de foresterie et Géomatique, ou se trouve le Département de géomatique qui héberge un centre de recherche de la géomatique.

Désormais, ce néologisme est utilisé dans le monde entier.

Une des premières définitions explicites de la géomatique, toujours la plus couramment citée aujourd'hui, est celle proposée en 1992 par Bergeron dans son Vocabulaire de la géomatique : «Une discipline ayant pour objet la gestion des données à référence spatiale par l'intégration des sciences et des technologies reliées à leur acquisition, leur stockage, leur traitement et leur diffusion », dont Bergeron donne une liste «les mathématiques, la physique, l'informatique, la topométrie, la cartographie, la géodésie, la photogrammétrie et la télédétection».

Donc, le terme géomatique est relativement nouveau qui dérive de Géo, c'est la terre et Matique qui veut dire informatique. Ce sont finalement des technologies de l'information du service de la géographie et toutes les données qui touchent le domaine spatiale.

Parmi les disciplines de la géomatique on peut citer :

1. La topométrie : (l'ensemble des méthodes qui vont permettre de faire l'acquisition des données géographiques sur terrain ainsi pour procéder aux relevés métriques nécessaires à l'établissement d'une carte).

2. La géodésie : est la science de la détermination mathématique et de l'étude de la forme et de la géométrie de la terre.

3. La photogrammétrie et la télédétection : ses techniques sont basées sur l'image et permettent une observation et des mesures aussi des objets sur le territoire.

3.1. La photogrammétrie : est née dans les années 30, elle constitue l'ensemble des matériels et techniques utilisés pour la représentation d'un territoire à partir des clichés de la prise de vues aériennes dont la précision des photos (l'échelle) dépendra de la hauteur du vol. Elle constitue ainsi l'art d'obtenir des dimensions fiables des objets au moyen de photographie.

3.2. Télédétection : C'est l'ensemble des techniques qui permettent par l'acquisition d'images d'obtenir de l'information sur le système: (terre / océan / atmosphère) sans contact direct avec celui-ci. Ceci se fait à l'aide d'un satellite de télédétection.

La télédétection vise à caractériser la nature des phénomènes terrestres que montrent les images, tandis que la photogrammétrie en mesure la forme et la position.

4. La cartographie : est la science de l'élaboration et l'étude des cartes qui est toujours présentée à une échelle précise, (varie selon le détail ou la portion de territoire à représenter) et qui permettent la représentation géographique des éléments naturels et artificiels d'un territoire.

La cartographie est un ensemble d'études et opérations scientifiques, artistiques et techniques, intervenant dans l'élaboration d'une carte, d'un plan ou autre mode d'expression, à partir des résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation, ainsi que dans leur utilisation (Khalfi B, 2017).

5. L'informatique : L'utilisation d'outils informatiques que l'on nomme les SIG. Les Systèmes d'Information Géographique qu'on abrège généralement (SIG) tiennent une place centrale dans la géomatique puisqu'ils sont les outils informatiques permettant la représentation et l'analyse des données. L'informatique ne peut donc pas être pour la géomatique une science comme une autre. Elle se trouve dans son cœur car elle conceptualise et instrumentalise la nature numérique des données à traiter.

Le SIG désigne un système qui permet d'acquérir, d'organiser, de gérer, de traiter, d'analyser et de restituer des données géographiques sous forme de plan et de carte.

Par conséquent, la géomatique regroupe au moins trois activités distinctes : la collecte des données géographiques, le traitement de ces données et la diffusion de celles-ci. Les outils informatiques apparaissent indispensables à ces trois activités. La géomatique est donc bien la discipline où la géographie (les données géographiques) et l'informatique sont indissociables.

Une des principales particularités de la géomatique est précisément de permettre l'intégration de l'information issue de domaines divers. Ces renseignements sont

rattachés à une portion de territoire; leur position géographique est connue et liée à des entités géométriques telles que des points (bâtiments, unités d'évaluation foncière, etc.), des lignes (rues, cours d'eau, etc.) et des surfaces (lots, lacs, zonage, etc.).

Cette discipline est appliquée à de nombreux domaines tels que l'aménagement du territoire, la prévention des risques naturels ou encore la gestion des ressources naturelles et de l'urbanisme, l'environnement (les problèmes environnementaux)....

Donc la géomatique est un domaine qui fait appel aux sciences et aux technologies de mesure de la terre. C'est une discipline regroupant les pratiques, méthodes et technologies qui permettent de collecter, analyser et diffuser des données géographiques. "Données spatiales" "données géo-spatiales"

L'objectif final de la géomatique est la représentation spatiale des données récoltées pour identifier, représenter et démontrer les résultats d'analyses.

Donc la géomatique est un outil de soutien solide à la gestion du territoire, une épine dorsale à laquelle viennent se rattacher les différentes bases de données qui concernent un même territoire.

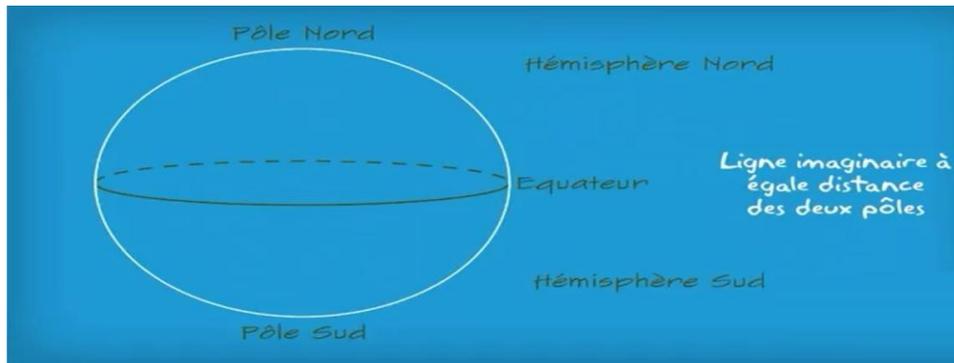
La géomatique permet donc :

- ❖ L'acquisition de données géo-localisées (technologies GPS, Photos ariennes, imagerie satellitaire,...)
- ❖ La transformation des données en information signifiante et structurée, et intégration dans des systèmes d'information via diverses technologies informatiques tels que SIG
- ❖ La simulation et analyse spatiale de phénomènes se déroulant sur le territoire (étude de l'évolution urbaine, des espaces naturels ou agricoles, analyse du trafic routier et de la mobilité, implantation d'infrastructures, prévention et gestion des risques, sécurité civile, défense...).

Cours 2: Les coordonnées géographiques et les coordonnées projetées

1. Introduction

Pour situer un site de façon précise les géographes ont créés un système de coordonnées géographiques qui sert à déterminer la localisation d'un lieu sur la terre. Ils ont créés des lignes imaginaires pour découper la terre.

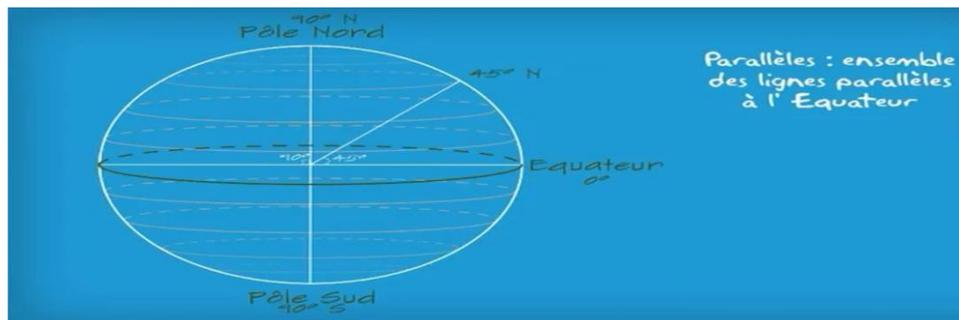


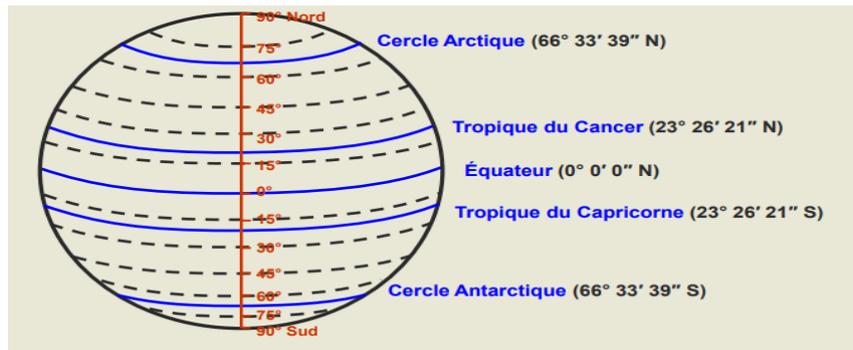
L'hémisphère Nord et l'hémisphère Sud

La première ligne imaginaire est l'équateur qui divise la terre en deux hémisphères.

A partir de l'équateur d'autres lignes ont été tracées. Ce découpage permet d'indiquer la latitude, c'est-à-dire l'angle formé entre ce parallèle et le plan de l'équateur, (l'angle au centre de la terre qui sépare l'équateur et le parallèle d'un lieu).

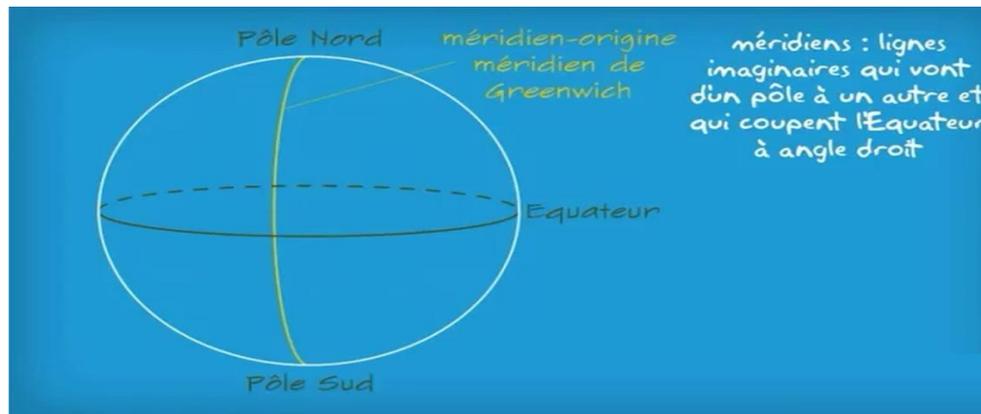
Ça signifie que l'équateur a une latitude de 0° . Comme l'angle entre le plan de l'équateur et le pôle nord est un angle de 90° donc il est de latitude de 90° , et la même chose pour le pôle sud.





Les latitudes (l'ensemble des lignes parallèles à l'équateur)

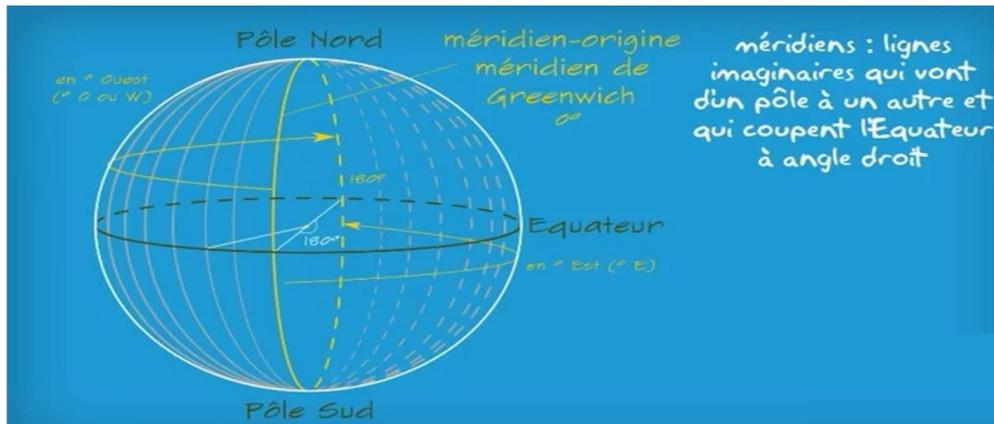
Pour résumer, l'ensemble de points sur un même parallèle ont une même latitude. Donc il ya des milliers de points à la surface de la terre avec une même latitude, c'est la raison pour la quelle d'autre lignes imaginaires ont été créées, qui sont les méridiens. C'est-à-dire la ligne qui rejoint les pôles et qui coupe l'équateur à angle droit.



Le méridien-origine (Greenwich)

Le méridien-origine qui passe par Greenwich en Angleterre est le méridien à partir le quel est calculé la longitude c'est-à-dire l'angle formé entre le méridien-origine et le point où on en situe (l'angle au centre de la terre qui sépare le méridien Greenwich et le méridien d'un lieu dont on cherche à définir la position).

La longitude comme la latitude, elle est exprimée en degré. La longitude est exprimé en degré Est ou en degré Ouest en fonction si on s'éloigne du méridien-origine en direction de l'ouest ou en direction de l'est.



Le méridien-origine (Greenwich) et les méridiens.

Cela vaut dire que tous les points sur le même méridien partagent la même longitude. Les longitudes vont de 180° Est à 180° Ouest.

Chaque position sur la terre est unique à condition d'indiquer la longitude et la latitude qui forment ce qu'on appelle les coordonnées géographiques.

Les latitudes vont de 90° nord à 90° (nonante) sud, on prend les valeurs +90 (N) et -90 (S) et si on pose la question combien vauX en Km un degré de latitude ? Et bien en faite on peut faire le calcul suivant :

On sait que circonférence terrestre est 40 075 km et la circonférence par définition est 360° (un tour sur nous même). Donc : $40075/360 = 111\text{km}$.

Et comme les méridiens ont tous la même longueur du pôle Nord au pôle Sud donc on peut généraliser que 1° égale toujours et partout sur la terre 111 km.

Partout le long de l'équateur 1° de longitude égale à 111 Km, tandis que 1° de longitude aux pôles égale à 0 Km. Quand on va de l'équateur vers les pôles on voit que les méridiens se rapprochent de plus en plus les un et les autre ce qui nous amène forcement à utiliser l'outil mathématique faisant varie 111 Km de 0 à 1.

On peut utiliser trigonométrie plus spécifiquement le cercle trigonométrique pour calculer le Sinus et le Cosinus car 1° de longitude sera calculer par la formule suivants :

$$1^\circ \text{ de longitude} = 111 \text{ km} \times \text{Cosinus de la Latitude.}$$



Le cercle trigonométrique.

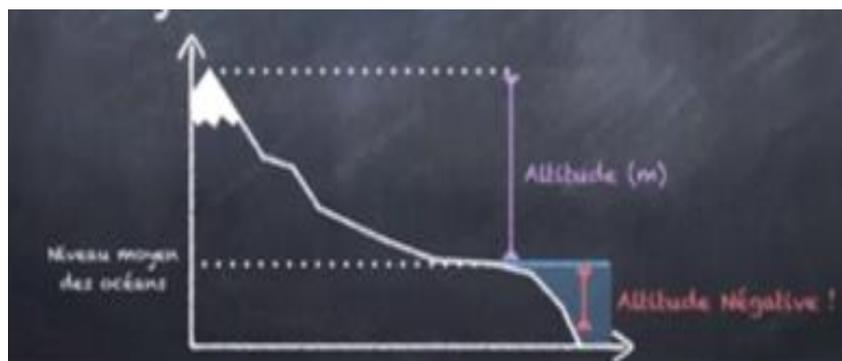
Dans la pratique en géographie nous n'avons pas vraiment un cercle trigonométrique, car le 0° sera l'équateur et le 90° c'est au niveau des pôles.

Si on prend un exemple de 45° de latitude, 1° de longitude = $111 \times \cos 45 (0.7) = 77.8 \text{ Km}$.



Longitude et latitude sur une carte

L'altitude : C'est la mesure en mètre de l'élévation d'un lieu par rapport à une surface de référence qui est souvent le niveau moyen de la mer.



L'altitude positive et l'altitude négative

2. Le système de coordonnées

Le système de coordonnées constitue un système de trois coordonnées qui sont: la latitude, la longitude et l'altitude (ou l'élévation par rapport au niveau moyen de la mer) qui détermine l'emplacement d'un lieu sur la terre.

En cartographie, un système de coordonnées est un référentiel dans lequel on peut se situer de façon précise dans l'espace grâce à un couple de coordonnées géographiques et d'identifier la localisation des objets et des phénomènes sur l'ensemble du globe terrestre.

Les systèmes de coordonnées géographiques possèdent des unités qui mesurent les degrés de longitude (coordonnées x) et les degrés de latitude (coordonnées y).

L'emplacement des données est exprimé sous forme de nombres positifs ou négatifs, des valeurs x et y positives pour le nord de l'équateur et l'est du méridien principal et des valeurs négatives pour le sud de l'équateur et l'ouest du méridien principal. Donc, les cartes représentent des emplacements à la surface de la Terre à l'aide de grilles, en utilisant plusieurs emplacements au sol en (degrés de longitude-latitude). Les coordonnées géographiques sont très souvent données en DMS ou bien en degrés décimaux dont les minutes et secondes peuvent être convertis en fractions décimales de degré. La formule générale est alors la suivante :

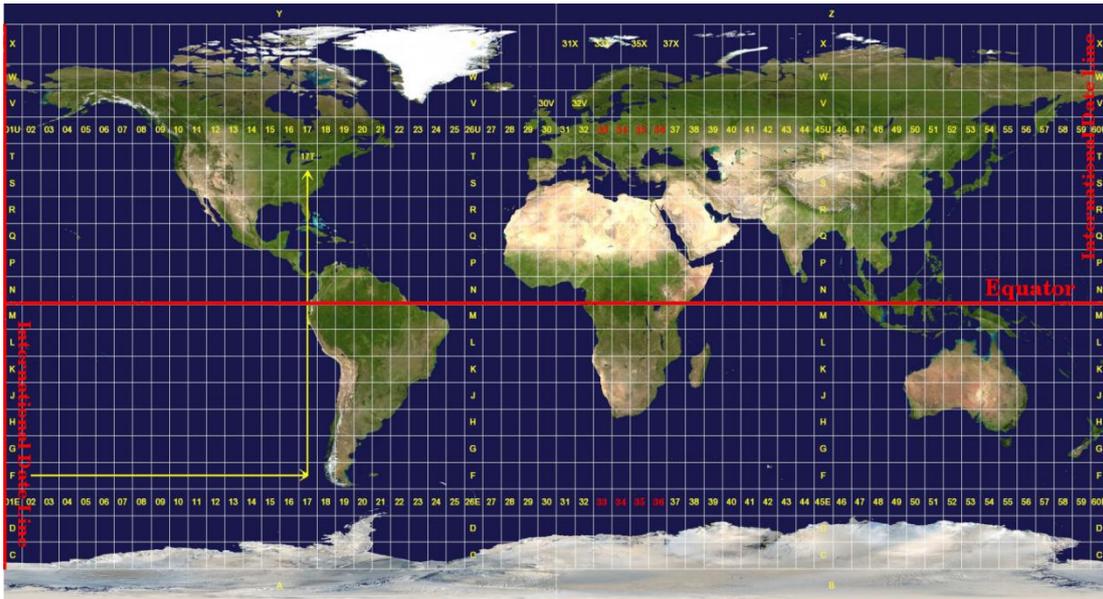
Latitude (degrés décimaux) = degrés + (minutes / 60) + (secondes / 3600).

Par exemple, pour une latitude de 45° 54' 36" (45 degrés, 54 minutes et 36 secondes), obtient : $45 + (54 / 60) + (36 / 3600) = 45,91^\circ$. Dans le sens inverse, la conversion se fait selon un processus itératif. Soit une longitude de $121,136^\circ$:

- ❖ Le nombre avant la virgule indique les degrés $\Rightarrow 121^\circ$
- ❖ Multipliez le nombre après la virgule par 60 $\Rightarrow 0,136 * 60 = 8,16$
- ❖ Le nombre avant la virgule indique les minutes (8')
- ❖ Multipliez le nombre après la virgule par 60 $\Rightarrow 0,16 * 60 = 9,6$
- ❖ Le résultat indique les secondes (9,6").
- ❖ La longitude est donc de $121^\circ 8' 9,6''$

Les données spatiales peuvent également être exprimées à l'aide des systèmes de coordonnées projetées. The Universal Transverse Mercator (UTM). Les coordonnées sont exprimées à l'aide de mesures linéaires en mètre au lieu de degrés angulaires.

Le système de coordonnées projetées UTM (Universal Transverse Mercator) est divisé en zones qui couvrent toutes les régions du monde. 60 zones nord et sud de 6° de longitude appelées fuseaux. Chaque région du monde doit être projetée dans sa propre zone. A l'intérieure d'une zone, les coordonnées d'une point sont indiquées en mètre. La latitude égale la distance à l'équateur et la longitude est la variation de distance au centre du fuseau qui a comme valeur conventionnelle 500 000 m.



The Universal Transverse Mercator (UTM)

3. Le Géoréférencement

On peut se demander premièrement c'est quoi et il va servir à quoi ?

S'applique à des images raster dont le but est d'effectuer une référence spatiale dans une projection géographique donnée à une image qui n'en a pas.

Il consiste à utiliser des coordonnées cartographiques pour affecter un emplacement spatial à des entités cartographiques. Tous les éléments d'une couche de carte ont une position et une étendue géographiques spécifiques qui leur permettent d'être repérés sur la surface de la terre, ou près de celle-ci. La capacité de localiser avec précision des entités géographiques est essentielle pour la cartographie et le SIG. Tous les éléments d'une couche de carte ont une localisation et une étendue géographiques spécifiques qui leur permettent d'être repérés sur la surface de la terre, ou près de celle-ci. La capacité de décrire avec précision des localisations géographiques est essentielle pour la cartographie et le SIG. Ce processus s'appelle le géoréférencement.

Pour être adéquate, la description de l'emplacement et de la forme des entités nécessite une structure de coordonnées permettant de définir les emplacements réels. Un système de coordonnées géographiques permet d'associer des emplacements géographiques à des objets. Un système de coordonnées longitude/latitude global est un exemple de ce type de procédure.

Cours 3. L'information géographique

C'est une information relative à un objet (une forêt, un tronçon de route, un cours d'eau, une parcelle, un bâtiment,..), ou à un phénomène (inondation, incendie de forêt, mouvement de terrain,..), présents, passés ou potentiels 'prévisions') du monde terrestre, décrit par sa nature, son aspect, ses caractéristiques diverses et par son positionnement sur la surface terrestre. Cette information dispose de la propriété d'être localisable, de manière absolue ou relative. L'information géographique est très utile pour décrire, visualiser et analyser efficacement les phénomènes réels localisés (Khalfi B, 2017).

Exemple 1, un bâtiment, décrit par son nombre d'étages, sa fonction, sa surface et sa hauteur... etc.

Exemple 2, une route se caractérise par son nombre de voies, son nom (ex. N20), son catégorie, sa longueur et sa localisation.... etc.

Le premier groupe de données est appelé **données sémantiques** (relatif à la description des objets, indépendamment de leur localisation), tandis que le second groupe est appelé **données géométriques** (relatif à la mesure de la position des objets sur la surface de la Terre, ainsi qu'à leurs formes et dimensions).

1. La description géométrique des objets

Le niveau géométrique est la description de la position, de la forme et des dimensions des objets. La position peut s'exprimer par la latitude et la longitude des objets.

Les objets peuvent être identifiés sous forme de points (villes, entreprises, exploitations agricoles,..), d'arcs ou de lignes (routes, chemins de fer,...) et de polygones ou de surfaces (communes, occupation du sol,...).

La localisation d'un objet géographique peut-être décrite de manière absolue, relative ou indirecte. La manière absolue définit l'objet géographique par ses coordonnées dans l'espace. La manière relative définit la localisation de l'objet en exprimant ses relations spatiales (adjacence, intersection, etc.) avec d'autres objets. Indirectement, l'objet peut-être localisé par des propriétés descriptives comme l'adresse (Khalfi B, 2017).

2. La description sémantique des objets

Les données qui se caractérisent par une dimension géométrique possèdent ainsi une fiche contenant des informations de type alphanumérique ce qui permet de prendre en compte à la fois des propriétés physiques ou descriptives d'éléments du territoire,

Ces fiches permettent de stocker des informations qui décrivent plus en mois les objets (nom de la commune, nom de la ville, type de l'occupation du sol,...) dont le contenu est dépend des besoins d'utilisateurs.

Il est possible d'associer à ces deux composantes une troisième composante qui décrit les relations de l'objet avec ses voisins. C'est le niveau topologique (comme par exemple : la contiguïté entre deux communes, l'inclusion d'une parcelle dans une commune, l'adjacence entre les différents nœuds des tronçons constituant des parcelles cadastrales...).

3. La représentation de l'information géographique (Serge Lhomme, 2018).

Il existe trois formes de représentation. Premièrement, l'information géographique peut être représentée sur une image, où l'on peut voir une multitude d'objets (comme par exemple une photo aérienne ou une image satellite) sans connaître directement leurs attributs (on ne voit pas le nom de la route, ni le nombre d'habitants des communes).

Deuxièmement, l'information géographique se prête particulièrement bien à la représentation sur une carte, où l'on situe les objets et les phénomènes dans un repère général et homogène.

Enfin, l'information géographique peut être représentée par un texte ou un fichier de données littérales, où elle est représentée par des données numériques.

Ces trois formes de représentation sont distinctes mais complémentaires.

- ❖ L'image comporte des données géométriques (forme, dimensions, localisation).
- ❖ La carte comporte des données à la fois sémantiques et géométriques.
- ❖ Le texte ou le fichier littéral comporte uniquement des données sémantiques.



Image
Géométrie
sans sémantique



Carte
Géométrie
et sémantique

Nom de lieu	hab.
la Croix Bertho	32
la Guelle	115
Pommeret	949
les Prés	47
Goulven	78
Bellevue	8
Camopern	15
Sainte-Anne	56

Texte
Sémantique
sans géométrie

La représentation de l'information géographique

Cours 4. Système d'information géographique (SIG)

1. Le Système d'information géographique (SIG)

Beaucoup de définitions ont été données au concept du SIG. Un SIG est un outil informatique permettant d'organiser, d'analyser et de représenter des informations géographiques relatives à un objet qui existe sur terre ainsi que tous les événements qui s'y produisent. Le Système d'information géographique permet d'acquérir, d'organiser, de gérer, de traiter et de restituer des données alphanumériques spatialement référencées sous forme de plans et cartes.

Les données alphanumériques (caractères informatiques qui peuvent être soit alphabétiques (A à Z), soit numériques (0 à 9)), sont l'ensemble des données qualitatives et quantitatives associées à une entité et décrivant un objet ou un phénomène.

Un SIG assure un ensemble de données repérées dans l'espace, structurées de façon à pouvoir en extraire des synthèses utiles à la discision.

Les données spatiales sont généralement sous forme de couches d'informations issues de cartes thématiques qui peuvent décrire: la topographie, l'occupation des sols, le climat, la population, les limites administratives, ou bien encore les infrastructures (routes, chemin de fer, les différents réseaux...etc.).

2. Les composants d'un SIG : un Système d'Information Géographique est constitué de 5 composants majeurs :



Les composants d'un SIG

2.1. Matériel

Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs et leurs périphériques. Par ailleurs des serveurs de données puissants sont utilisés largement afin de gérer les Big data.

2.2. Logiciels

Les logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations. Sur le marché il y a une panoplie de logiciel SIG (ArcGis, Map info, QGis, etc.).

Les Principaux composants d'un SIG :

- ❖ Outils pour saisir et manipuler les informations géographiques.
- ❖ Système de gestion de base de données.
- ❖ Outils géographiques de requête, analyse et visualisation.
- ❖ Interface graphique utilisateur pour une utilisation facile.

2.3. Données

Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.

2.4. Utilisateurs

Un SIG étant avant tout un outil, c'est bien ses utilisateurs qui gèrent le système et lui donnent la forme du travail à travers laquelle il sera exploité. Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes qui l'utilisent dans leur travail quotidien. Avec l'avènement des SIG sur Internet, la communauté des utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante chaque jour.

2.5. Méthodes

La méthode présente l'intelligence de l'utilisateur et sa capacité de structuré le travail par un schéma logique afin d'étudier une thématique donnée. La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

3. Les modes de représentation de l'information géographique sous un SIG

D'un point de vue numérique, il existe deux modes de représentation de l'information géographique :

3.1. Données raster

Le mode maillé (ou raster en anglais), où la surface de la carte ou de l'image est décrite selon un balayage ligne par ligne. Chaque ligne est composée de pixels.

C'est une matrice qui divise le territoire en grille régulière de cellules, (Pixel) organisées en ligne et en colonnes. A chaque cellule on peut associer une ou plusieurs valeurs qui représentent des informations décrivant les caractéristiques du territoire.

Avec le format raster, la seule information accessible sans traitement est la visualisation.

Les données stockées sous un format raster représentent des phénomènes réels :

- ❖ Les données thématiques (désignées également sous le nom de données discrètes) représentent des entités telles que des données de sol ou d'occupation du sol.

- ❖ Les données continues représentent des phénomènes tels que la température ou l'altitude, ou encore des données spectrales telles que des images satellite et des photographies aériennes.

- ❖ Les images incluent des cartes ou dessins numérisés et des photographies de constructions.

- ❖ Les données raster sont utilisées le plus souvent, comme données source à des fins d'analyse.

3.1.1. Avantages du format Raster

- ❖ La facilité d'utilisation, le croisement des données est facile à réaliser.

- ❖ Il se prête bien à certains types de traitement tel que la classification...etc.

- ❖ La taille en unités de distance du pixel définit la résolution spatiale de l'image.

3.1.2. Le Pixel et la résolution

Chaque image numérique est composée en pixel (contraction de deux mots en anglais, Picture element). C'est le plus petit élément constitutif de l'image, Ses pixels sont de taille variable en fonction de la résolution. Ce qui fait la qualité d'une image est le nombre de pixels, plus le nombre de pixels est élevé plus la qualité de l'image est bonne. La résolution est la mesure du nombre de pixels que l'on va pouvoir placer sur une distance donnée, et cette dernière est souvent donnée en pouce.

3.2. Données vecteur :

C'est le mode où chaque objet représenté sur la carte est décrit par des points successifs composant sa forme. La relation entre ses objets est assurée par des règles topologiques. Dans ce mode, la forme des objets spatiaux est exprimée par le biais de trois « primitives » géométriques principales: objets ponctuels, linéaires et surfaciques car elle est décrite à travers leurs constituants élémentaires à savoir le point, polygone

et le polygone. Chaque objet spatial est doté d'un identifiant qui permet de le relier à une table attributaire. La forme des objets

3.2.1. Avantages du format vecteur :

- ❖ Donne une représentation très conforme à la réalité.
- ❖ La localisation et les dimensions des objets sont calculées avec précision.
- ❖ On peut individualiser les objets.
- ❖ La taille du fichier est réduite.

4. Les principales fonctions d'un SIG (5 A).

Abstraction : revient à concevoir un modèle qui organise les données par composants géométriques et par attributs descriptifs ainsi qu'à établir des relations entre les objets.

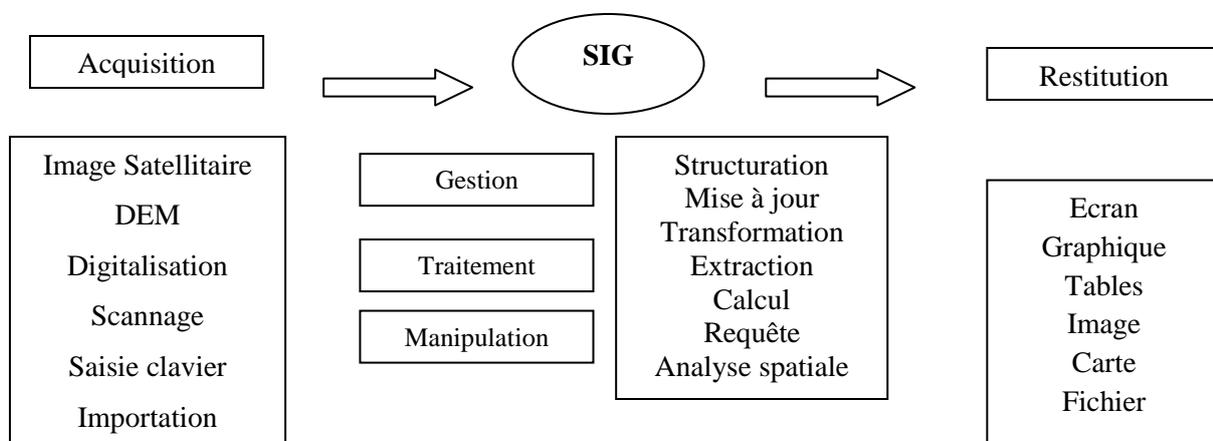
Acquisition : saisie des informations géographiques sous forme numérique. Revient à alimenter la base de données. Les fonctions d'acquisition consistent à entrer d'une part la forme des objets géographiques et d'autre part leurs attributs et relations.

Les principales sources d'information sont : les images satellitaires, DEM, scannage, digitalisation, saisie au clavier et importation...etc.

Archivage : gestion de base de données. Consiste à transférer les données de l'espace de travail vers l'espace d'archivage (disque dur).

Analyse : manipulation et interrogation des données géographiques. Permet de répondre aux questions que l'on se pose

Affichage : mise en forme et visualisation. Pour produire des cartes de façon automatique, pour percevoir les relations spatiales entre les objets, pour visualiser les données sur les écrans des ordinateurs.



Les principales fonctions d'un SIG.

5. Base de données géographiques

C'est un ensemble des données spatiales et non spatiales structurées et organisées de manière à être interrogeables et analysables de façon interactive ou automatique. Une base de données géographique concerne habituellement une zone définie. Elle est gérée par un logiciel SIG.

6. Les volet d'un SIG (ESRI, 2016)

6.1. Le volet géodonnées : un SIG correspond à une base de données spatiales contenant des jeux de données qui représentent des informations géographiques selon un modèle de données SIG générique (entités, rasters, attributs, etc.).

6.2. Le volet géovisualisation : un SIG est un ensemble de cartes intelligentes et de vues qui montrent des entités et leurs relations à la surface de la terre. Il est possible d'élaborer différentes vues cartographiques des informations géographiques sous-jacentes, qui s'utilisent comme des « fenêtres ouvertes sur la base de données géographique » afin d'effectuer des requêtes, des analyses et de modifier les informations géographiques. Chaque SIG intègre plusieurs applications cartographiques bidimensionnelles (2D) et tridimensionnelles (3D) offrant une gamme complète d'outils permettant de traiter les informations géographiques à l'aide de ces volets.

6.3. Le volet géotraitement : un SIG comprend des outils de transformation des informations qui produisent des informations à partir des jeux de données existants en appliquant des fonctions analytiques (panoplie d'outils de traitement) et écrivent les résultats dans de nouveaux jeux de données.

Ces trois éléments constituent le noyau d'un système d'information géographique complet et sont utilisés à différents niveaux de toute application et logiciel SIG.

7. Domaines d'application et avantages de l'utilisation des SIG

Les SIG sont utilisés pour gérer et étudier une gamme diversifiée de phénomènes, les domaines d'application des SIG sont nombreux et variés:

7.1. Ressources naturelles: tels que les études d'impact environnemental, la gestion des produits dangereux, la modélisation des eaux souterraines, la recherche du potentiel minier, etc.

7.2. Études urbaines et Gestion des installations et des réseaux: tels que la planification des transports urbains et optimisation d'itinéraires, le développement de plan d'évacuation, la sélection de sites, la localisation des accidents, le Marketing (localisation des clients, analyse du site), la planification urbaine (cadastre, voirie,

réseaux assainissement), la localisation des câbles et tuyaux souterrains, le rééquilibrage des réseaux électriques, la planification et entretien des installations, Télécoms (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles) etc.

7.3. Santé: épidémiologie, répartition et évolution des maladies et des décès, distribution des services sociaux-sanitaires, plans d'urgence, etc.

7.4. Protection de l'environnement: étude des changements globaux, suivi des changements climatiques, biologiques, morphologiques, océaniques, la cartographie pour les aménagements forestiers, la gestion et prévention des catastrophes, Hydrologie etc.

7.5. Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques) etc.

Cours 5. La télédétection.

1. La télédétection :

Selon Claude Kergomard, le mot télédétection (en anglais « remote sensing ») désigne l'ensemble des techniques qui permettent d'étudier à distance des objets ou des phénomènes.

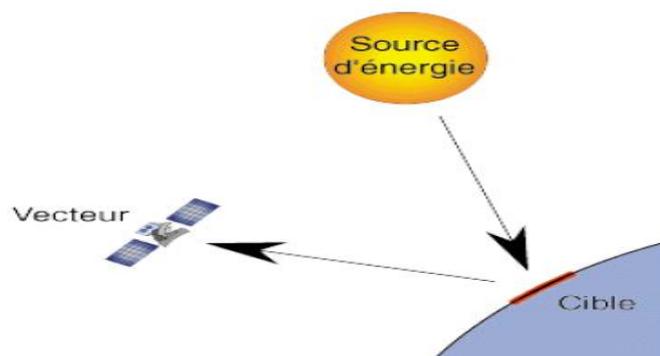
Le néologisme « remote sensing » fait son apparition aux Etats-Unis dans les années soixante, lorsque des capteurs nouveaux viennent compléter la traditionnelle photographie aérienne. Le terme de télédétection a été introduit officiellement dans la langue française en 1973 et sa définition officielle est la suivante : «Ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci.» (Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale, 1988).

La télédétection est l'ensemble des techniques qui permettent par l'acquisition d'images d'obtenir de l'information sur le système: (terre / océan / atmosphère) sans contact direct avec celui-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 la mettre en application.

2. Le principe de fonctionnement (BIG N°3)

Le principe de télédétection est similaire de 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.



Le principe de base de la télédétection

3. Le processus de la télédétection (BIG N°3)

3.1. Source d'énergie ou d'illumination : À l'origine de tout processus de télédétection se trouve forcément une source d'énergie pour illuminer la cible. Dans la plupart des cas, cette source d'énergie est le soleil. Dans certains cas, le satellite lui-même peut être une source d'énergie.

3.2. Rayonnement et atmosphère : Durant le parcours du rayonnement entre la source d'énergie et la cible, il interagit avec l'atmosphère. Une seconde interaction se produit lors du trajet entre la cible et le capteur.

3.3. Interaction avec la cible : 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.

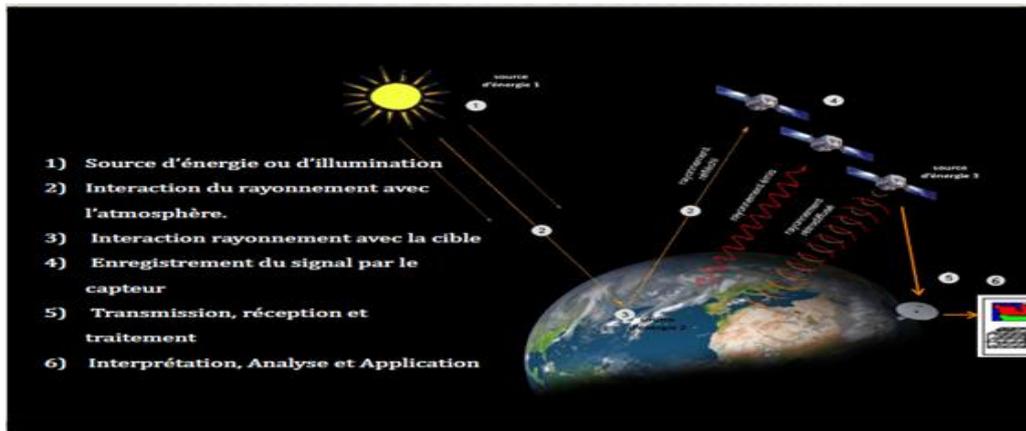
3.4. Enregistrement de l'énergie par le capteur : Une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée à distance (par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible) pour être enfin enregistrée.

3.5. Transmission, réception et traitement : L'énergie enregistrée par le capteur est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques).

3.6. Interprétation, analyse et application : 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, (portion d'espace étudiée : une ville, une forêt...).

La dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible, pour nous en faire découvrir de nouveaux aspects ou pour aider à résoudre un problème particulier.

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



Le processus de la télédétection

4. Le rayonnement électromagnétique

Le rayonnement électromagnétique correspond à l'ensemble des radiations émises par une source qui peut être soit le soleil ou bien encore un capteur de satellite sous forme d'ondes électromagnétiques.

Il se décompose en deux champs, un champ électrique (E) et un champ magnétique (M), disposés dans des plans perpendiculaires l'un par rapport à l'autre, et se déplaçant à la vitesse de la lumière (dans le vide $c = 3 \cdot 10^8$ ms).

Deux propriétés principales caractérisent une onde électromagnétique : sa longueur (λ) et sa fréquence (ν).

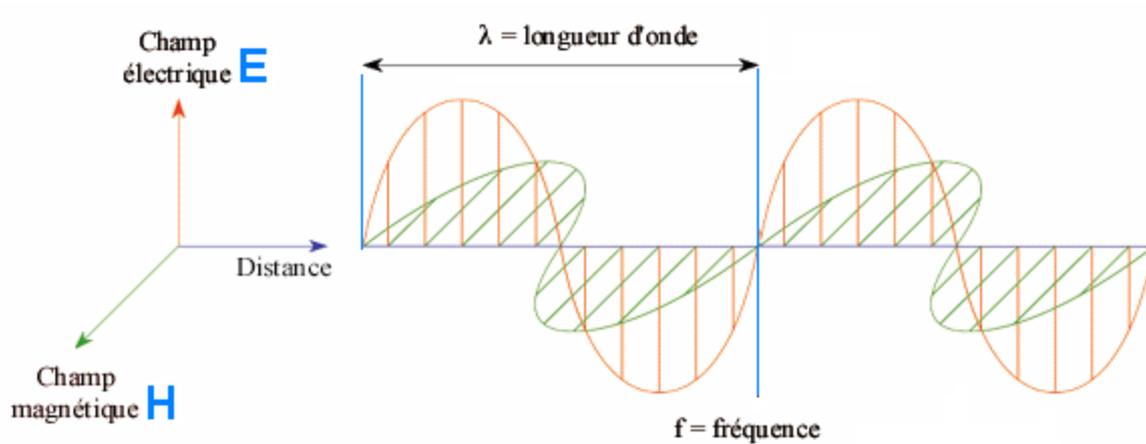
4.1. La longueur d'onde (λ) : est la distance entre deux crêtes successives d'une onde, on la mesure en mètres ou en l'un de ces sous-multiples (nanomètres, micromètres, etc...). Les ondes électromagnétiques utilisées en télédetections ayant des longueurs d'onde relativement courtes.

- ❖ Le nanomètre (1 nm) = 10^{-9} mètres,
- ❖ Le micromètre (1 μ m) = 10^{-6} mètre,
- ❖ Le centimètre (1 cm) = 10^{-2} mètre,

4.2. La fréquence (ν) : est le nombre d'oscillation par unités de temps (1 cycle par seconde = 1 Hertz). Les ondes électromagnétiques utilisées en télédétection ayant des fréquences très élevées :

- ❖ Le kilohertz (1 kHz) = 10^3 Hertz,
- ❖ Le mégahertz (1 MHz) = 10^6 Hertz,
- ❖ Le gigahertz (1 GHz) = 10^9 Hertz,

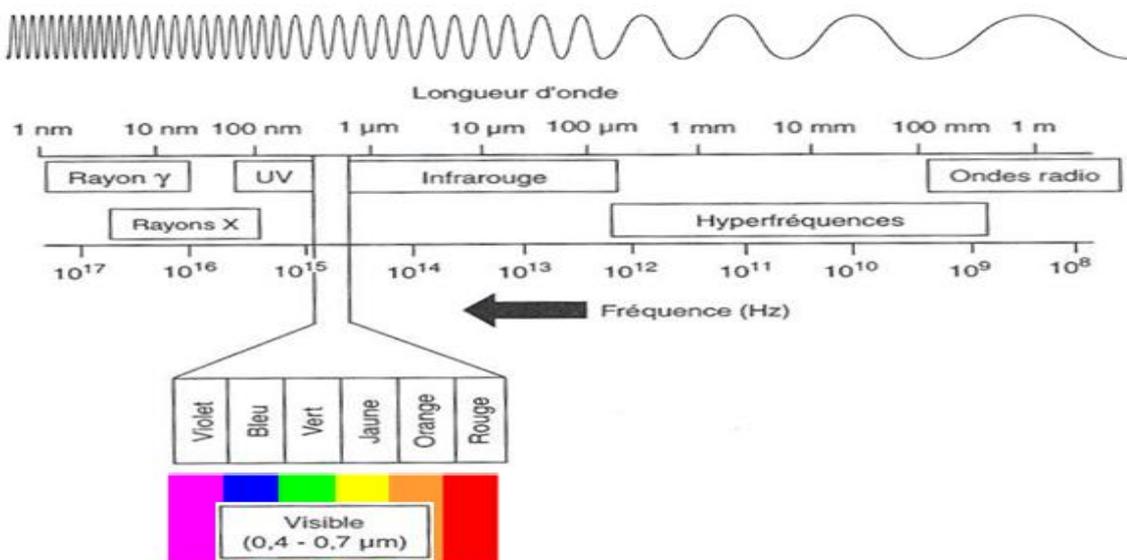
La relation reliant ces deux propriétés est : $c = \lambda * \nu$ / c : vitesse de la lumière



Le rayonnement électromagnétique.

5. Le spectre électromagnétique

Le spectre électromagnétique présente toutes les gammes d'ondes depuis les plus petites longueurs d'onde (fréquence très élevée) jusqu'aux plus grandes (fréquences très basse).



Le spectre électromagnétique

Les ondes les plus utilisées en télédétection sont :

L'ultraviolet (UV) : ce rayonnement se situe au-delà du violet de la partie du spectre visible. Certains matériaux de la surface terrestre, surtout des roches et minéraux.

Le visible (VIS) : (rayonnement solaire réfléchi par les surfaces terrestres). La partie visible du spectre va de 0,38 à 0,78 μm. Toutes les couleurs de l'arc-en-ciel, du violet jusqu'au rouge en passant par le bleu et le vert s'y trouvent.

L'infrarouge (IR) :

Le proche infrarouge (PIR): (rayonnement solaire réfléchi par les surfaces terrestres), centré sur environ $0,9\mu\text{m}$, est très utilisé pour l'étude de la végétation et la détection de l'eau.

Le moyen infrarouge (MIR) : centré sur environ $3\mu\text{m}$ (à la fois réfléchi et émis par les surfaces terrestres), est un peu moins utilisé et sert à la détection de l'eau dans les plantes, la détection de la neige et de la glace, l'évaluation de l'humidité du sol.

L'infrarouge thermique : émis par les surfaces terrestres de 8 à $12\mu\text{m}$ est très utilisé en météorologie et en climatologie.

Le domaine des hyperfréquences : il s'étend de 1mm à 1m . Elles sont de plus en plus utilisées, notamment en océanographie et en agriculture.

Le rayonnement électromagnétique est modifié par l'atmosphère et par la surface de la Terre. C'est dans cette modification que réside l'information géographique dans la mesure où toute modification peut théoriquement être reliée à la nature d'un objet géographique.

6. L'interaction entre le rayon électromagnétique (Atmosphère et Matière) (UVED, 2008)

6.1. L'interaction entre le rayon électromagnétique et l'atmosphère

Lorsque le rayonnement traverse la couche atmosphérique, il entre en collision avec les molécules et les particules présentes dans l'atmosphère. Il peut être dévié de sa trajectoire, c'est le phénomène de diffusion atmosphérique, ou bien être en totalité ou en partie absorbé.

6.1.1. L'absorption

Survient lorsque les grosses molécules de l'atmosphère (ozone, bioxyde de carbone et vapeur d'eau) absorbent totalement l'énergie de diverses longueurs d'onde.

6.1.2. La diffusion

Lors de sa traversée atmosphérique, le rayonnement interagit avec les particules et molécules présentes dans l'atmosphère qui constituent des obstacles à la propagation de ce dernier. Lorsque le rayonnement n'est pas absorbé, il peut être en partie dévié dans toutes les directions. C'est le phénomène de diffusion atmosphérique dont la nature dépend de plusieurs paramètres :

- ❖ La longueur d'onde du rayonnement
- ❖ La densité et la taille des particules et des molécules atmosphériques

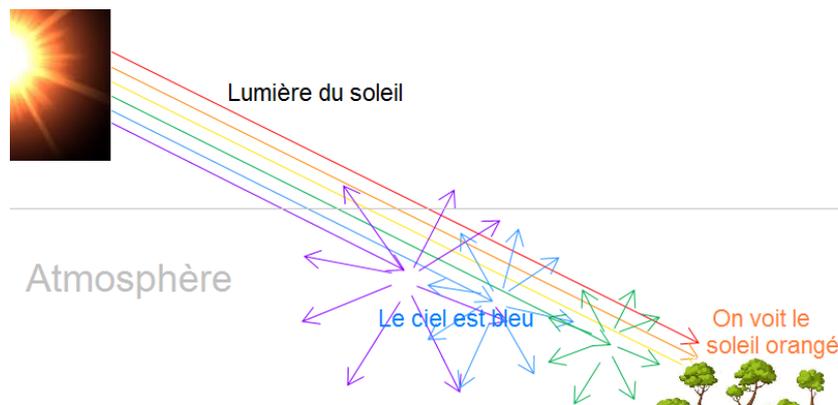
❖ L'épaisseur de la couche atmosphérique à traverser.

On distingue ainsi trois types de diffusion :

6.1.2.1. La diffusion de Rayleigh

Elle se produit lorsque la taille des molécules diffusantes est très inférieure à la longueur d'onde du rayonnement électromagnétique. Celles-ci peuvent être soit des particules de poussières ou des molécules d'azote ou d'oxygène.

Elle affecte les hautes couches de l'atmosphère et c'est elle qui explique la couleur bleue du ciel pendant la journée. Les longueurs d'ondes les plus courtes (bleu) du rayonnement solaire sont davantage diffusées que les longueurs d'onde plus grandes (rouge), aussi le ciel apparaît bleu à l'observateur. A l'aube ou au crépuscule, en revanche, lorsque le soleil est bas sur l'horizon, l'épaisseur de la couche atmosphérique traversée par le rayonnement est bien plus importante que pendant la journée. Les courtes longueurs d'onde sont totalement diffusées, on ne voit alors plus que les longueurs d'onde les plus grandes (rouge) et le ciel apparaît rouge orangé dans la direction du soleil.



La diffusion de Rayleigh

6.1.2.2. La diffusion de Mie

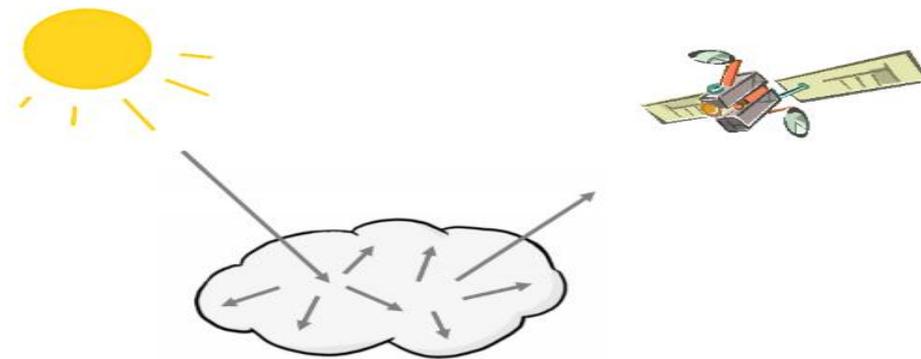
Lorsque la taille des particules est de l'ordre de grandeur ou plus grande que la longueur d'onde du rayonnement, la diffusion de Rayleigh ne se produit plus et laisse la place à la diffusion de Mie. Les gouttelettes d'eau, les cristaux de glace, ou les aérosols présents dans l'atmosphère (poussières, fumées, pollens) sont les principaux vecteurs de la diffusion de Mie. Elle se produit plutôt dans les couches basses de l'atmosphère (qui contiennent plus d'aérosols) et donne à la couleur du ciel un aspect bleu délavé voire jaunâtre, toutes les longueurs d'onde étant diffusées de la même façon.



La diffusion de Mie

6.1.2.3. La diffusion non sélective

La diffusion non sélective se produit lorsque la taille des particules atmosphériques est beaucoup plus grande que la longueur d'onde du rayonnement. Elle est due notamment aux gouttelettes d'eau que l'on trouve dans les nuages et les brouillards. La diffusion non sélective affecte toutes les longueurs d'onde, ce qui explique la couleur blanche des nuages.



La diffusion non sélective

6.2. L'interaction entre le rayon électromagnétique et la matière

Lorsqu'un rayonnement électromagnétique atteint la surface terrestre (qui n'est pas absorbé ou diffusé dans l'atmosphère), il peut être réfléchi (ρ), absorbé (α) ou transmis (τ).

6.2.1. La réflexion : se produit lorsque la cible redirige l'énergie du rayonnement.

6.2.2. L'absorption : se produit lorsque l'énergie du rayonnement est absorbée par la cible.

6.2.3. La transmission : se produit lorsque l'énergie du rayonnement passe à travers la cible.

Chaque surface possède une signature spectrale (quantité d'énergie émise ou réfléchi en fonction de la longueur d'onde) qui lui est propre et qui permet son identification.

6. Les satellites

Un satellite de télédétection est un satellite artificiel dont l'objectif principal est l'observation vers le bas, c'est-à-dire vers l'astre autour duquel il orbite (le plus souvent la Terre).



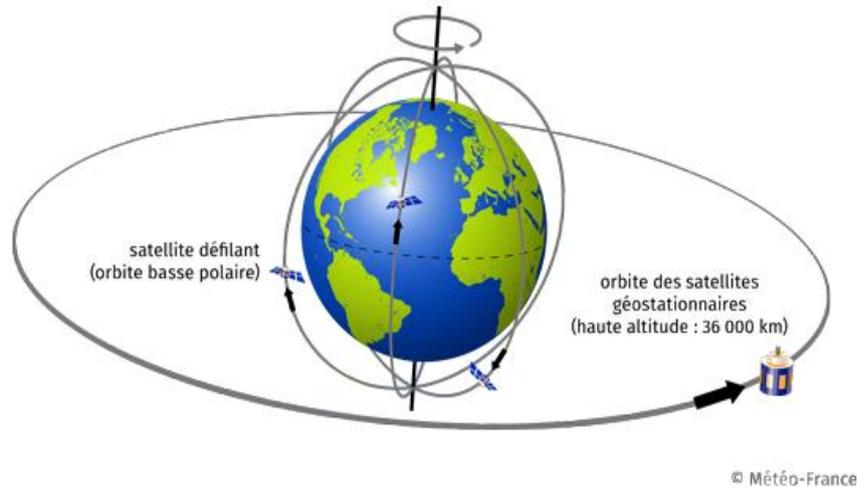
Les satellites de télédétection

6.1. Les satellites géostationnaires

Les satellites géostationnaires sont des satellites dont le sens et la vitesse de rotation est la même que ceux de la Terre. Ceci est obtenu pour une altitude voisine de 36000km, ce qui entraîne une faible résolution du sol. En revanche, leur immobilité leur permet une surveillance permanente et leur champ d'éloignement donne à leur champ d'observation des dimensions considérables (42% de la surface de la Terre). En télédétection, cette orbite est surtout utilisée en météorologie.

6.2. Les satellites à défilement

Les satellites à défilement se situent à une altitude variant entre 500 km et 900 km, la plupart suivent une orbite quasi-polaire à ensoleillement constant (c.-à-d. que le satellite passe au-dessus de l'équateur et de chaque latitude à la même heure chaque jour). Ils sont généralement utilisés pour l'inventaire des ressources terrestres et permettent de couvrir l'ensemble de la surface du globe dans un intervalle de temps qui varie d'une demi-journée à quelques dizaines de jours.



Les satellites géostationnaires et satellites à défilement

7. Les capteurs en télédétection

Un capteur, dans le domaine de la télédétection spatiale, est un instrument qui recueille de l'énergie radiative provenant de la scène visée et délivre un signal électrique correspondant et mesurable.

On distingue classiquement deux types de capteurs.

7.1. Les capteurs actifs : envoient une énergie et recueillent la fraction que les objets en renvoient.

7.2. Les capteurs passifs : reçoivent l'énergie que les objets émettent ou réfléchissent (radiomètres, caméras, etc.), où l'émetteur principal étant le plus souvent le Soleil.

8. Transmission, mise en forme et diffusion des données

Les données brutes parviennent à la station de réception sous forme numérique. Elles sont alors traitées pour corriger les distorsions atmosphériques et géométriques.

Elles sont ensuite converties dans un format standard et sont sauvegardées sous forme de bandes. La plupart des stations de réception et de traitement conservent aussi en archives les données qu'elles acquièrent.

Le traitement des données de télédétection nécessite l'utilisation d'un système informatique ainsi que l'équipement et les logiciels pour traiter les données.

9. Traitement des images satellitaires

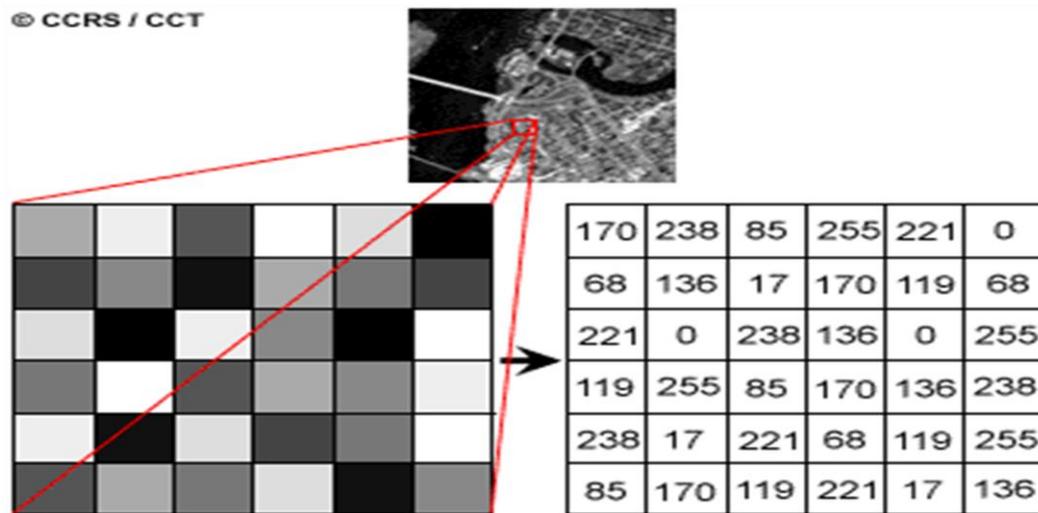
D'une manière fondamentale, les opérations de traitement des images satellites peuvent être regroupées en quatre catégories :

- ❖ Prétraitements.
- ❖ Traitements d'amélioration (Rehaussement de l'image).
- ❖ Transformations.
- ❖ Classifications.

10. Notion de l'image:

Les données de télédétection sont le plus souvent fournies en format d'images numériques.

L'image correspond à une matrice de pixels. La taille du pixel correspond à la résolution spatiale et son contenu correspond à l'intensité du rayonnement réfléchi ou émis. Cette intensité est exprimée en niveaux de gris (0-255).



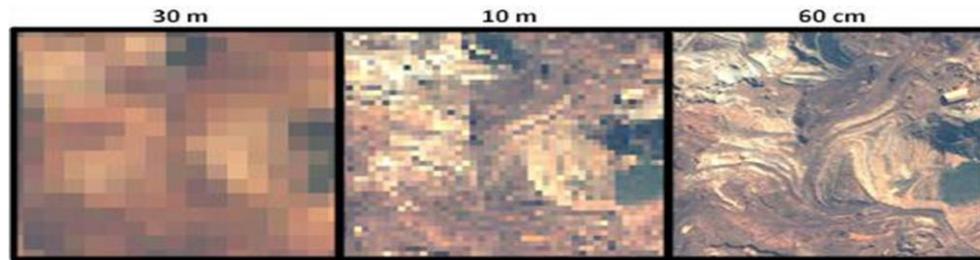
La notion de l'image

11. La notion de 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 télédétection exige la considération prudente de quatre types de résolution: radiométrique, spatiale, spectrale, et temporelle (Messaadi).

11.1. La résolution spatiale

La taille du pixel au sol est une caractéristique importante puisque c'est elle qui détermine les éléments pouvant être distingués sur une image. Par exemple, une route d'un quartier peut être visible comme un élément distinct du terrain avec une résolution spatiale de 10m x 10m, mais indissociable de son environnement à partir de 30m x 30m.



La résolution spatiale

11.2. La résolution temporelle

La résolution temporelle exprime le nombre de jours nécessaires pour qu'un satellite puisse observer de nouveau la même région. Par exemple, un système satellitaire avec une résolution temporelle de 18 jours ne peut être utilisé à l'étude d'un phénomène dynamique nécessitant des observations tous les 3 jours, même si les autres caractéristiques de l'imagerie sont adéquates.

11.3. La résolution spectrale

La résolution spectrale est déterminée par la largeur des bandes spectrales utilisées par le capteur ainsi que par le nombre de bandes. Il est évident, qu'un grand nombre de bandes spectrales étroites peut nous aider à mieux évaluer la signature spectrale de différents objets.

11.4. 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).

Les données images comprennent un certain nombre de bandes d'information. Chaque une est une sorte de fichier de données, soit pour :

- ❖ Une portion spécifique du spectre électromagnétique.
- ❖ La combinaison ou le rehaussement de la bande originale.

12. Domaines d'application et avantages de l'utilisation de la télédétection (J.P. Gastellu-Etchegorry, 2008).

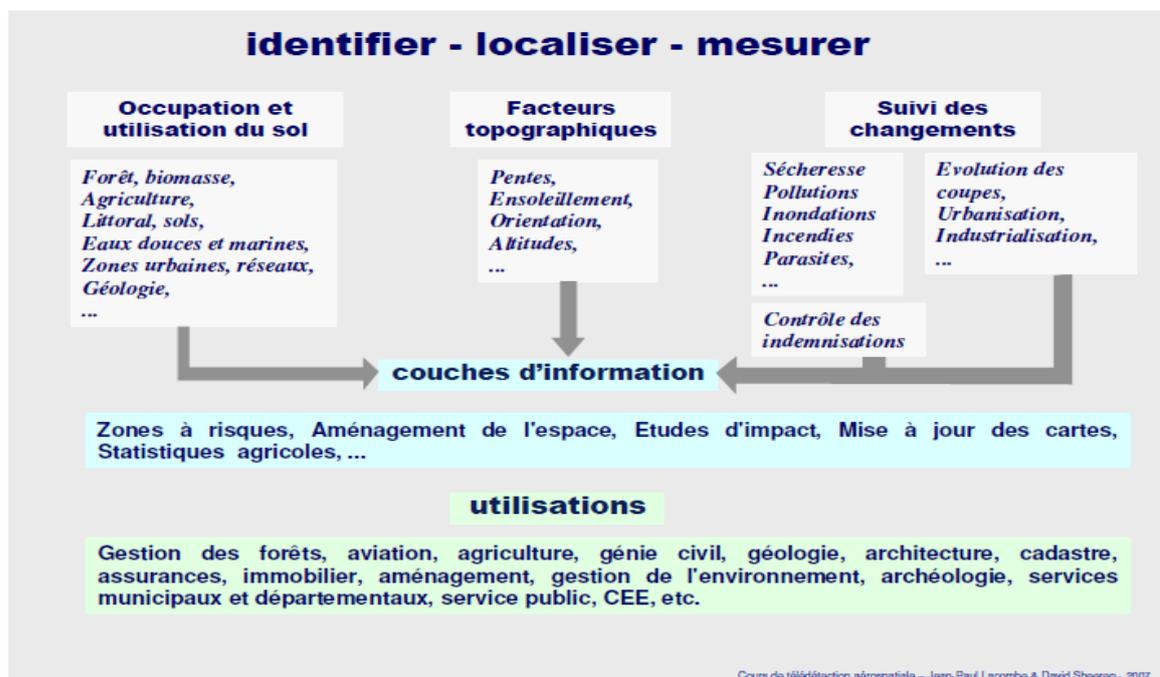
Le premier grand domaine d'application de la télédétection a été l'étude de l'atmosphère (météorologie et climatologie). L'intérêt de la télédétection dans ce domaine est d'assurer une couverture globale et très fréquemment répétée de la planète entière (J.P. Gastellu-Etchegorry, 2008).

12.1. Cartographie : les images satellitaires qui ont un très faible rapport "taille de l'image". Distance satellite - Terre" ont de très bonnes caractéristiques géométriques, ce

qui justifie leur utilisation pour l'établissement de documents cartographiques à moyenne et petite échelle. Elles sont parfois directement utilisées comme document cartographique de base.

12.2. Thématique : les images spatiales sont utilisées pour reconnaître et caractériser les éléments du paysage, et établir des documents thématiques, sous forme statistique ou cartographique pour la foresterie, l'urbanisme, l'agriculture (e.g, carte d'occupation des sols : carte de la distribution spatiale des éléments du paysage), la pêche (e.g. cartes de températures des surfaces terrestres), la géologie, l'hydrologie, la surveillance des catastrophes naturelles, etc.

12.3. Climatologie et changements globaux : les satellites dits météorologiques, par opposition aux satellites dits à haute résolution, constituent la principale source d'information pour les études globales telles que la caractérisation des différents constituants de l'atmosphère, la cartographie des températures marines, les échanges biosphère - atmosphère, etc. Ils sont caractérisés par un grand champ de vue, une faible résolution spatiale de l'ordre du kilomètre et Plus, et une relativement importante fréquence temporelle.



Des exemples d'applications de la télédétection (Jean-Paul Lacombe et al, 2007).