

Chapitre VI

Introduction aux systèmes d'information géographiques

*« 80 % des données existantes
ont une composante
géographique »*

Introduction aux SIG

- 6.1 – Modélisation des objets géographiques
- 6.2 – Acquisition des données
- 6.3 – Supports de sortie
- 6.4 – Requêtes spatiales
- 6.5 – Indexation spatiale
- 6.6 – Conclusions

6.1 – Modélisation des objets géographiques

- Objets discrets
 - Généralement modélisés par leurs contours
 - Problème du modèle mathématique à appliquer : Point, ligne, surface, volume
- Modélisation des attributs
- Phénomènes continus
 - Modélisés comme champs continus

Modélisation des objets géographiques

- Domaines d'application
- Positionnement à la surface de la terre
- Caractéristiques des données géographiques et cartographie
- Outils de modélisation des données

Domaines d'application

- en milieu urbain
- en aménagement
- gestion de l'espace rural et forestier
- milieu littoral et maritime
- infrastructures de transports
- ressources minières et industrie
- pour les sciences de la terre
- archéologie
- gestion de grandes propriétés
- etc

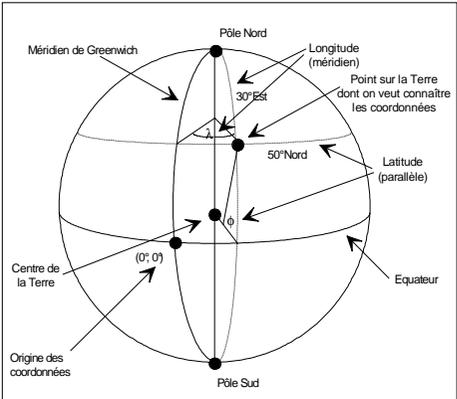
Positionnement

- Géodésie
- Les coordonnées
- Projections du globe terrestre

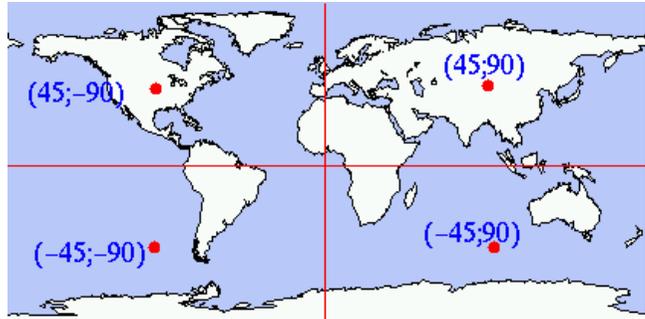
Géodésie

- La terre n'est pas tout à fait ronde
 - ellipsoïde
 - altitude
 - géoïde

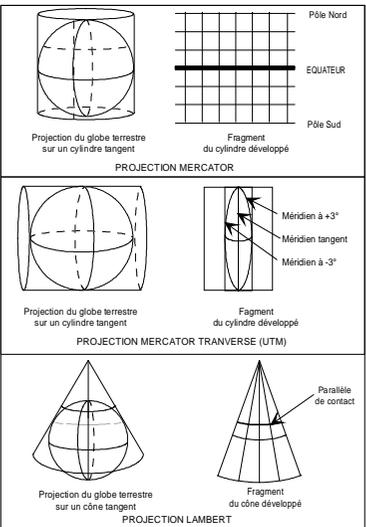
Coordonnées



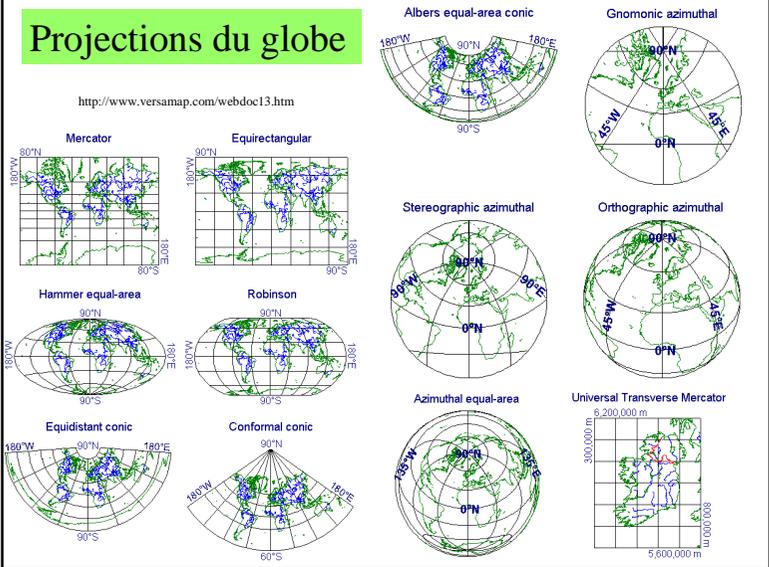
Centre des coordonnées



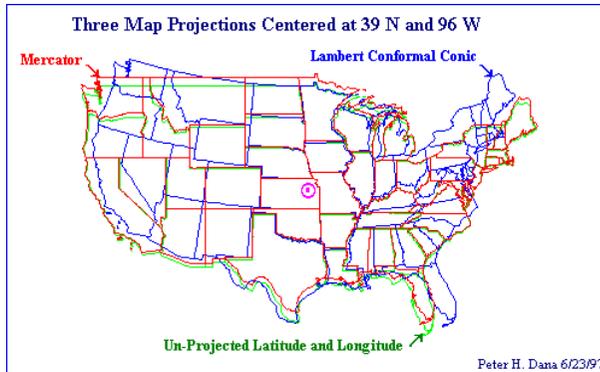
Projections du géoïde



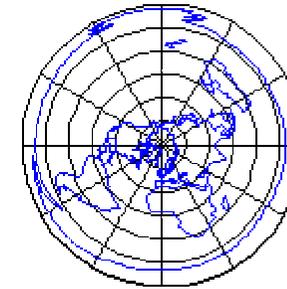
Projections du globe



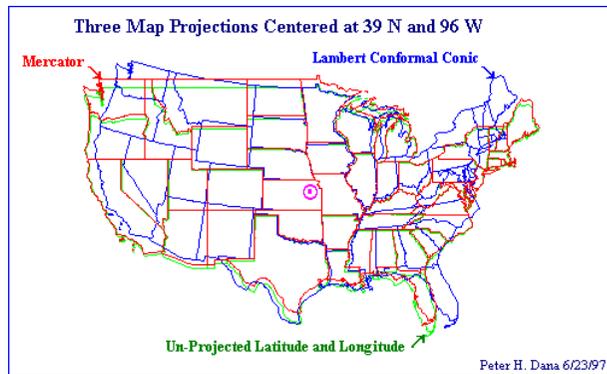
Déformations selon les projections



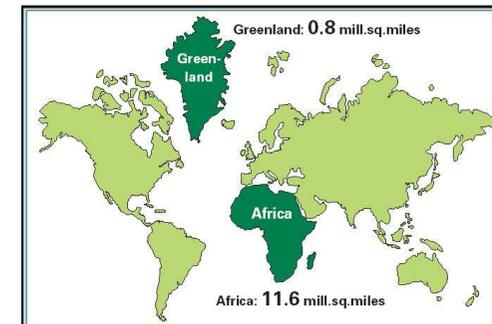
Déformation selon les projections



Exemple de déformations selon les projections



Déformations selon les projections

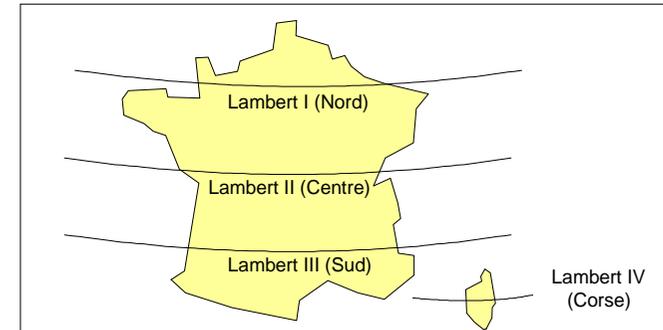


Le Groenland semble grand comme l'Afrique alors qu'il lui est 14 fois plus petit !!

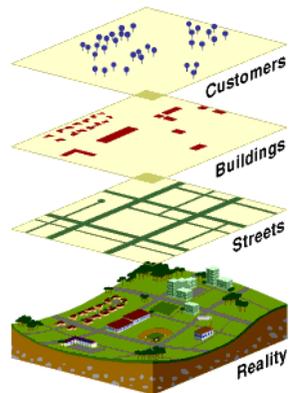
Chemin minimum



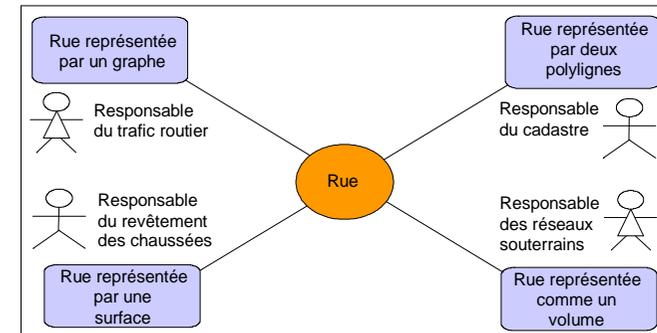
Découpage Lambert



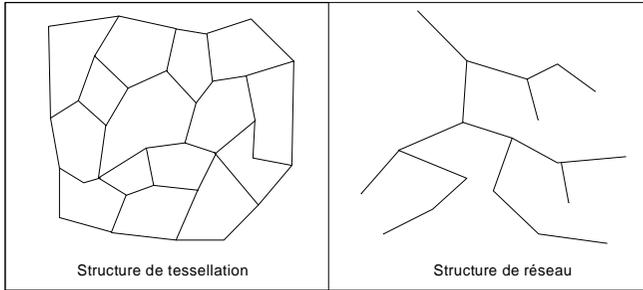
Couches de données



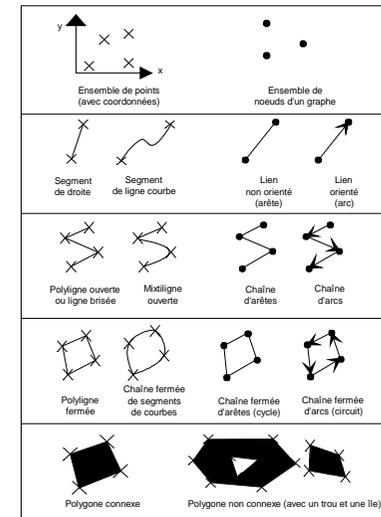
Multiplicité des représentations



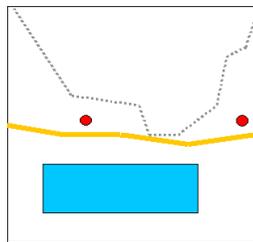
Structures géomatiques courantes



Structure et topologie



Formats géographiques

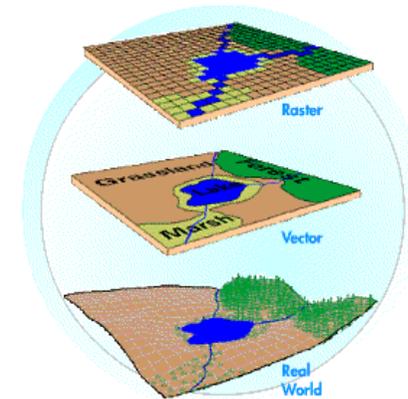


Format vecteur

R	L	L	L	L	L	L	R
L	R	L	L	L	L	R	R
L	L	E	R	R	L	E	L
L	L	H	L	L	F	L	H
E	F	R	B	R	F	R	R
S	C	C	C	C	C	S	S
S	C	C	C	C	C	S	S
S	S	S	S	S	S	S	S

Format raster

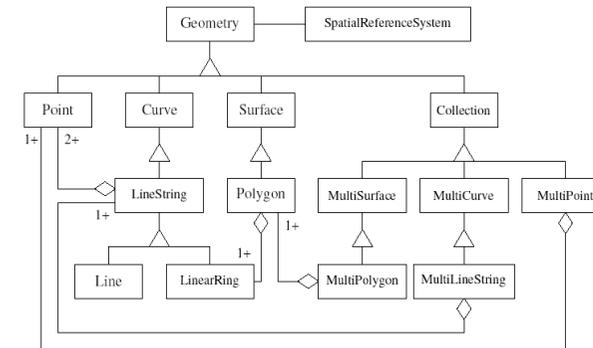
Modèles du monde réel



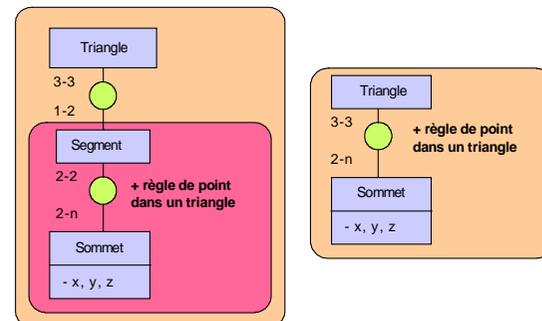
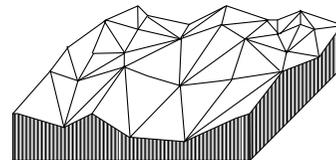
Modèle de l'OpenGIS

- Consortium de sociétés, de centres de recherches et d'administration
- Intéropérabilité des applications géographiques
- Propositions de normalisations
- <http://www.opengis.org>

Modèle de l'OpenGIS



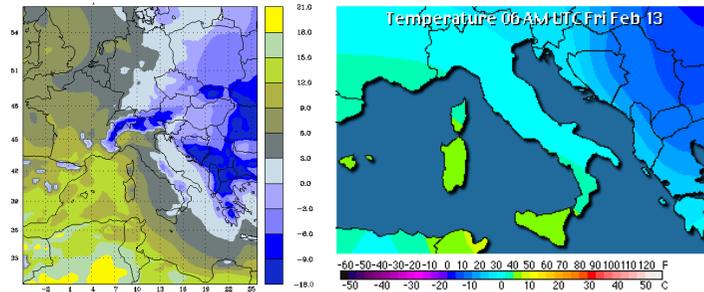
Triangulation



Phénomènes continus

- Théorie des champs continus
 - Champs scalaires
 - Champs vectoriels
- Applications
 - Météorologie
 - Mer
 - Terrains, sols
 - Etc.

Exemples



Modélisation des champs continus

- Impossible de connaître la fonction partout
- Existence de points échantillons
- Nécessité de fonctions d'interpolation
- Modélisation (deux niveaux)
 - Champ comme objet (ex Température d'une région)
 - Champ comme type abstrait de données (ex valeur de la température en un point)

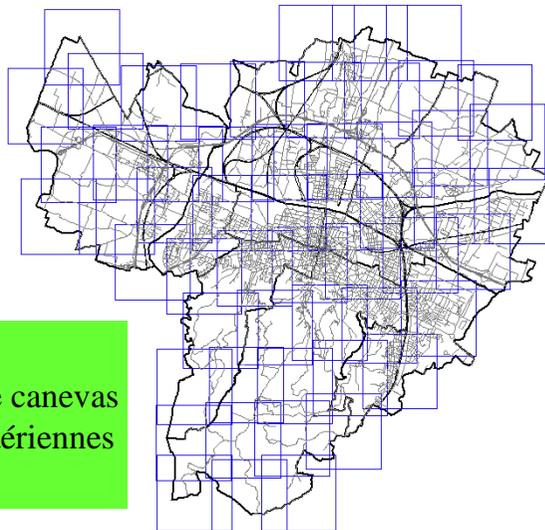
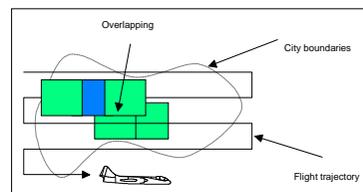
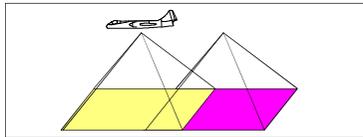
6.2 – Acquisition des données

- Levés topographiques
- Photos aériennes
- Images satellitaires
- GPS
- Digitalisation
- Scannage de plans
- Import de fichiers

Théodolite



Photos aériennes

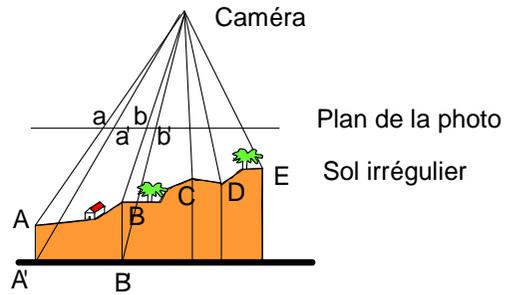


Exemple de canevas de photos aériennes

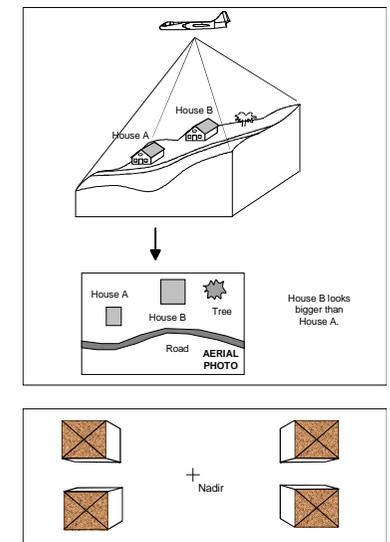
Photos aériennes Caractéristiques

- altitude : de 5 00 à 3 000 mètres
- taille des photos 23 cm × 23 cm
- Echelle du 1:3 000 au 1:25 000
- paire de photos ==> relief
- Parallaxe ==> détermination des altitudes
- Photo-interprétation
- Mosaiquage et Orthophotos (exemples)

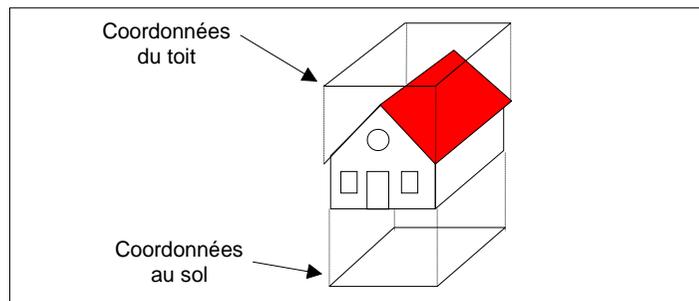
Distorsions



Déformations



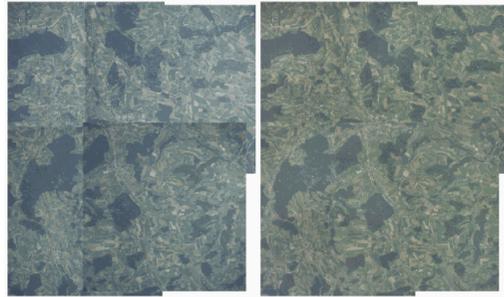
Coordonnées au sol / coordonnées des toitures



Réalisation des orthophotoplans

- Recouvrement : 60 % longitudinal
- 25 % latéral
- Sélection des points de contrôle
- Transformations élastiques
- Correction des distorsions
- Coupage le long des routes, rivières, etc.

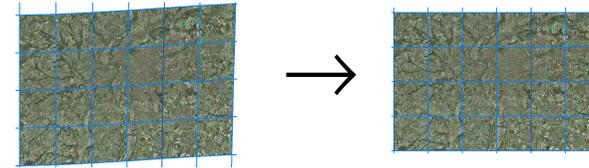
Rééquilibrage des couleurs



Avant

Après

Déformation des images



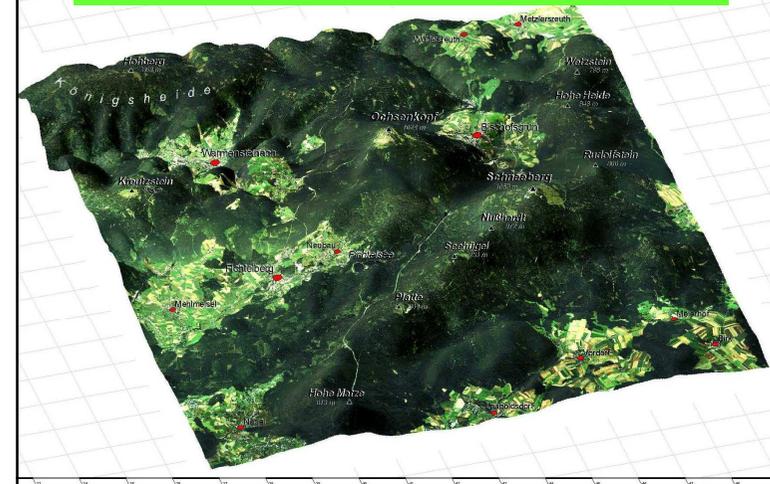
Avant

Après

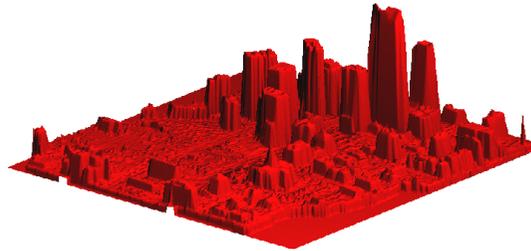
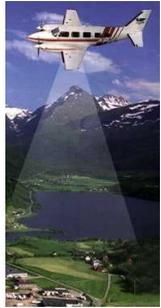
Mosaïquage pour orthophoto



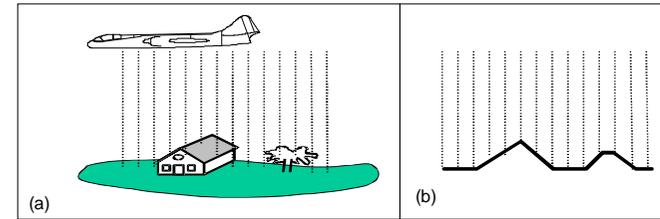
Drapage sur MNT



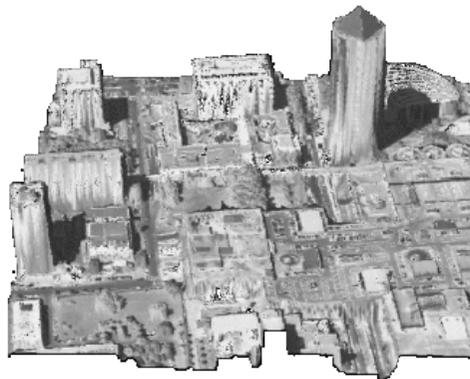
Laser range scanning



Principe



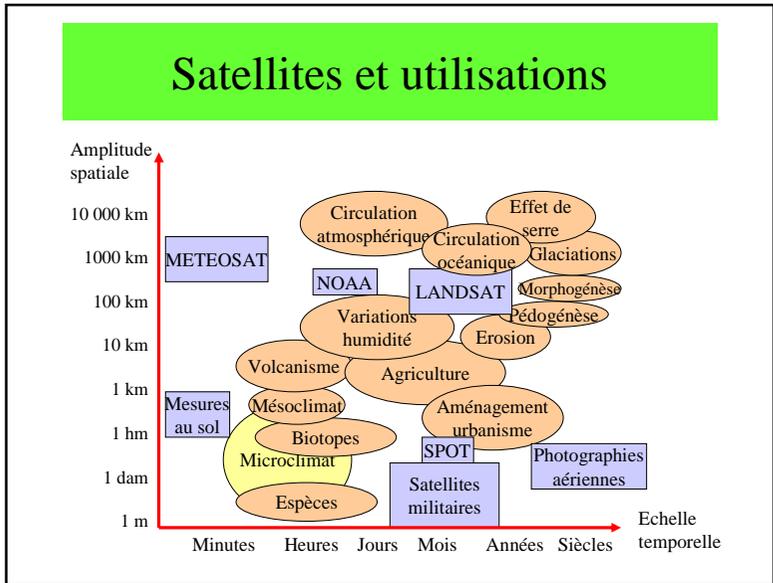
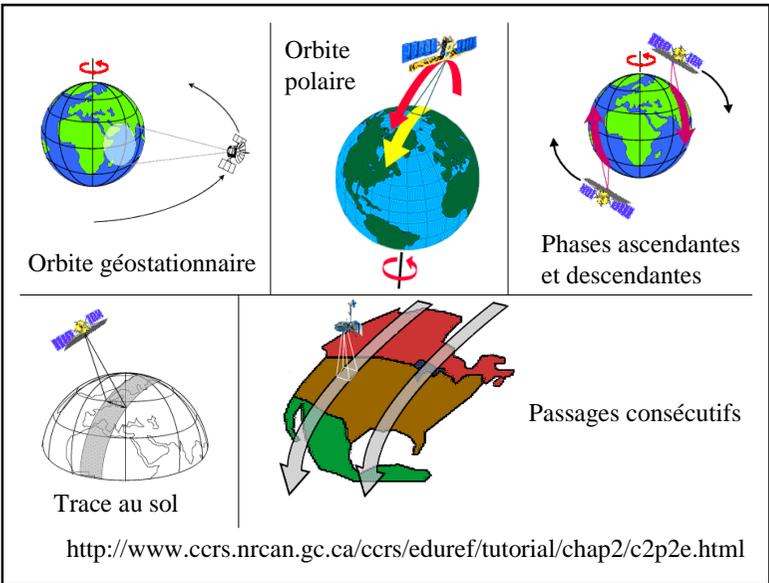
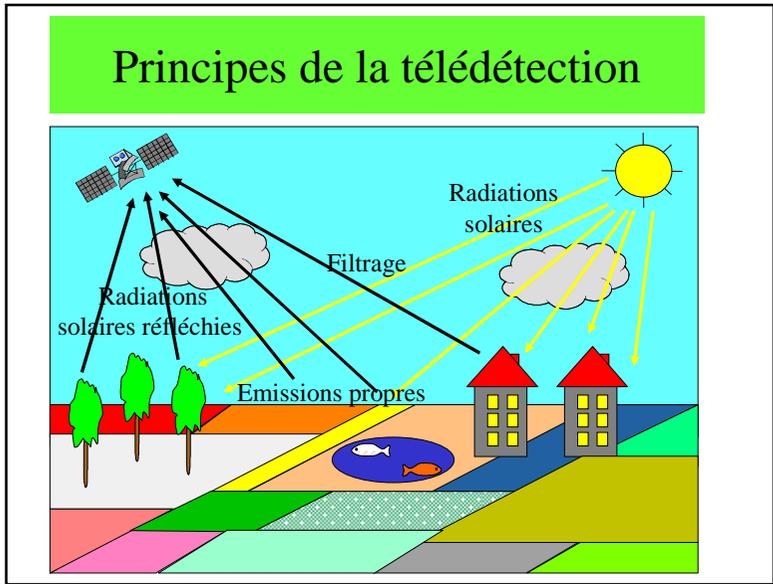
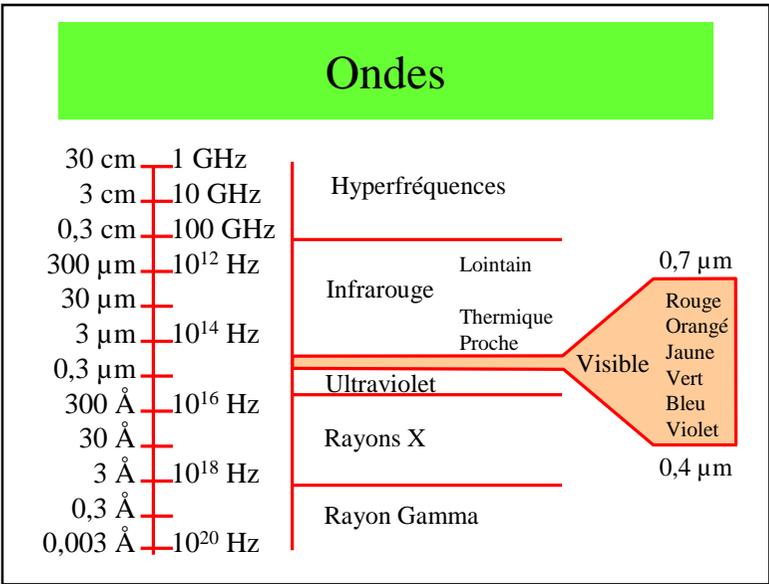
La Part-Dieu



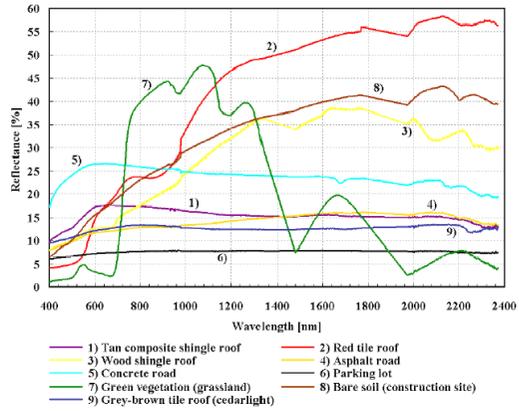
3D modeling
City of Lyon

Images satellite





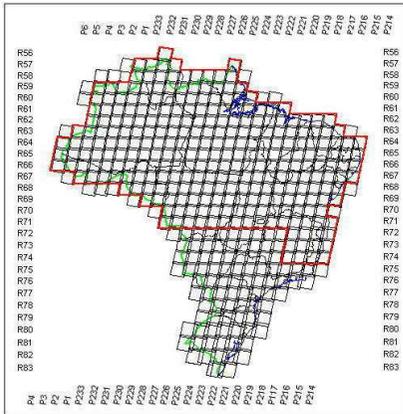
Réflectance (signature spectrale)



Images satellites

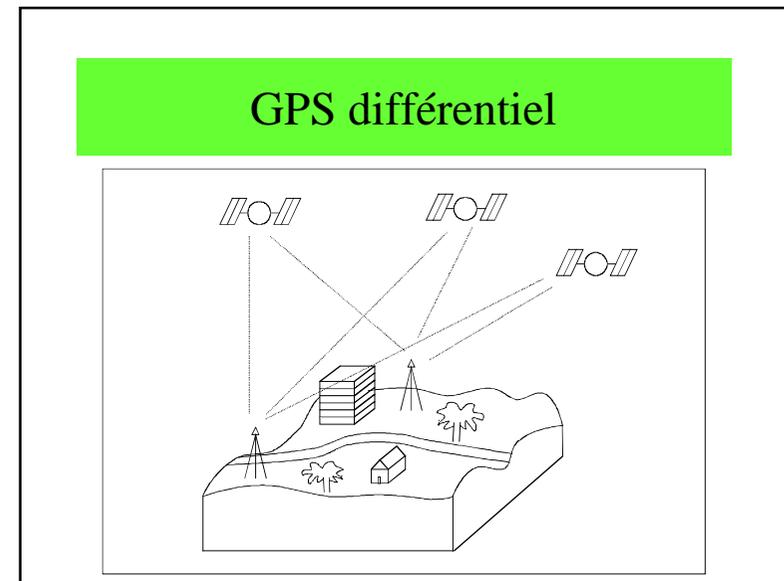
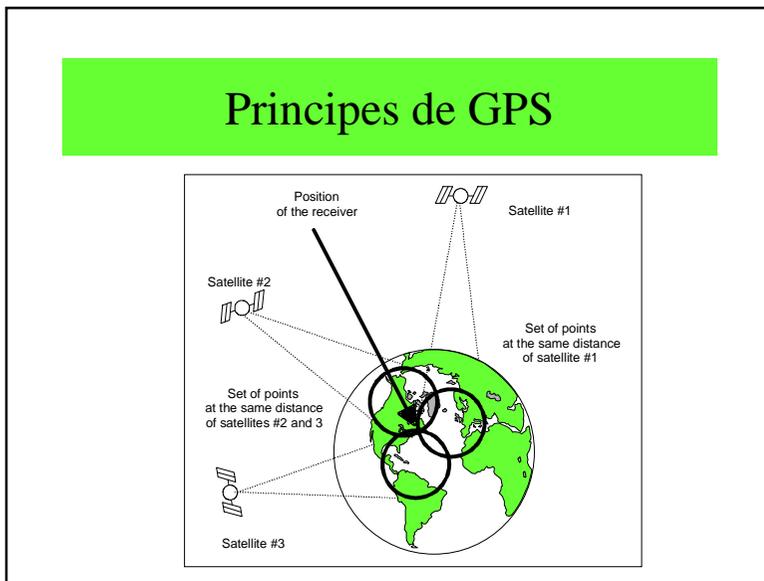
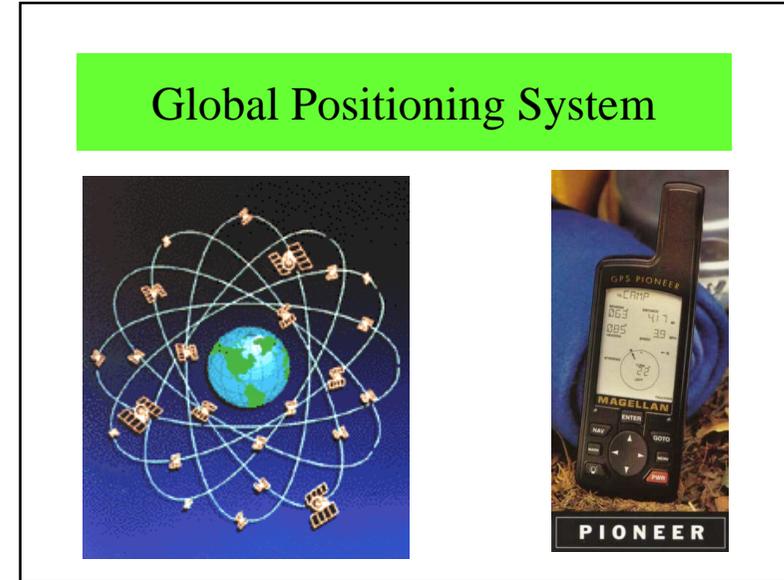
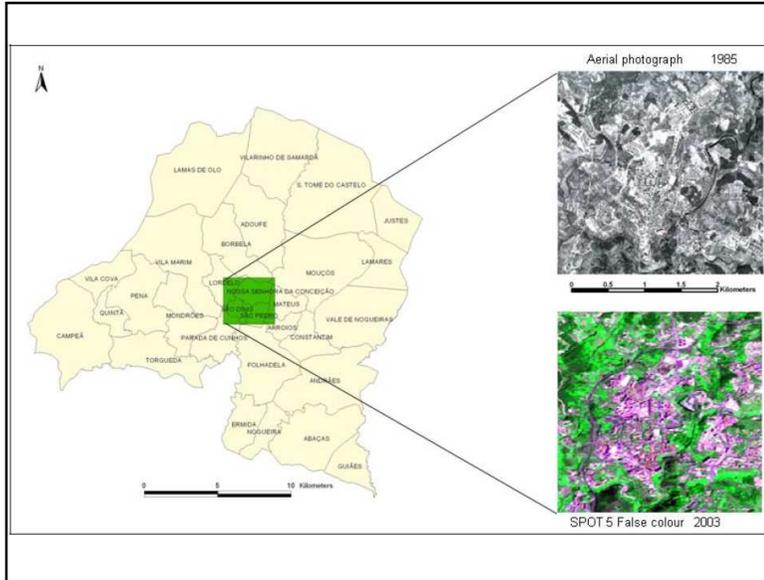


Brésil : agencement des images satellites



Ikonos

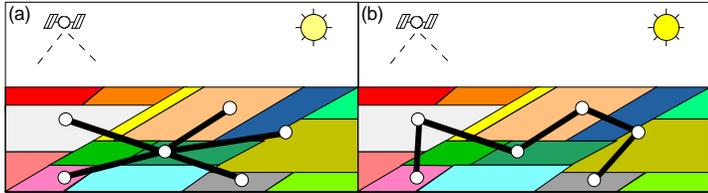




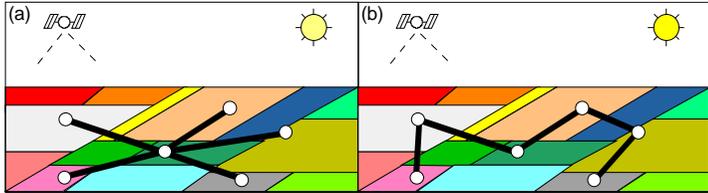
Mesures par GPS



(a)

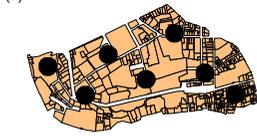


(b)

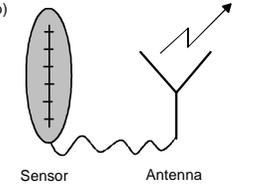


Mesures par capteurs fixes

(a)

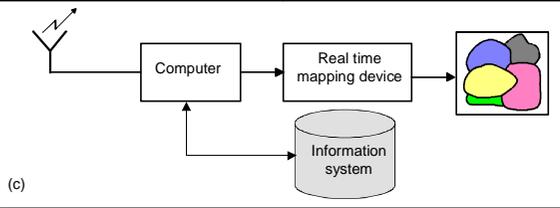


(b)



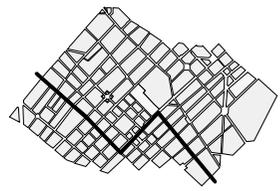
Sensor Antenna

(c)

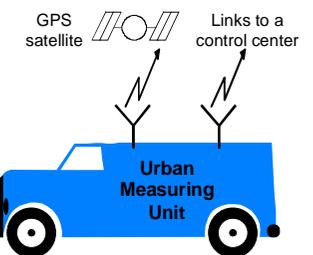


Mesures par capteurs mobiles

(a)



(b)



GPS satellite Links to a control center

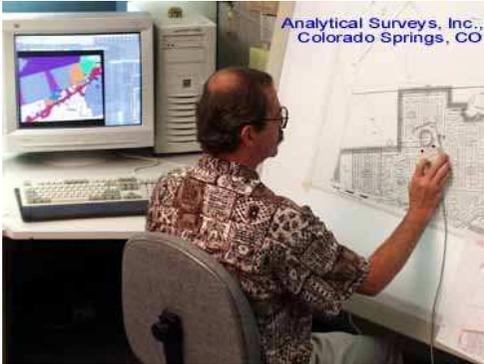
Urban Measuring Unit

Voix localisée





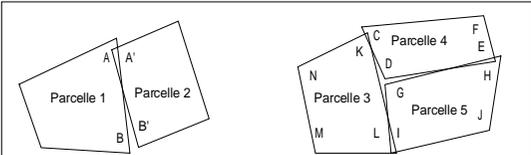
Digitalisation



Analytical Surveys, Inc.,
Colorado Springs, CO



Erreurs courantes en digitalisation



Nécessité d'un partage de la géométrie et de la topologie



Nécessité d'accrochage d'un noeud sur un arc

Scannage de plans

Segments originaux	
Apparence après scannage (Format raster)	
Après squelettisation et vectorisation (format vecteur)	

Choix des échelles

(a) Echelles et précision pour l'acquisition

Scannage de plans (relatif)

Levés terrestres

Digitisation (relatif)

Photos aériennes

Images satellites

Echelles inversées

10 100 1000 10 000 100 000

1 mm 1 cm 10 cm 1 m 10 m

Précision

Planification urbaine et régionale

Etudes d'environnement

Tourisme

Analyse de risques

Cadastré

Réseaux souterrains Etudes de transport

Génie civil

Routes

Forêts et cultures

Rivières

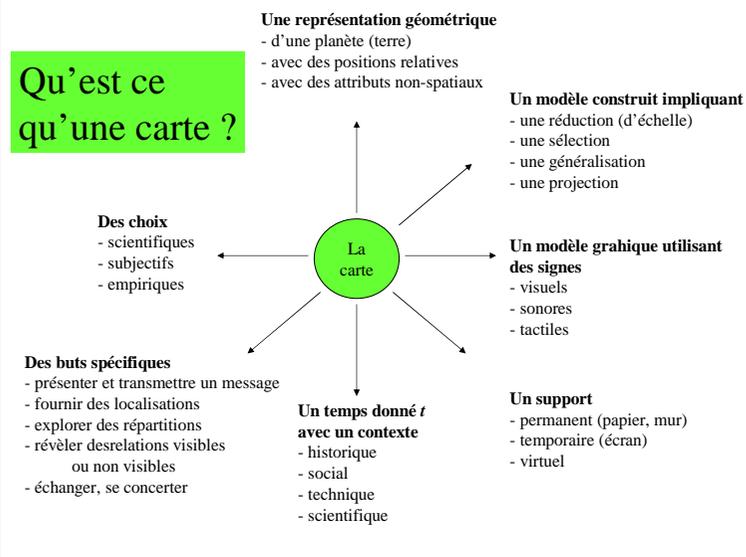
A proximité des bâtiments Géologie

(b) Echelles et précision pour les usages

6.3 – Supports de sortie

- Qu'est ce qu'une carte ?
- Différents périphériques
- Niveau interactivité
- Sémiologie graphique

Qu'est ce qu'une carte ?



Traceurs à plat

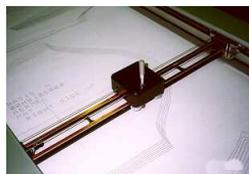


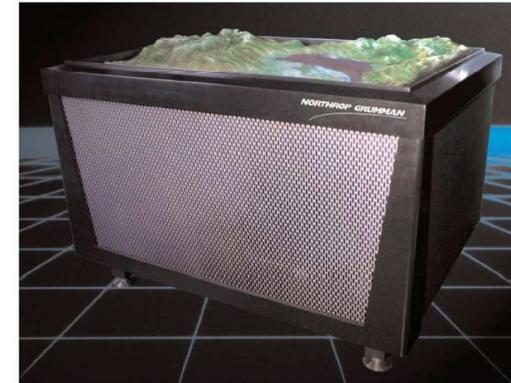
Table traçante à rouleau



Salle de contrôle NASA



Génératrice de maquettes de terrain



<http://www.touchtable.nl>

Interface tangible de Geodan



http://www.geodan.nl/uk/project/virtual_maquette/HPCfeb05_small.wmv

Cartographie

- Sera développée en 4IF
- Théorie d'Itten sur le choix des couleurs
- Sémiologie graphique de Bertin
- Cartes
 - animées
 - interactives
 - etc.

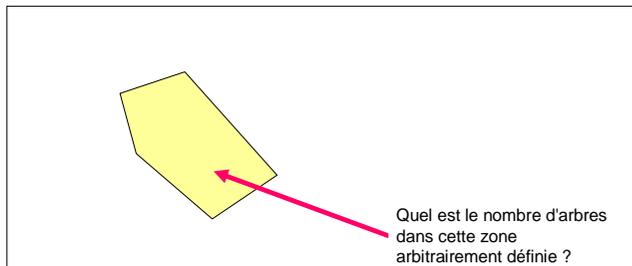
6.4 – Requêtes spatiales

- 6.4.1. Exemple de requêtes spatiales
- 6.4.2. Requêtes spatiales élémentaires.
- 6.4.3. Requêtes d'analyse spatiale
- 6.4.4. Requêtes topologiques
- 6.4.5. Conclusion

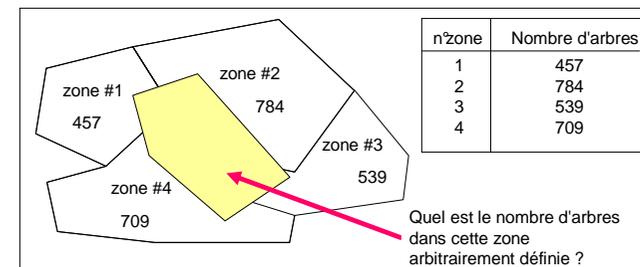
6.4.1. Exemple de requêtes spatiales

- Qui y a-t-il en ce point ?
- Qui y a-t-il dans cette zone ?
- Quel est le meilleur chemin de Lisbonne à Varsovie ?
- Quels sont les pays frontaliers de l'Autriche ?
- Quels sont les départements traversés par la Garonne ?
- Quel est l'endroit le plus pollué ?

Exemple de requête spatiale



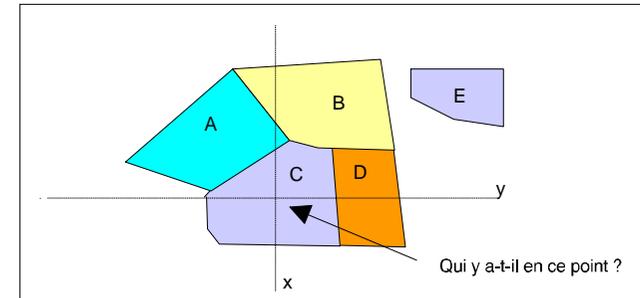
Exemple de requête spatiale



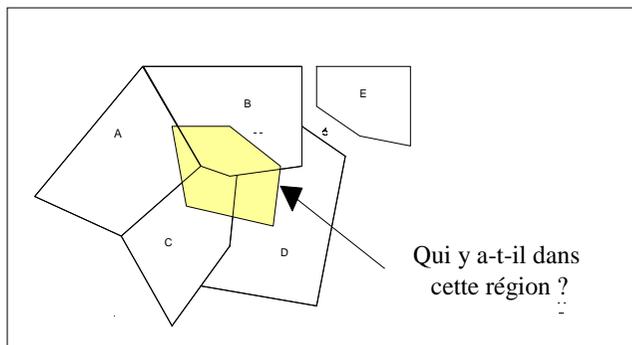
6.4.2. Requêtes spatiales élémentaires.

- Requête de point
- Requête de ligne
- Requête de région
- Requête de région tridimensionnelle
- Délimitation de zones tampon

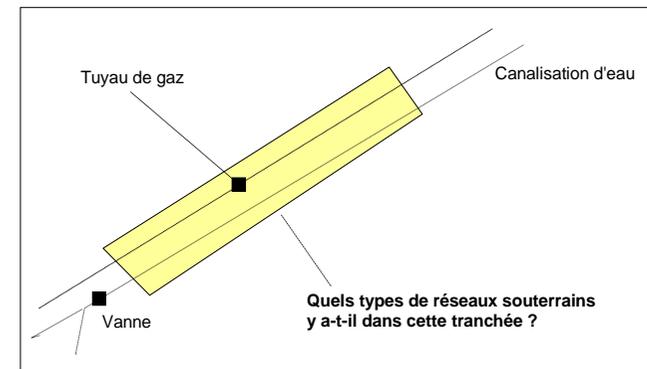
Requête ponctuelle



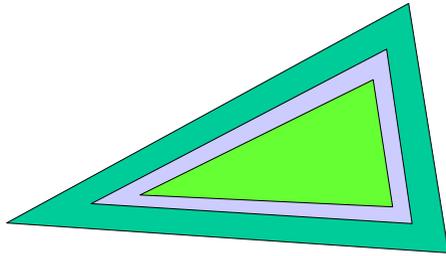
Requête de région



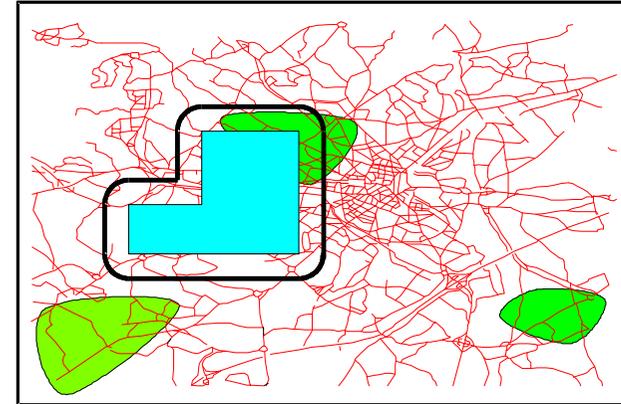
Requête de tranchée



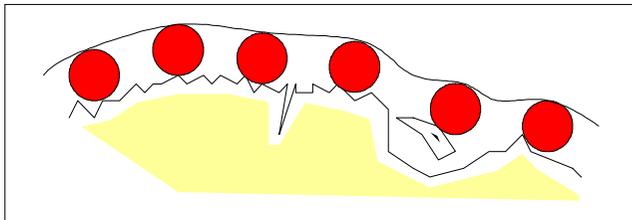
Zone tampon définie à partir de lignes parallèles



Zone tampon



Définition de zone tampon pour un polygone dentelé

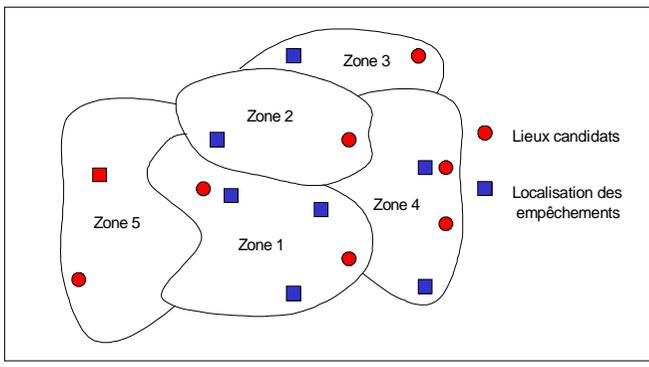


Exemple : délimitation des eaux territoriales

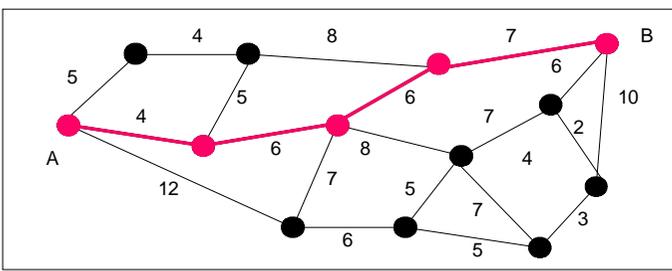
6.4.3. Requêtes d'analyse spatiale

- Recherche d'un point optimal
- Cheminement
- Découpages de zones

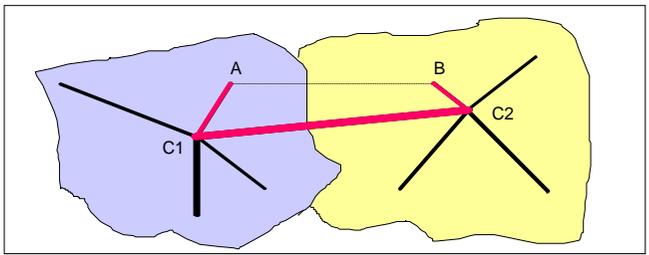
Implantation d'un nouvel hôpital



Recherche du plus court chemin dans un graphe

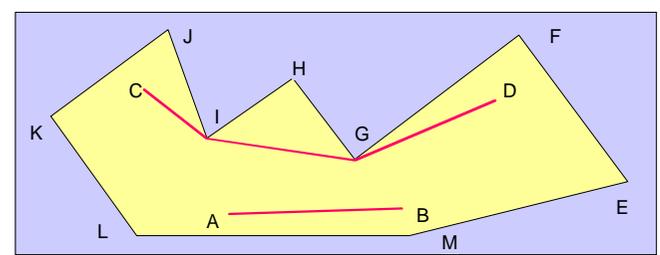


Chemin dans un graphe hiérarchisé



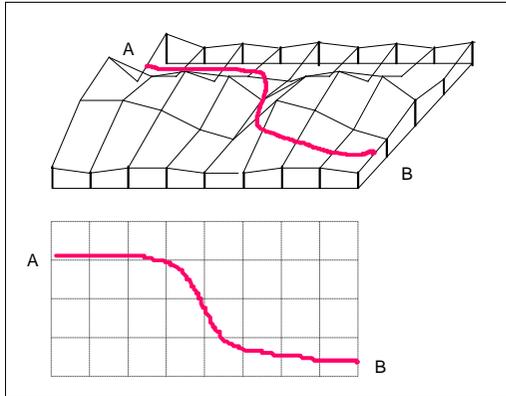
Comment aller de A à B ?

Chemins minimaux dans un polygone

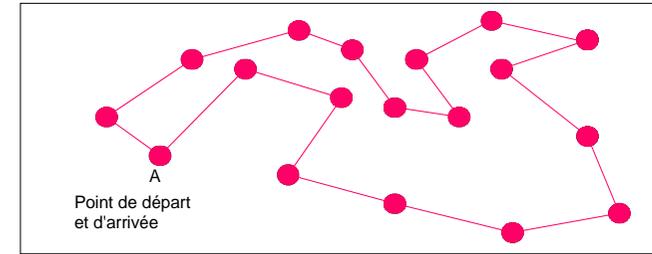


Comment aller de A à B ?
Comment aller de C à D ?

Chemin dans un terrain



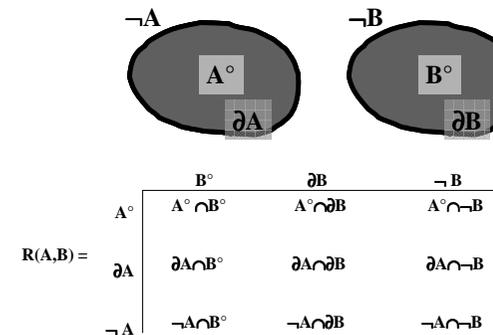
Circuit du représentant de commerce

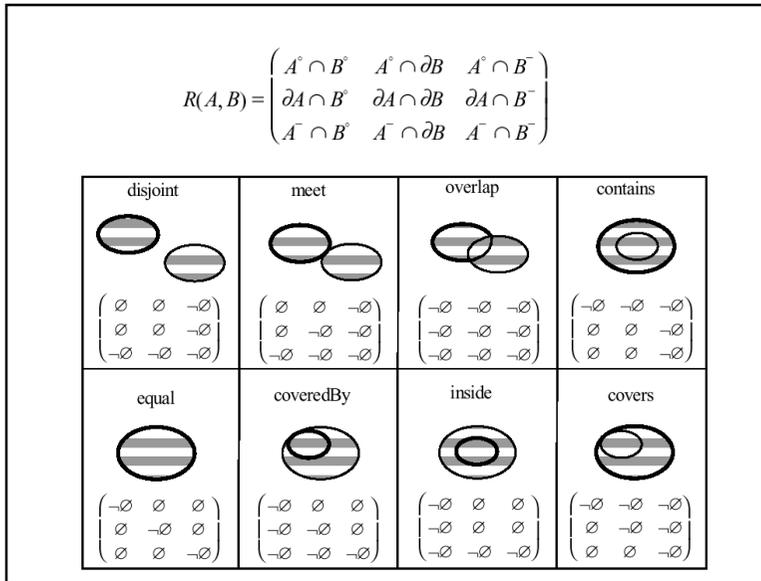


6.4.4. Requêtes topologiques

- Requêtes sur le positionnement et le voisinage des objets
- "touche", "intersecte", etc.
- Objet A :
 - intérieur : A°
 - extérieur : $\neg A$
 - frontière : δA

Modèle des 9 intersections d'Egenhofer





6.4.5. Conclusion

- Importance des requêtes spatiales
- Typologie des requêtes
- Importance des temps de réponse
- Nécessité de système d'indexation
- Usage pour SIG et bases d'images

6.5 - Indexation spatiale

- L'indexation dans les BD relationnelles
- Généralités sur l'indexation spatiale
- Indexation par courbes emplissant tout un espace
- Indexation par quadtree
- Indexation par arbres de rectangles
- Indexation dans les SIG

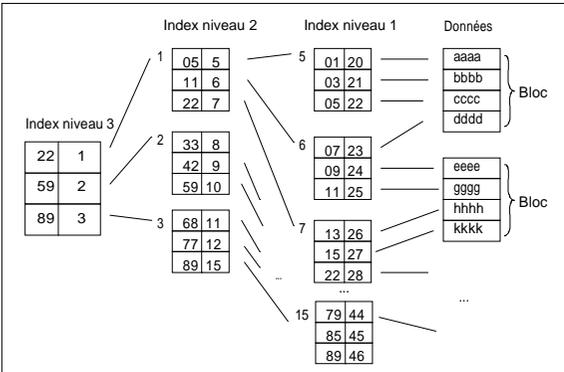
L'indexation dans les bases de données relationnelles

- Accélérateur d'accès
- Sans index :
 - balayage séquentiel de toute la BD
 - très consommateur de temps
- Nécessité de structure de données adéquates et de procédures d'accès

Indexation



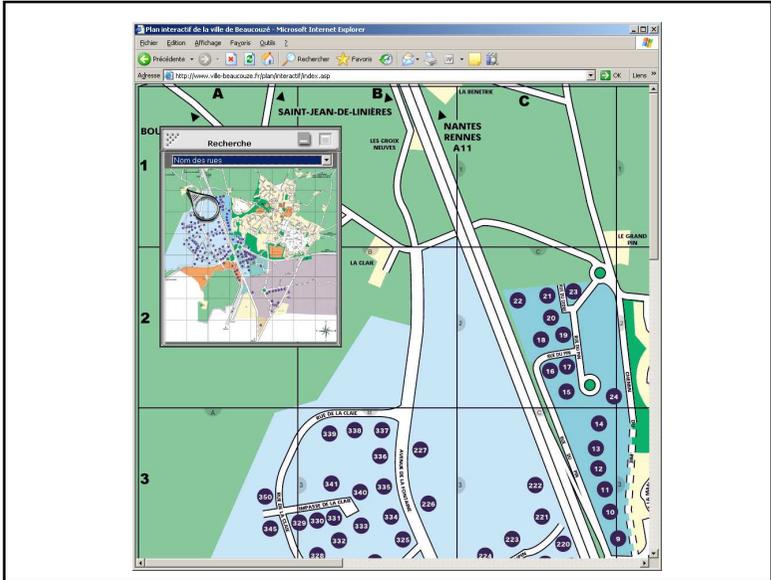
Hiérarchie d'index



Généralités sur l'indexation spatiale

- Accélérateur d'accès aux données spatiales
- Exemple initial : plan de ville
 - localisation de type mots croisés
 - « rue bleue » en C5
 - Exemple

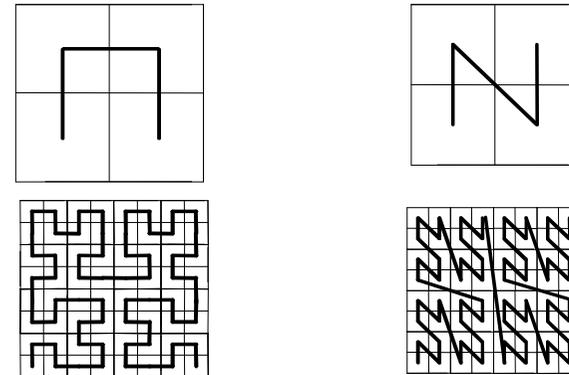
<http://www.ville-beaucouze.fr/plan/interactif/index.asp>



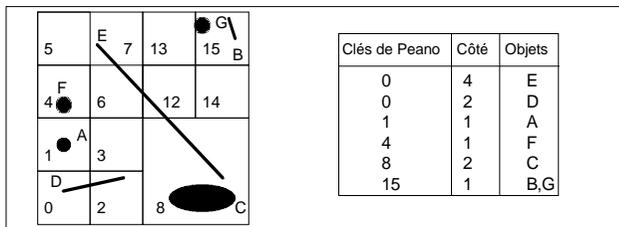
Indexation par courbes emplissant tout un espace

- Courbe passant par tous les points d'un espace
- Impossible en géométrie euclidienne
- Vrai en géométrie de Peano où
 - l'espace à couvrir est 2D
 - un point est une petite surface (carrée)
 - une ligne a une « épaisseur »
- Courbes en N de Peano (Morton), ou d'Hilbert

Courbes de Hilbert et de Peano



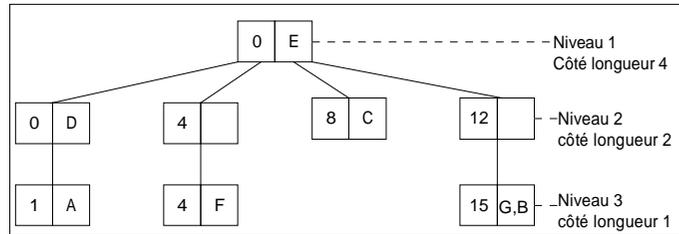
Exemple d'indexation spatiale pour un petit territoire



Indexation par quadtree

- Quadtree = subdivision récursive d'un carré en quatre carrés plus petits
- Arbre quaternaire
- Arbre quadratiques
- Tétra-arbres
- Quadrants arborescents

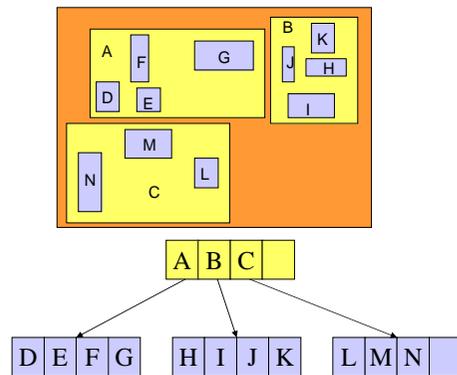
Exemple d'index spatial organisé avec des quadrees hiérarchiques



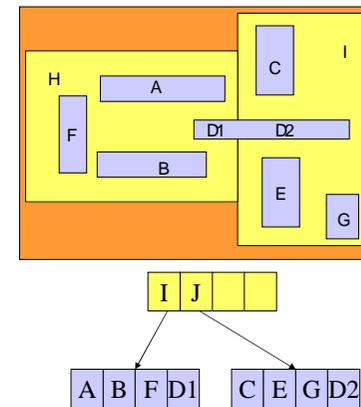
Indexation par arbres de rectangles

- Arbres de rectangles (r-arbres)
- Arbres améliorés de rectangles (r⁺-arbres)

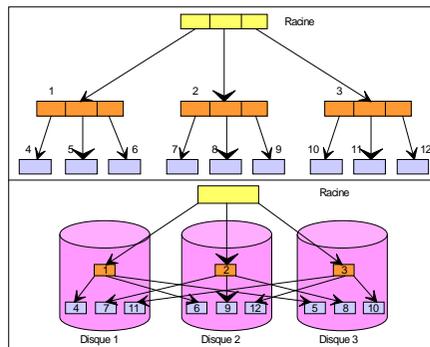
Exemple d'arbre de rectangles



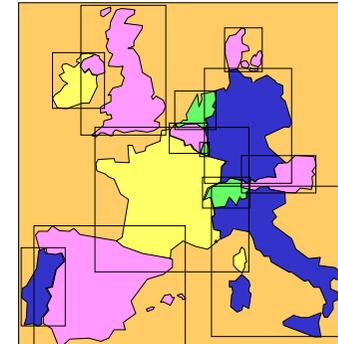
Exemple de r⁺-arbre



Exemple de r-arbre multiplexé et organisation sur disque



Indexation par rectangles d'une carte de l'Europe



Conclusion sur l'indexation spatiale

- Importance des méthodes d'accès spatial
- Organisation des données
- Evolution vers le spatio-temporel
- Evolution vers le 3D
- Evolution vers les champs continus

6.6 – Conclusions

- 80 % des informations dans le monde ont une composante spatiale
- Les BD géographiques parmi les plus grosses du monde
- Infrastructures de données
- Elargissement à d'autres domaines d'application
 - Géomarketing
 - Gestion de bâtiment, de grandes propriétés
 - Location-Based Services
 - Systèmes d'information pervasifs