

Systèmes d'Information Géographique

1. Définitions et principe de fonctionnement

Qu'est-ce qu'un SIG ?

- Un système d'information **S-I**- ...

Permet de gérer (archivage structuré) des données, modéliser la réalité (abstraction) et produire de l'information (manipulation, échange, publication)

- L'information Géographique ... **-I-G** :
peut être définie comme l'ensemble de la description d'un objet et de sa position géographique à la surface de la Terre

- Un système d'information **S-I**- ...

Permet de gérer (archivage structuré) des données, modéliser la réalité (abstraction) et produire de l'information (manipulation, échange, publication)

SID : *Système d'Information Documentaire*

⇒ Gestion documentaire (emprunt, retard, commande)



SIE : *Système d'Information sur l'eau*

⇒ Gestion des données sur l'eau et les milieux aquatiques

eaufrance



SIG : *Système d'Information Géographique*

⇒ Gestion des données localisées, analyse d'un territoire ...

• L'information Géographique ... -I-G :

peut être définie comme l'ensemble de la description d'un objet et de sa position géographique à la surface de la Terre

Un Système d'Information Géographique est constitué de 5 composants majeurs

(ESRI France, <http://www.esrifrance.fr/societe/sig2.htm>)

- **Données**

= carburant du SIG. Information localisée géographiquement

- **Matériels**

= informatique, de terrain, pour l'acquisition et le traitement de l'information

- **Utilisateurs**

= fournisseurs, techniciens, thématiciens, acteurs privés / public ...

- **Territoires**

= outil d'aide à la décision pour des enjeux liés aux terr

- **Logiciels**

= interface informatique (= information automatique)ⁱⁱ

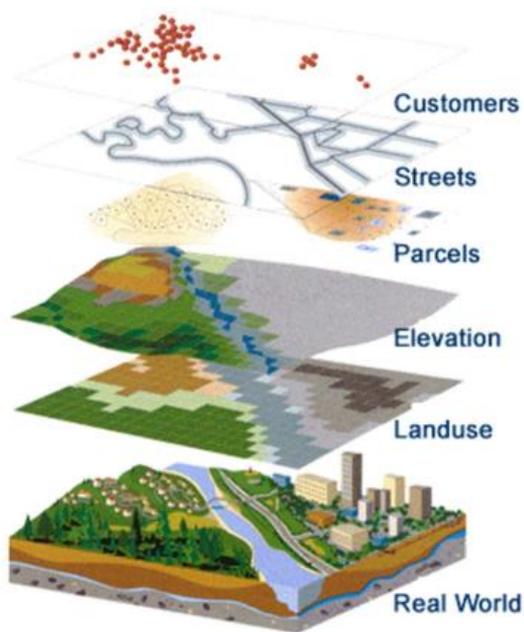


... un S-I-G, c'est :

un système informatique de matériels, de logiciels, et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion.

(Comité fédéral de coordination inter-agences pour la cartographie numérique - FICCDC, 1988)

Principe de fonctionnement



Organisation des données (informations géographiques) par types/thématiques sous forme de couches ou thèmes d'informations superposables

Superposition des différents jeux d'informations: stratigraphie, courbes d'équidistance, réseau hydrographique...provenant de sources variées

2. De la surface terrestre aux cartes: notions de Géodésie

Notions de géodésie

Les informations géographiques doivent être superposables. Or des projections particulières sont utilisées selon les données et l'utilisation que l'on fait.

Aussi un SIG doit pouvoir passer facilement entre diverses:

- projections,
- systèmes de coordonnées,
- référentiels géodésiques,
- ellipsoïdes

Géodésie:

Science qui mesure et représente la surface terrestre ainsi que son champs de pesanteur

Les systèmes de coordonnées

Les points et objets sont repérés dans l'espace par des coordonnées, définies par rapport à un système géodésique et son ellipsoïde.

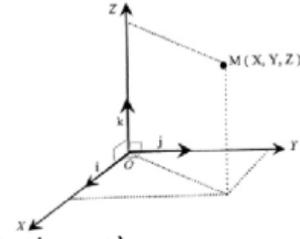
Sur la Terre : points sur une sphère

- coordonnées cartésiennes géocentriques : X, Y, Z

origine au centre de la Terre

coordonnées = les projections du point M sur les axes (x, y, z)

Utilisées comme intermédiaire pour les calculs lors des changements de système



- coordonnées géographiques :

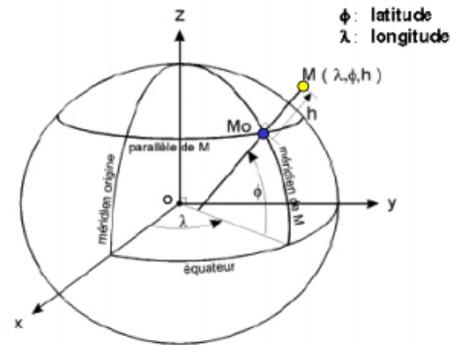
latitude (Φ : phi) et longitude (λ : lambda)

+ hauteur ellipsoïdale (h)

Sur une carte : points sur un plan,

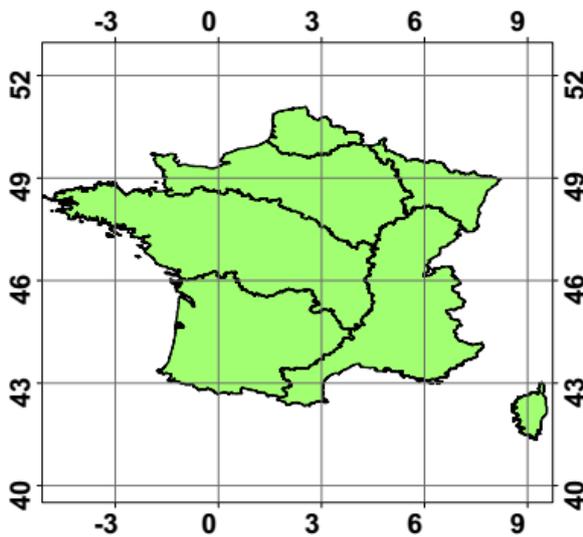
résultats d'une projection

- coordonnées projetées, planes X, Y



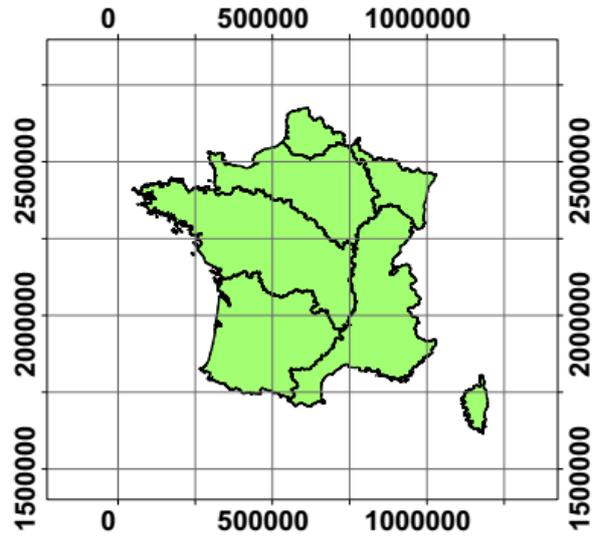
2 grands types de systèmes de coordonnées utilisés en SIG

Système de coordonnées Géographiques
Ex: WGS 1984



Unités: degrés

Système de coordonnées projetées
Ex: Lambert II étendu



Unités: mètres

Les unités

Coordonnées géographiques

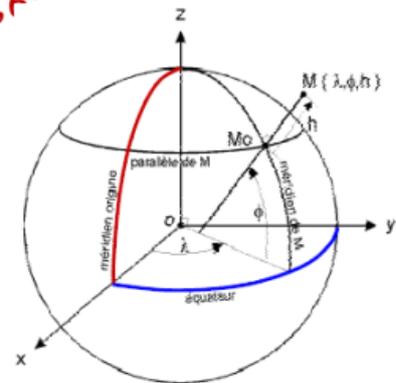
Notation des unités angulaires pour les latitudes et longitudes (mesure d'angle à partir des pôles ou d'un méridien):

Degrés, minutes, secondes ($^{\circ}$ ' ") ex: $48^{\circ} 36' 36''$

Degrés, minutes décimales ($^{\circ}$ ') ex: $48^{\circ} 26,6'$

Degrés décimaux ($^{\circ}$) ex: $48,61^{\circ}$

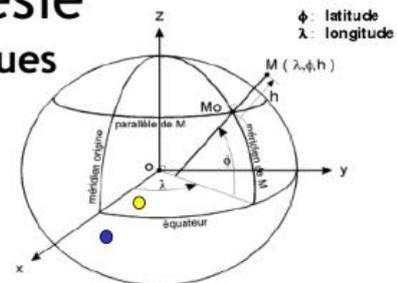
W -	-48,61
E +	+30,92
N+	+20,32
S-	-60,96



Notions de géodésie

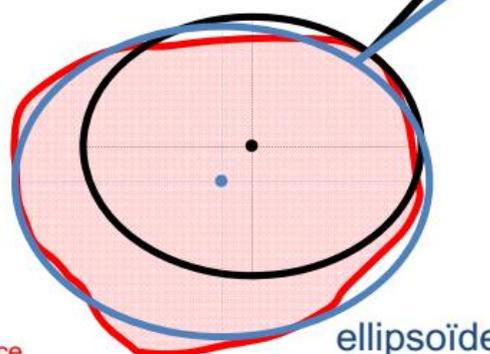
Les systèmes de coordonnées géographiques

latitude (Φ : phi) et longitude (λ : lambda)
+ hauteur ellipsoïdale (h)



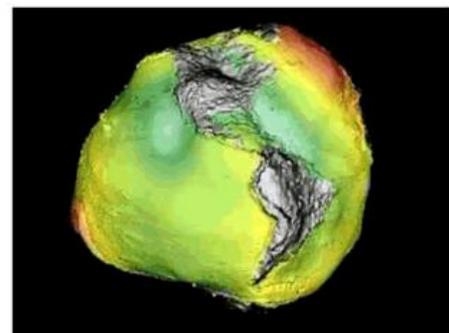
Quelle ellipsoïde ?

ellipsoïde local



Géoïde:

= la vraie surface
équipotentielle de pesanteur



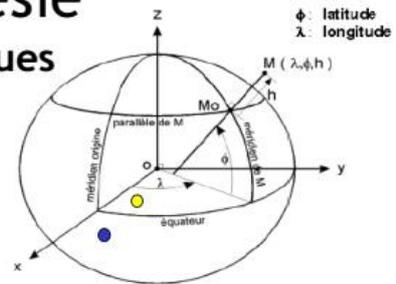
ellipsoïde global

Surface mathématique modélisée

Notions de géodésie

Les systèmes de coordonnées géographiques

latitude (Φ : phi) et longitude (λ : lambda)
+ hauteur ellipsoïdale (h)



Longitude : comptée + vers l'Est, - vers l'Ouest

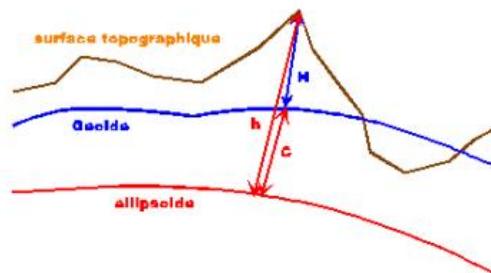
- Méridien - international : Greenwich
- propre à la géodésie de chaque pays

défini par sa longitude par rapport au méridien international
ex. du méridien de Paris : $2^{\circ} 20'$ à l'Est du méridien de Greenwich

Latitude:

Hauteur ellipsoïdale :

- = distance verticale entre le point considéré et l'ellipsoïde (h)
- . propre à un système géodésique
- . diffère de l'altitude (H) de plusieurs dizaines de mètres parfois



Les systèmes de coordonnées géographiques

➤ Systèmes géodésiques globaux (Terre entière):

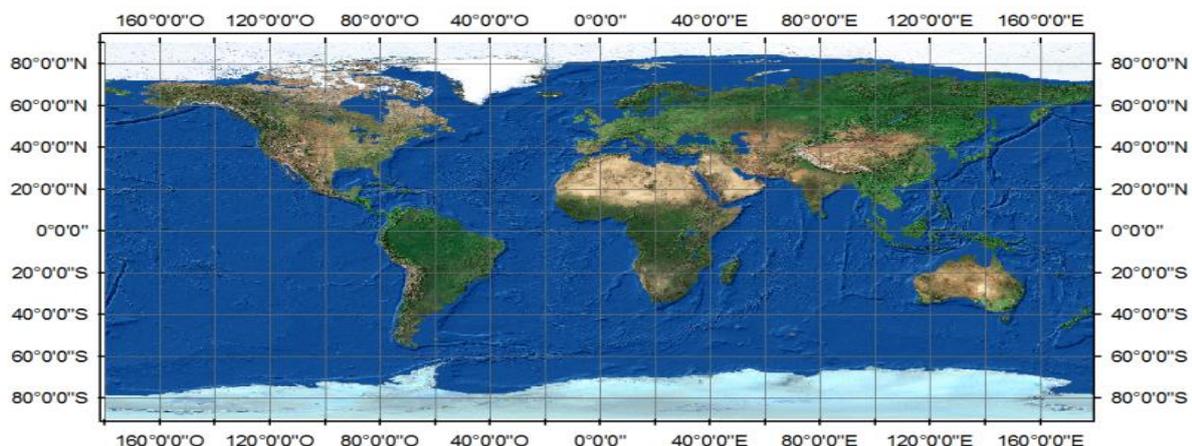
- modélisation de la totalité du géoïde
- précision moyenne à peu près partout

➤ Systèmes géodésiques locaux:

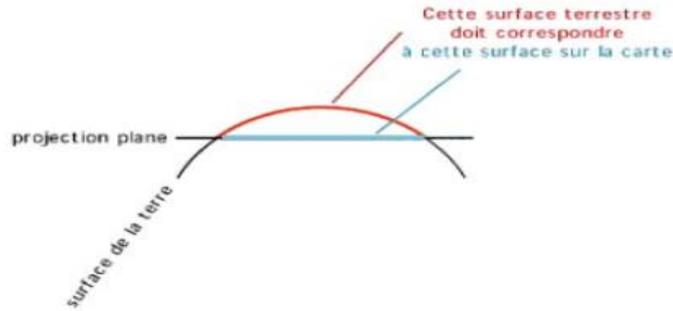
- modélisation précise d'une zone géographique
- Attention: ne peuvent pas être utilisés en dehors de la zone

Les systèmes de coordonnées géographiques

Exemple : carte du monde en WGS 1984

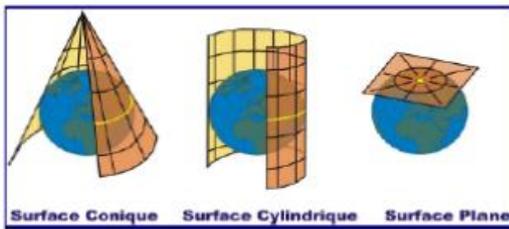


Les systèmes de coordonnées projetées/planes

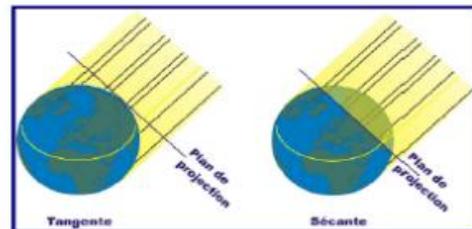


Coordonnées exprimées en mesure de distance (mètre par exemple)

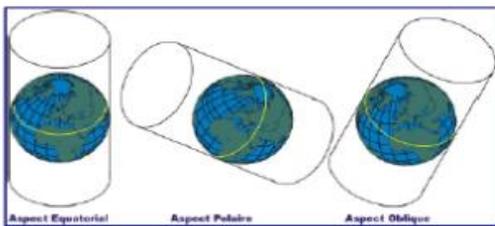
Une projection, c'est un système de correspondance, pour passer de l'ellipsoïde à une carte dessinée sur un plan



la surface de projection ↑

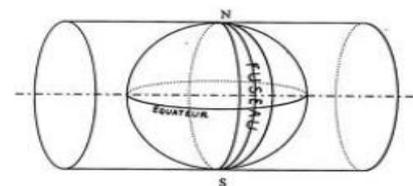


↑ la position de la surface développable (point de contact avec l'ellipsoïde ou la sphère)

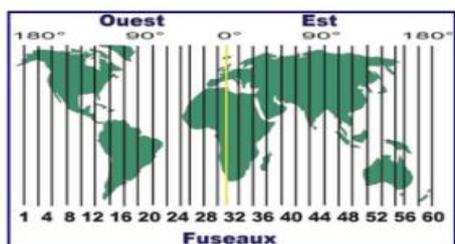


← aspect du système de projection (position de la surface de projection)

Le système UTM: Universal Transverse Mercator



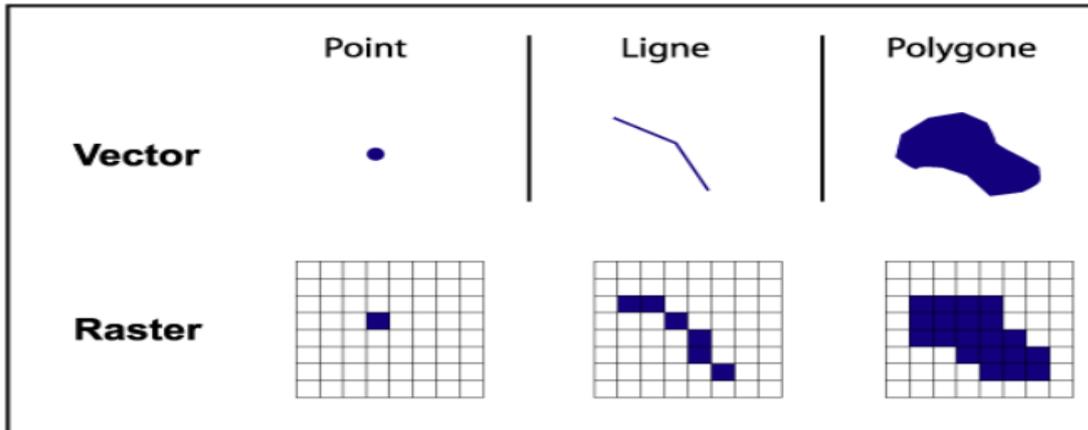
Projection Transverse de Mercator (UTM)



3. Structure des données

La représentation des données se fait soit par:

- Des points, des lignes, des polygones = **données vecteur**
- Un maillage régulier = **données raster**



mode vecteur
point, ligne, polygone



mode raster
grille (maille ou pas)



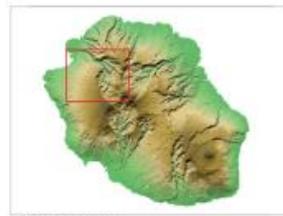
• Les données Raster

image matricielle ou image en mode point.

C'est une image numérique composée d'un tableau de pixels ou de points de couleur, généralement rectangulaire et plane.



Image satellite



Modèle numérique de terrain



Photo aérienne



Scan de carte topo

- Les données Vecteur

image vectorielle ou image en mode trait. C'est une image numérique composée d'objets (primitives) géométriques individuels (segments de droite, polygones, arcs de cercle, point, etc.)



VILLAGE

Nom	Bristol
Nb d'hab.	853
Nb de commerces	3



ROUTE

Type	communale
Etat	bon



CULTURE

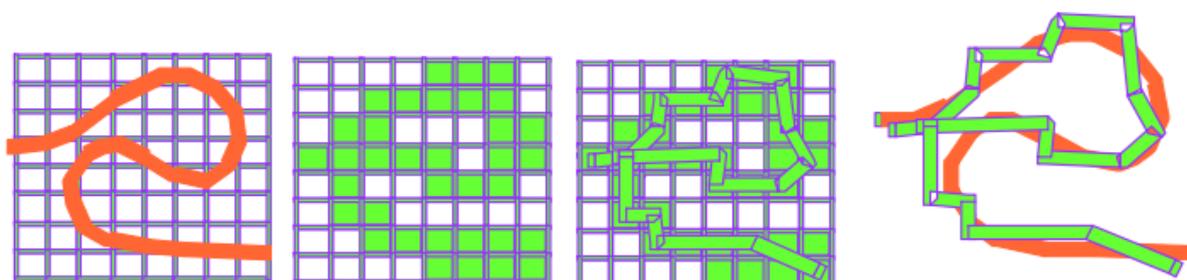
Espèce	blé
Date de mise en culture	20-nov
Traitements	oui

Raster Vs Vecteur

	Avantages	Inconvénients
Raster	<ul style="list-style-type: none"> • bonne représentation des réalités continues • structure de données simple • analyse spatiale aisée • combinaison de thèmes aisée (unités spatiales directement comparables) • calculs rapides 	<ul style="list-style-type: none"> • prend beaucoup de place • faible qualité d'affichage et d'impression • position et forme des objets peu précises (selon résolution)
Vecteur	<ul style="list-style-type: none"> • prend peu de place • excellente qualité d'affichage et d'impression • représentation précise de la position et de la forme des objets • bonne intégration et mise à jour facile • approche par objet 	<ul style="list-style-type: none"> • peu adapté à la représentation des réalités continues • structure de données complexe • croisement de thèmes complexe (nécessité de créer de nouvelles unités spatiales) • calculs lents

Il est possible de convertir vecteur en raster et raster en vecteur

conversion Vecteur → Raster : aisée
 contrairement au passage Raster → Vecteur.



Vecteur → Raster

Raster → Vecteur

Structure des données

Les différents niveaux d'information géographique sont organisés en *couches* (ou *thèmes*) utilisables par le S.I.G.

- Chaque objet est défini par sa dimension spatiale et sa **dimension thématique, ou attributive**.
- A chaque objet est attribuée une fiche correspondant à un tableau, appelé **table d'attributs** : 1 attribut = 1 caractéristique
→ 1 colonne (ou *champ*)
- Les **attributs** décrivent l'objet (nom de la ville, type de l'occupation du sol, altitude...). Ils sont de type **alphanumérique** (valeur numérique, chaîne de caractères, valeur booléenne)



Le SIG croise les références des attributs avec les unités spatiales du thème, permettant les requêtes à partir de l'un ou de l'autre.

Système d'Information Géographique

Applications

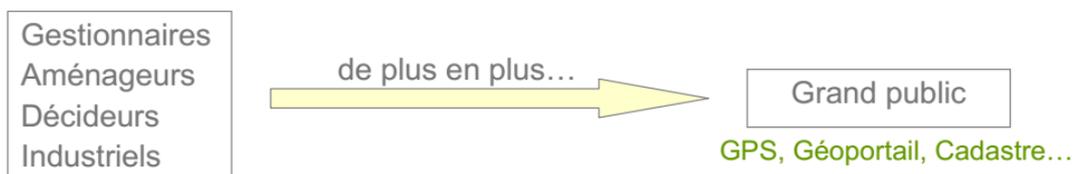
Acquérir et visualiser des informations représentables sous forme de carte

- Logistique : aide à la navigation (GPS), suivi de flotte
- Travaux publics, télécoms : travaux sur voirie ou sur réseaux
- Militaire

Décision : analyser des données avec une perspective spatiale

- Géomarketing
- Aménagement du territoire, urbanisme
- Risque : plan de prévention et gestion de crise
- Agriculture

Applications : acteurs

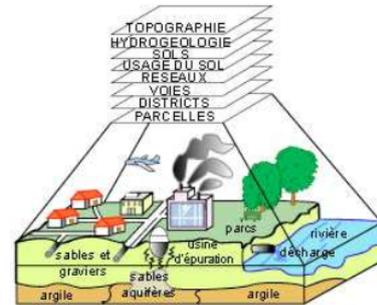


Fonctionnalités applicatives d'un SIG

- « Cinq A »
- Acquisition
 - Abstraction
 - Archivage
 - Affichage
 - Analyse

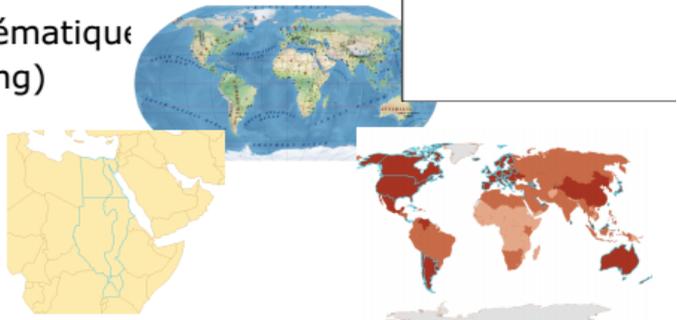
Fonctionnalités métier d'un SIG

- Où** Localisation géographique d'un ou de plusieurs objets
- Quoi** Recherches des objets présents à un endroit ou dans une zone donnée ⇨
- Comment** Relations entre objets / phénomènes.
Réalité sous-jacente révélée par leur répartition géographique ?
- Quand** **analyse temporelle** : évolution d'un objet ou phénomène.
- Et si** **simulation** : étude des conséquences d'une décision du fait de la localisation des objets / phénomènes concernés



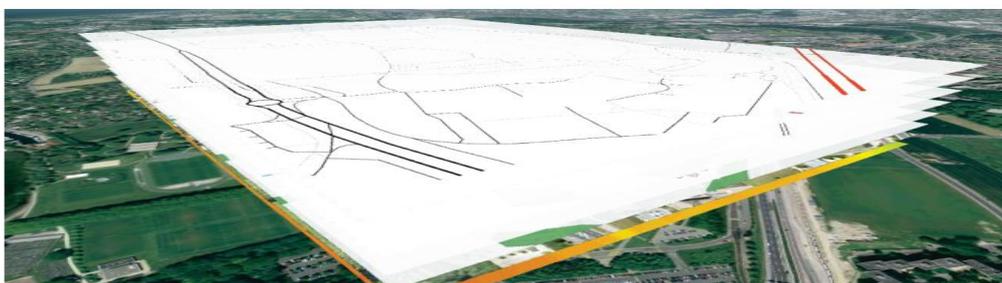
Fonctions d'un SIG

- Visualiser
 - Cartographie générale ou thématique
 - Atlas interactifs (web-mapping)
- Interroger
 - Requêtes attributaires
 - Requêtes spatiales
- Gérer
 - Acquisition (importation, géoréférencement, digitalisation, ...)
 - Maintenance (mises à jour, corrections)
 - Optimisation (compression, conversion, pyramides, cache, ...)
- Analyser
 - Géotraitements
 - Scripts



Principe des couches

- L'information est distribuée par thème dans une série de couches (« layers »)



Autres analyses

- Géostatistiques
 - Autocorrélation spatiale, interpolation, ...
- Analyses de réseaux
 - Routage, flux, zone de service, ...
- Analyses de surfaces
 - Topographie, hydrologie, points de vue, ...
- Statistiques spatiales
 - Algèbre cartographique, distribution spatiale, densité, ...
- Analyses de distance
 - Zone tampon, distance euclidienne, distance avec coût, ...
- Analyses spatio-temporelles

Les 5A :

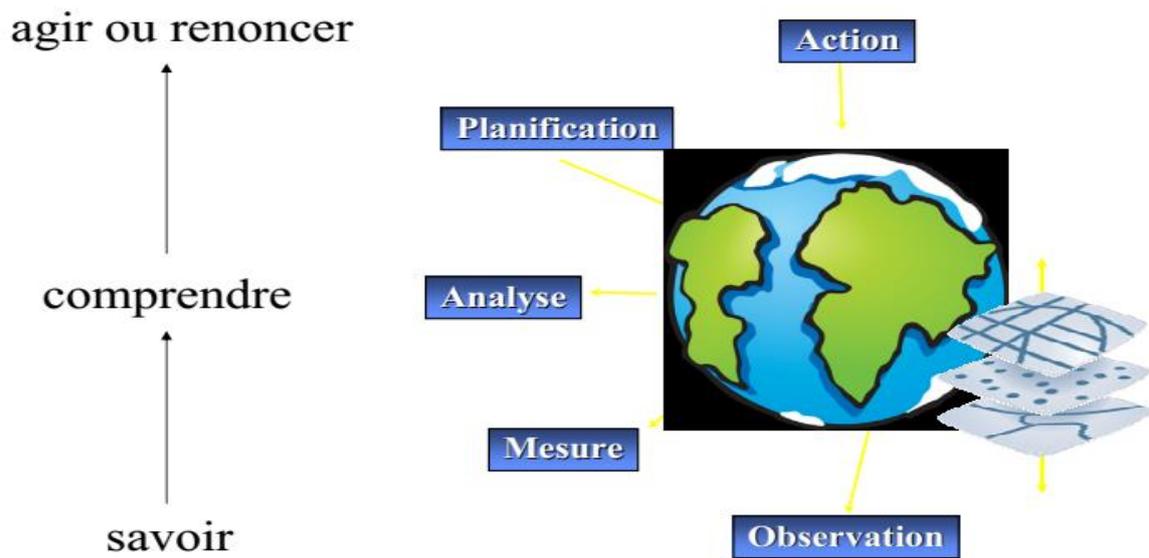
les SIG soient adaptés chacun à des objectifs fixes, ils ont en commun des fonctionnalités que l'on retrouve dans chaque système, regroupées en 5 familles sous le terme des « 5A » comme le précise LONGLEY et al. (2005) :

- ✓ L'abstraction par des fonctions rendant compte de la modélisation de la réalité ;
- ✓ L'acquisition pour la collecte des données grâce à des fonctions de saisie des données sous forme numérique ;
- ✓ L'archivage grâce à un Système de Gestion de Bases de Données (SGBD) ;
- ✓ L'affichage pour la restitution des résultats par des fonctions de mise en forme et de visualisation ;
- ✓ L'analyse par des fonctions de manipulation, croisement et transformation des données spatiales au moyen de requêtes dans le SGBD et quelques fois.

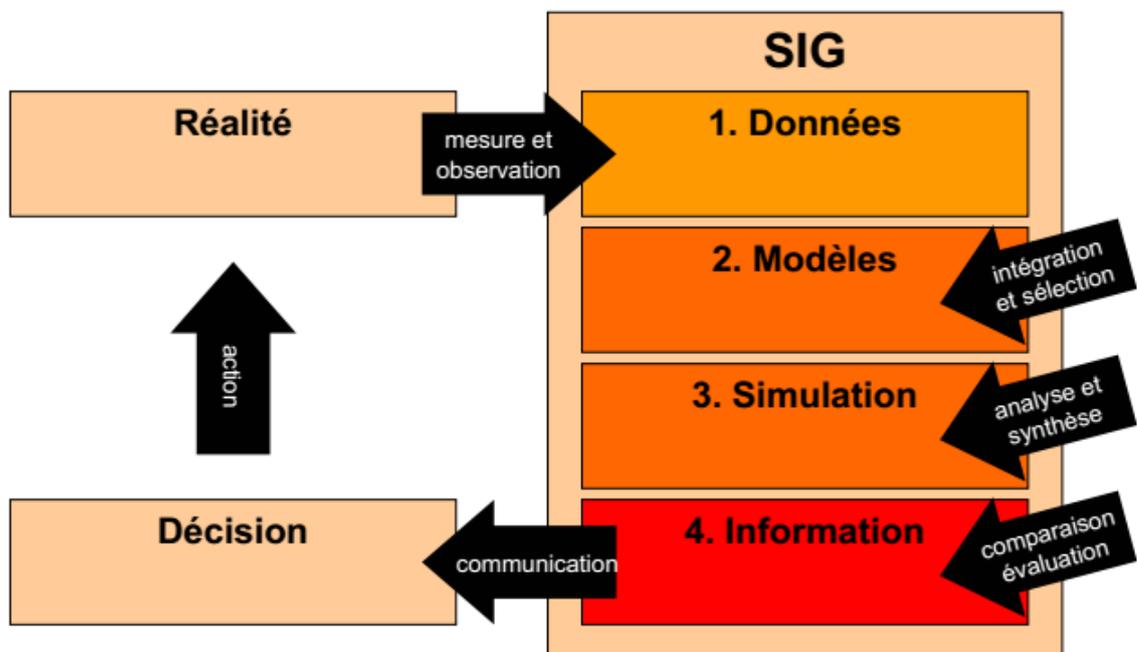
Un SIG répond à 5 fonctionnalités (les 5 A)

- **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, coeur même du SIG,
- **Affichage :** restitution graphique.

Un outil d'aide à la décision



Le « cycle » des SIG



(Thériault/Brousseau, 2003)