



**HAL**  
open science

## Système d'Information Géographique

Mohammed Tamali

► **To cite this version:**

| Mohammed Tamali. Système d'Information Géographique. Master. Algérie. 2013. cel-01445409v2

**HAL Id: cel-01445409**

**<https://hal.science/cel-01445409v2>**

Submitted on 18 Nov 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Université de Béchar  
Laboratoire des Études Énergétiques en Zones Arides  
Équipe Modélisation & Simulation des Systèmes



**CHAPITRE VI :**  
**Systeme d'Information**  
**Géographique**  
Concepts de base & fondements.

Version 4.0

Cours réalisé par : Pr. TAMALI  
Mohammed,

<http://www.tamali.org>

Université de Béchar | Faculté Technologie  
(ENERGARID Lab./Equipe Simulia)



# Presentation



The University of Bechar was born in 1986 as the National Institutes of Higher Education (INES), in 1992 it becomes University Center and on January 1th 2007, it was officially declared as a university. Since then, many research teams have seen the day. In 2011, The Laboratory for Energetical Systems Studies Applied to Arid Zones was run by a group of young and well motivated researchers, composed by seven research teams, the main task was and still the solving real problems altering arid zones, Simulia is one of the lab teams. The workload of Simulia concerns modeling and simulating real systems in arid areas.

Major research areas:

Energy & Environment (Modeling & Simulation)

Application & usage of heat transfer process in arid zones

Energy usage and economy.

2D Mapping development of resources in arid zones.

the main task in the short term of SIMULIA Team, is to develop the computer code for modeling and simulation which can be accessed online.

Website of the laboratory team: [www.univ-bechar.dz/energarid/simulia](http://www.univ-bechar.dz/energarid/simulia)



Généralités

Théorie des systèmes & Systémique

Théorie des graphes

Concepts fondamentaux

(Modélisation graphique)

SIG, Concepts de base

Domaines d'application & Outils

Interfaces des outils logiciels GIS

Opérations communes sur outils SIG (QGIS)

Conclusions

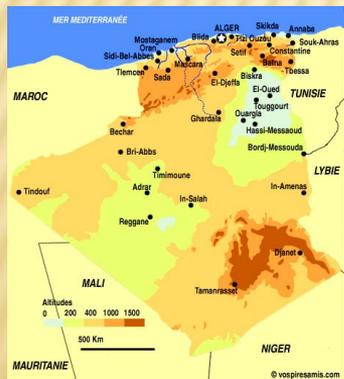
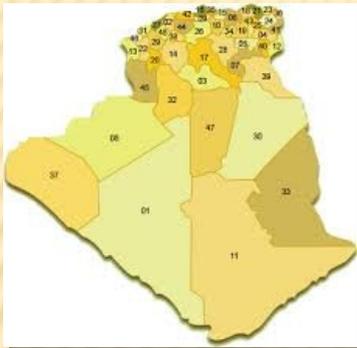
# Généralités

la représentation graphique a été dans tous les temps un moyen rapide pour la communication. Les symboles, un plan ou une carte cérébrale sont le langage, par excellence, pour la mise en place de vision et encore plus pour l'élaboration de décision.

Ce cours présente une introduction de base en termes de conception et d'élaboration de productions cartographiques par l'utilisation des outils d'analyse de l'espace métrique.

Les objectifs de cette intervention sont la vulgarisation des notions fondamentales de la cartographie et ses champs d'applications ainsi que les concepts systémiques afin de monter des applications pour des raisons de **GESTION**, de **MONITORING** de l'espace et de son utilisation.

Pour des valeurs de l'importance de l'information géographique détenue (découpage politique), la nécessité des opération de géo-localisation (applications mobiles), l'organisation SI est l'alternative par excellence, plus encore sont les SI.G.



# Théorie des systèmes

La **théorie des systèmes** est la science de l'étude transdisciplinaire de l'organisation abstraite des phénomènes, indépendamment de leur substance, le type ou l'échelle spatiale, temporelle de l'existence. Elle étudie à la fois, les principes communs à toutes les entités complexes, et les modèles (généralement **mathématique**) qui peuvent être utilisés pour les décrire.

Dans sa plus simple expression, l'équation différentielle, appelée **équation de croissance** de *Ludwig Von Bertalanffy*, est selon la taille ( $L$ ) par rapport au temps ( $t$ ) :

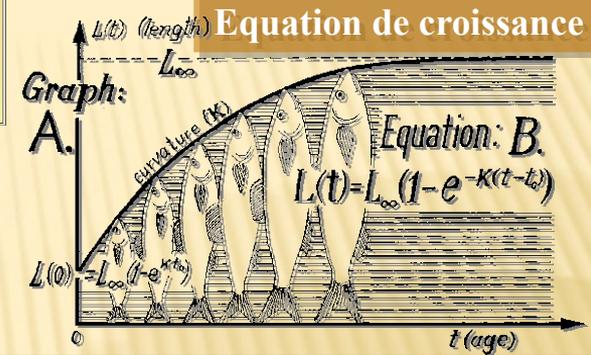
$$L'(t) = k \cdot (L_{\infty} - L(t))$$

Où  $k$  est le taux de croissance individuel et  $L_{\infty}$  la taille individuelle maximum.

Selon Bertalanffy, tout est **SYSTÈME** par défaut.

Et tout contribue à la tenue de son environnement **système**

Et y est influencé.



Autrichien [1901-1972],  
Biologie, Écologie, Médecine,  
Psychologie,  
Théorie générale des systèmes

Théorie  
générale  
des systèmes

LUDWIG  
VON BERTALANFFY

Préface de  
Ervin Laszlo

DUNOD

# Théorie des systèmes

La géomatique (SIG) est pour sa relation avec le vivant, son patrimoine ainsi que ses environnements intrinsèques/extrinsèques, trop touchée par cette théorie.

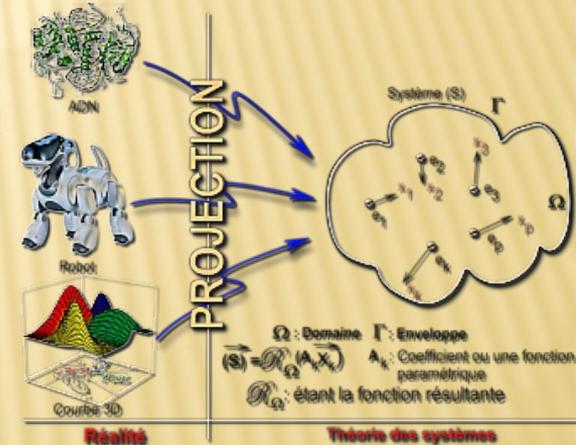
L'**approche systémique**, comme application de la théorie générale des **systèmes**, est fondée sur les principes suivants:

1. Les organisations, toutes les entités des organismes, sont '**ouvertes**' à l'environnement et pour cela, ils doivent entretenir des **relations** satisfaisantes avec ce dernier pour **survivre**.
2. Les systèmes ouverts sont **caractérisés** par un **cycle** continu d'**entrée**, de **transformation** interne, de **sortie** et de **rétroaction**.



Prix de distinction à l'honneur  
de L.v. Bertalanffy

Projection dans  
l'espace système



# Théorie des systèmes

La théorie des systèmes est un principe selon lequel tout est **système**, ou tout peut être **conceptualisé** selon une **logique** de système.

Ce principe est formalisé en 1968 par Ludwig Von Bertalanffy dans **General System Theory**, mais les bases sont multiples, la principale étant certainement le mouvement **cybernétique**.

Ces théories ont permis l'établissement de la systémique en tant que **méthode scientifique**, et la base théorique associée est aujourd'hui plutôt appelé **théorie systémique**.

La théorie des systèmes décrit la réalité observée et suggère d'établir des **liens logiques** entre les facteurs.

Elle permet ainsi de découvrir que les **causalités** linéaires simplistes ne sont pas suffisantes pour expliquer les choses et que les **corrélations** établies entre les **facteurs** sont très nombreuses chose qui nécessite encore plus d'attention.



# Théorie des systèmes

## Caractéristiques des systèmes :

**Déterminisme** : existence justifiée

**Observabilité** : Observation des méthodes et moyens

**Fonctionnel** : Nécessité du rôle individuel dans l'ensemble

**Quantifiabilité** : Mise sous forme d'ensembles quantifiables

**Mesurabilité** : Mesure utilisant l'instrument et les unités

**Équilibre interne** : Entretien de la stabilité individuelle

**Composition** : Complémentarité individuelle dans un ensemble

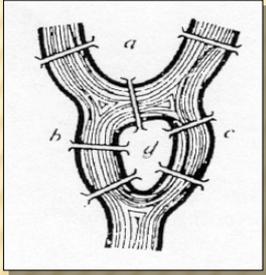
**Maintenabilité** : Possibilité d'entretien

**Fiabilité** : Rôle prouvé dans l'ensemble

**Robustesse** : Tolérance aux fautes suite aux différents chargement du système

**Dépendance** : Entretien et collaboration

# Théorie des graphes



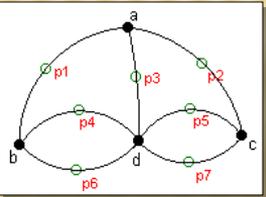
On fait généralement remonter la naissance de la Théorie des Graphes au célèbre problème des ponts de Königsberg (aujourd'hui Kaliningrad) qui passionnait la bourgeoisie prussienne du XVIIIème siècle : La Ville de Königsberg, sur la Pregel, était pourvue de 7 ponts et la question était de savoir si l'on pouvait imaginer une promenade dans la ville qui emprunterait chacun des 7 ponts une fois et une seule pour revenir à son point de départ.



Les sept ponts de Königsberg

La théorie des graphes s'est alors développée et intégrée dans diverses disciplines telles que la chimie, la biologie, les sciences sociales et sans oublier les réseaux d'ordinateurs et de télécommunication. Depuis le début du XXe siècle, elle constitue une branche à part entière des mathématiques, grâce aux travaux de König, Menger, Cayley puis de Berge et d'Erdős [1].

De manière générale, un graphe permet de représenter la structure, les connexions d'un ensemble complexe dit 'système' (S) en exprimant les relations entre ses éléments tel que les réseaux de communication, les réseaux routiers, interaction de diverses espèces animales, circuits électriques, en programmation et le plus intéressant son application aux sciences de l'Internet.

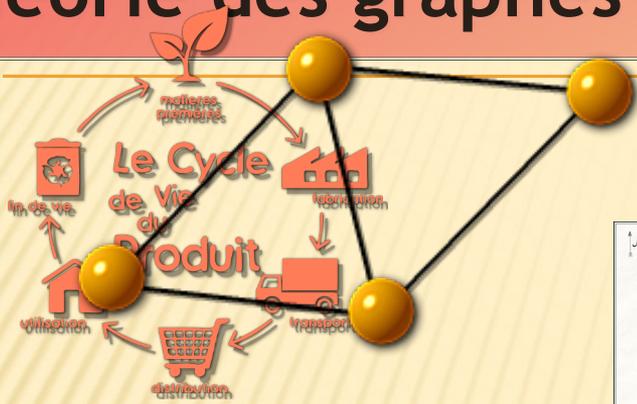


# Théorie des graphes

Un **multi-graphe**  $G = (X, A, f)$  est déterminé par:

- L'ensemble  $X$  des sommets
- L'ensemble  $A$ , cette fois abstrait
- L'application  $f : A \rightarrow [P^2(X)]$

un multi-graphe avec boucles peut comprendre des arêtes multiples entre deux sommets donnés ainsi que des boucles multiples en un sommet.

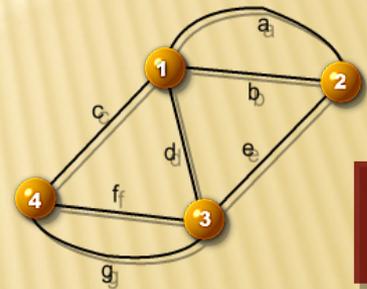


Un graphe simple noté  $G$  est un couple formé de deux ensembles liés par une application mathématique. L'un d'eux est l'ensemble  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  dont les éléments sont appelés '**sommets**', l'autre est l'ensemble  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ , partie de l'ensemble  $P^2(X)$  des parties à deux éléments (couple de sommets) de  $X$ , dont les éléments sont appelés '**les arêtes**'. On notera cette relation  $G = (X, A)$ .  
Lorsque  $a = \{x, y\} \in A$ , on dit que  $a$  est l'arête de  $G$  d'extrémités  $x$  et  $y$ , ou que  $a$  joint  $x$  et  $y$ , ou que  $a$  passe par  $x$  et  $y$ . Les sommets  $x$  et  $y$  sont dits **adjacents** dans  $G$ .



Exemple de cas où le modèle graphe est recommandé

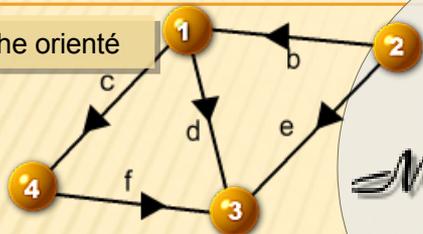
Les graphes constituent donc une méthode de pensée qui permet de modéliser une grande variété de problèmes en se ramenant à l'étude de sommets et d'arcs. Les derniers travaux en théorie des graphes sont souvent effectués par des informaticiens, du fait de l'importance que revêt l'aspect algorithmique.



Dans le cadre général, un graphe est dit non orienté si le ne contient pas de sens sur les arêtes.  
Le nombre de sommets présents dans un graphe est l'ordre du graphe. **Le degré** d'un sommet  $x$ , noté  $d(x)$  est le nombre d'arêtes dont ce sommet est une extrémité.

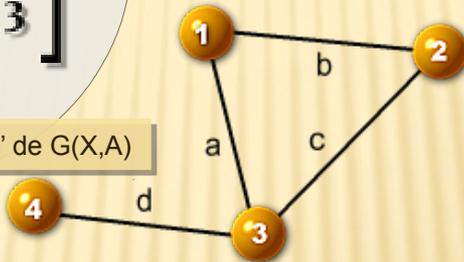
# Théorie des graphes

Exemple graphe orienté



$$M = \begin{bmatrix} 4 & 3 \\ 4 & 3 \end{bmatrix}$$

Sous-graphe G' de G(X,A)



Un **sous-graphe** d'un graphe G est un graphe G' composé de certains sommets de G, ainsi que toutes les arêtes qui relient ces sommets.

La **matrice associée** à un graphe d'ordre n dont les sommets sont numérotés de 1 à n est une matrice symétrique, de dimension  $n \times n$ , où le terme à l'intersection de la  $i^{\text{ème}}$  ligne et de la  $j^{\text{ème}}$  colonne vaut k, nombre d'arêtes reliant i et j. C'est encore la matrice de liaison **M**.

Un **graphe orienté**  $G_n$  est formé de deux ensembles: un ensemble  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  dont les éléments sont appelés sommets, et un ensemble  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ , partie du produit cartésien  $X \times X$ , dont les éléments sont appelés arcs. On notera  $G_n = (X, A)$ .

Si  $a = (x, y)$  est un arc du graphe G, x est **l'extrémité initiale** de a et y **l'extrémité finale** de a.

À tout graphe orienté  $G_n(X, A)$ , on associe le graphe simple  $G(X, B)$  où :

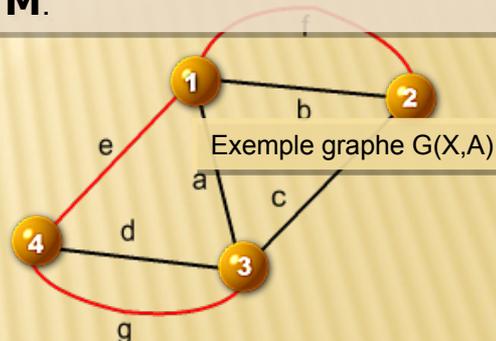
$$\{x, y\} \in B \neq ((x, y) \in A \text{ ou } (y, x) \in A).$$

On appelle **graphe complet** un graphe dont tous les sommets sont adjacents.

Un graphe dont les arêtes sont caractérisées par une quantité est dit **valué**.

Une **chaîne** est une liste ordonnée de sommets telle que chaque sommet de la liste soit adjacent au suivant. La longueur d'une chaîne est le nombre d'arêtes qui la composent.

La **distance** entre deux sommets est la plus courte longueur des chaînes qui les relient. Le **diamètre** d'un graphe est la plus grande distance entre deux sommets.



Exemple graphe G(X,A)

Soit x un sommet d'un graphe orienté. On note  $d^+(x)$  le nombre d'arcs ayant x comme extrémité initiale, et  $d^-(x)$  le nombre d'arcs ayant x comme extrémité finale. Ainsi, on a :

$$d(x) = d^+(x) + d^-(x)$$

La matrice des distances du graphe G est la matrice

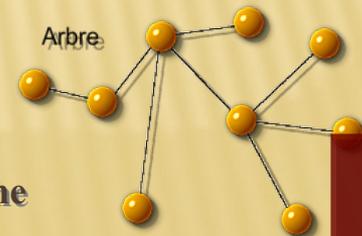
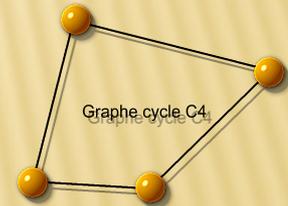
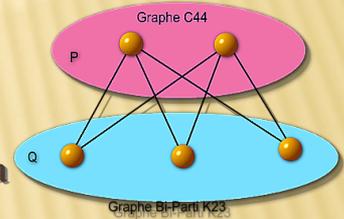
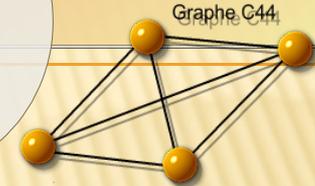
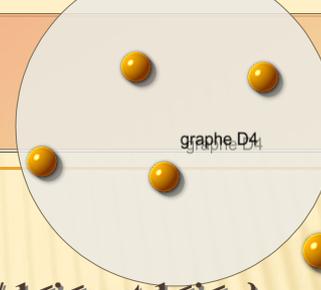
$$D = \{d(i, j) = (d(x_i, x_j))\}.$$

# Théorie des graphes

- Le graphe **discret** d'ordre  $n$ ,  $D_n = (X, \emptyset)$ .
- Le graphe **complet** d'ordre  $n$ ,  $K_n$  où  $X = \{1, 2, \dots, n\}$  et  $A = P^2(X)$
- Le graphe **biparti-complet**  $K_{pq}$  où  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_p, y_1, y_2, \dots, y_q\}$  et  $A = \{f(x_p, y_j) / 1 \leq i \leq p \text{ et } 1 \leq j \leq q\}$ .
- Le **cycle**  $C_n$  où  $X = \{1, 2, \dots, n\}$  et  $A = \{\{1, 2\}, \{2, 3\}, \dots, \{n-1, n\}, \{n, 1\}\}$ .
- Un graphe **valué** est un graphe orienté  $G_n(X, A)$ , muni d'une fonction  $C$  appelée fonction de coût.
- Le **coût d'un chemin** est la somme des coûts des arcs de ce chemin. On peut définir la matrice des coûts du graphe, c'est la matrice  $C = \{c_{i,j}\}$  où :  $c_{i,j}$  est le coût de l'arête  $(i, j)$ .
- Un graphe est dit **simplement connexe** si pour tout couple  $(i, j) \in A$ , il y a toujours un chemin de  $i$  vers  $j$ .
- Un **arbre** est un sous-graphe simple connexe ne possédant pas de cycle simple et construit à base de tous les nœuds du graphe d'origine.
- La **matrice d'incidence**  $A$  d'un graphe orienté  $G_n$  est définie par :

$$a_{i,j} = \begin{cases} 1 & \text{si l'arête } j \text{ est incidente sur le noeud } i \\ -1 & \text{si l'arête } j \text{ est sortante de le noeud } i \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

- **Valeur d'une chaîne**: la somme des valeurs des arêtes (arcs) d'une chaîne d'un graphe valué.



# Théorie des graphes

La topologie des graphes est plus désignée pour des questions de modélisation graphique de systèmes de processus. Son intérêt est dans sa simplicité de mise en œuvre. Le cadre pratique couvre :

- Gestion des bilans énergétique et autre
- Gestion des flux et trafics
- Gestion des échanges
- Gestion des hiérarchies
- Ordonnancement des tâches
- Planification
- Projection
- Organisation fonctionnelle
- Traitements de l'information & connaissances
- Systèmes automatiques
- Systèmes relationnels.
- ...



# Concepts fondamentaux SIG

## Modélisation

Pour la modélisation, le **système** étudié est appelé **système primaire**. Son modèle (équivalent) est une représentation de la réalité et est dit **système secondaire**. Par définition un modèle est une représentation simplifiée de la réalité. Le but majeur de cette opération c'est **DÉCRIRE, PRÉDIRE, EXPLIQUER & RÉAGIR**.



## Modélisation graphique

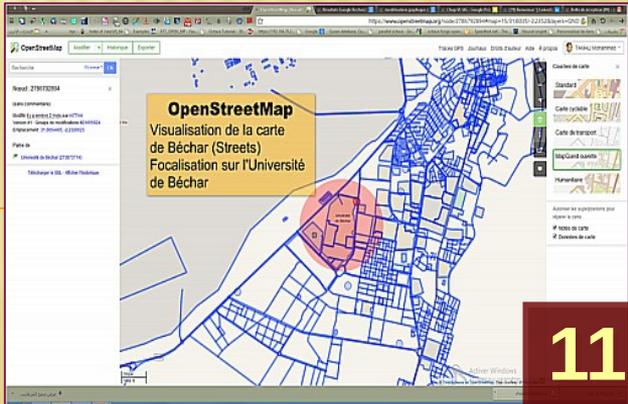
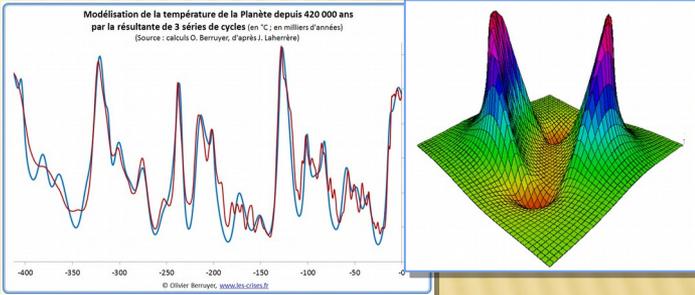
C'est une stratégie modélisatrice des systèmes utilisant le graphique comme langage et outil de travail.

## Les SIG

Jointure entre les deux entités, Les **SYSTEMES d'INFORMATION** (Collection d'informations) et la **GÉOGRAPHIE** (espace localisé). C'est le moyen utilisé pour allié efficacité et **utilisabilité** de la collecte et la supervision des espaces géographiques. Les objectifs sont généralement pour des stratégies d'aide à la **décision**.

# Finalité de la modélisation

**Technique** : fournir des spécifications claires pour produire, puis exploiter  
**Intellectuelle** : fournir au métier, une utilité dans les structures sociétales.



# SIG, Concepts de base

## Fonctionnel des SIG

Collection, de données informatives, projetée dans un espace (Modèle) géographique, structurée pour d'éventuelles demandes d'extraction aisées de lectures adoptées, de synthèses et de consolidation utilisable d'une manière pertinentes pour des fins d'**AIDE À LA DÉCISION**.

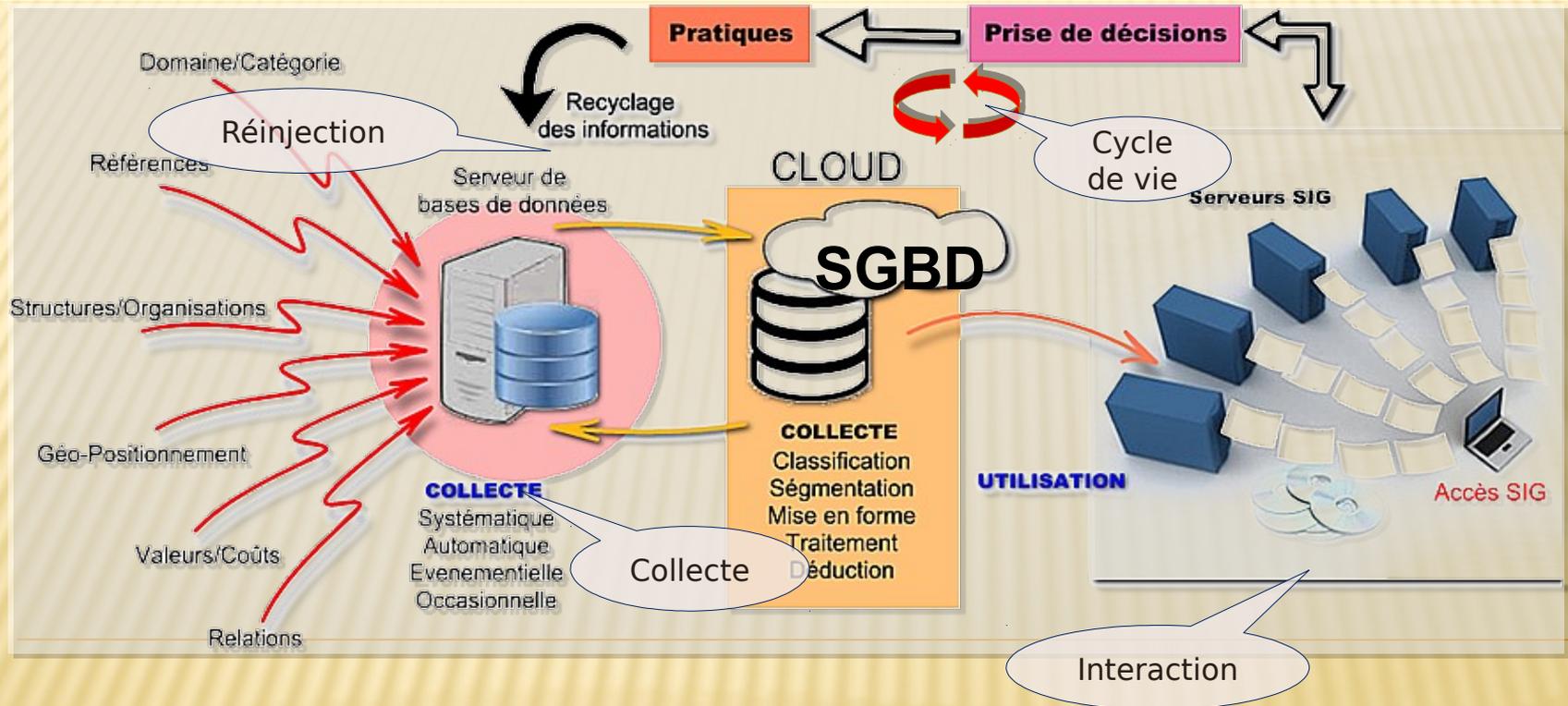
On parle plus de Collections de données **GÉO-RÉFÉRENCÉES**.

Les SIGs sont une des manières les plus utilisées pour la compréhension des complexités des systèmes qui nous entourent. Ces systèmes font généralement allure de collection à *gros volume de données*, relatifs à un domaine (ancien/nouveaux) sinon déduits d'une résolution résultat d'une approche thématique.

Les disciplines impliquées pour mettre au point une application SIG sont :

- **Géographie** : étude et analyse de processus spatiaux
- **Cartographie** : techniques de dessin de cartes
- **Télédétection/Télémessure** : espace ou aérien, à faible coût, possibilité de mises à jour, fonds et détails de carte
- **Statistiques** : incertitude des données, Segmentation, Prédiction
- **Photogrammétrie/Géodésie** : précision des mesures
- **Informatique** : support et périphériques de gestion/analyse, SGBD, IA., CAO., accessibilité
- **Mathématiques** : algorithmique géométrique, Algèbre linéaire, logique, stratégies
- **Recherche Opérationnelle** : techniques d'optimisation, d'affectation, coloriage, gestion des ressources
- **Domaine** : Informations relatives aux domaines visés par l'application SIG (Agriculture, Météorologie, Hydrologie, ...)
- **Histoire** : trace des informations et consolidation pour l'étude prévisionnelle
- **Administration** : structure de gestion et les données dynamiques, politique, planification
- Et bien d'autres domaines ...

# SIG, Concepts de base, la plateforme SIG



Les informations ainsi que leurs parcours anciens ou nouveau sont en liés dans un cycle de vie qui fait que ces mêmes informations évoluent et changent de consistance, de volume et de pertinence.

# SIG, Concepts de base

## SEMILOGIE

- Ensemble de règles permettant l'utilisation d'un système graphique
- **Forme** : géométrique (trait) symbolique (avion)
- **Taille** : variation sur la longueur, surface
- **Orientation** : symbolique (sens du vent, d'une rue, d'un trait)
- **Couleur** : ton, intensité, saturation
- **Valeur** : extension de la notion d'intensité couleur ou trame, dégradé
- **Grain** : taille des éléments constituant la texture, trame (tiret, hachure, ...)

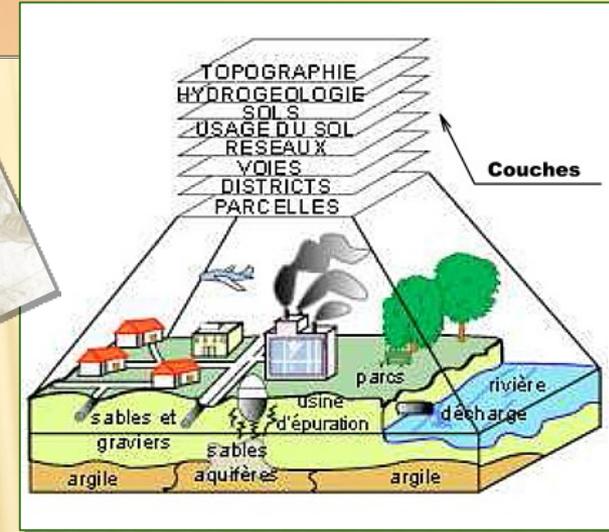
## Fonctionnalités Applicatives



## Typologies des cartes

- **Topographiques** : Résultat d'observation directe
- **Thématiques** : Sur classe (repère) des phénomènes qualitatifs, quantitatifs ou administratives
  - Chorographique (surface)
  - Choroplèthe (valeurs/Intensités)
  - Courbes (différence)
  - Points : (présence)
  - Proportion

## Fonctionnalités Métier/Domaine



## Éléments d'une carte

- Titre
- Source, date, producteur
- Orientation
- Échelle
- Légende et toponymie
- Informations particulières

**5As** : Acquisition, Abstraction, Archivage, Affichage, Analyse

# SIG, Concepts de base

## Fonctionnalités Applicatives



## Les 5As/6As :

- A**cquisition : Collecte de l'information
- A**bstraction : Projection mathématique
- A**rchivage : Consolidation et stockage
- A**ffichage : Visualisation personnalisée
- A**nalyse : Extraction des sens
- A**nticipation : Prospective.



# Domaines d'application & Outils

- Cadastre & parcellisation
- Logistique : aide à la navigation (GPS), suivi de flottes.
- Travaux publics, télécoms : travaux sur structure voirie ou sur réseaux.
- Militaire & Stratégie sécuritaire.
- Géomarketing & Géopolitique.
- Aménagement du territoire, urbanisme.
- Risques majeures : plan de prévention et d'intervention et gestion des crises/événements à risque majeure.
- Agriculture & Forêts.
- Gestion des processus et des systèmes par similitude spatiale.
- Simulations & Prédiction (IA)

## OUTILS

### Propriétaire

ARCGIS, MapInfo, ArcView, Geomedia, Géoconcept, APIC et WinSTAR, SynArc

### GPL & Open sources

Grass, Quantum GIS, GMT

### APIs & Bibliothèques

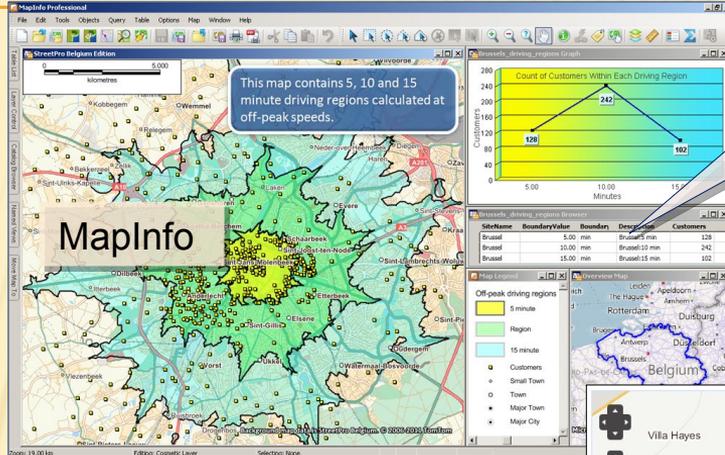
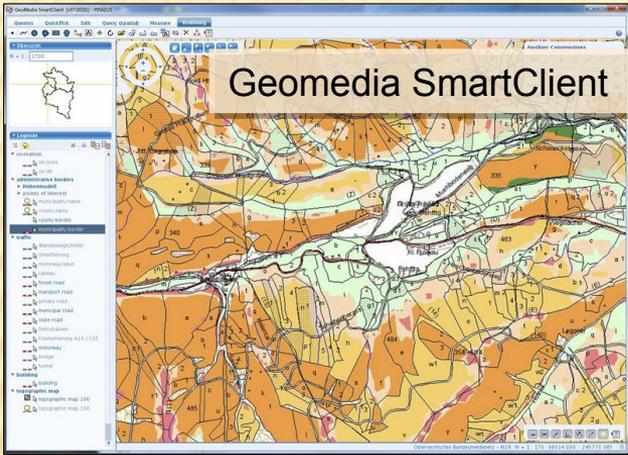
Google Maps, OpenLayers, OpenstreetMap,

### Web & Cloud

GIS Cloud, OpenLayers, OpenstreetMap.

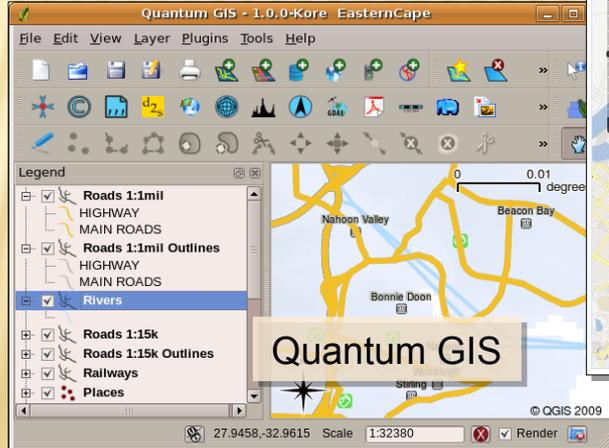
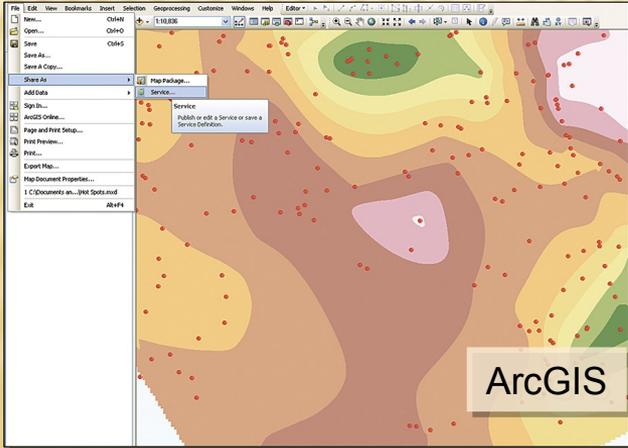


# Interfaces des outils logiciels GIS



Application bureau/serveur  
STANDALONE

17



Application WEB



# Opérations communes sur outils SIG (QGIS)

**Géo-référencement**

**Edition de cartes**

**Composition d'impression de cartes**

**Insertion de couches**

**Configuration de système de référence global**

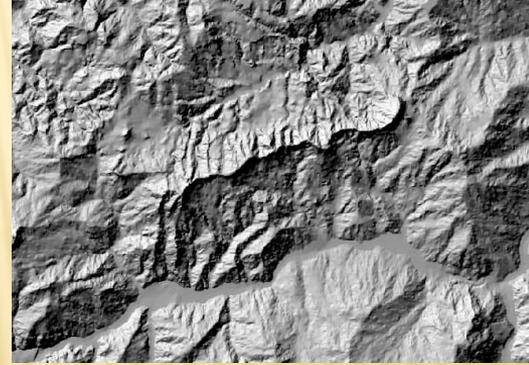
**Interrogation de bases de données**

**Importation/Exportation de cartes/données**

**Publication de cartes**

**Filtrage de cartes/données**

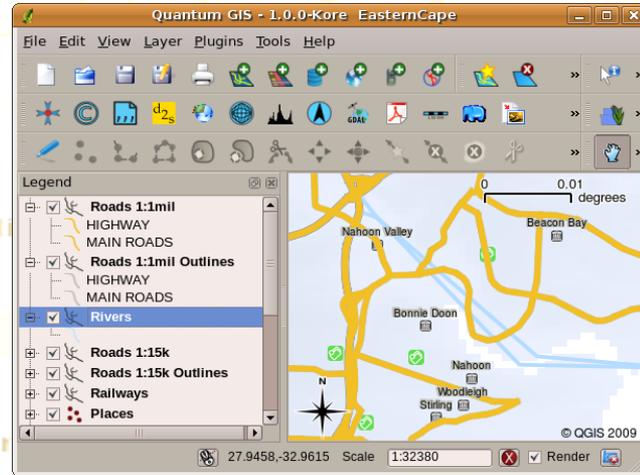
...





Comme nous utilisons un traitement de texte pour écrire des documents et traiter des mots sur un ordinateur, nous pouvons utiliser une **application SIG** pour traiter **l'information spatiale** sur un ordinateur.

SIG est synonyme de '**système d'information géographique**'.



**MERCI POUR VOTRE ATTENTION**

**Fin du sixième chapitre**

# Références

L.-V. Bertalanfy, 'General System Theory', Edition MASSON, 1972.

<https://www.openstreetmap.org/node/2786792894#map=15/31.6035/-2.2352&layers=QND>

<http://www.volle.com/travaux/modelisation2.htm>

[http://physiologie.envt.fr/spip/IMG/pdf/modeles\\_generalites.pdf](http://physiologie.envt.fr/spip/IMG/pdf/modeles_generalites.pdf)

[http://hal.inria.fr/docs/00/85/02/77/PDF/masyco2013\\_submission\\_3.pdf](http://hal.inria.fr/docs/00/85/02/77/PDF/masyco2013_submission_3.pdf)

<http://www.mgm.fr/PUB/Mappemonde/M201/Caron.pdf>

<http://oran2.free.fr/CARTE%20D%20ALGERIE/>

<https://www.openstreetmap.org>

<http://www.statsilk.com/maps/world-stats-open-data>

[http://docs.qgis.org/2.2/fr/docs/gentle\\_gis\\_introduction/introducing\\_gis.html#overview](http://docs.qgis.org/2.2/fr/docs/gentle_gis_introduction/introducing_gis.html#overview)

---