

Géomatique

Belaroui A

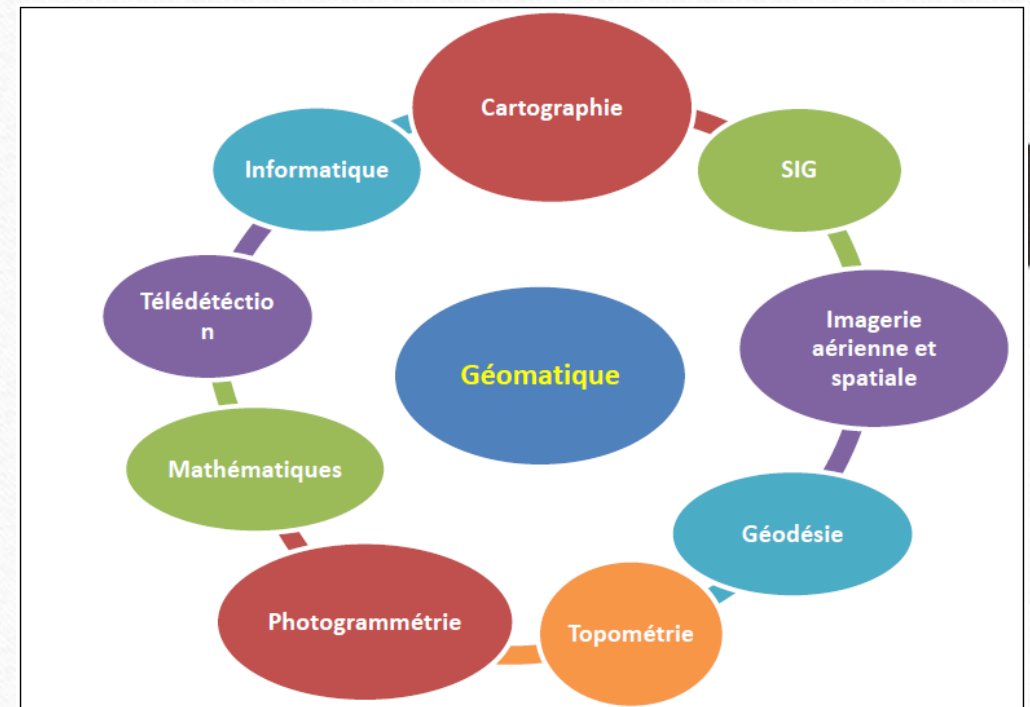
Définition des concepts

- Le terme géomatique est une combinaison du mot grec « Géo » signifiant terre et « matique » venant d'informatique (Géoinformatique), alors d'autre signalent que la géomatique est issue de « géographie et informatique ».



Disciplines de la géomatique

- Cartographie
- Systèmes d'Information Géographique (SIG)
- Informatique
- Imagerie aérienne et spatiale
- Géodésie
- Topométrie
- Télédétection
- Photogrammétrie
- Mathématiques



Domaines d'application de la géomatique

- Les domaines d'applications de la géomatique sont nombreux : *géologie, génie minier, urbanisme, aménagement du territoire, environnement, génie civil, génie rural, transport, infrastructures industrielles, agriculture, cybersécurité, humanitaire, géomarketing, foresterie, gestion des parcs naturels*, et biens d'autres à être concernés par les techniques et outils de la géomatique.

Domaines d'application de la géomatique

L'ensemble des applications de la géomatique se base sur la géolocalisation par Satellites. Il existe aujourd'hui plusieurs systèmes de géolocalisation par satellites avec pour principal objectif de donner la position et la vitesse d'un mobile à tout instant, en tout lieu et dans un référentiel global. Les systèmes les plus connus et les plus utilisés sont notamment le GPS (USA), le GLONASS (RUSSIE), le GALILEO(UE) et le BEIDOU (CHINE). La géomatique étant liée à l'informatique, son application passe par l'utilisation d'outils informatiques que l'on nomme les SIG et télédétection. Ainsi, la géomatique apparaît comme étant la prochaine étape importante de l'informatisation des organismes municipaux puisqu'elle vient compléter les outils informatiques en place en permettant une gestion intégrée des bases de données municipales avec les bases de données géographiques

Géodésie

- géodésie est l'étude de la forme de la Terre, du calcul de ses dimensions et de la mesure de son champ de gravité. Elle détermine donc la forme précise de la Terre appelée "Géoïde". Toute fois en tanque science la géodésie est destinée à l'origine au tracé des cartes, qui s'est attachée à résoudre le problème des dimensions, puis de la forme de la Terre, ce qui fait d'elle, à son origine, la première forme de la géographie moderne.

Géodésie

⇒ La Terre : *sphère*



⇒ La Terre : *ellipsoïde*



⇒ La Terre : *surface physique réelle*



I. LES SYSTEMES GEODESIQUES

I.1. LES ELLIPSOÏDES

Afin de représenter sur le plan d'une carte les objets tels que repérés sur la surface de la Terre, il est nécessaire de définir un système géodésique caractérisé notamment par un ellipsoïde. Un ellipsoïde, modèle géométrique de la forme de la terre caractérisé par un aplatissement et une excentricité peut être de 2 types (*Figure 1*) :

- Les géocentrés, présentant des approximations à l'échelle de la planète. Le centre de l'ellipsoïde est confondu avec le "centre de la Terre" au sens de la gravité. Ce sont des ellipsoïdes globaux.
- Les non géocentrés, présentant des approximations régionales ou continentales du géoïde. Le centre de l'ellipsoïde n'est pas confondu avec le "centre de la Terre". Ce sont des ellipsoïdes locaux.

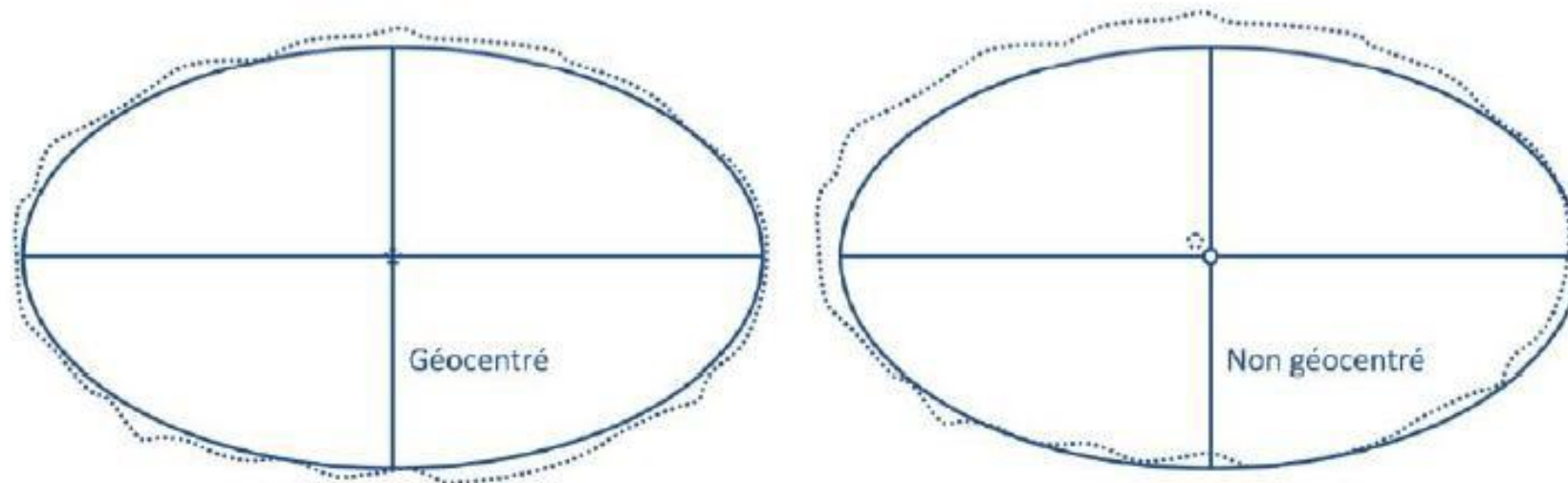


Figure 1. Les ellipsoïdes.

Ainsi dépendant de la définition de l'ellipsoïde, un point sur la surface de la Terre peut donc avoir des coordonnées différentes.

Cartographie

Dans la géomatique où la cartographie numérique a pris sa naissance, la carte permet non seulement de géolocaliser des images mais aussi des vidéos et beaucoup d'autres informations. Ainsi, de la facilité de traitement par le numérique découle la facilité de transmission. Toujours suivant les propriétés du langage numérique, il est désormais très facile de diffuser les données cartographiques sur une multitude de supports.

Informatique

Si l'informatique s'intéresse à la mise en oeuvre de méthodes scientifiques pour traiter l'information au moyen d'ordinateurs, son rôle est incontournable dans le domaine des sciences géographiques en tant que support des métiers de la géomatique. Elle va de la programmation scientifique pour la géodésie et la photogrammétrie, au développement de fonctionnalités additionnelles de SIG comme QGIS ou ArcGis, à la programmation web ou d'applications mobiles utilisant de l'information géographique, jusqu'à l'administration de base de données spatiales, la visualisation et l'analyse de données 3D en passant par le BigData (jeux de données complexes).

Systemes d'Information Géographique (SIG)

Un Système d'Information Géographique (SIG) est un outil qui permet aux utilisateurs de créer des cartes personnalisées et d'effectuer des analyses géospatiales pour prendre des décisions plus intelligentes. Ainsi, Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) tiennent une place centrale dans la géomatique puisqu'ils sont les outils informatiques permettant la représentation et l'analyse des données. Un système d'Information Géographique est un outil informatique permettant de représenter et d'analyser toutes les choses qui existent sur terre ainsi que tous les événements qui s'y produisent.

Imagerie aérienne et spatiale

L'imagerie aérienne concerne la réalisation d'images aérienne sous forme de photographies ou vidéos prises du ciel par avion ou par drone qui semble à l'heure actuelle moyen le plus idéal et économique. L'imagerie spatiale est une technique d'observation à distance qui repose sur la prise d'images depuis l'espace par des équipements installés à bord de satellites artificiels. L'imagerie spatiale constitue une des techniques utilisées pour déterminer les propriétés d'objets naturels ou artificiels à partir du rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi par ceux-ci. L'imagerie spatiale repose sur la transformation du rayonnement lumineux en image numérique.

Les coordonnées géographiques et les coordonnées projetées

- 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.

1.2. LES COORDONNEES

Les coordonnées peuvent être exprimées (Figure 2) :

- Sous la forme de coordonnées cartésiennes géocentriques (X,Y,Z) relatives aux 3 axes d'un repère ayant son origine au centre des masses de la Terre.
- Sous la forme de coordonnées géographiques, λ désignant la longitude, φ la latitude, et h la hauteur ellipsoïdale (à ne pas confondre avec l'altitude) définie dans un système de référence géodésique et pouvant différer de l'altitude de plusieurs dizaines de mètres.
- En représentation plane : coordonnées "projetées".

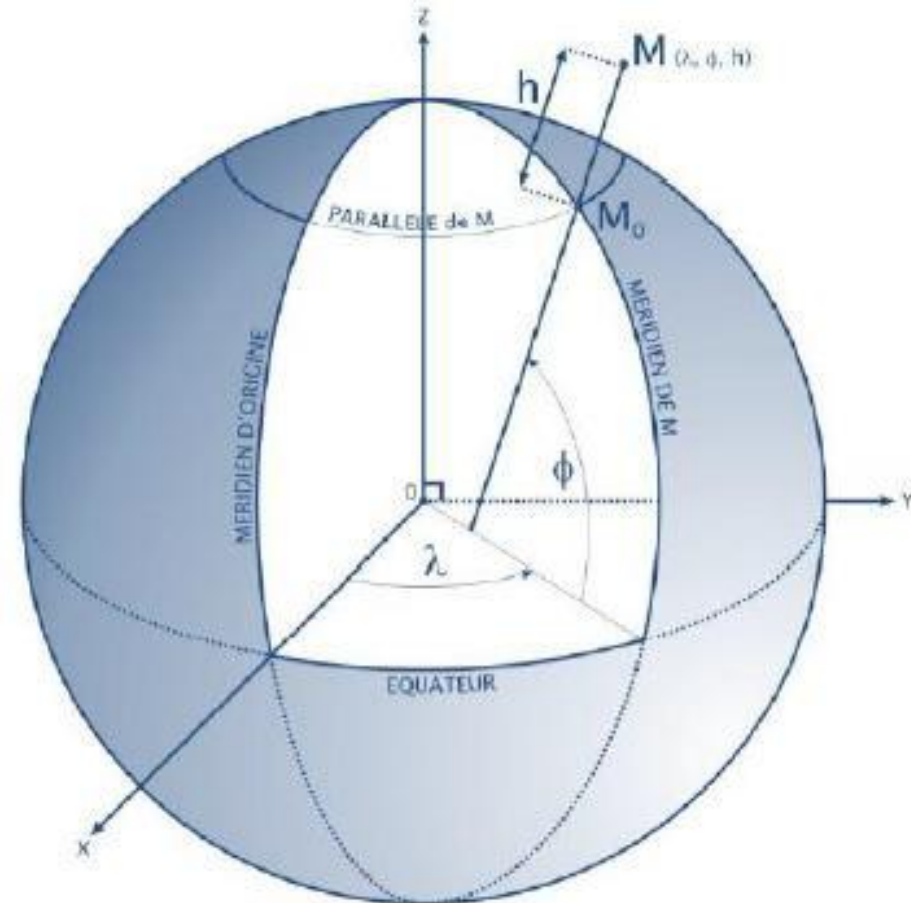
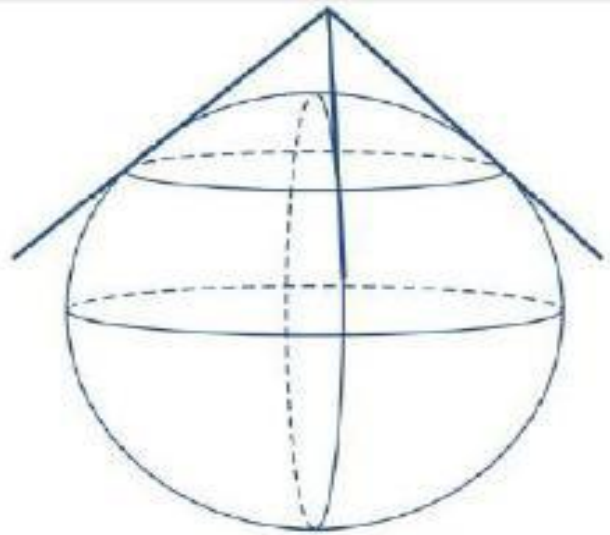
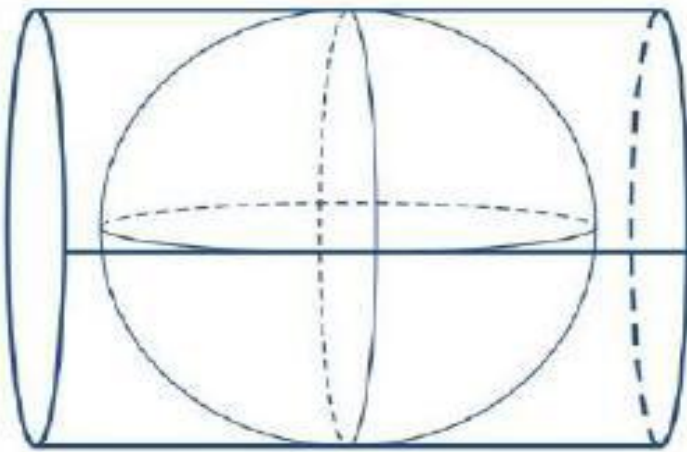


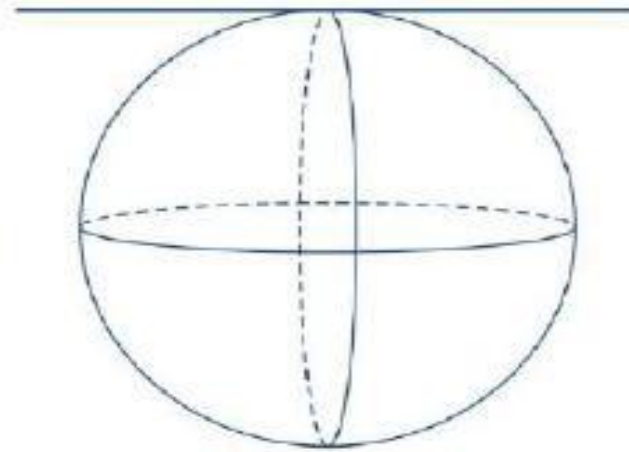
Figure 2. Les coordonnées.



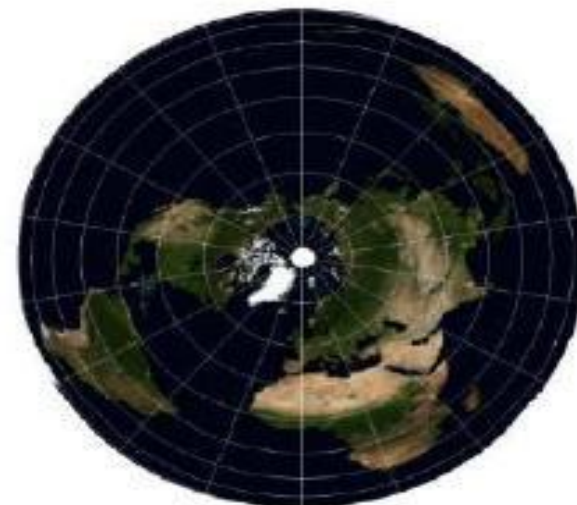
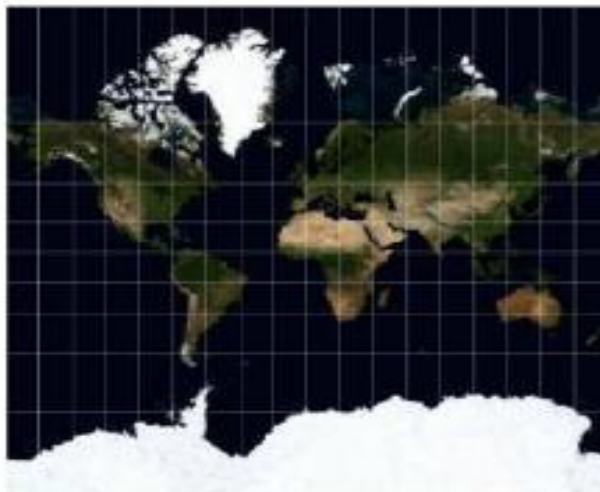
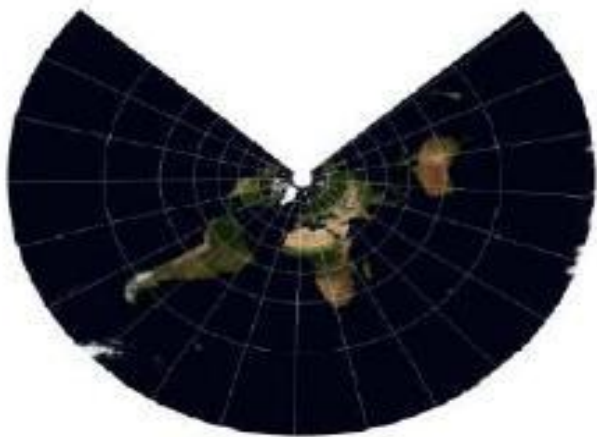
Conique

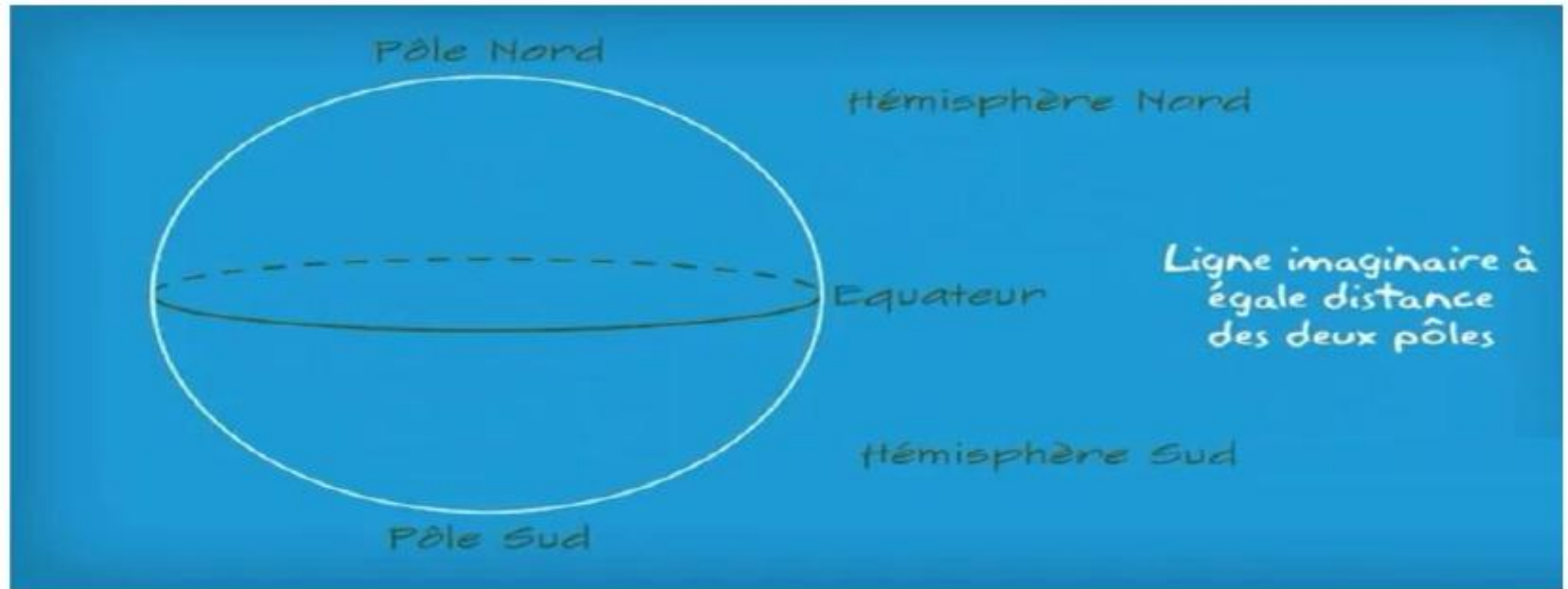


Cylindrique



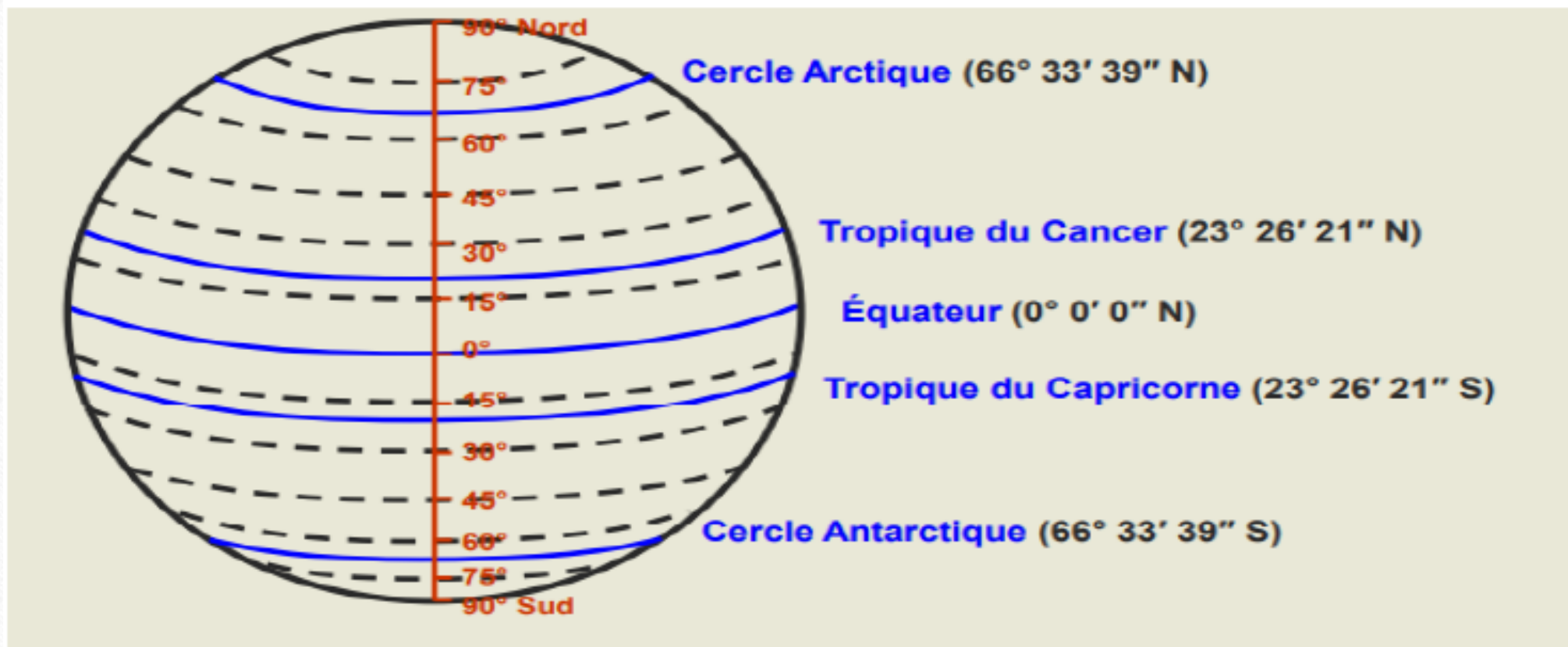
Plane



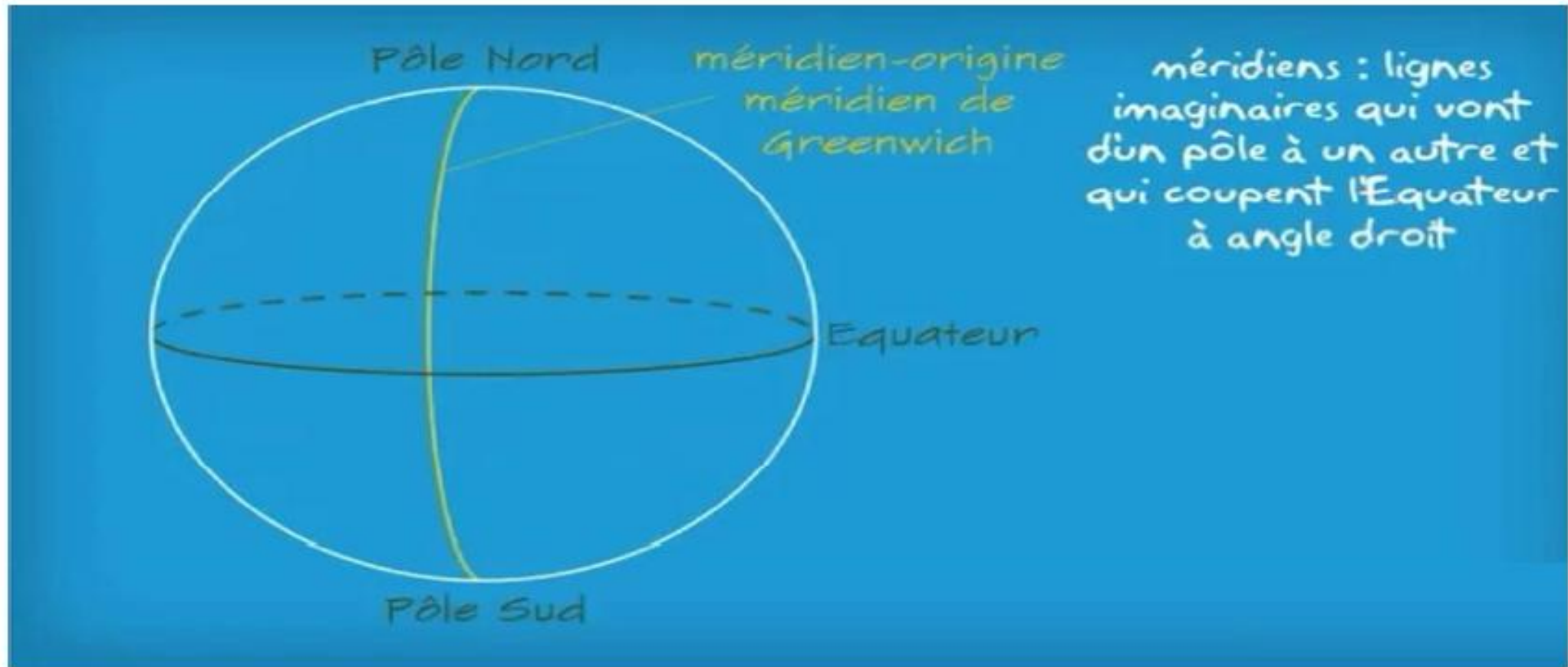


L'hémisphère Nord et l'hémisphère Sud

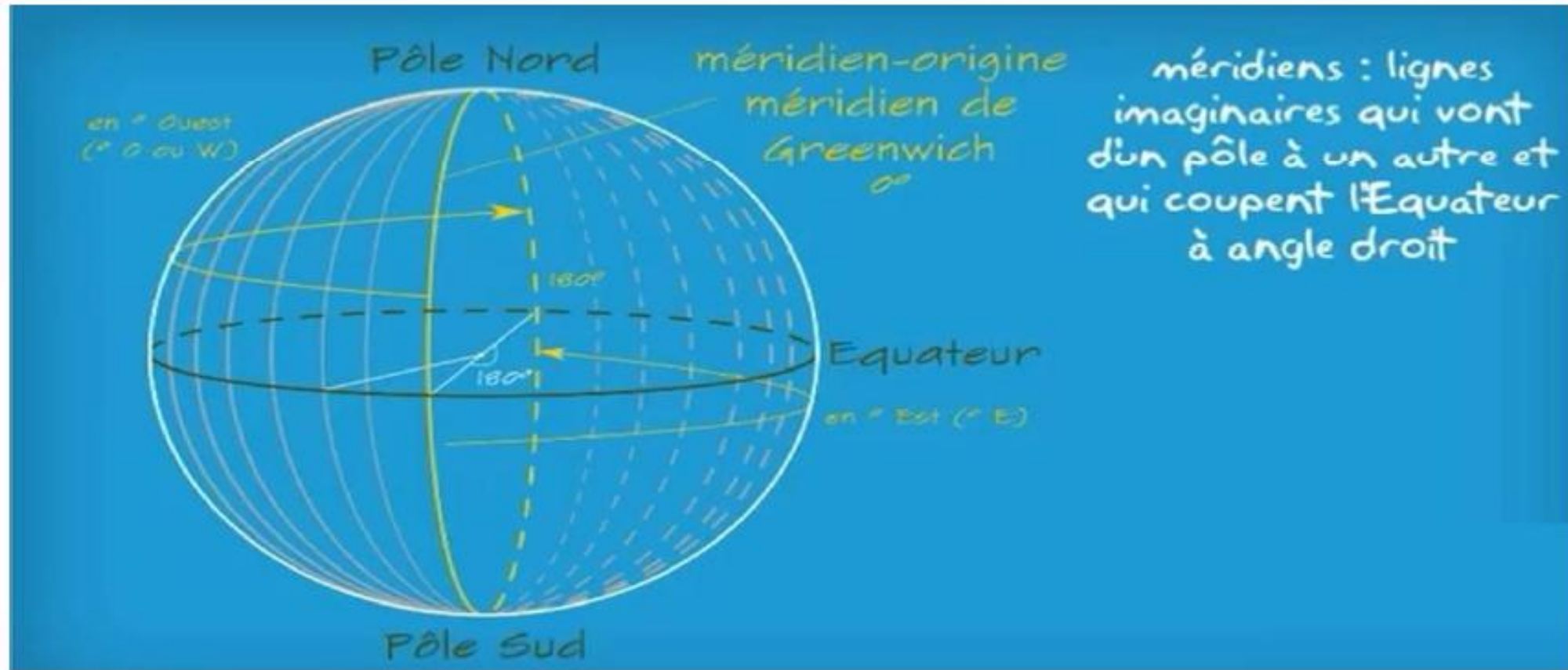




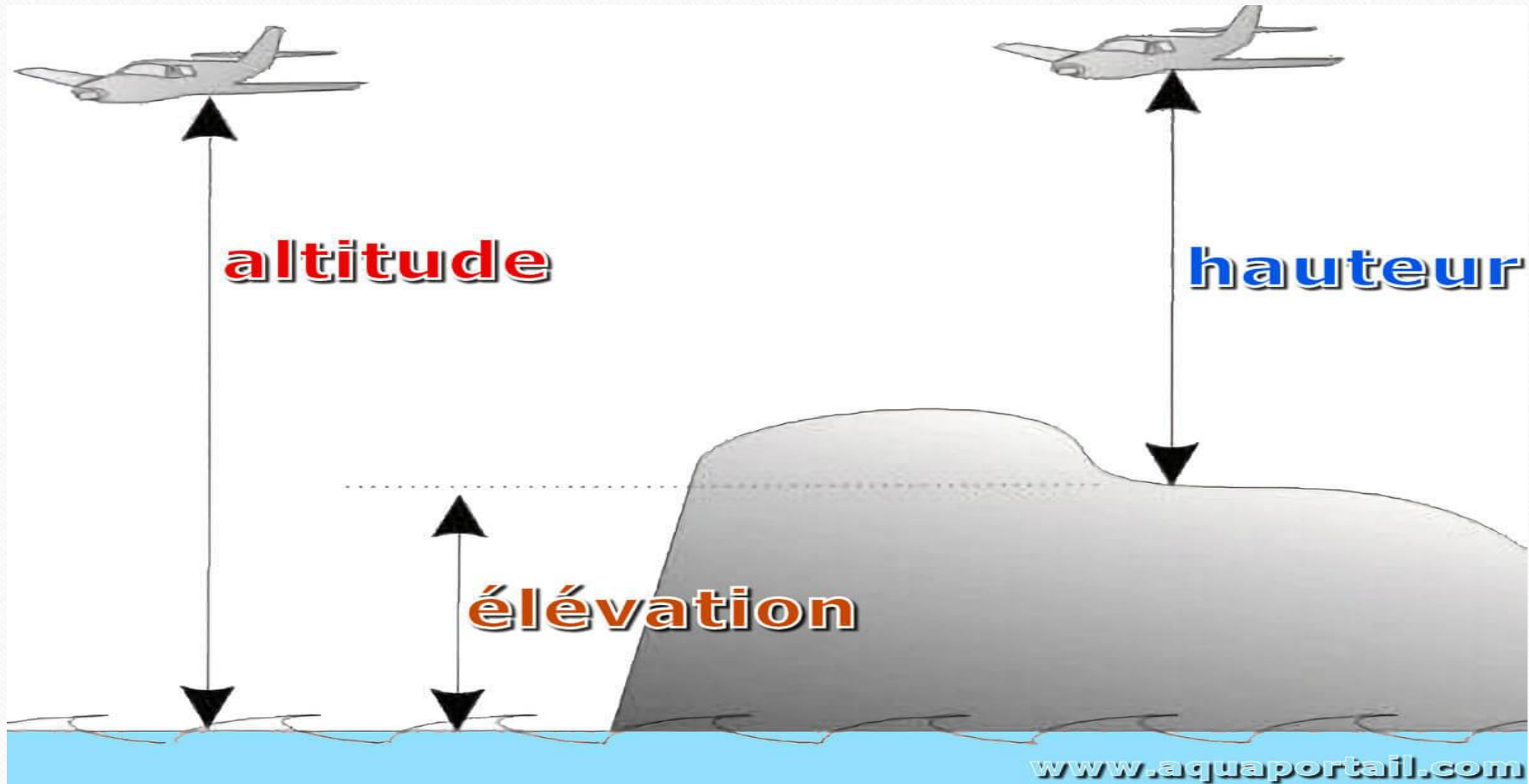
Les latitudes (l'ensemble des lignes parallèles à l'équateur)



Le méridien-origine (Greenwich)



Le méridien-origine (Greenwich) et les méridiens.



Les Systèmes d'Informations Géographiques

Concepts et propos théoriques

1. Les systèmes d'informations géographiques

A. Qu'est-ce qu'un SIG ?

- Système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace

C'est surtout :

- **Une problématique** (décrire, stocker, comparer, comprendre, communiquer, simuler..)
- **Du matériel**(ordinateurs, périphériques, réseaux...)
- **Des logiciels** (Logiciels SIG du marchés, développements spécialisés)
- **Des données**(génériques, spécifiques)
- **Du savoir faire**

Les Systèmes d'Informations Géographiques

Concepts et propos théoriques

Une problématique... pour répondre à des besoins !

- Organiser des connaissances thématiques
- Analyser le territoire
- Améliorer et simplifier la communication (partenaires , grand public..)
- Donner du sens pluridisciplinaire
- Décider
- Prévoir, simuler, modéliser

Les Systèmes d'Informations Géographiques

Concepts et propos théoriques

Du matériel

Ordinateurs, périphériques, réseaux, GPS...

Des logiciels

- ❖ Marché de la géomatique : 300 millions d'euros en France en 2001 + 15% /an
- ❖ D'abord des logiciels de DAO et CAO
- ❖ Des bases de données

Les logiciels spécialisés dans les SIG

- ❖ Mapinfo
- ❖ ArcGis
- ❖ Géoconcept
- ❖ Open GIS
- ❖ QGIS
- ❖ Global Mapper

Les Systèmes d'Informations Géographiques

Concepts et propos théoriques

Des données géométriques localisées

Données vecteurs

Données maillées

Référentiel cartographique
homogènes



Les Systèmes d'Informations Géographiques

Concepts et propos théoriques

Du savoir-faire !!

Avoir à l'esprit ces paramètres pour réaliser un SIG

Des connaissances méthodologiques et théoriques sont indispensables

Savoir analyser l'information, et la vérifier par les moyens à disposition !!

Les Systèmes d'Informations Géographiques

Concepts et propos théoriques

B. L'information géographique

Les réponses aux questions suivantes sont indispensables :

Où ?: recherche spatiale d'objets par rapport à leurs caractéristiques,

Quoi ?: recherche de caractéristiques d'objets par rapport à leur positionnement,

Comment ?: recherche de relations qui existent entre différents objets, création d'une nouvelle information par croisement d'informations,

Quand ?: recherche de changements intervenus sur les données,

Et si ?: définir en fonction de certaines hypothèses l'évolution du terrain, étude d'impact.

Les Systèmes d'Informations Géographiques

Concepts et propos théoriques

C. Les fonctionnalités d'un SIG

Un SIG répond à 5 fonctionnalités (les 5 A)

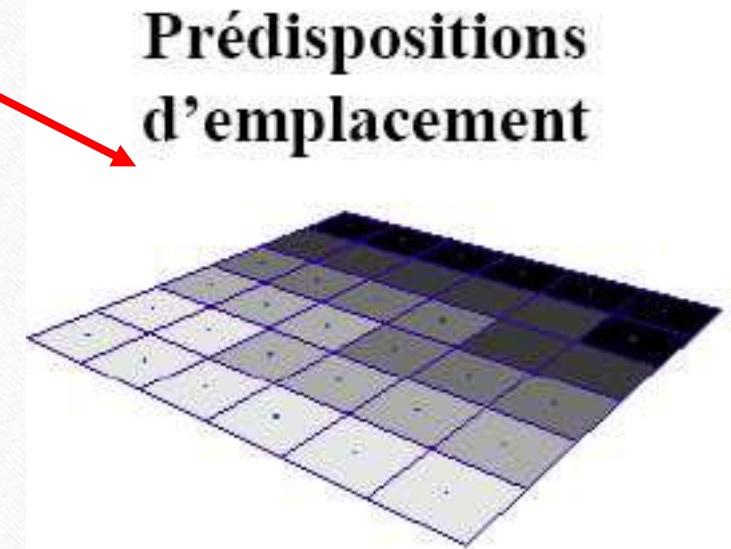
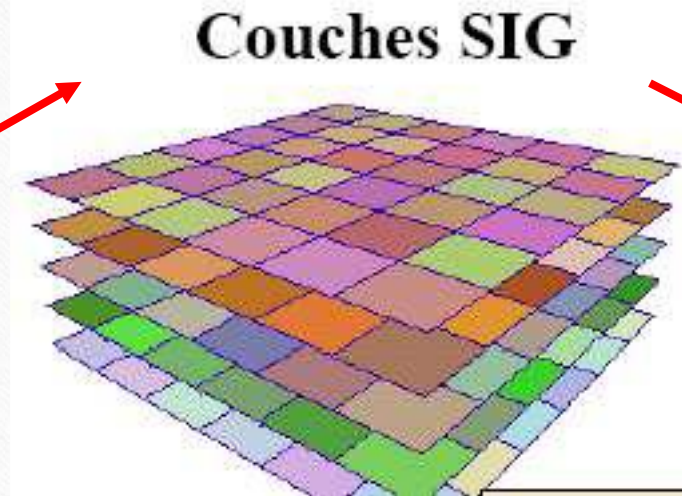
- **Abstraction**: modélisation de l'information,
- **Acquisition**: récupérer l'information existante, alimenter le système en données,
- **Archivage**: stocker les données de façon à les retrouver et les interroger facilement,
- **Analyse**: réponses aux requêtes et aux sélections, calculs
- **Affichage**: restitution graphique.

Les Systèmes d'Informations Géographiques

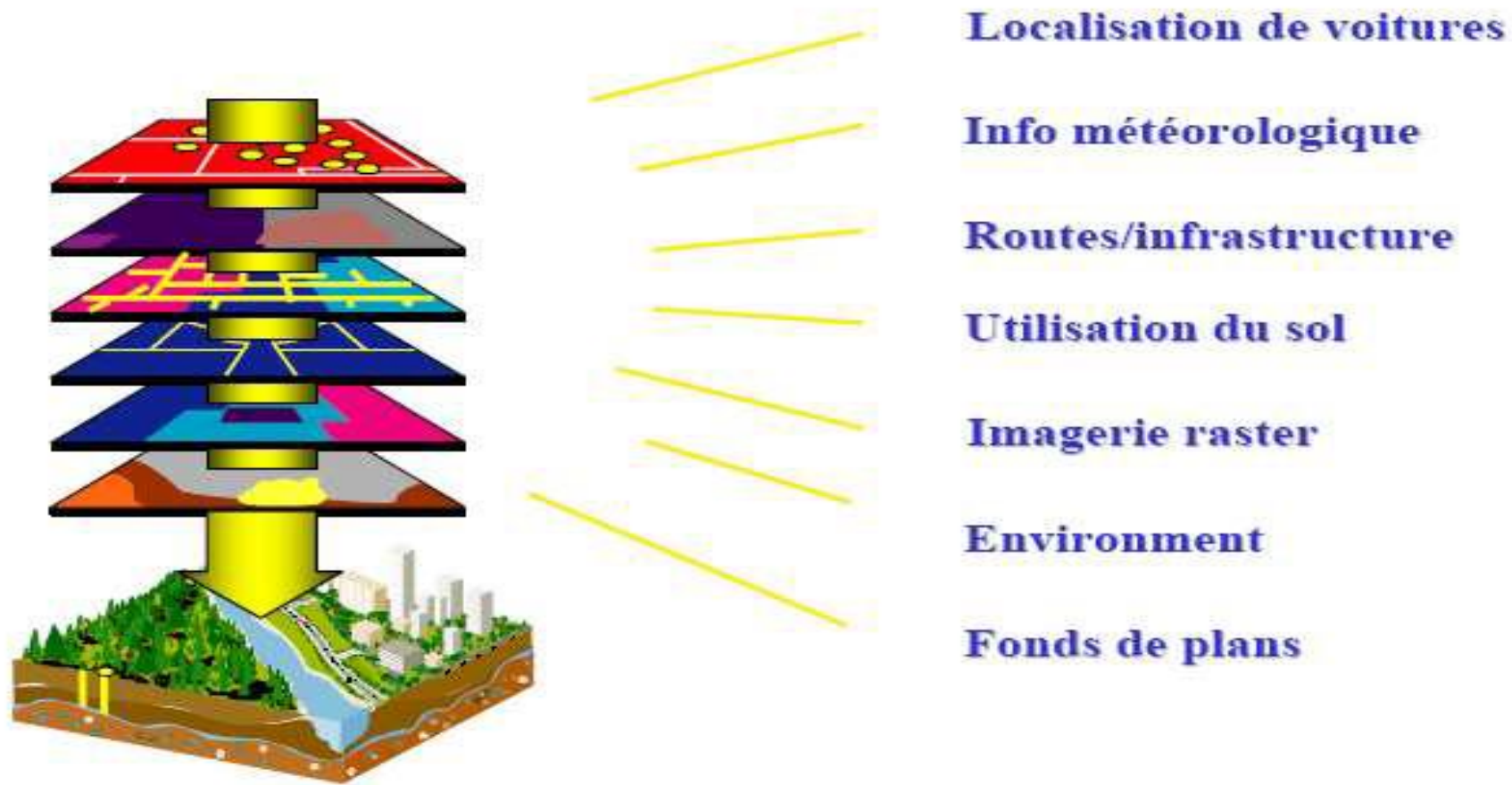
Concepts et propos théoriques

D. Modéliser les problèmes spatiaux

Construire un SIG revient à modéliser le monde réel :



La notion de couche d'information



- Une couche réunit généralement des éléments géographiques de même type

réseau routier



réseau hydrologique



bâtiments



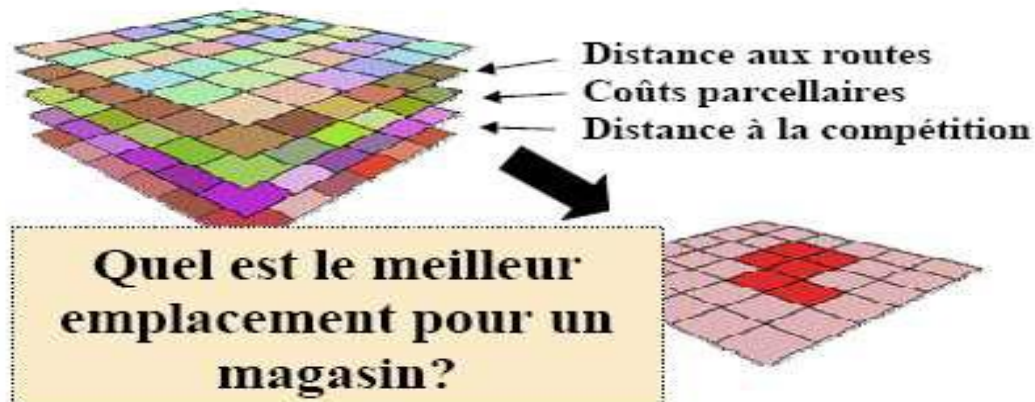
haies et arbres isolés



Extrait de 4 couches du produit VECTOR25, modèle cartographique numérique (swisstopo)

Problématiques courantes

d'après Katia Valenza, ESRI



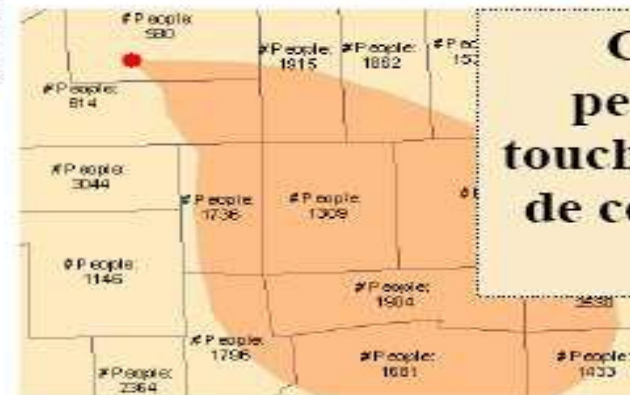
Quelle est la borne hydrante la plus proche pour chaque bâtiment?

NEAR_DIST	FID	Shape*	NAME
25.240000	5	Polygon	Grossmont Hall
140.240006	9	Polygon	California Hall
19.854000	4	Polygon	Bekins Hall
154.240006	1	Polygon	Irvine Commons
19.649001	2	Polygon	Hedco Hall
120.25	4	Polygon	Hunsaker Center

Record: 0 Show: All Selected: 0 out of 60



Quelle est la route la plus courte de A à B?



Combien de personnes sont touchées par la zone de contamination?

Un outil d'aide à la décision

agir ou renoncer



comprendre



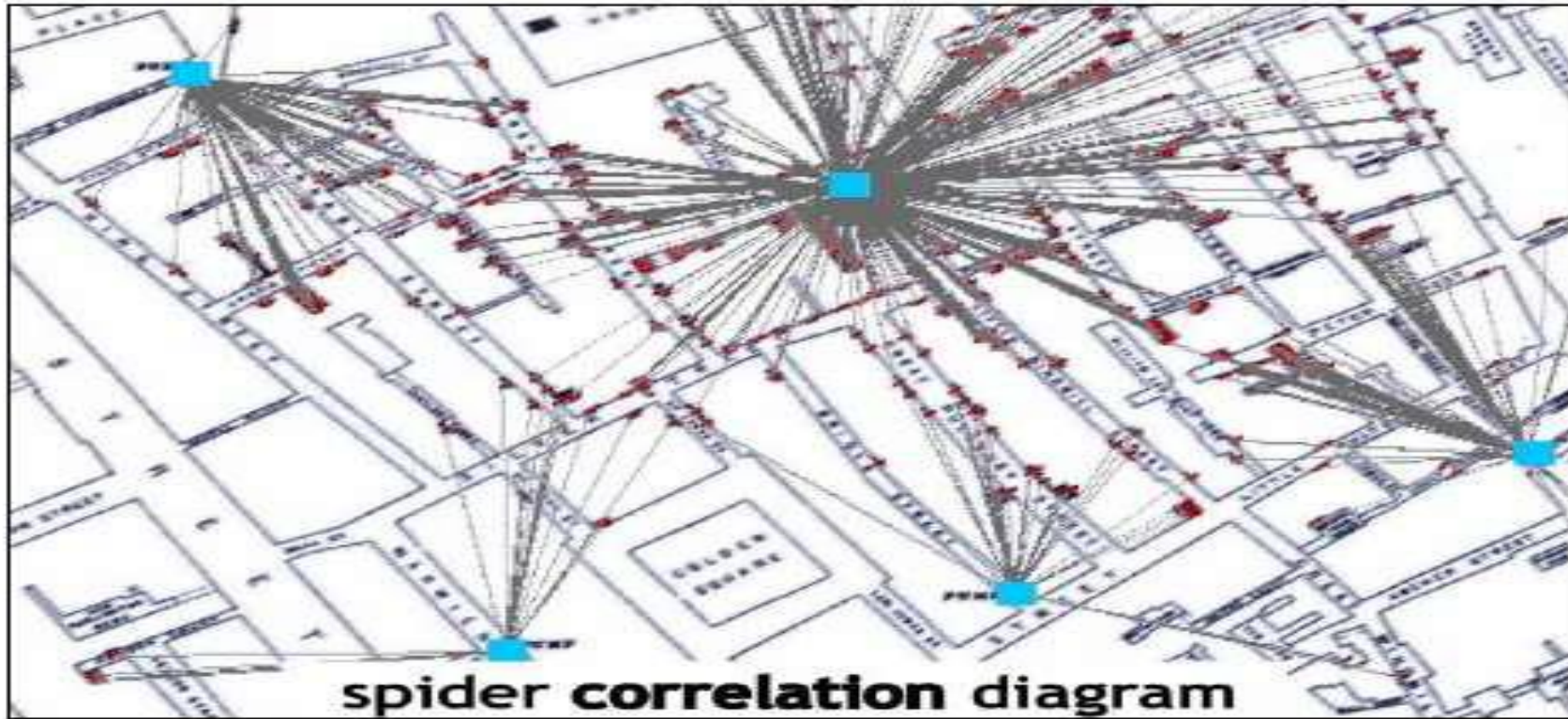
savoir



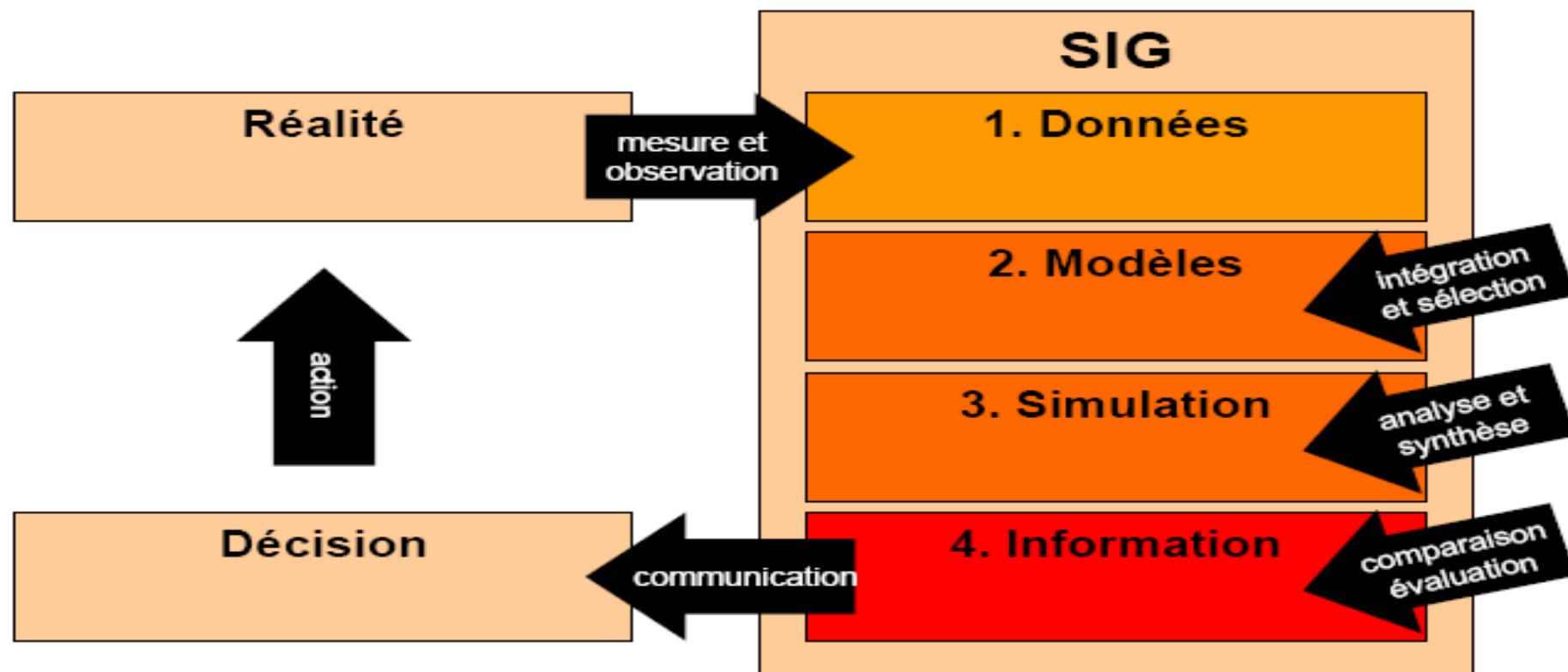
Première utilisation des SIG

Epidémie de choléra à Soho, Londres, 1854

Analyse par Dr. John Snow



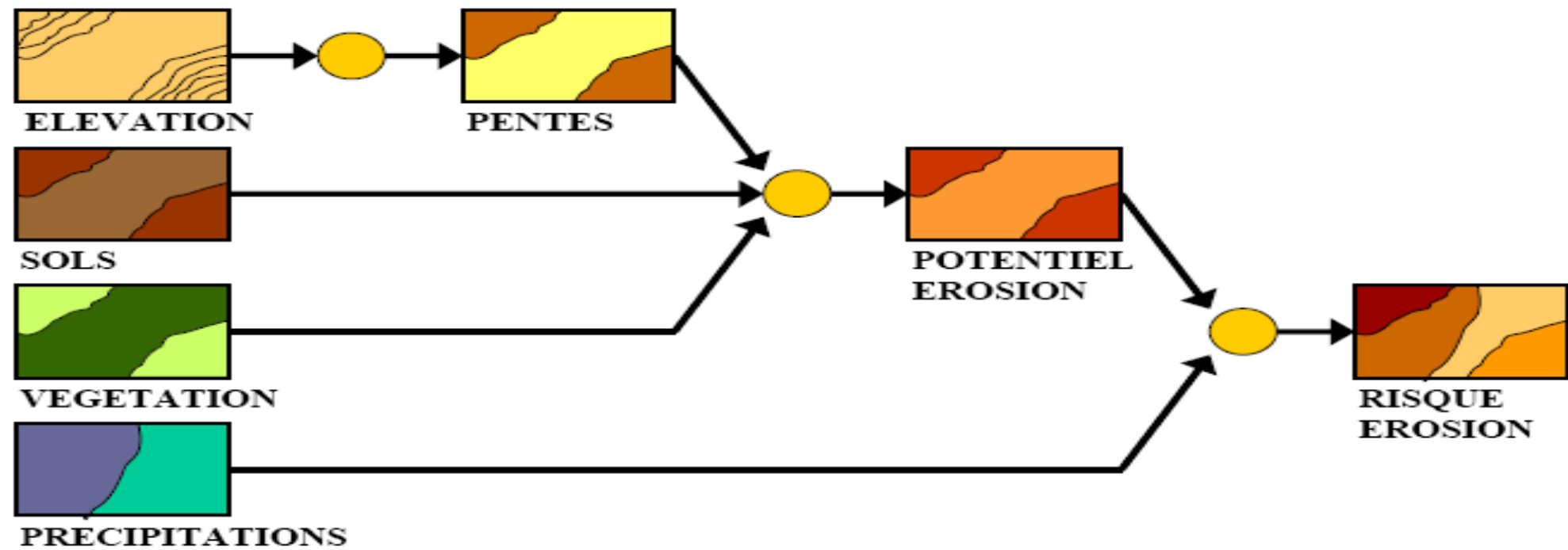
Le « cycle » des SIG



(Thériault/Brousseau, 2003)

Un exemple de géotraitement

Analyse de risques naturels



Les Systèmes d'Informations Géographiques

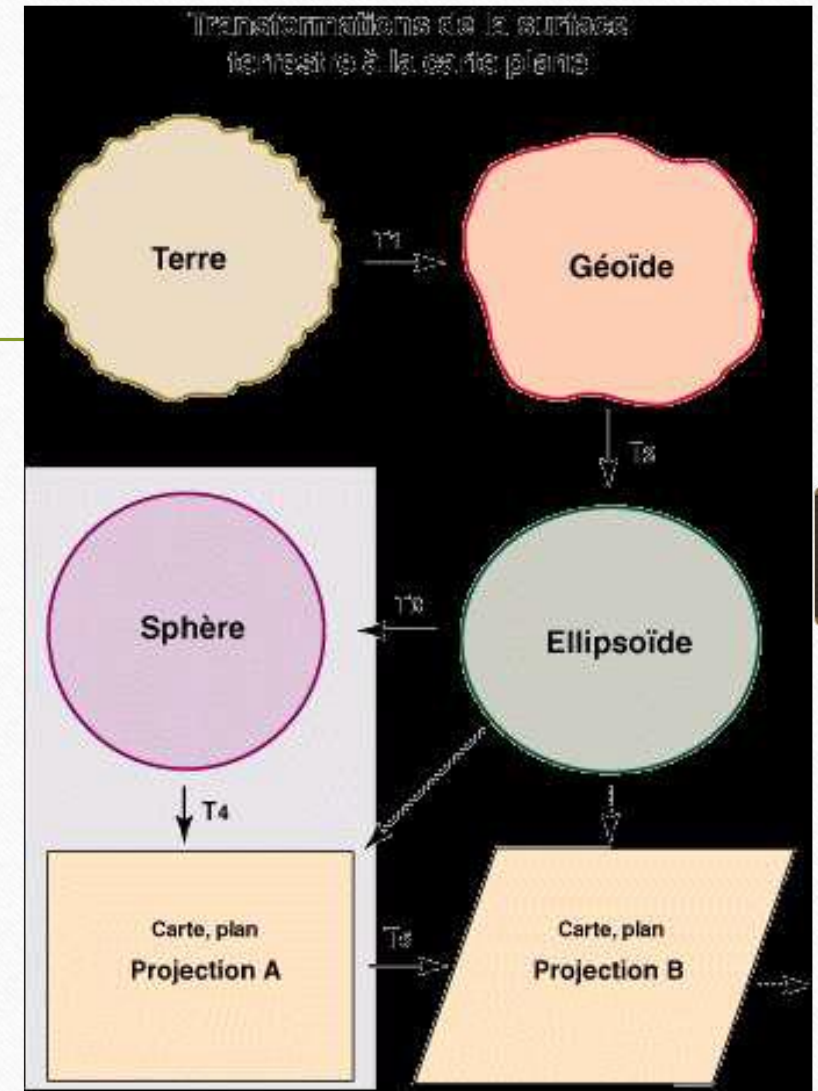
Concepts et propos théoriques

Le géo-référencement (Calage)

On dit géo-référencement ou calage, l'action de positionner ou définir l'emplacement du fond de carte dans un système de référence, suivant les coordonnées d'objets ou de repères prédéfinis (grille, objet fixe sur terrain). Les coordonnées des objets se rapportent toujours à un référentiel géographique. Elles peuvent être des coordonnées géographiques décimales ou métriques (latitude, longitude) ou sont parfois issues de représentations planes (projections Lambert, UTM,...) souvent propres aux fournisseurs ou aux pays.

Quelques précisions sur les projections!

► Les projections sont nécessaires à la traduction de phénomènes se déroulant à la surface de la sphère terrestre vers un plan.



Les Systèmes d'Informations Géographiques

Concepts et propos théoriques

Les coordonnées

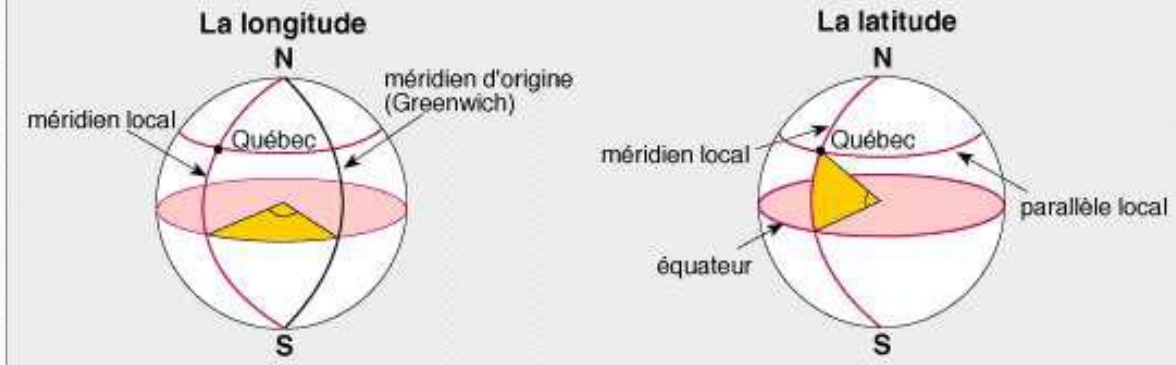
Coordonnées géographiques

Coordonnées UNIVERSELLES continues (longitude, latitude)

Coordonnées planes (projetées)

Traduit en mètre les coordonnées géographiques à partir d'un point de référence

Québec: $\lambda: 71^{\circ}13' W$ $\varphi 46^{\circ}49' N$

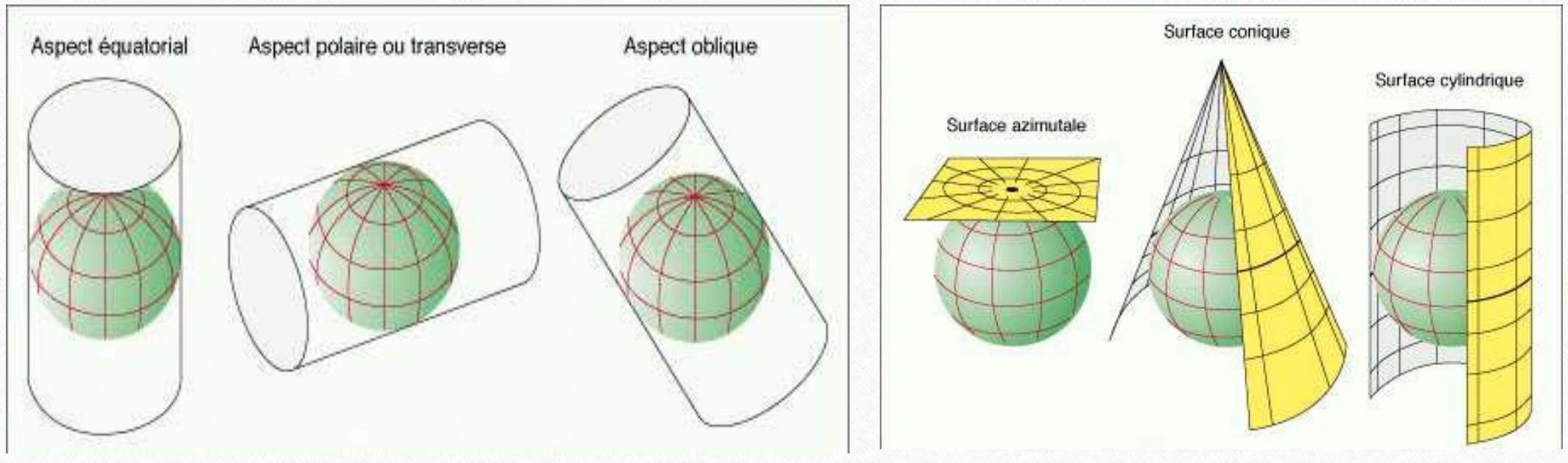


Aucune représentation cartographique en plan (2 dimensions), obtenue à la suite d'une projection, ne peut illustrer fidèlement la surface terrestre sans altérer ces éléments:

Les **directions**, les **distances**, les **surfaces** ou les **formes** des éléments géographiques

La nature des altérations:

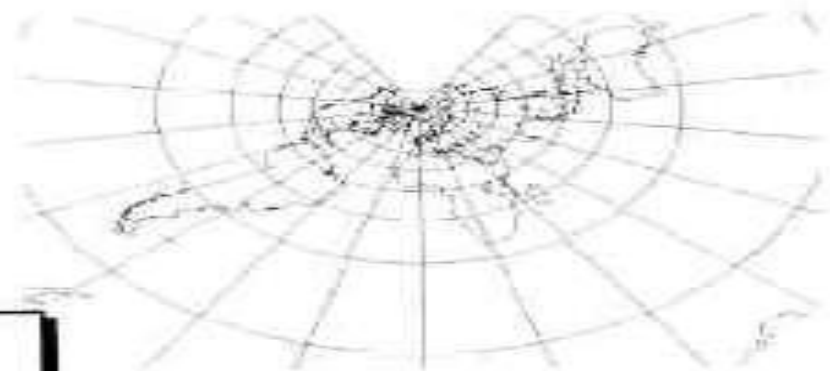
- **projection conforme:** conserve le rapport local des angles et des formes, des figures.
- **projection équivalente:** conserve le rapport de surface
- **projection équidistante:** conserve les rapports de distance le long de certaines lignes choisies



Conforme

**Préserve
les angles**

Conique conforme de Lambert



Cylindrique équatoriale de Mercator



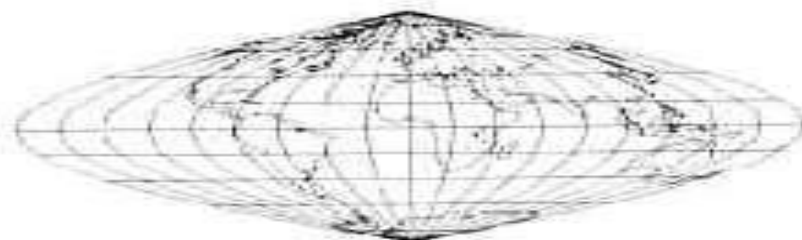
Équivalente

**Préserve les
surfaces**

Conique équivalente d'Albers



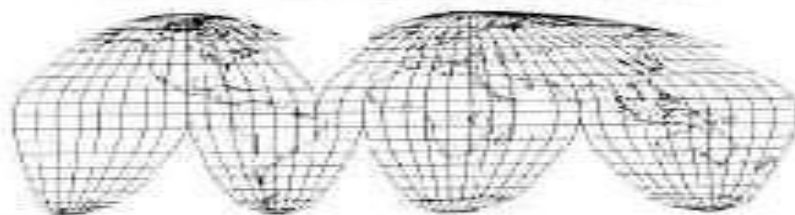
Sinusoidale équivalente



Compromis

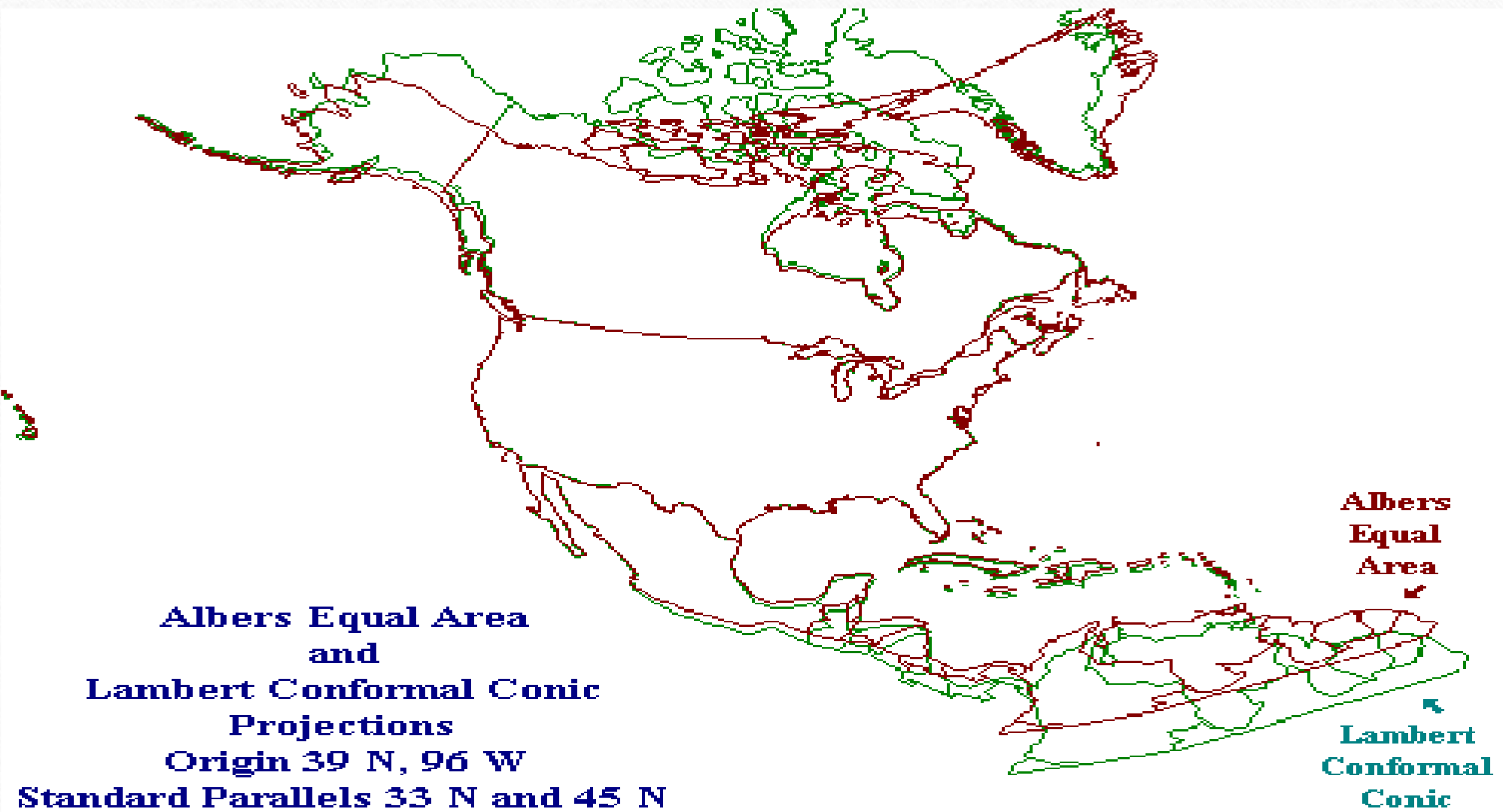
**Ne préserve
rien**

Homolosine de Goode



Robinson





MODES DE REPRÉSENTATION DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE DANS UN SIG



Ce que vous voyez sur le terrain

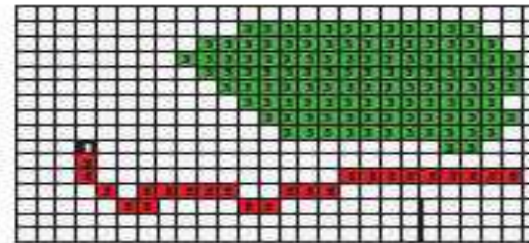
Ce que vous voyez sur la carte papier

MODE VECTEUR



Ce que vous voyez sur une carte numérique

MODE RASTER



Les Systèmes d'Informations Géographiques

Concepts et propos théoriques

La donnée Raster:

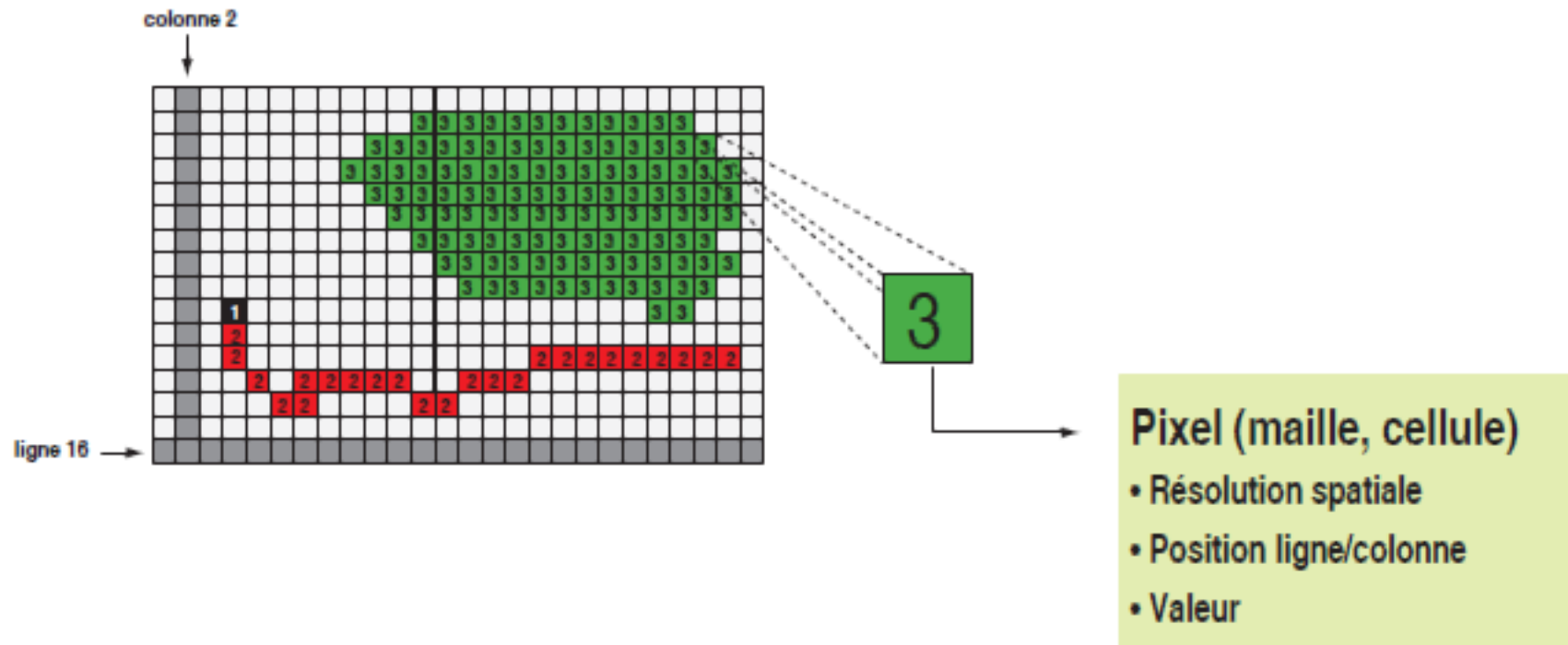
La réalité est décomposée en une grille régulière et rectangulaire, organisée en lignes et en colonnes, chaque maille de cette grille ayant une intensité de gris ou une couleur.

La juxtaposition des points recrée l'apparence visuelle du plan et de chaque information.

Une forêt sera "représentée" par un ensemble de points d'intensité identique.

Les Systèmes d'Informations Géographiques

Concepts et propos théoriques



DONNÉES RASTER : EXEMPLES

Images satellitales



Images scannées



Orthophotos aériennes



Classification



Les Systèmes d'Informations Géographiques

Concepts et propos théoriques

La donnée Vecteur

Les limites des objets spatiaux sont décrites à travers leurs constituants élémentaires, à savoir les points, les lignes et polygones, et les polygones. Chaque objet spatial est doté d'un identifiant qui permet de le relier à une base de données (table attributaire).

Les Systèmes d'Informations Géographiques

Concepts et propos théoriques



Les Systèmes d'Informations Géographiques

Concepts et propos théoriques

Types de données vecteur:

LES POINTS :

Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des objets géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces, ou qui n'ont pas de surface réelle (ex : mosquée, monument, forage, point de prélèvement)

LES LIGNES :

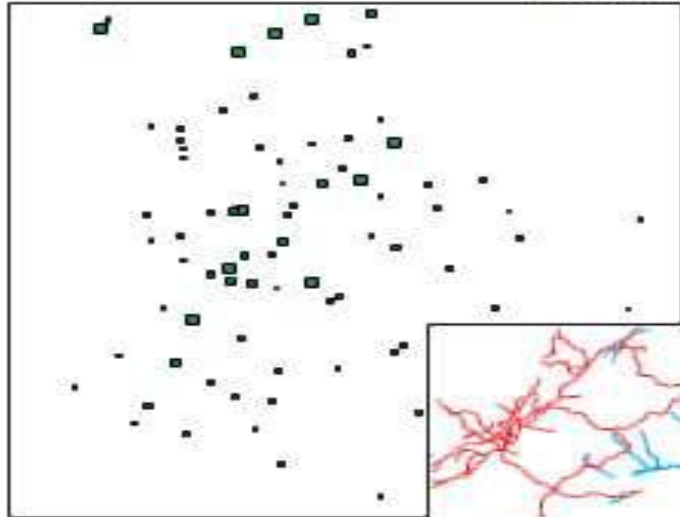
Les lignes représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (ex : route ou rivières) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.

LES POLYGONES :

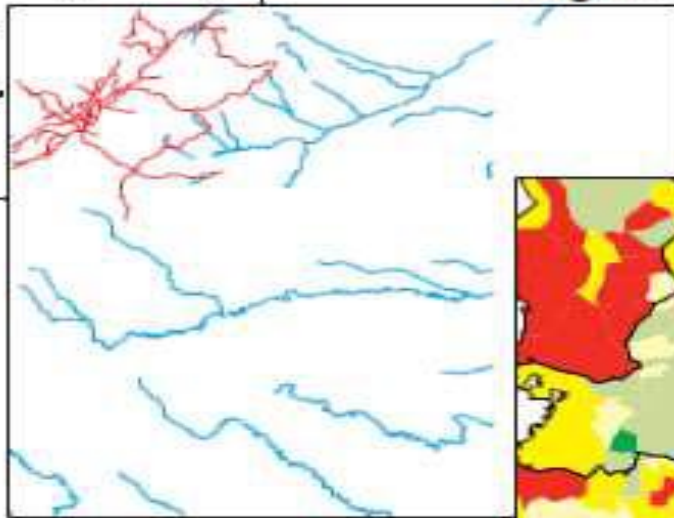
Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes ayant une surface et un périmètre bien définis, comme des pays, des parcelles, des types de sols.....

DONNÉES VECTEURS : EXEMPLES

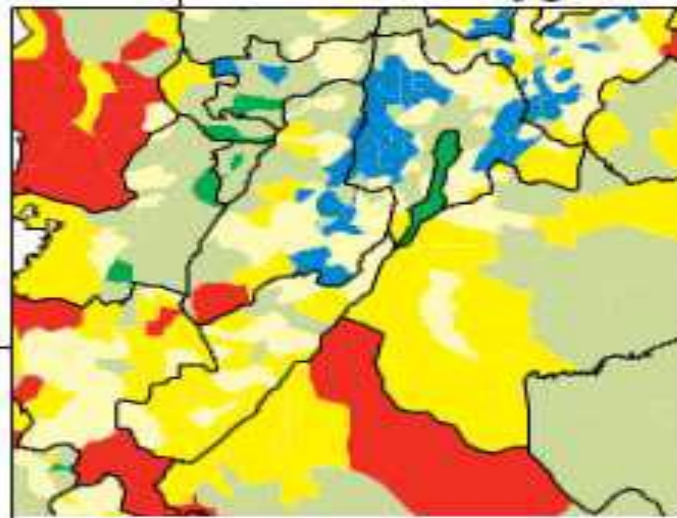
Points



Lignes



Polygones



Les Systèmes d'Informations Géographiques

Concepts et propos théoriques

Les étapes de réalisation d'un SIG

Etape 1: Acquisition des données

Raster (image sat, carte scannée....) ou Vecteur (tables SIG, Google Earth, couches adobe Photoshop ou Illustrator) ou données de terrain (levé topo , GPS ...)

Etape 2: Correction et structuration des données

- Calage ou géo-référencement du raster
- Définir les thématiques et les éléments à cartographier
- Création des tables conformes au type d'élément, et à la projection du fond raster

Etape 3: Digitalisation des données

Consiste à cartographier les éléments par des objets de type vecteur, on peut donc appeler cette étape «vectorisation»

Les Systèmes d'Informations Géographiques

Concepts et propos théoriques

Etape 4: Analyse et traitement des données

- Sélection analytique, et sélection SQL
- Calcul de dimensions (distances, longueurs, surfaces.....)
- Analyse thématique

Etape 5: Exportation des résultats

- Création des outils de la carte (Grille, légende, échelle)
- Mise en page de la carte
- Exportation

Télédétection

Définitions

- La télédétection est la science et l'art d'obtenir des informations sur les objets, les surfaces, ou des phénomènes par l'analyse des données collectées à l'aide des appareils sans contact direct avec l'objet, la surface ou le phénomène à étudier.

Télédétection

Définitions

- Le terme télédétection signifie l'observation de la surface terrestre depuis l'espace par l'utilisation des propriétés des ondes électromagnétiques émises, réfléchies ou diffusées par l'objet observé pour l'amélioration de l'exploitation des ressources naturelles, l'aménagement de territoire et la protection de l'environnement. (UN, 1999).

Télédétection

définitions

Lillesand et Kiefer (1994)

... «ensemble des techniques permettant d'obtenir de l' **information** sur un objet, un territoire ou un phénomène géographique à travers l'analyse de données acquises à distance sans contact direct avec cet objet , ce territoire ou ce phénomène géographique.»

- **Télé...détection???**

- mesures effectuées **à distance** (ex. oeil, photographie)
- instruments de mesures : **capteurs / vecteurs**
- support d'information : **rayonnement électromagnétique**
- 2 sous-systèmes principaux : **collecte / analyse de données**

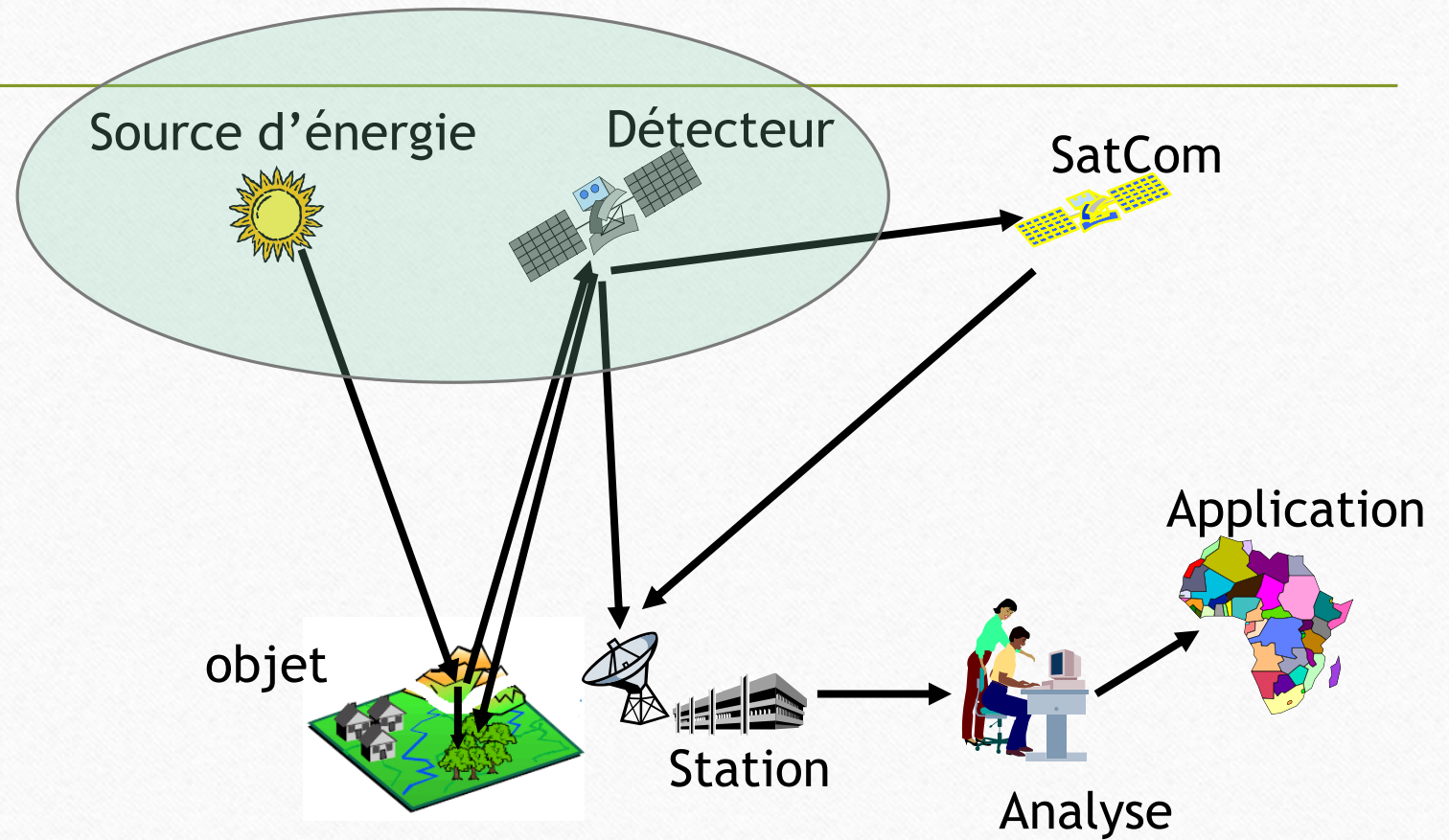
Principes

- **Source d'énergie ou d'illumination**

À l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible.

Une source d'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique est nécessaire pour illuminer la cible, à moins que la cible ne produise elle-même cette énergie.

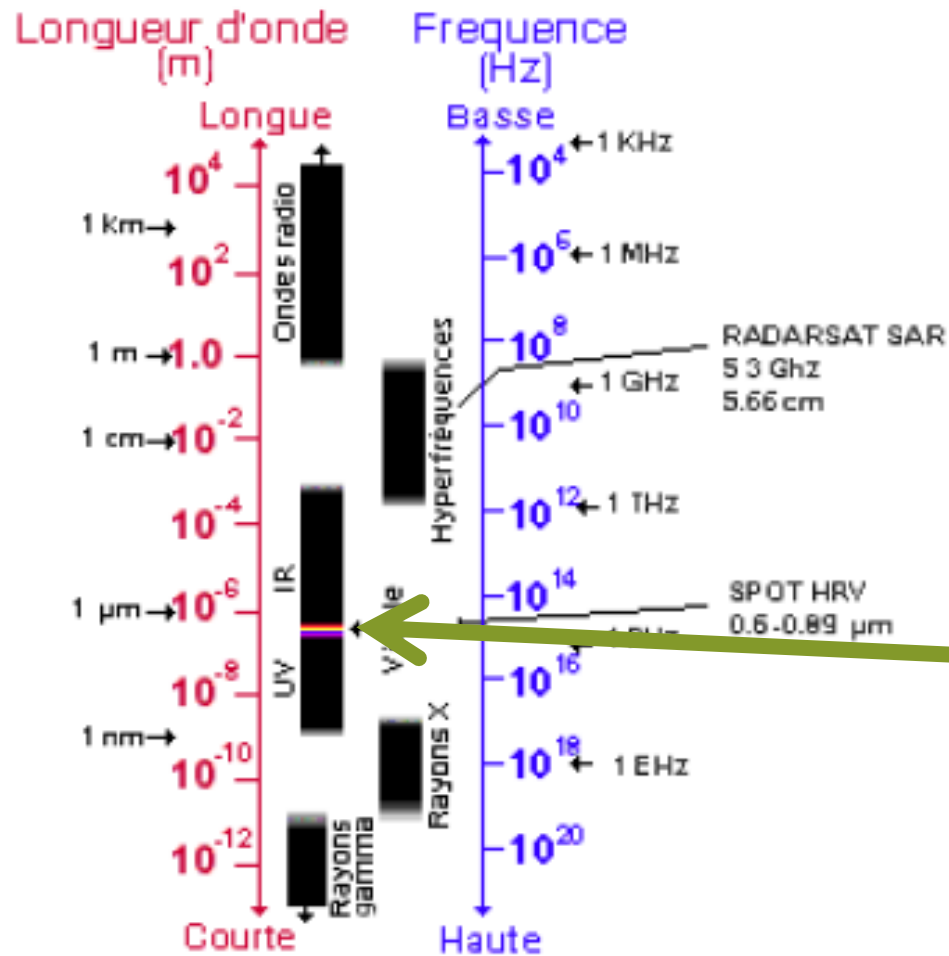
Principes



Processus de Télédétection

- Sources d'énergie ou d'illumination: illumination de la cible
- Rayonnement et atmosphère: Durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, le rayonnement interagit avec l'atmosphère. Et cible -capteur
- Interaction avec la cible:
- Enregistrement de l'énergie par le capteur:
- Transmission, réception et traitement: Moyens électroniques
- Interprétation et analyse: visuelle ou numérique
- Application: cartographie ou résolution d'un problème.

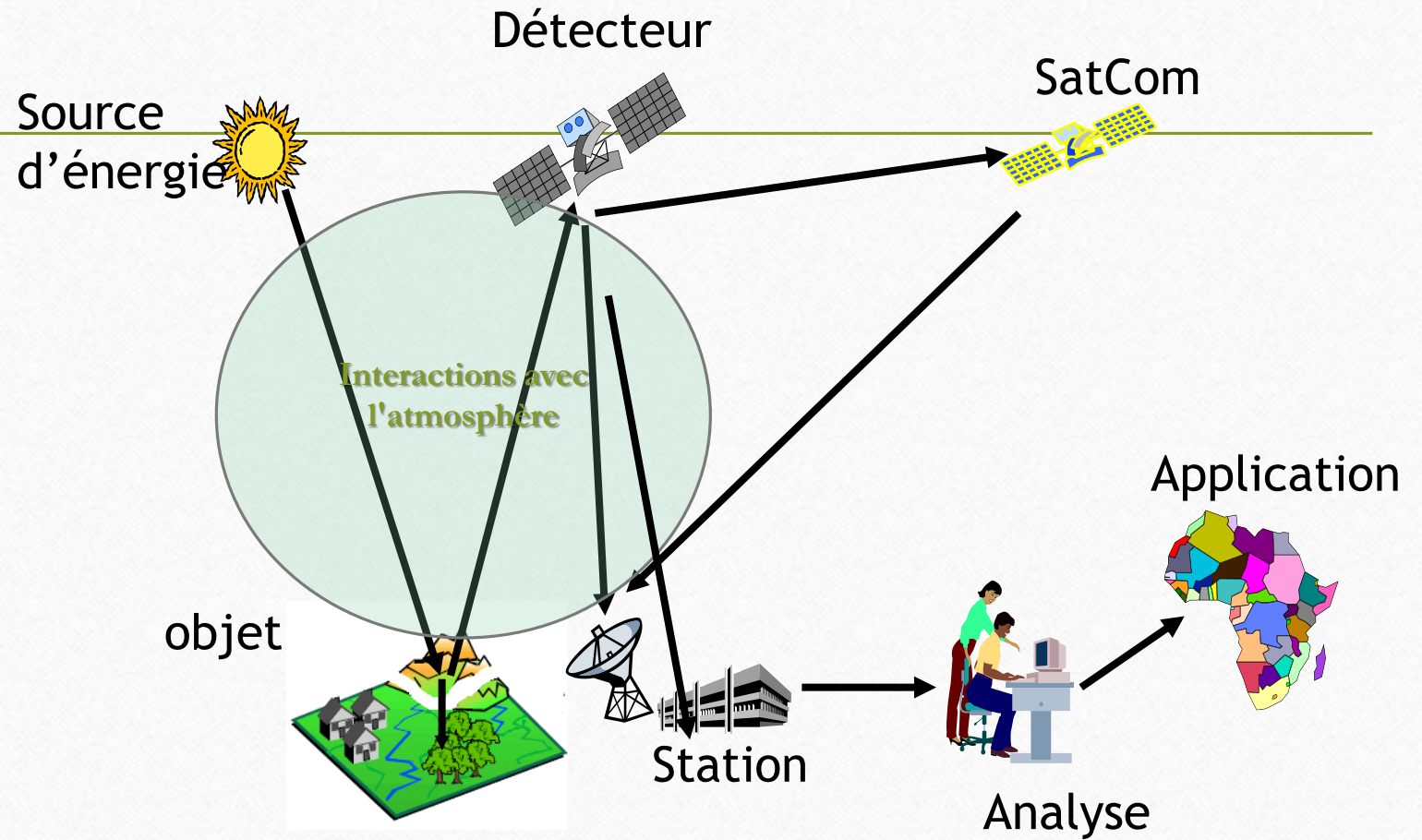
Principes



Visible

- Violet : 0.4 - 0.446 μ m
- Bleu : 0.446 - 0.500 μ m
- Vert : 0.500 - 0.578 μ m
- Jaune : 0.578 - 0.592 μ m
- Orange : 0.592 - 0.620 μ m
- Rouge : 0.620 - 0.7 μ m

Principes



Diffusion-Absorption

Diffusion de Rayleigh: la taille des particules $<$ à la longueur d'onde du rayonnement (bleu)

Diffusion de Mie: la taille des particules $>$ à la longueur d'onde du Ray. (poussière, fumée, vapeur d'eau..)

Diffusion non sélective: nuage sous différentes formes

Exemples d'interactions

DIFFUSION : absorption de photons par les particules de l'atmosphère (atomes, molécules) et ré-émission. Fonction de la longueur d'onde et du diamètre des particules.

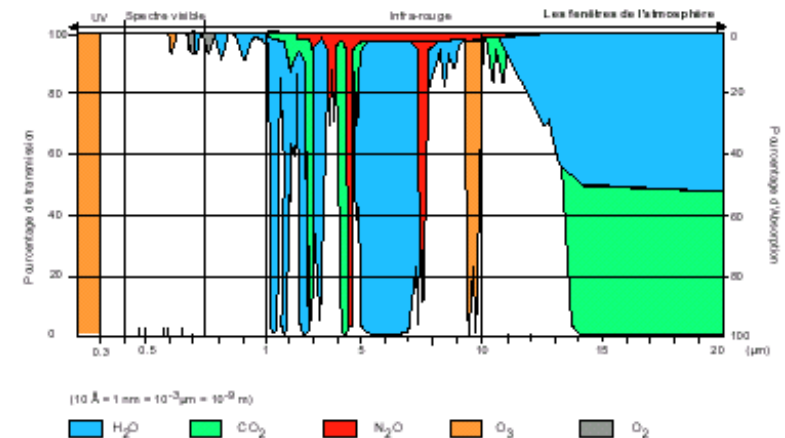
ABSORPTION : à des longueurs d'onde données, par les molécules d' O_2 , H_2O , CO_2 , O_3 , N_2 , CH_4 . Fenêtres atmosphériques illustrées ci-contre (bandes où l'atmosphère est transmissive).

CONSEQUENCES :
atténuations du signal dans la direction de propagation; réduction du contraste



Observation concrète du phénomène de diffusion :

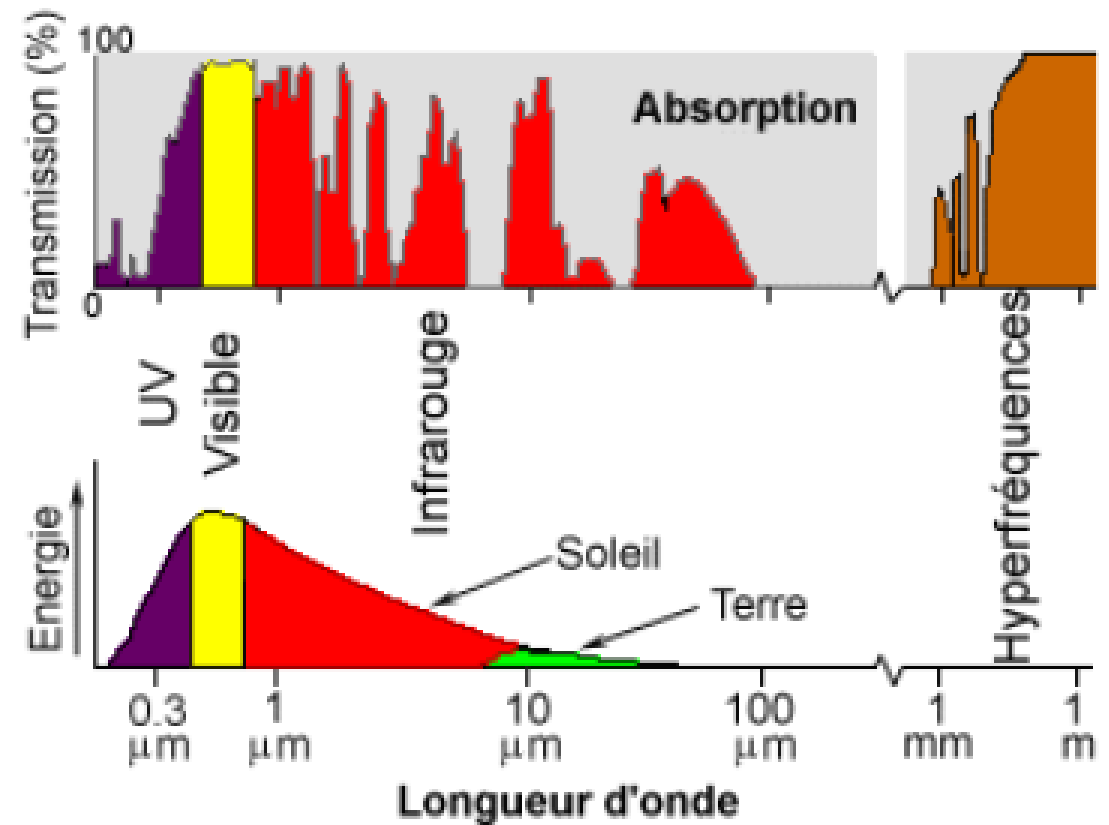
- Bleu du ciel diffusé 6 fois plus que le rouge
- Aspect rougeâtre du soleil au coucher
- Nuages blancs



Principes

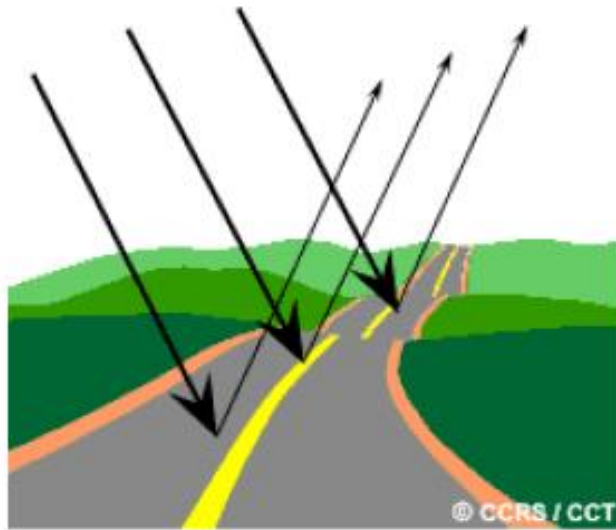
✓ L'absorption

Les fenêtres atmosphériques

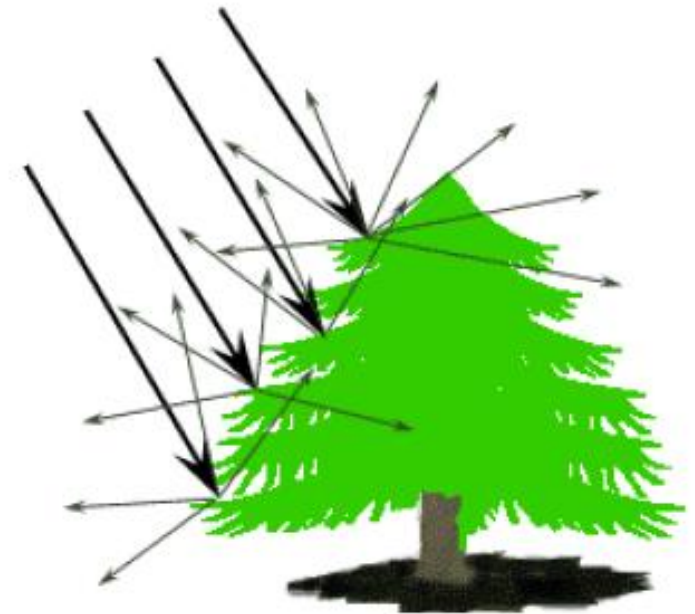


Principes

- Interactions
rayonnement - cible
Réflexion / Absorption



Spéculaire



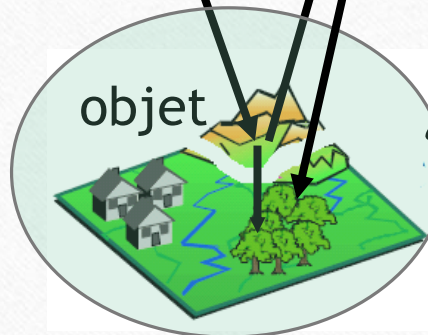
Diffuse

Principes

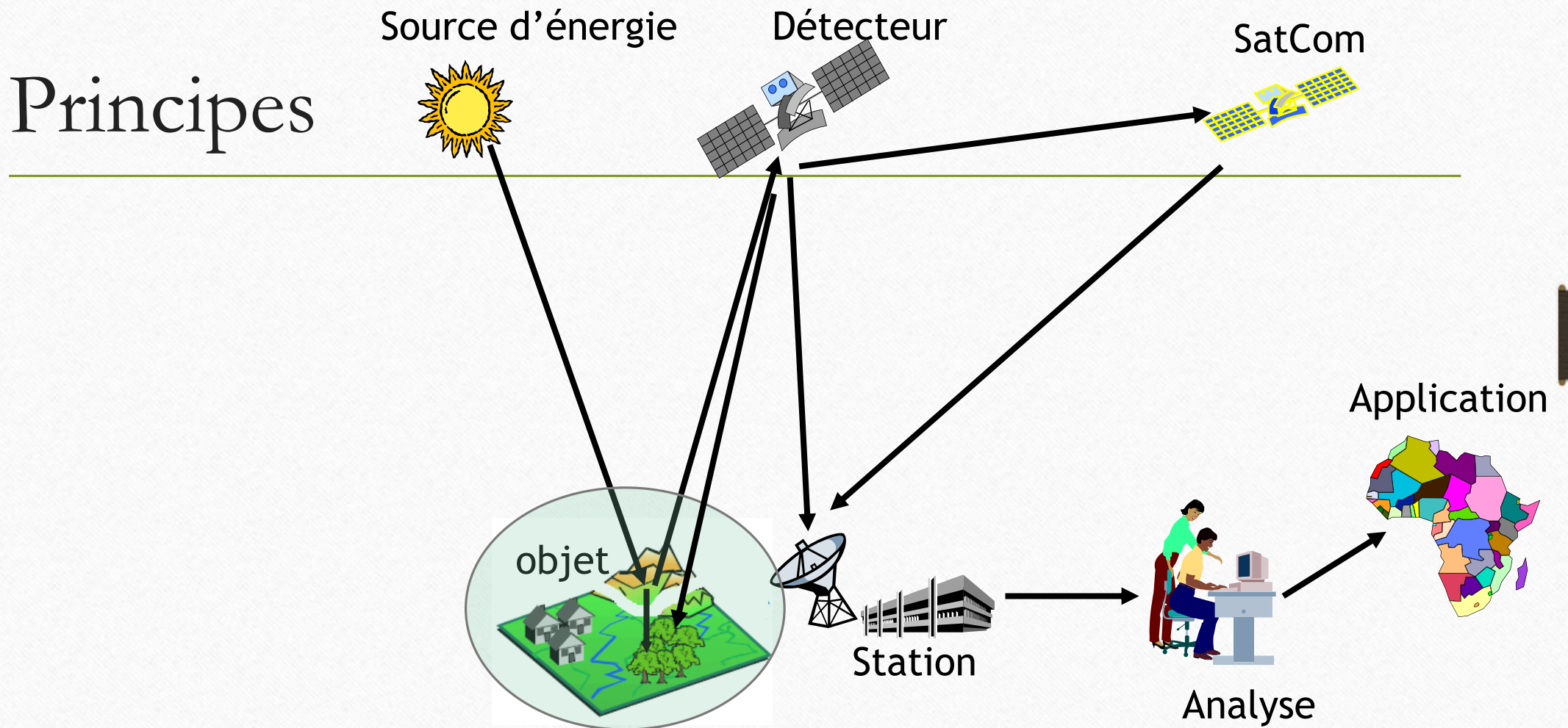
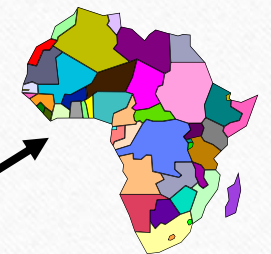
Source d'énergie

Détecteur

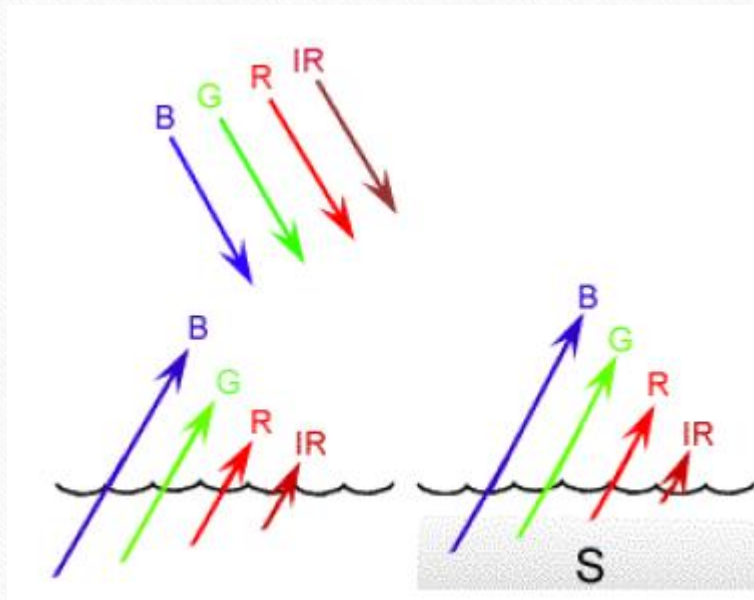
SatCom



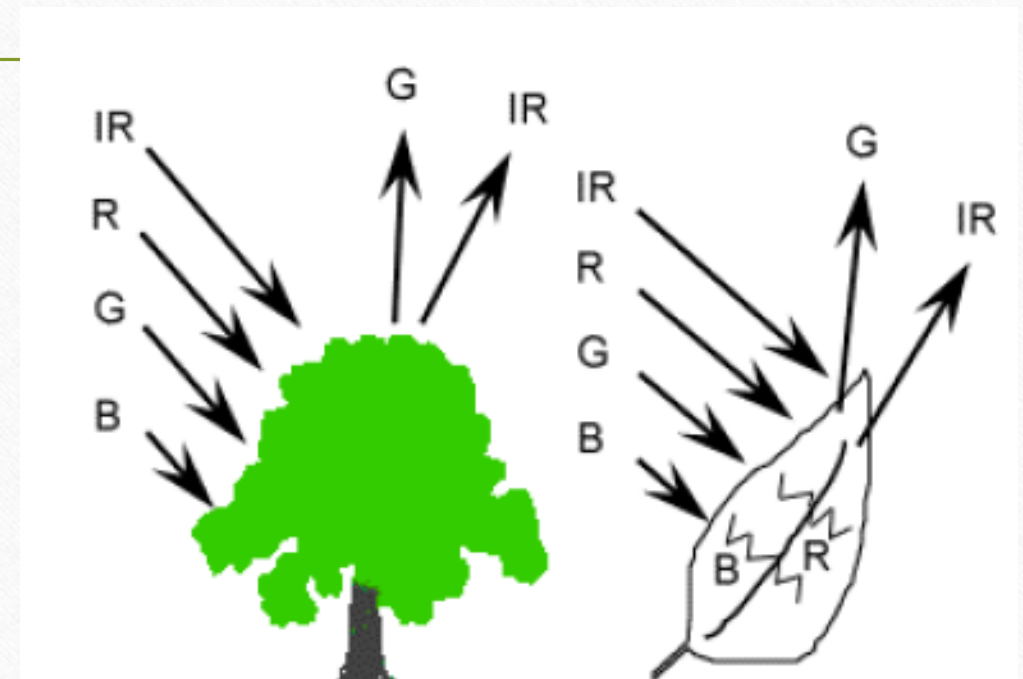
Application



Principes



Eau



Végétation