

Systemes d'Informations Géographiques - Représentation physique

Institut National des Sciences Appliquées - Rouen
Département Architecture des Systèmes d'Information
michel.mainguenaud@insa-rouen.fr

Définitions (pays généralisable à d'autres unités)

- Enclave : morceau de terre totalement entourée par un territoire étranger unique (Llivia / Valréas)
- Exclave : portion de terre sous souveraineté d'un pays mais séparé de son territoire principal par un ou plusieurs pays (Berlin avant la réunification)
- Fragment : portion de territoire qui ne peut être atteint du pays qui en a la souveraineté que par les eaux internationales (Ceuta)

Modèle physique du SIG

- Approche par primitive de représentation
 - Vecteur
 - Serie de points, lignes (segments), polygones (zones)
 - Différents formats : DXF, AutoCad, ...
 - Structuration spaghetti
 - Structuration topologique
 - Organisation récursive (i.e., zone, trou, ...)
 - Raster (pixel)
 - Représentation matricielle d'une valeur (altitude, radio, ...)
 - La notion d'objet n'existe pas elle nécessite une analyse pour déterminer les pixels associés
 - Permet de construire des orthophotographies ... quand l'image est rectifiée (ou que le vecteur est vérifié)

Comparaison

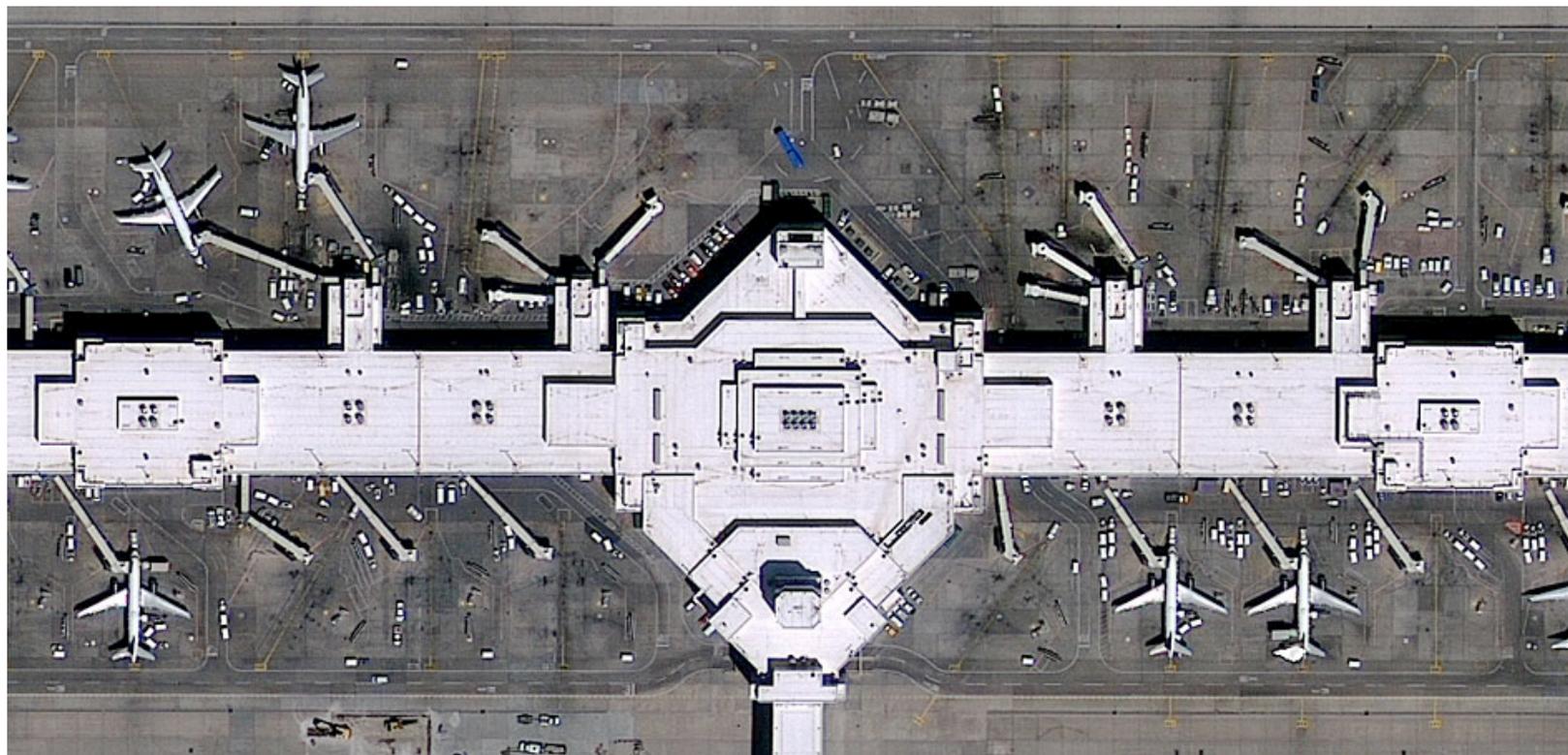
- Matriciel

- i, j définissent une cellule qui représente toujours une surface
- La résolution dépend de la taille de la cellule
- La topologie est implicite (portée par le modèle)
- La qualité graphique dépend de l'échelle de représentation
- Le volume est important en terme de stockage (i.e., quad-tree pour diminuer)
- Les opérations sur les surfaces sont faciles

IGN 25.000



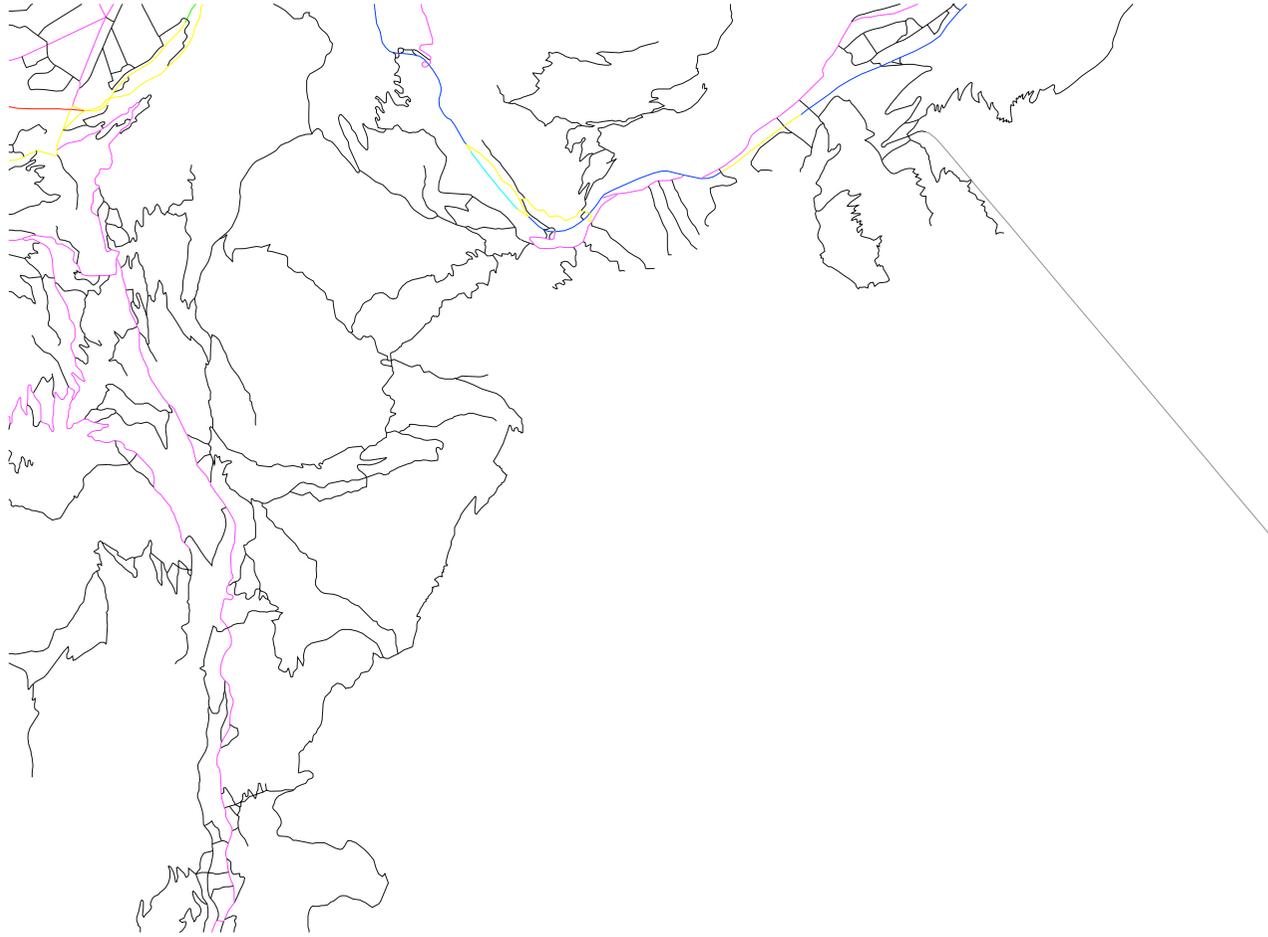
Image GeoEye-1, infra-métrique (0,5m) Aéroport de Denver – Mai 2009



Comparaison ⁽²⁾

- Vectoriel
 - x, y définissent des points, vecteurs et surfaces
 - La résolution dépend du nombre de décimale
 - La topologie est représentée implicitement ou explicitement
 - Qualité graphique indépendante de l'échelle de représentation
 - Compact au niveau du stockage
 - Opérations sur les points, lignes aisées (i.e., périmètre)

Routes



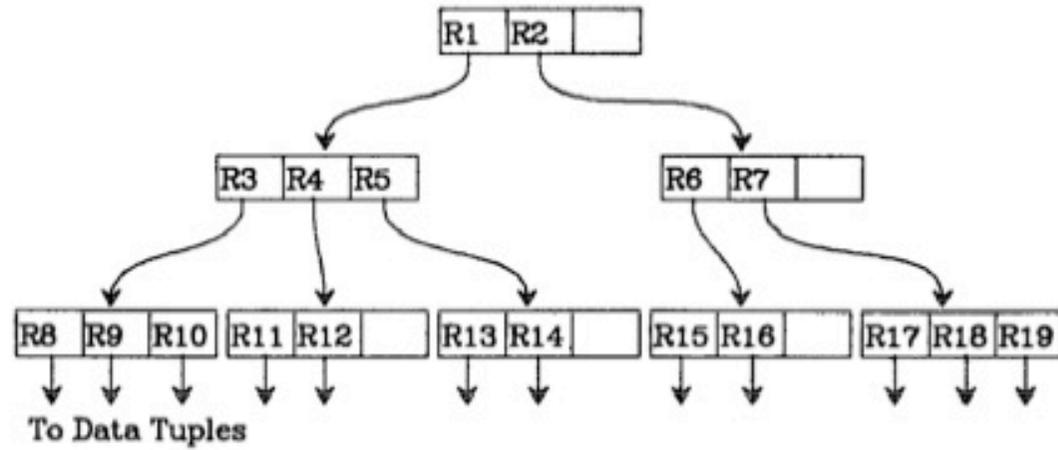
Principe du R-Tree (Guttman 1984)

- Issu des Strip-tree : représentation de vecteurs dans une hiérarchie de rectangles englobants
- Arbre équilibré basé sur le rectangle englobant des géométries
- Similaire au B-Tree mais multi-dimensionnel (Peut indexer en 2 ou 3D)
- Chaque nœud contient le rectangle englobant de tous les nœuds inférieurs dans la hiérarchie, les feuilles sont des pointeurs sur les tuples

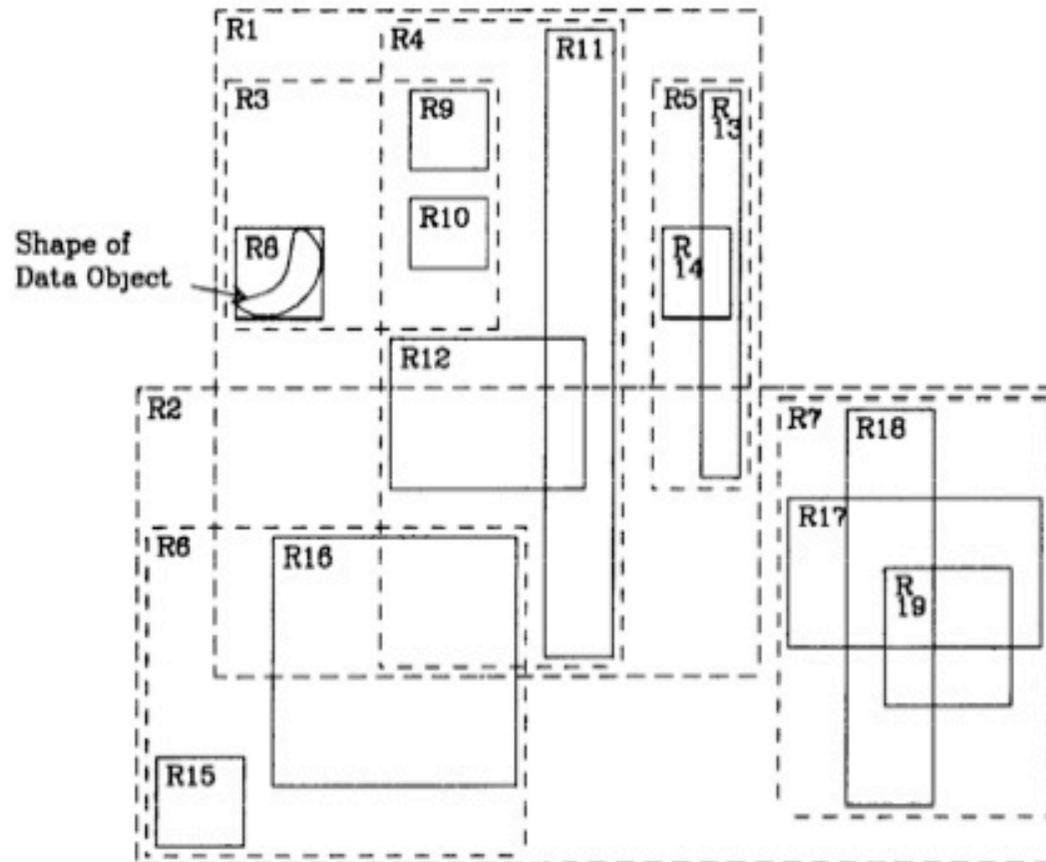
Principe du R-Tree ⁽²⁾

- Accepte l'overlapping et donc perte de la partition de l'espace
 - Recherche impose de parcourir tous les rectangles
- Dynamique :
 - La taille des rectangles n'est pas fixée par avance,
 - Ne nécessite pas de ré-organisation périodique
- Implémentable dans un SGBD

Example



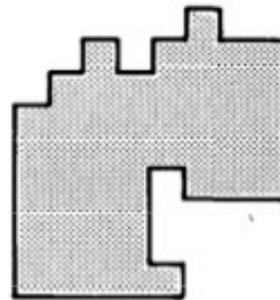
(a)



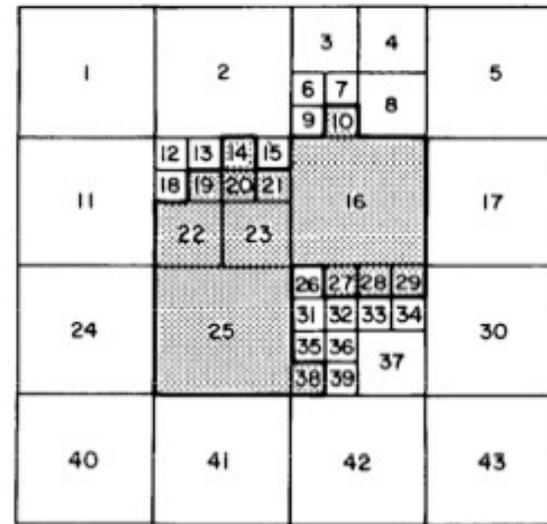
Quad-Tree

- Division récursive de l'espace en 4 parties (jusqu'à obtenir une zone homogène)
- 2D généralisable à 3D (Octree)
- Défini une partition de l'espace
- Utilisé en traitement d'images (compression)
- Peu adapté à la gestion de segments

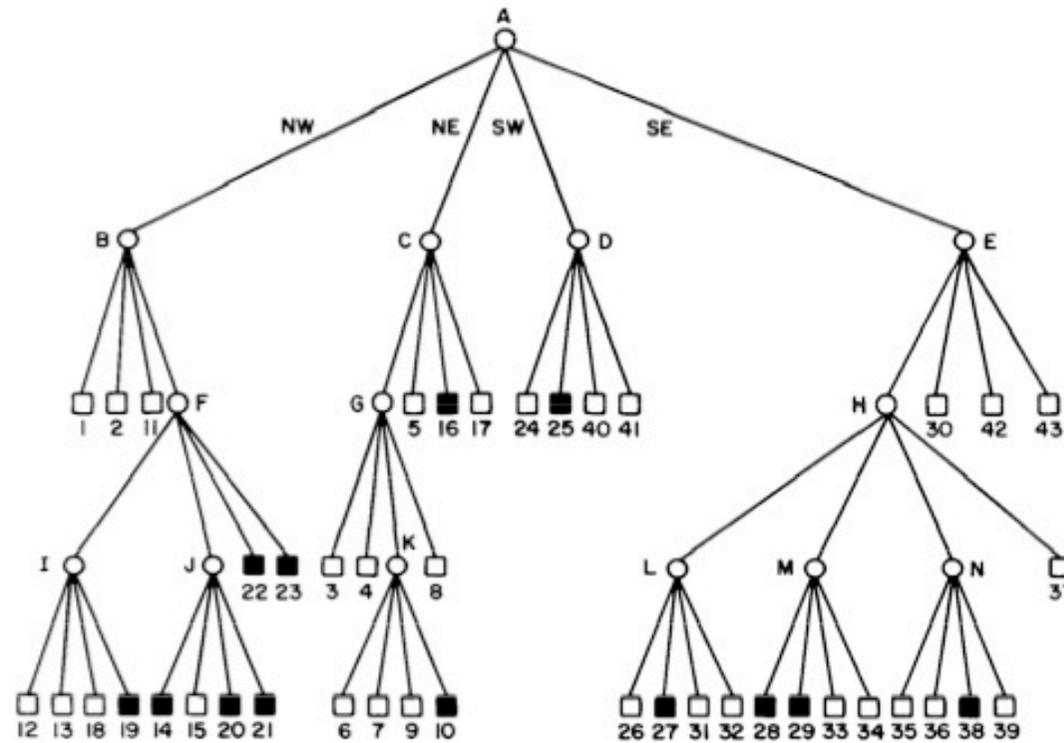
Exemple



(a)



(b)



(Samet 1984)

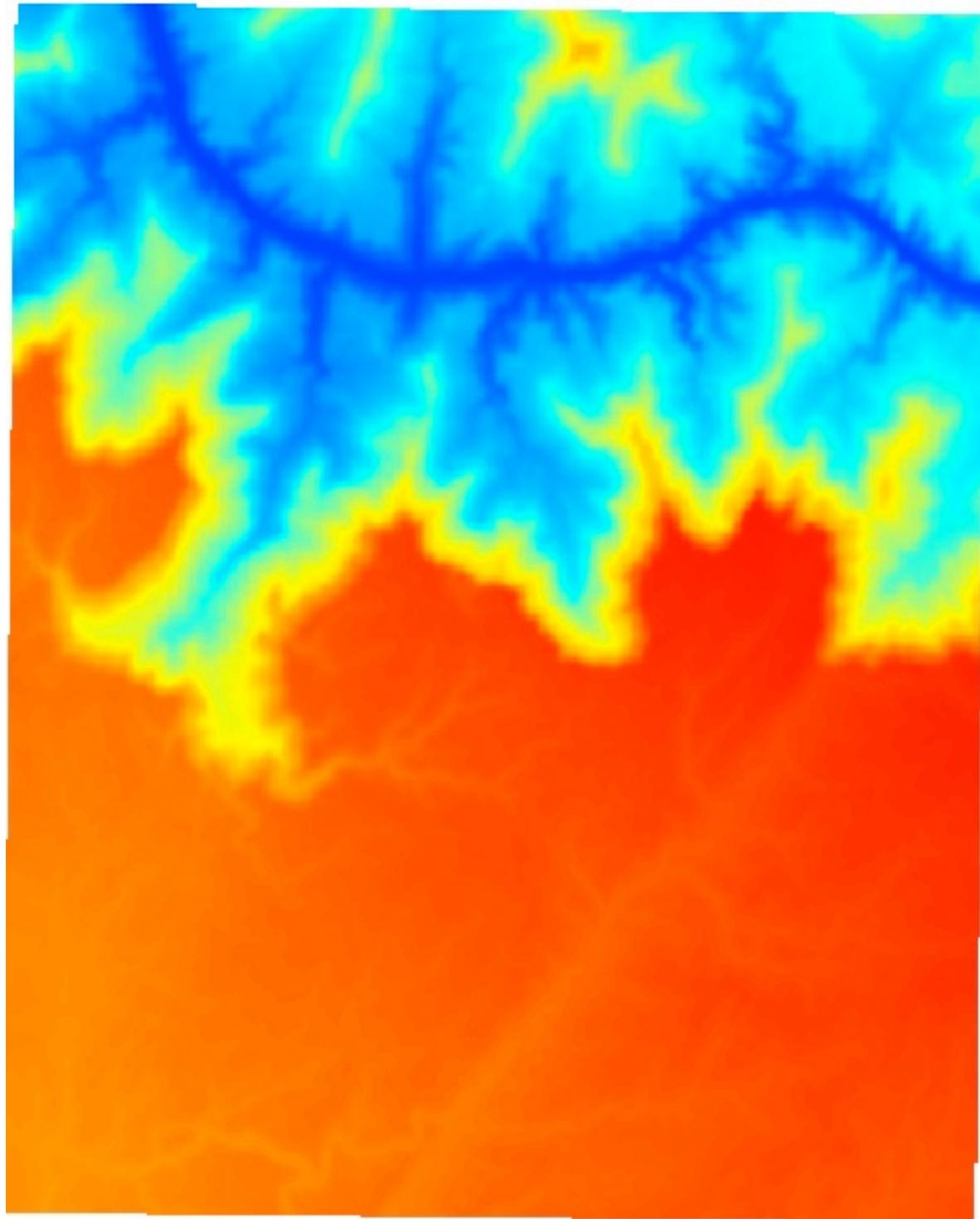
Prenons de la hauteur

- **Modèle Numérique de Terrain**
 - Représentation numérique du relief, de la topographie ou bathymétrie
 - Points cotés, des courbes de niveau, des facettes ou sous forme de raster
- **Modèle Numérique d'Élévation**
 - Représentation numérique du sur-sol : bâtiments, ponts, arbres, ...

Gestion du relief (phénomène continu)

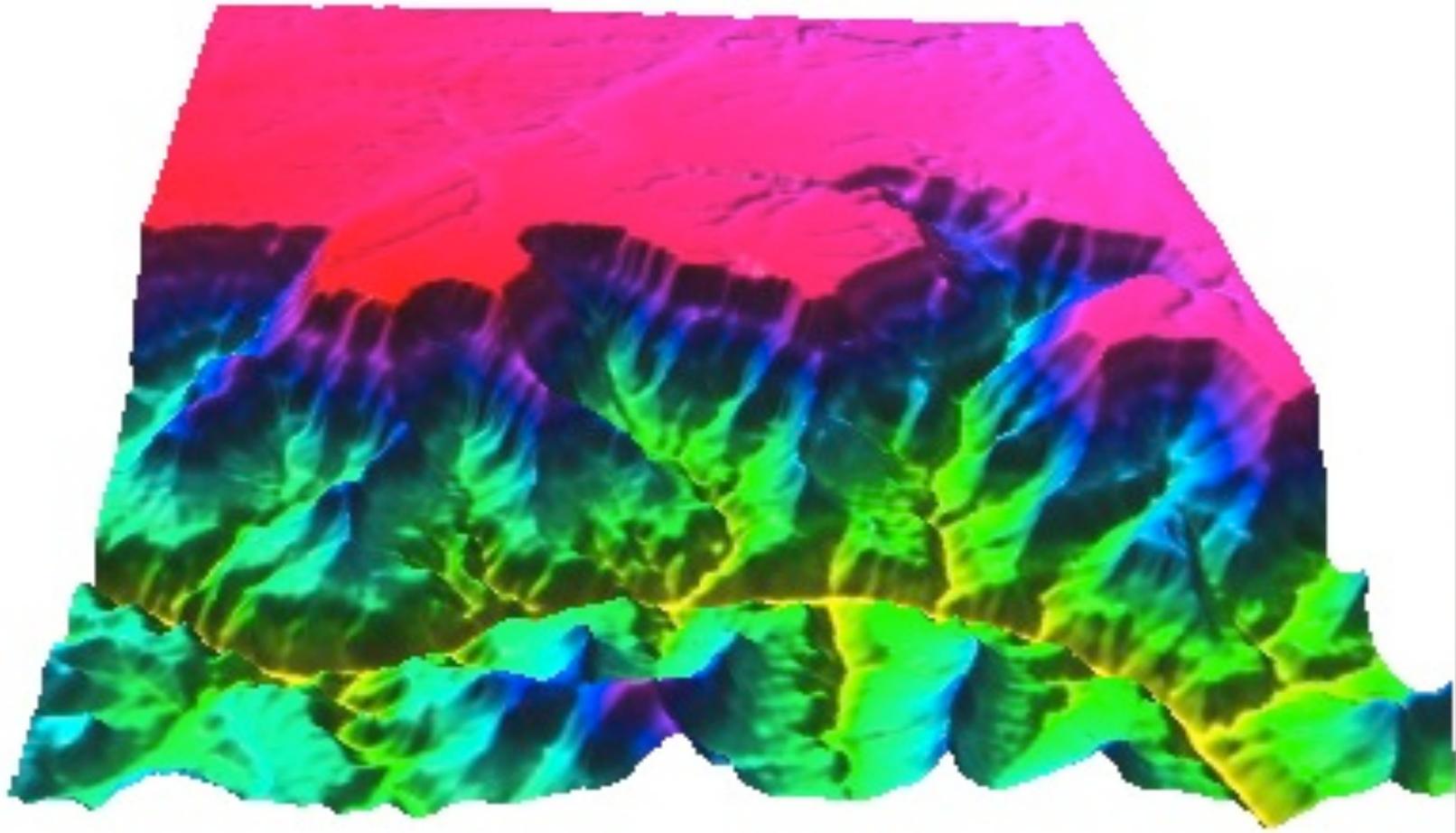
- Locale
 - Que pour certains points (i.e., point coté, courbe de niveau)
 - Problématique pour certaines opérations (i.e., azimuth, intervisibilité, bassins versants)
- Totale
 - Matrice (régulier) : l'élément est l'altitude (DTM)
 - Gomme les accidents de terrain
 - Réseau de triangles irréguliers (TIN) : partagent leurs sommets et leurs arêtes
 - Plus difficile à manipuler

Relief ... à plat



Grand canyon Colorado
(USGS)

Relief ... en relief



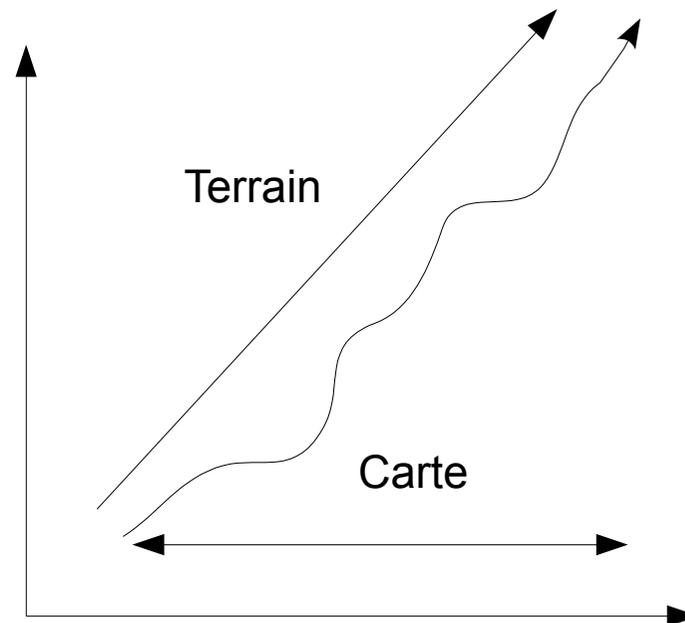
Grand canyon Colorado
(USGS)

Niveau Z

- Point de référence en France : Fort Saint Jean à Marseille
- Le GPS travaille à partir de l'ellipsoïde (GRS80) et non pas à partir d'un point de référence
 - Les altitudes ne sont pas directement identiques
 - Les différences varient partout (ellipsoïde n'est pas un cercle)
 - Ordre de grandeur : dizaines de mètres.
- Cartes marines : niveau de la laisse (ligne) de plus basse mer.

Niveau Z ⁽²⁾

- Sur une courbe de niveau : les chiffres sont toujours dirigés vers le sommet
- Représentation par estompage (lumière venant du Nord-Ouest)
- Distance sur la carte = distance projetée au niveau de la mer





Modes d'acquisition

- Matrice
 - Couple d'images stéréoscopique : recherche d'un point homologue dans l'autre image
 - Rasterisation des courbes de niveau (points cotés) puis interpolation pour produire les autres valeurs
 - Photos aériennes : photo-interprétation
- Vecteur
 - Triangulation (semi de points irréguliers) TIN : Les points sont connectés par des arêtes pour former un réseau de triangles qui ne se recouvrent pas (partition) – souvent pour l'altitude.

Triangulation de Delaunay

- Définition
 - La triangulation, $DT(P)$, d'un ensemble de points, P , est telle qu'aucun point de P n'est à l'intérieur d'un cercle circonscrit d'un des triangles de $DT(P)$

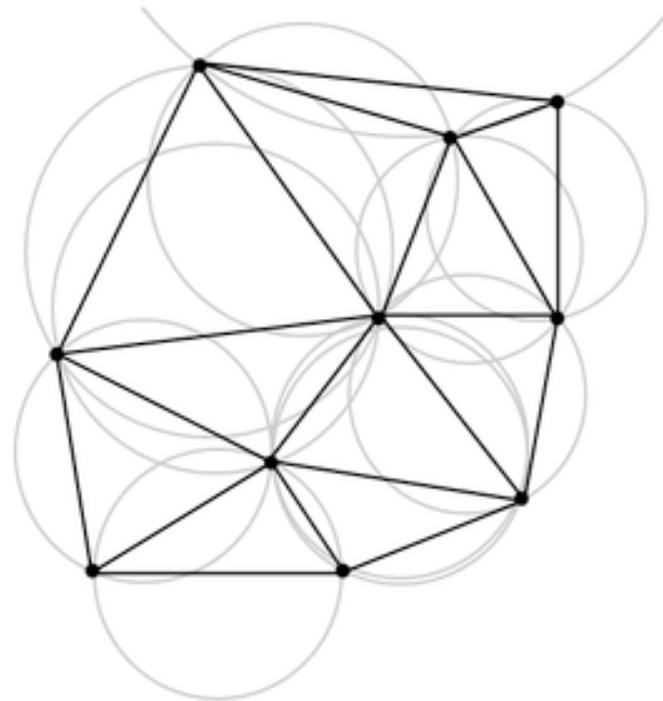
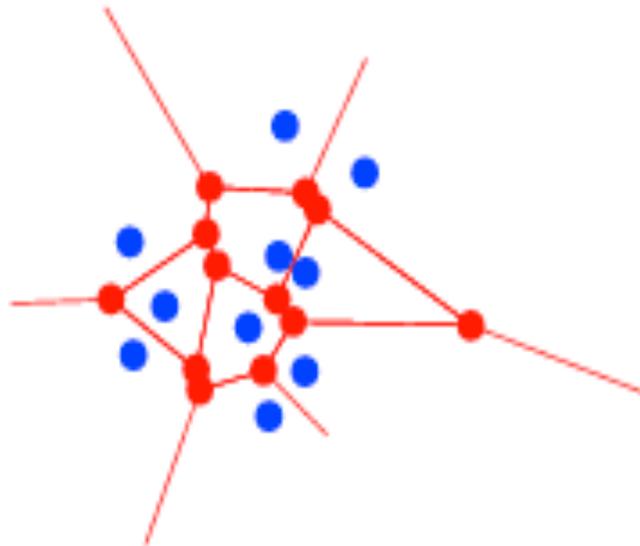


Diagramme de Voronoï

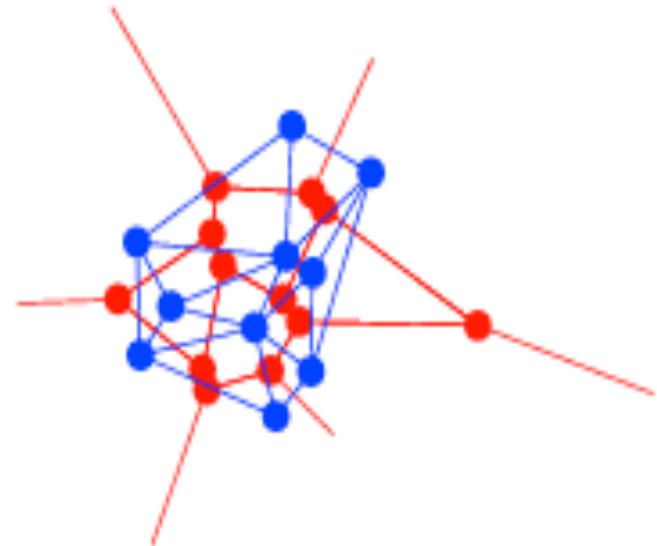
- Dual de Delaunay
- Région de Voronoï d'un élément p de P
l'ensemble des points qui sont plus proches de p que de tout autre point de P .



*Delaunay
triangulation*



*Voronoi
diagram*



*Delaunay
and Voronoi*

2,5 D vs. 3D

- La 3D **n'est pas un problème de visualisation** mais de modèle de données
- Si la définition est une fonction $z = f(x,y) \rightarrow$ une seule valeur par définition : 2,5D ou 2D + H
- 3D implique un modèle pour représenter par exemple l'arche de la Défense avec son « trou », de pouvoir tourner « autour » et d'associer des informations aux composants
- Très peu d'approche 3D réelle, beaucoup de 3D simulée (plaquage de structure, ...)

Composants

- Souvent les SIG raisonnent en terme de couches :
 - Plan réunissant des éléments géographiques de même type
 - Organisation logique du système d'information (i.e., hydraulique avec rivières, égouts, bouches d'égouts)
 - Mélange des notions de logique et de physique (i.e., certains couplages points / lignes / zones ne sont pas admis)
 - D'ou des problèmes de portabilité
 - De cohérence en cas de duplication des informations (i.e., un intérêt vu de manière zonale sur une couche et de manière série de lignes dans une autre)

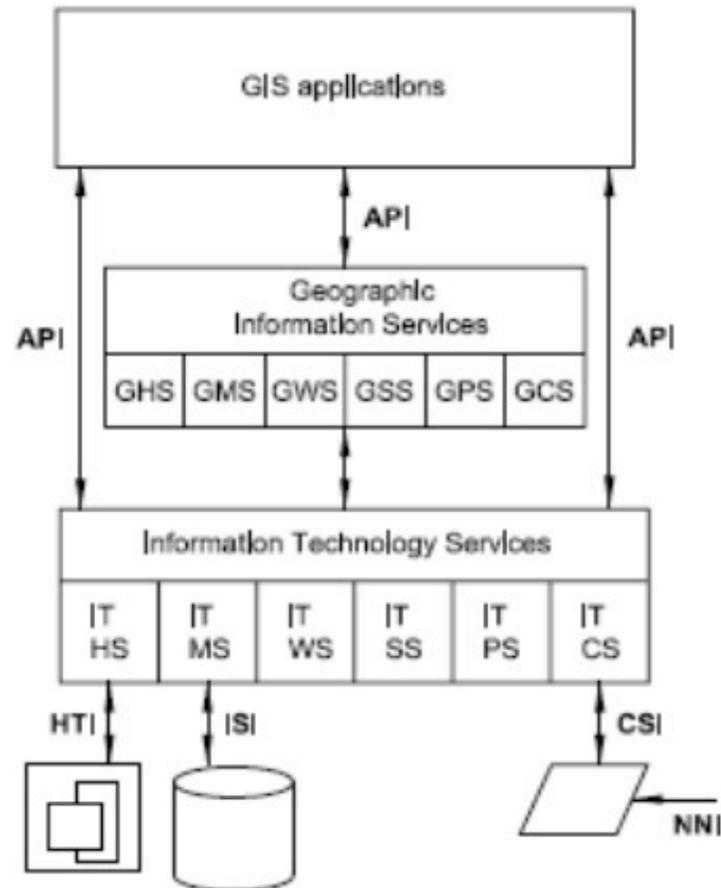
Normes

- Issues des travaux de l'Open Geospatial Consortium
 - www.opengeospatial.org
- ISO19128:2005
 - Interface de cartes du serveur web (WMS, WFS)
- ISO19111:2007
 - Système de référence spatiales par coordonnées
- ISO19131:2007
 - Spécification de contenu informationnel
- ISO19139:2007
 - Métadonnées, implémentation de schémas XML

Formats Ouverts vs. propriétaires

- Utilisateur
 - Indépendance vis à vis de l'éditeur de logiciel
 - Indépendance sur les plateformes matérielles
 - Interopérabilité renforcée
 - Echanges de données facilités
- Editeur de logiciel
 - Clients captifs
 - Développement de ses gammes de produits
 - Adéquation du format à son savoir-faire (logiciel)

Le monde selon TC211

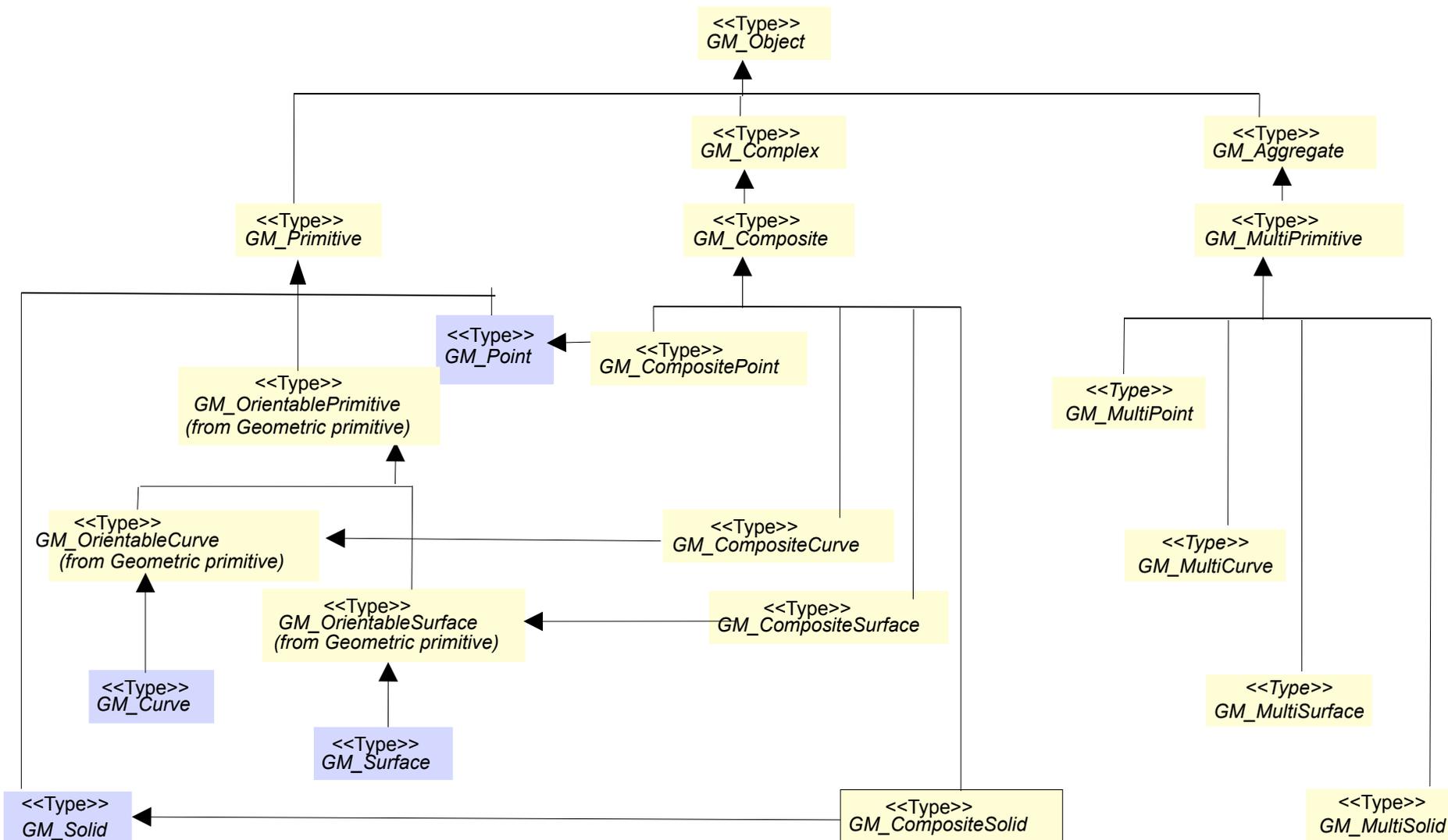


— The ISO 19101 Architectural reference model

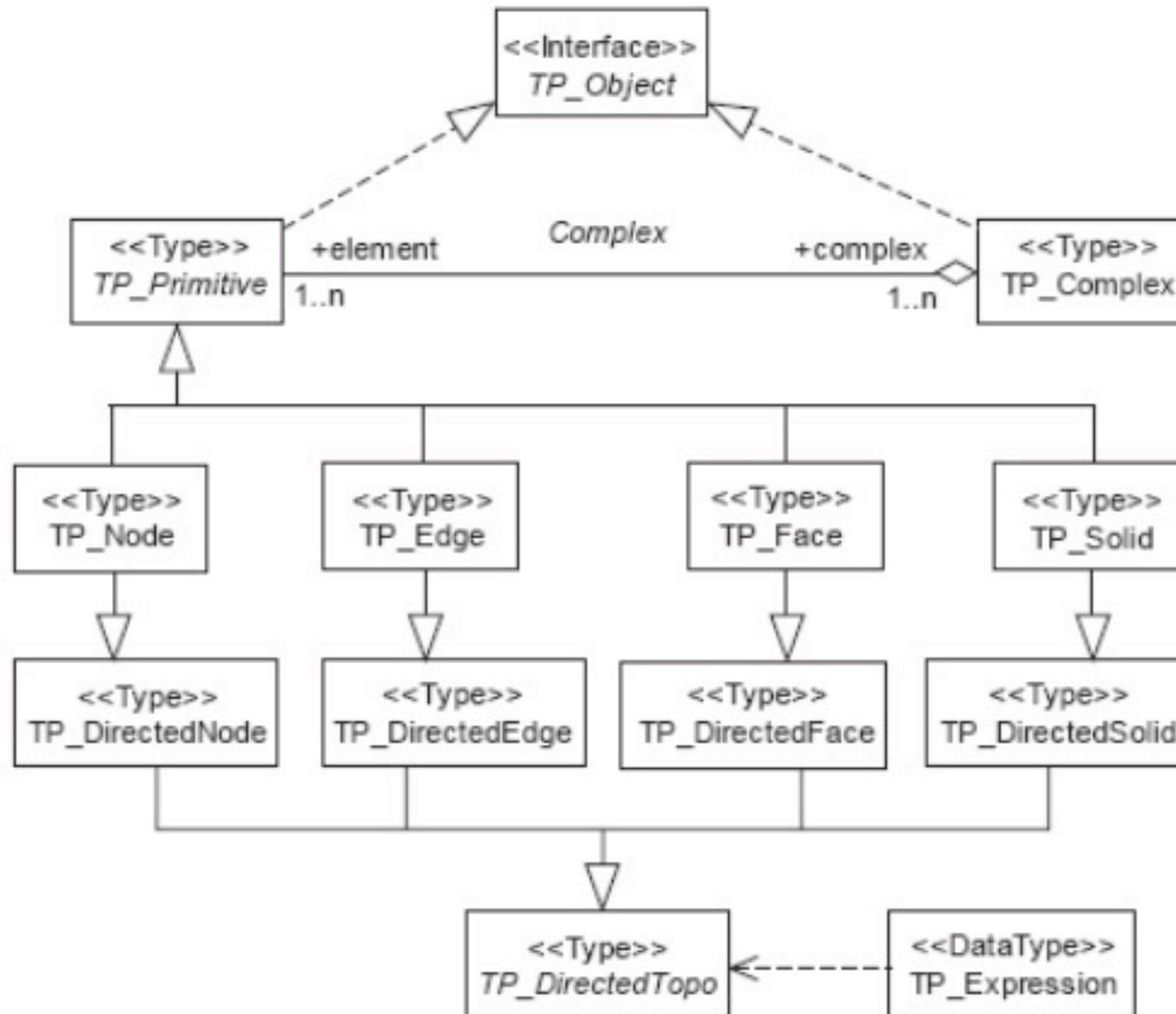
Key

API	Application Programming Interface	G	Geographic
HTI	Human Technology Interface	IT	Information Technology
ISI	Information Services Interface	HS	Human Interaction Services
CSI	Communications Services Interface	MS	Model Management Services
NNI	Network to Network Interface	WS	Workflow/Task Services
		SS	System Management Services
		PS	Processing Services
		CS	Communication Services

ISO 19107: Spatial (2003)



ISO 19107 : Topologique



Cohabitation

- Problème sur les partages de primitive (i.e., choix de la couleur suivant l'ordre d'affichage)
- Intersection généralisée des lignes lors d'une construction issue d'une fusion de couches
- Modélisation de **nature fonctionnelle** et non pas de nature descriptive de représentation cartographique
 - Représentation cartographique
 - Représentation fonctionnelle (i.e., graphe pour les réseau de transport).

Alternative : l'échange

- Adoption de standard d'échange
- Multiplicité d'acteurs avec des coûts d'acquisition de l'information élevé -> partage
- Directive INSPIRE qui pose les responsabilités en terme de fournisseur d'information
- Indépendance :
 - client / fournisseur
 - client / outil
 - client / application

Services OpenGIS

- Offrir un service de visualisation (carte) et d'accès/manipulation des objets
- Standard pour le comportement d'un service Web
 - Structure de la requête à envoyer
 - Structure de la réponse du serveur
 - Application :
 - Services fournis
 - Données

WMS (Web Map Service)

- Retourne une « image » visualisable définie éventuellement avec SLD (Style Layer Descriptor: langage de style) provenant de **serveurs distribués**
 - describeLayer
 - getLegendGraphic
 - get/putStyles
- Appelé via un navigateur par exemple via l'URL ou via une application
- CMS : Cascading Map Server (application récursive de WMS, un WMS est client de WMS)

WMS (2)

- Opérations :
 - getCapabilities : interrogation des serveurs sur leurs capacités de gestion (couches -LAYERS-, projections -SRS- formats -OUTPUTFORMAT-, ...)
 - getMap : obtention de la carte suivant les formats supportés (jpg, png, gif, svg, ...)
 - getFeatureInfo : obtention de la sémantique (pointé géométrique) fonctionnalité optionnelle
- Utilisation :
 - Fond de carte par WMS
 - Affichage d'informations locales en superposition

WMS (3)

- Exemples :

- `http://<serveur>/... ?REQUEST=GetCapabilities`

- Paramètres :

- VERSION=<valeur>

- SERVICE=WMS

- UPDATESEQUENCE=<VALEUR> (gestion du cache)

- `http://<serveur>/...?REQUEST=GetMap`

- Paramètres (extrait):

- SRS : Référentiel spatial

- BBOX : Bounding box (4 coordonnées)

- WIDTH : Largeur en pixel de la carte

- HEIGHT : Hauteur de la carte en pixel

- LAYERS : Liste des couches de la carte

- STYLES : Styles de représentation

- FORMAT : format d'encodage

- `http://www.wmsviewer.com`

WFS (Web feature Service)

- Requête : URL avec des paramètres
- Réponse : format en GML
- Combinable WMS / WFS
- 2 modes :
 - Basic
 - Transaction : Possibilité de verrouillage des objets pour modifications

WFS (2)

- Obligatoire
 - GetCapabilities : opérations, objets
 - GetFeature(WithLock) : donne la géométrie et les informations associées à partir d'une requête
 - DescribeFeatureType : XML schema pour un parser
- Optionnelle
 - InsertFeature
 - UpdateFeature
 - DeleteFeature
 - Transaction
 - LockFeature

Services distants : Google Maps

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Strict//EN"
    "http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-strict.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
  <head>
    <meta http-equiv="content-type" content="text/html; charset=utf-8"/>
    <title>INSA-Rouen</title>
    <script src="http://maps.google.com/maps?file=api&v=2&key=<votre cle>"
      type="text/javascript"></script>
    <script type="text/javascript">

//
function load() {
  if (GBrowserIsCompatible()) {
    var map = new GMap2(document.getElementById("map"));
    map.setCenter(new GLatLng(49.38, 1.08), 13);
  }
} //]]&gt;

&lt;/script&gt;
&lt;/head&gt;
&lt;body onload="load()" onunload="GUnload()"&gt;
  &lt;div id="map" style="width: 1000px; height: 500px"&gt;&lt;/div&gt;
&lt;/body&gt;
&lt;/html&gt;</pre></div>
```



Limitations aux échanges

- Tous les SIG ne supportent pas les mêmes formats et les mêmes systèmes de projection
- La taille maximale des objets manipulés est variable
- Gestion de la légende (symbologie), de l'échelle
- Standards de fait (propriétaires)
- Informations stockées dans des BD annexes aux systèmes graphiques

Extension des Modèles

- Niveau conceptuel :
 - Perceptory (U. Laval à Quebec – Canada)
 - MADS (EPF à Lausanne – Suisse)
 - CONGOO (U. Liège – Belgique)
 - ...
- Niveau SGBD :
 - Cartouche spatiale (Oracle, PostGIS, ...)