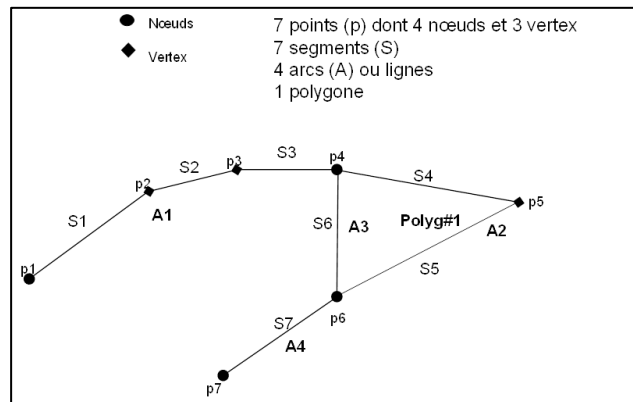


Activité 1.1

Recueil de notes de cours



Les données géospatiales



Cégep Limoilou
COOPÉRATION INTERNATIONALE

Le présent recueil a été réalisé pour une formation dispensée dans le cadre du *Projet d'appui canadien au Plan National de Géomatique du Sénégal*.

Collaborateur :

Une partie du document suivant a été produit conjointement par Alborz Zamiadi et Tania Roy à partir de notes de cours et de textes mis à la disposition du projet de formation, après entente avec Jacynthe Pouliot, Yvan Bédard et Frédéric Hubert, enseignants à l'Université Laval (Québec, Canada).

Michel Côté (Cégep Limoilou)

Appui à la réalisation :

André Cloutier (Cégep Limoilou)

Ludovic Deschênes (Cégep Limoilou)

Réalisation : Décembre 2013

Séance de formation : Janvier 2014

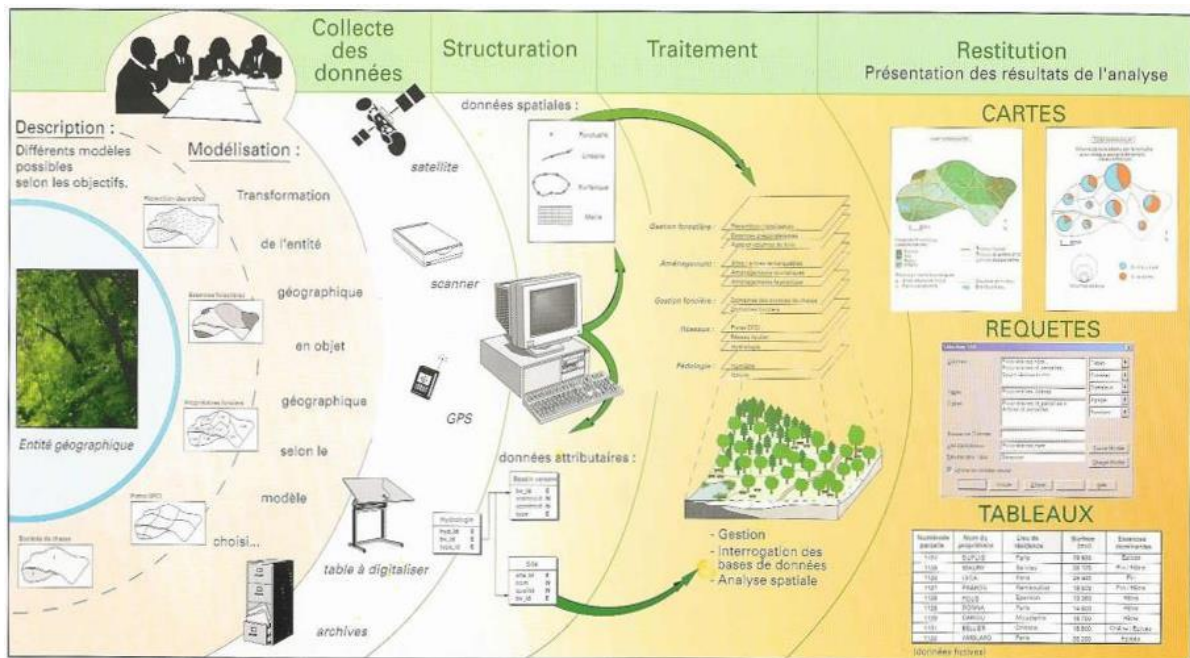
Table des matières

Connaître les caractéristiques des données géospaciales.....	4
Types d'entités géographiques en format vectoriel et matriciel	8
Modélisation géométrique 3D	11
Maîtriser l'organisation des données géographiques	12
Traitement de données	13
Modes de structuration des données géographiques.....	15
Diverses possibilités de structuration en fonction des besoins	15
Structuration topologique	18
Modélisation 3D de la Terre et les phénomènes géographiques.....	21
Modèle numérique de terrain.....	24
Utilisation des données raster et images dans un SIG	26
Domaines d'utilisation de l'imagerie satellitaire	26
Agriculture	28
Foresterie.....	28
Géologie	29
Hydrologie	30
Utilisation du sol et milieu urbain.....	30
Océanographie	31
Cartographie et urbanisme	33
Utilisation des modèles numériques d'élévation.....	34
Orthophotographies	34
Représentation tridimensionnelle	36

Connaître les caractéristiques des données géospatiales

Pour passer de la réalité (ex. le territoire) à une représentation numérique (ex. une carte, une équation mathématique, une base de données, etc.), différents modèles d'abstraction peuvent être utilisés. Le modèle correspond à une abstraction du monde réel en mettant en évidence les éléments jugés essentiels à l'étude. Il y a donc autant de modèles qu'il y a de perceptions de cette réalité, tous aussi bons les uns que les autres. Par exemple, un cours d'eau pourra être modélisé comme un lieu de navigation, un lieu de pêche, une classe d'occupation du territoire, être représenté géométriquement par une ligne (le centre du cours d'eau), deux lignes (ses berges prises individuellement), un polygone (ses berges prises ensemble) et être décrit par les attributs de nom, débit, largeur, etc.

La démarche de production cartographique



Référence : EDATER, 2001

Un modèle du monde réel peut être représenté par un ensemble de symboles et les règles d'utilisation qui leur sont associées. Par exemple, une carte est un modèle d'une portion de territoire, représenté physiquement par des symboles, disposés en fonction de règles et dont la signification est rappelée dans la légende. De par la diversité des buts que peuvent viser

différents modèles du même phénomène, plusieurs modèles, parfois très différents de cette même réalité, peuvent cohabiter.

Différents modèles de représentation du monde réel



Pour qu'un modèle du monde réel puisse être utilisé dans un environnement informatique (CAD, SIG), la carte doit répondre à des spécifications :

- une définition précise de chaque type d'objets;
- une sélection des objets qui sont pertinents pour représenter efficacement le phénomène.

Tout objet de la réalité peut - et même généralement doit - être décrit et modélisé selon trois points de vue soit, le thème, le temps et l'espace. Le thème fait référence aux propriétés (structure et fonctionnement) permettant d'identifier et de décrire les objets du territoire. Par exemple un bâtiment, une instance du thème habitation, pourrait être décrite par la catégorie d'habitation, le nombre de chambres et le nombre d'étages. On parle d'attributs descriptifs et/ou sémantiques pour désigner le thème. Le temps fait référence à l'existence ou l'évolution des objets. On parle alors de date ou de durée tout dépendant si nous voulons exprimer l'existence ou l'évolution des objets. Dans le cas d'un bâtiment, il pourrait s'agir de la date de construction, de la durée de vie théorique, etc. Finalement, l'espace permet de positionner et de décrire la forme des objets (les caractéristiques géométriques et topologiques). Le bâtiment sera par exemple positionné sur la rue Tremblay, aura une superficie de 800 m² et une hauteur de 30 mètres.

Dans le sens géomatique ou informatique de l'expression, une structure de données réfère à la « manière de disposer les données dans une base de données et d'organiser les liens qui permettront de les retrouver ». Pour les données descriptives, on utilise principalement les

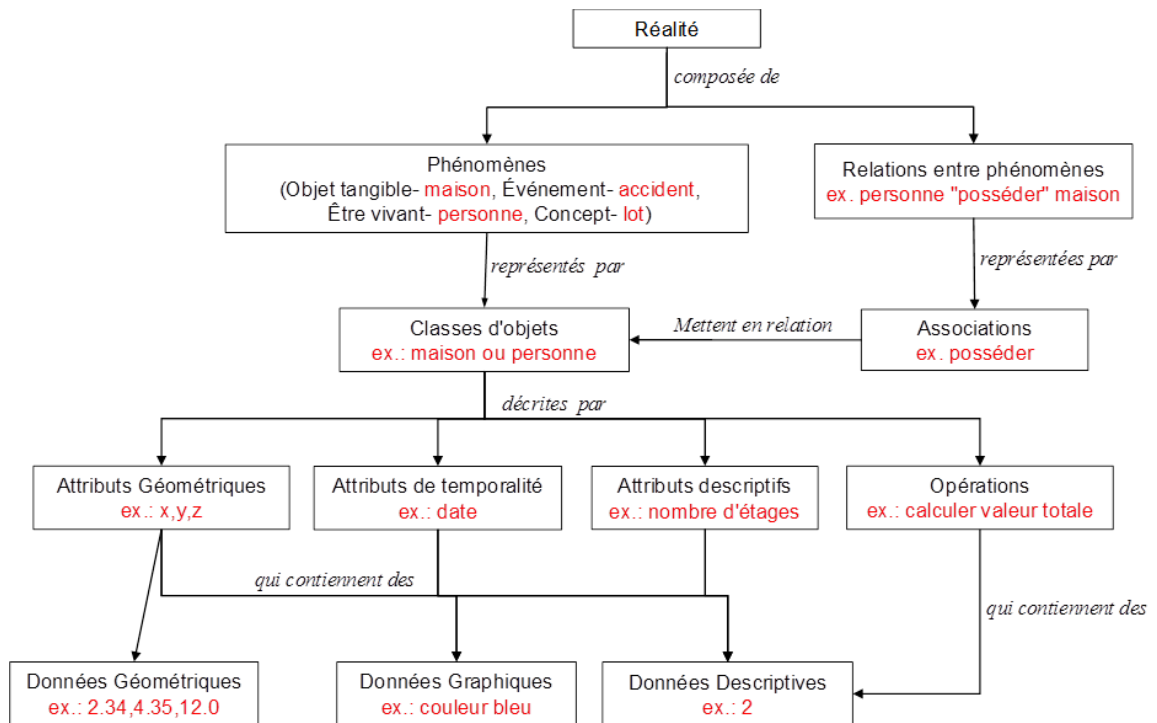
structures hiérarchiques, en réseau, relationnelles et orientées objet, alors que pour les données géométriques, on utilise surtout les structures matricielle et vectorielle.

Il y a quatre raisons d'être de la modélisation :

- Pour maîtriser la complexité (outil de réflexion);
- Pour faciliter la communication entre les développeurs et avec le client (outil de communication);
- Pour faciliter le processus de programmation (outil technique; sauve du temps, minimise les erreurs, optimise les solutions);
- Pour faciliter la maintenance du système (outil de documentation).

La figure suivante montre un exemple en modélisation des différents éléments de la réalité pouvant être représentés.

Exemple d'une modélisation de différents éléments d'une réalité



Référence : adapté des notes du cours Fondement des SIG de Y.Bédard

Selon cette figure, on distingue trois catégories d'objets soit les objets spatiaux, les objets non spatiaux et les objets géométriques. L'objet peut être spatial lorsque celui-ci possède au

moins une caractéristique spatiale tel un élément de sa géométrie (ex. sa position, sa forme) ou non spatiale (une personne) ou géométrique lorsqu'il s'agit de sa représentation graphique (ex. un polygone).

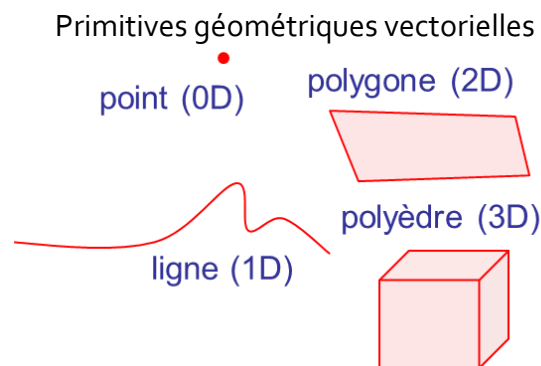
Les objets sont constitués de trois types de données :

- Donnée géométrique : « Donnée qui renseigne sur la position ou la forme d'un objet géométrique. » (OQLF, 2002). Par exemple, les coordonnées X, Y, Z des coins d'un polygone, l'adresse d'une maison, le code postal, la superficie d'un lot, le volume de terre, etc.;
- Donnée graphique : « Donnée qui porte sur la représentation visuelle d'un objet géométrique. » (OQLF, 2002). Ce sont ici les données associées aux variables graphiques tels la couleur, le style, la taille de la ligne, l'orientation du texte, la trame (texture, grain);
- Donnée descriptive : « Donnée relative à des attributs d'une entité ou d'une relation, à l'exclusion de sa position et de sa forme. » (OQLF, 2002). Par exemple le débit d'un cours d'eau, le nom d'un propriétaire, le nombre d'étages d'un édifice.

Ces données peuvent être stockées de diverses manières (simple fichier, base de données). Un fichier peut présenter différents formats tels le format image, le format texte, le format binaire, le format dessin.

Types d'entités géographiques en format vectoriel et matriciel

Les objets géométriques sont associés au concept de primitives géométriques, possédant une dimension (D) géométrique spécifique soit le point (0D), la ligne (1D), le polygone ou la surface (2D) et le polyèdre ou le volume (3D). Un objet géométrique peut alors correspondre à une primitive ou à un assemblage de plusieurs primitives géométriques. Cela est valable dans le cas des structures vectorielles. Pour les structures matricielles, c'est alors la cellule (le pixel) qui forme l'élément de base.



Primitives géométriques matricielles



« La perception de l'information géographique est double. Elle peut être discrète ou continue. La vue discrète permet généralement de décrire les objets créés par l'homme ou ayant un contour bien délimité. La vue continue se prête plus à la description de phénomènes ou objets naturels, dont la limite est parfois mal définie.

La vue discrète décompose l'espace suivant un ensemble d'objets à 0, 1, 2 ou 3 dimensions, par exemple des parcelles, bâtiments, rues, fleuves, généralement décrits à l'aide de primitives

géométriques: point, ligne, surface, volume. La vue discrète peut conduire à plusieurs représentations.

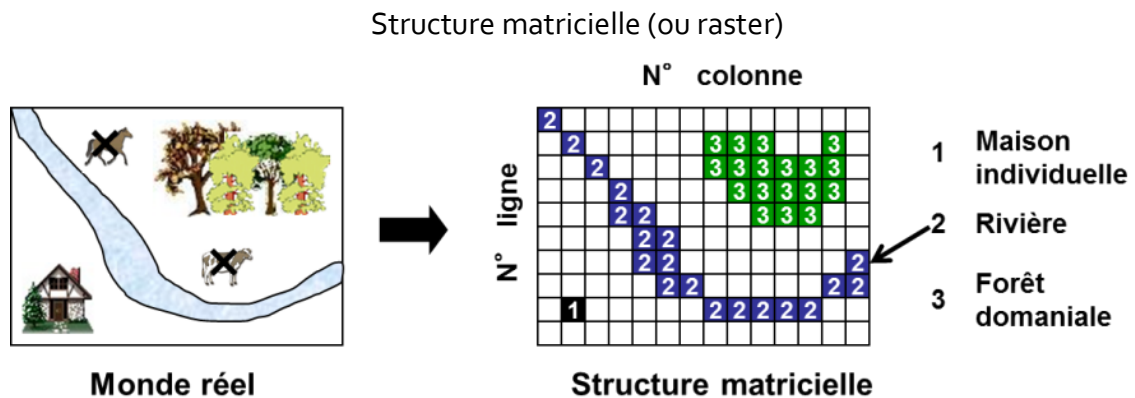
La vue continue repose sur la définition de champs continus. Un champ continu est défini par une fonction qui permet d'obtenir une valeur en tout point d'un domaine d'espace. Un domaine d'espace peut être défini comme une grille régulière de cellules ou de points, comme un ensemble de points ou comme une tessellation. Citons, par exemple, un champ de températures, de précipitations, ou encore d'altitudes »

Référence : Sylvie Servigne et Thérèse Libourel. 2006. Fondements des bases de données spatiales

Respectivement, il y a deux principaux modes de représentation qui normalement réalisent les deux points de vue différents :

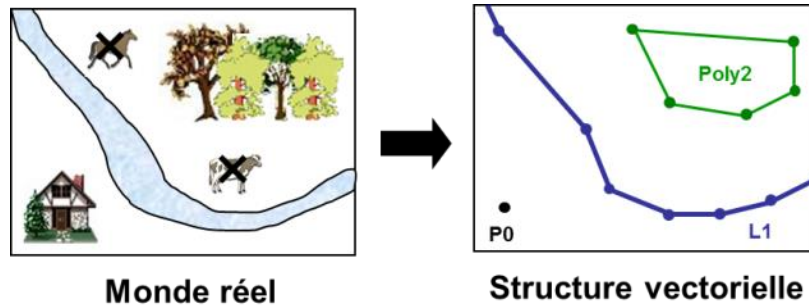
- En mode vecteur, chaque objet est défini indépendamment, de manière explicite, par des points (repères par des coordonnées X, Y et Z), des lignes (formées de points) et des polygones (formés de lignes), voire des polyèdres (en trois dimensions). Le mode vecteur est basé sur les coordonnées.
- Dans le mode raster, l'entité spatiale de base est la cellule, de forme régulière, dont la taille est déterminée par la résolution. À chaque cellule est associée une valeur correspondant à un code d'identification.

Structure matricielle (ou raster) : « Structure en mosaïque qui utilise des cellules de forme carrée et de même dimension, disposées suivant une grille régulière. » Référence : OQLF, 2004



Structure vectorielle: Les primitives géométriques (points, lignes et polygones) sont représentées par une série de coordonnées et/ou les relations entre ces primitives.

Structure vectorielle



- Objet 1** | Nom : maison0
 Nature : habitation
 Info : maison individuelle
Géométrie : un point P0

- Objet 2** | Nom : La Coudre
 Nature : rivière
Géométrie : une ligne L1

- Objet 3** | Nom : Forêt de Grimbosq
 Nature : végétation
 Type : forêt domaniale
 Contenu : chênes, ébènes, ...
Géométrie : un polygone Poly2

Il n'existe pas de structure parfaite. Le choix de la structure dépend des besoins et des contraintes. Il existe plusieurs logiciels permettant de créer un fichier vectoriel à partir d'un fichier matriciel ou inversement. La conversion vectorielle vers matricielle est plus simple à faire et requiert moins de traitement que la fonction inverse.

Différences entre les structures matricielle et vectorielle

Matricielle	Vectorielle
<ul style="list-style-type: none"> • Primitive géométrique : la cellule • Représente la réalité de façon grossière • Représente une section du territoire • Espace mémoire varie avec la résolution de la grille • Relations spatiales données directement par la position du pixel • Mode de traitement : traitables par superposition et comparaison de leurs valeurs d'attributs (simple et rapide) 	<ul style="list-style-type: none"> • Primitives géométriques : point, ligne et polygone • Représentation plus près de la réalité • Représente des occurrences d'objet • Espace mémoire varie selon la densité des entités spatiales et leur complexité • Relations spatiales déduites mathématiquement ou à l'aide de la topologie • Mode de traitement : traitable par géométrie

Selon la structure vectorielle simple, les éléments géométriques sont définis par leurs coordonnées x , y et z . Une ligne est définie par au moins 2 coordonnées à ses extrémités. Un polygone est défini par les coordonnées de ses sommets.

Structures vectorielles simples



Modélisation géométrique 3D

Alors que signifie un objet 3D, à quoi fait-on référence avec le D?

- Dimension de la réalité dans lequel il existe;
- Dimension des primitives géométriques qui le composent;
- Dimension du système de coordonnées dans lequel on le mesure;
- Dimension de leur rectangle englobant.

Toutes ces réponses peuvent être bonnes et d'ailleurs toutes ces réponses sont utilisées dans le langage commun. La dimension d'un objet est reliée au nombre de mesures nécessaires pour décrire la portion de l'espace occupé par l'objet lui-même ou sa représentation géométrique. Pour représenter les objets spatiaux, nous devons définir un système dans lequel seront positionnés ceux-ci. Nous le nommerons l'univers (ou espace-space). Nous le définirons comme un système de référence (ou espace de mesure, de représentation) permettant de positionner les objets de façon unique et les uns par rapport aux autres. Dans les systèmes cartésiens planaires, les axes orthogonaux X , Y , Z sont utilisés pour positionner les objets. Dans des systèmes angulaires, il s'agit de latitude, longitude, altitude.

Maîtriser l'organisation des données géographiques

Un projet peut contenir plusieurs schémas qui sont identifiés par :

- Thématique: Thématique des objets définis dans le schéma ;
- Domaine d'applications: Description de l'usage auquel peut servir le schéma et le dictionnaire de données associé ;
- Sources: Références bibliographiques des sources utilisées pour définir les objets du schéma et du dictionnaire de données ;
- Type de définitions: Indique la catégorie d'information à laquelle chaque source de définition donnée s'applique (noms de classe, noms d'opération, noms d'attribut, noms de valeur d'attribut, types de valeur d'attribut, noms d'association, codes de classe, codes d'attribut, codes de valeurs d'attribut et (ou) codes d'association).

Les données géographiques désignent toute donnée sur des objets ou des phénomènes localisés à la surface de la Terre (ex. végétation, bâtiments, routes, hydrographie).

L'information géographique possède une double composante :

- Une composante géométrique, graphique (description de la forme de l'objet, localisation de l'objet) ;
- Une composante descriptive, attributaire (caractéristique décrivant l'objet, qualitatif ou quantitatif) à l'exception de sa forme et localisation.

Les modèles formels du monde réel sont :

- une description formelle des attributs et du contenu spatial et temporel de la base de données implantés ou désirés, dépendant ou non de la plateforme sur laquelle sera implanté le modèle;
- des représentations de la base de données sur lesquelles sont effectuées les différentes versions, ce qui accélère le processus, permet de sauver du temps, accroît les performances et ajoute de la qualité au système.

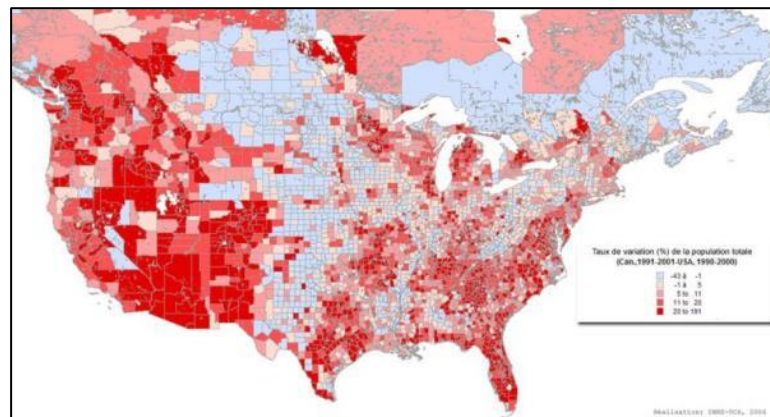
Traitement de données

La connaissance des traitements prévus aide à choisir le modèle approprié de données.

Au sens purement informatique de l'expression, un traitement de données est « *l'ensemble des opérations (collecte, enregistrement, fusion, tri, recherche, affinage, modification, impression, etc.) qu'un ordinateur peut effectuer sur des données ou de l'information.* » Référence : OQLF, 2004

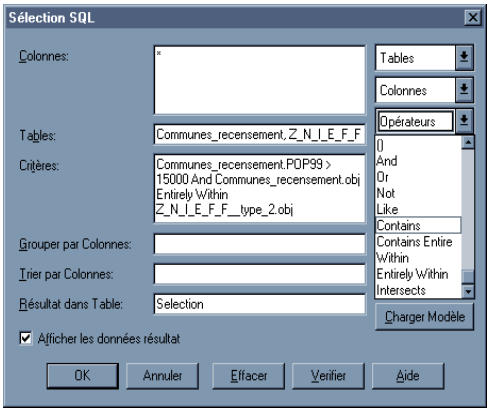
- Analyse spatiale (métrique et topologique) : l'analyse spatiale renvoie à l'analyse des interactions qui peuvent lier des objets de même type ou de type différent, et cela en fonction de leur position dans l'espace, notamment les uns par rapport aux autres. L'analyse spatiale permet d'apprécier et d'expliquer la répartition spatiale d'un phénomène.
- Requête et sélection : requête de type SQL, extraction et sélection partielle du contenu d'une base de données géographiques à partir de critères spatiaux ou thématiques.
- Analyse thématique : fonctions de cartographie thématique.

Analyse spatiale

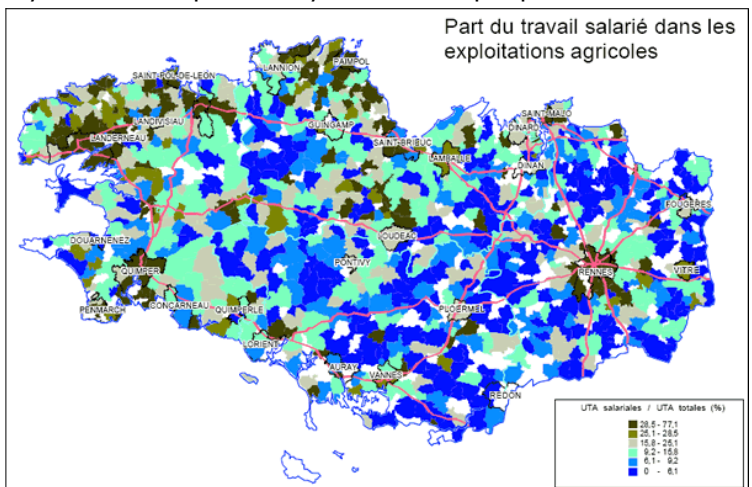


Référence : <http://laser.ucs.inrs.ca>

Requête et sélection (MapInfo)



Analyse thématique (Analyse thématique par classe de valeur)



Modes de structuration des données géographiques

Le fait de structurer les données géographiques (cartographiques) numériques impose de structurer les différentes composantes suivantes :

- Données géométriques : structure de données vectorielles (simples, topologiques) ou matricielles;
- Données descriptives : table de données ou modèle de base de données;
- Données graphiques : choix des modalités graphiques d'affichage (variables visuelles, traits, textures, couleurs...)

Diverses possibilités de structuration en fonction des besoins

Les exemples suivants démontrent la manière de constituer des objets géospatiaux selon ces données, ainsi que l'objectif attendu :

- Utilisation de la forme simple dans la modélisation : chaque occurrence d'objet est représentée par une et une seule primitive géométrique;

Ex. Sur une carte au 1:1000, les bâtiments ont une géométrie simple de type polygone.

Forme simple



- Utilisation de la forme simple avec multiplicité dans la modélisation : Par défaut, la multiplicité de la géométrie est de 1,1 et n'est pas indiquée. Lorsqu'il y en a, la multiplicité s'ajoute à la suite du pictogramme;

Ex. Une maison possède une géométrie surfacique seulement lorsque la superficie > 500 m² (1) autrement elle n'est pas cartographiée (0).

Forme simple avec multiplicité



Maison	
adresse	
géométrie:	<input type="checkbox"/> 0,1

- Utilisation de la forme agrégative simple dans la modélisation : On peut également avoir un agrégat composé de plusieurs géométries de même dimension, on l'indique alors avec la multiplicité;

Ex. Une route est composée de 1,N segments linéaires.

Forme agrégative simple



Route	
numéro	
nom	0,1
classification	
géométrie:	<input checked="" type="checkbox"/> 1,N

- Utilisation de la forme agrégative complexe dans la modélisation de BDS : Élément dont chaque occurrence est composée en même temps d'un agrégat de deux ou plusieurs géométries de dimensions différentes;

Ex. Un réseau hydrique se compose d'éléments linéaires (rivières) et d'éléments surfaciques (lacs).

Forme agrégative complexe



Réseau hydrique

nom

géométrie: 1,N + 1,N

- Utilisation de la forme alternative dans la modélisation : Élément dont les occurrences possèdent une OU l'autre des géométries proposées de façon mutuellement exclusive;
Ex. Un bâtiment est représenté soit par un point si sa superficie est plus petite que 500 m² ou soit par une surface si sa superficie est plus grande que 500 m².

Forme alternative



BÂTIMENT

adresse

géométrie: ou

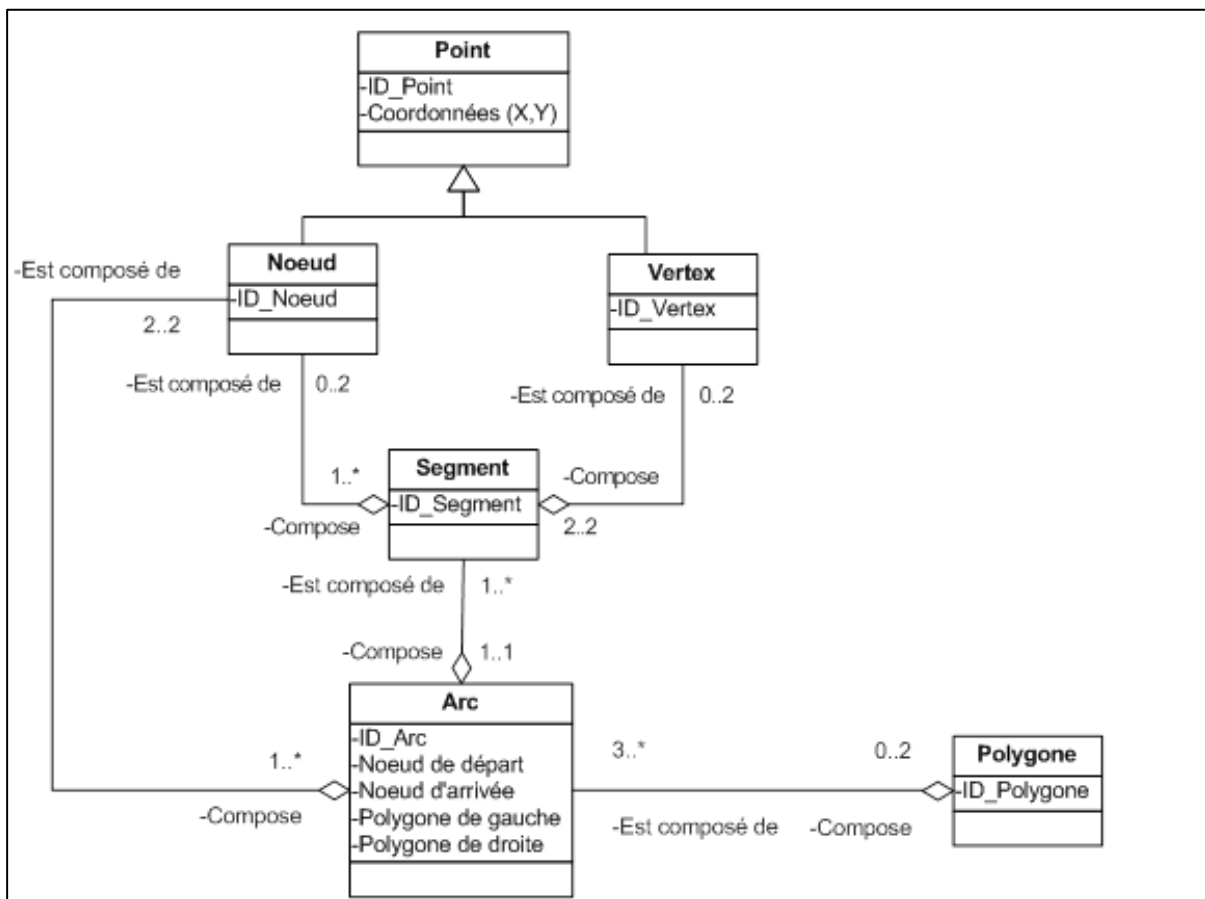
- Utilisation de la forme multiple dans la modélisation : Élément dont chaque occurrence possède AUTANT DE GÉOMÉTRIES qu'il y a de pictogrammes (i.e. 2 géométries ou plus). Souvent, une seule est utilisée à la fois dans une représentation cartographique ou une requête spatiale, mais il n'est pas exclu d'en utiliser davantage.

Ex. Une route peut avoir une géométrie surfacique à grande échelle et une géométrie linéaire à petite échelle. Lors de la représentation cartographique des routes, on utilise alors SOIT la ligne, SOIT le polygone (rarement les deux de façon simultanée). Autre cas: pour les analyses spatiales, on veut SOIT la ligne (ex. analyse de réseau), SOIT le polygone (ex. analyse de terrains adjacents).

- Face (*face*) :
 - Objet composé d'un ensemble de polygones;
 - Ces faces peuvent aussi être orientées (gauche, droite).
- Volume (*volume, solid*) :
 - Objet composé d'un ensemble de polyèdres.

On parlera aussi de vertex et de segments dans certains systèmes. Le modèle suivant montre un schéma spatial inspiré de la structure topologique du modèle POLYVRT (Peucker et Chrisman 1975).

Schéma spatial de la structure topologique POLYVRT



Référence : inspiré de Peucker and Chrisman 1975

Ce modèle indique que les polygones sont composés de 3 à N arcs. Que les arcs sont composés de 1 à N segments et de deux nœuds, et que ceux-ci sont décrits par les nœuds de départ et d'arrivée et par les polygones de gauche et de droite. Qu'un segment est composé de 0 à 2 vertex ou de 0 à 2 nœuds. Ce modèle est dit conceptuel car il n'indique pas comment celui-ci sera implémenté dans le système informatique car, effectivement, il existe plusieurs manières de traduire ce modèle en format de stockage. Par exemple, pour les éléments de la figure suivante, ce schéma spatial pourrait se traduire par l'enregistrement des tables de la forme suivante (inspiré des tables du format Coverage d'ESRI) :

Exemple d'un ensemble de points, de lignes et de polygones

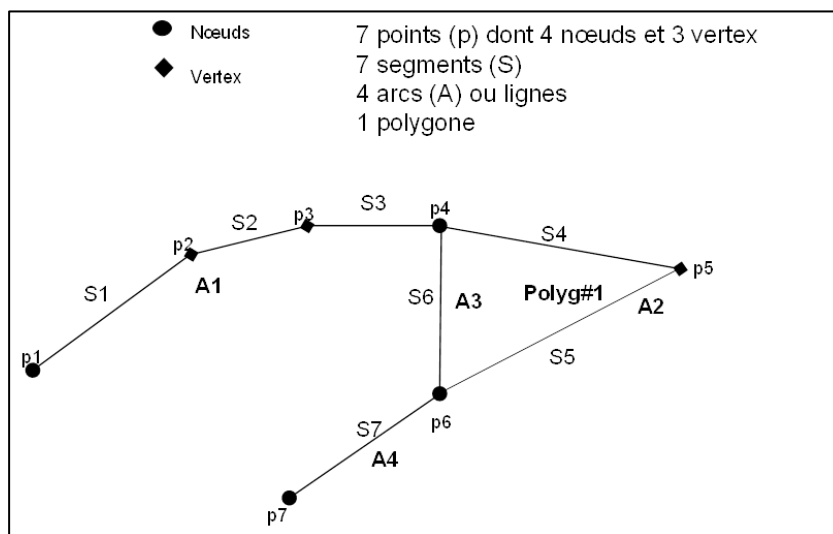


Table de Points

ID_point	coordonnées x,y	ID_Polygone
p1	x1, y1	-
p2	x2, y1	-
p3	x3, y3	-
p4	x4, y4	1
p5	x5, y5	1
p6	x6, y6	1
p7	x7, y7	-

Table des arcs

ID_arc	From_Node	To_Node	Left_Poly	Right_Poly	Number of vertices	Vertices list
A1	p1	p4	-	-	2	p2,p3
A2	p4	p6	-	1	1	p5
A3	p6	p4	-	1	0	
A4	p6	p7	-	-	0	

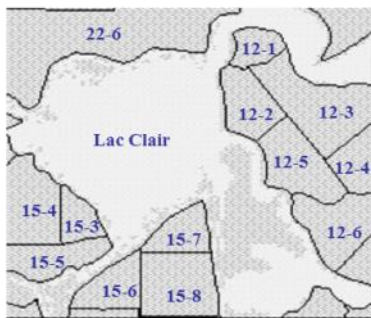
Table des polygones

ID_polygon	Number of arcs	List of arc records
1	2	A2, A3

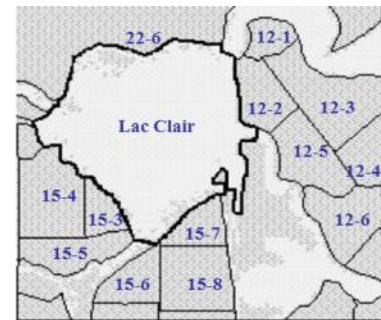
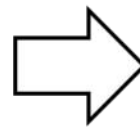
La situation de CAO (Conception Assistée par Ordinateur) vers SIG, vectoriel simple vers vectoriel topologique, est un autre exemple où le schéma spatial peut être implémenté différemment selon la technologie.

Les fichiers CAO sont composés de primitives linéaires et les objets surfaciques y sont rares. Lors de la récupération de telles données, les surfaces doivent être construites à partir des lignes qui les composent. En CAO, les numéros de lots sont uniquement en attribut graphique et non en attribut descriptif. Pour la création de données SIG, il faut donc utiliser des fonctions qui permettent de lire ces valeurs d'attribut graphique et de les stocker dans un attribut descriptif.

CAD vers SIG: vectoriel simple vers vectoriel topologique



Le lac est une surface imaginaire entre 2 lignes (interprété par le lecteur).



Le lac est un polygone.

Modélisation 3D de la Terre et les phénomènes géographiques

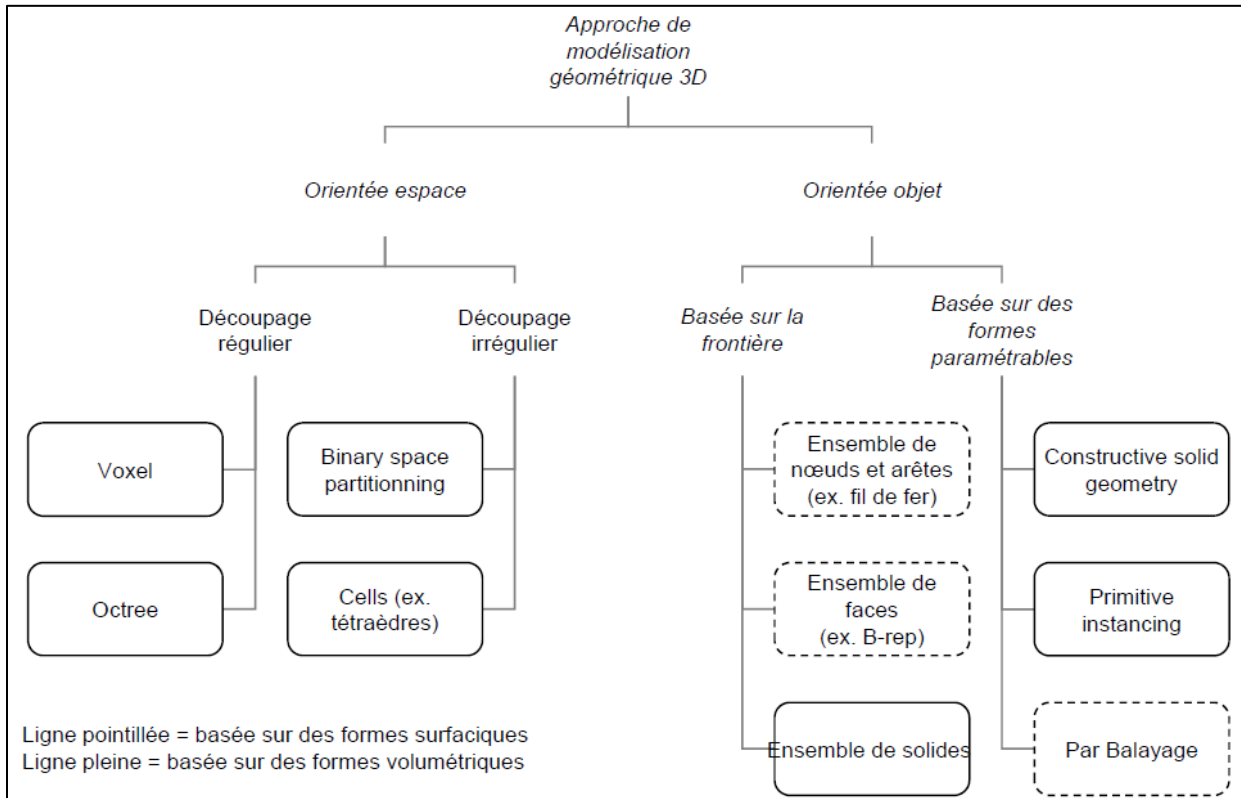
La modélisation géométrique s'intéresse à la représentation de la géométrie des systèmes étudiés (quoi et comment la représenter). Les deux approches fondamentales :

- orientée espace lorsque le partitionnement de l'espace est arbitraire (ex. un pixel, un triangle);
- orientée objet lorsque le partitionnement de l'espace est fonctionnel (ex. la frontière de la route, du bâtiment).

Ces deux catégories sont souvent associées aux structures vectorielles où les objets sont construits à partir des coordonnées des points et arêtes décrivant leurs position et formes et aux structures en tessellation où le concept d'objets n'est pas explicite mais accessible à travers le regroupement des mailles discrétisant l'espace géographique. Le choix du modèle

géométrie est important puisque celui-ci est directement mis à profit lors de la définition de la structure de données qui, elle, régit la propension à l'analyse et à l'affichage des données spatiales du SIG.

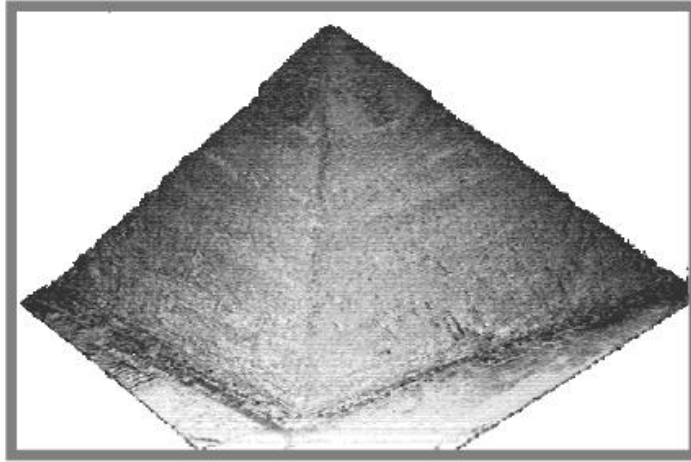
Classification des approches de modélisation géométrique 3D



Nuage de points :

- Ensemble non structuré de points;
- Les objets ne peuvent pas être directement manipulés car les points sont individuels.

Exemple de nuage de points



CityGML (modèle de ville en 3D) :

- Ensemble structuré de faces;
- Les objets peuvent être directement manipulés.

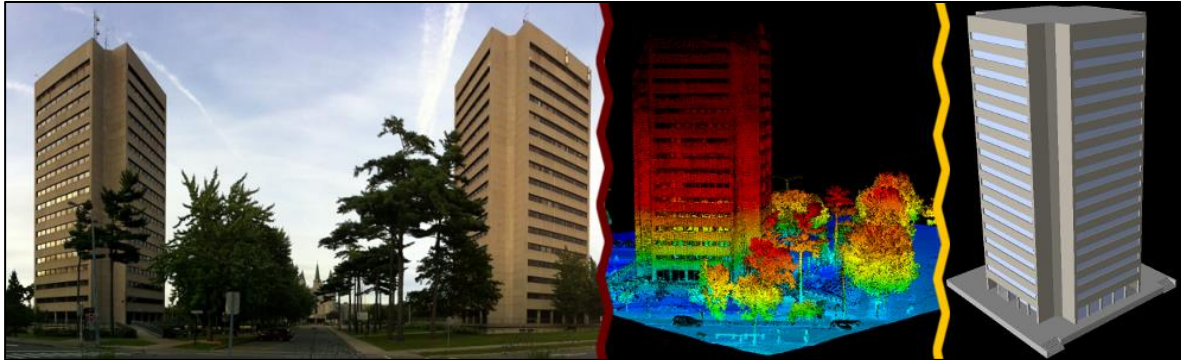
Exemple de modèle de ville en 3D



Référence : <http://www.virtualcitysystems.de/fileadmin/bilderschublade/bilder/bild75.jpg>

Ensemble structuré de faces :

Exemple de nuage de points vers modélisation 3D B-Rep



Référence : <http://www.3dgeoinfo2012.ulaval.ca>

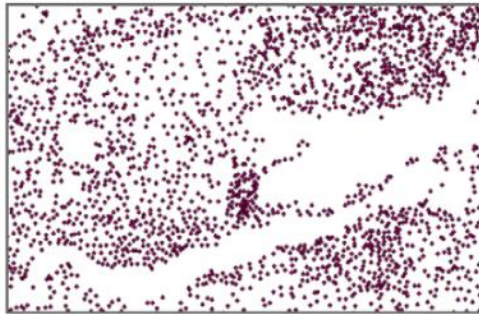
Modèle numérique de terrain

La surface de la Terre peut être représentée par un Modèle numérique de terrain (MNT ou Digital Terrain Model - DTM) lorsque la valeur enregistrée est celle de l'altitude du terrain (le relief). On parle aussi de MNA (Modèle numérique d'altitude ou Digital Elevation Model) et de Modèle numérique de surface (MNS ou Digital Surface Model) lorsque les points représentent l'élévation de la surface (donc pas nécessairement le relief).

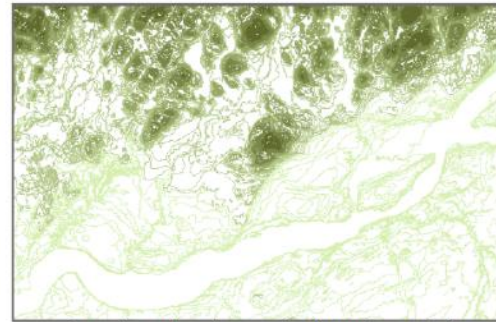
- Le MNS ne représente pas le terrain mais plutôt tout ce que l'on perçoit du haut des airs, comme ce qu'on voit sur les photos aériennes ou les images satellitaires.
- Dans ce dernier cas, la valeur stockée peut aussi représenter d'autres phénomènes tels que la profondeur à l'eau, l'épaisseur de la couche atmosphérique, etc.

Les MNT, MNS ou MNA sont constitués d'objets 2D (généralement des triangles pour les TIN ou des rectangles pour les pixels). Dans le cas des triangles, ceux-ci sont constitués des points et de lignes positionnés dans un système de coordonnées 3D. Dans ce cas, les MNT représentent des objets 2D positionnés dans un univers 3D (ce que certains appellent du 2.5D). Dans le cas des matrices, celles-ci sont constituées de pixels dont la 3e dimension est stockée dans la valeur d'attribut du pixel.

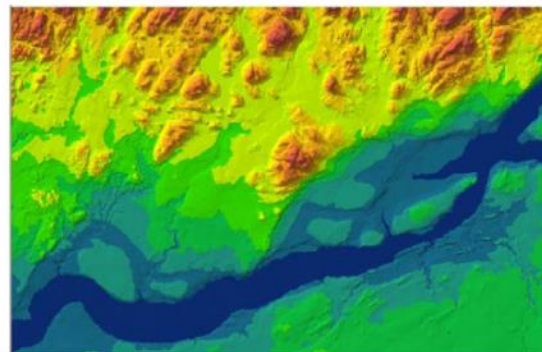
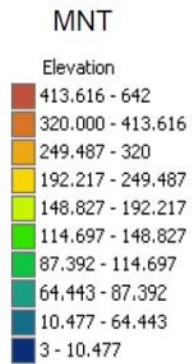
Plusieurs représentations de la surface de la Terre



Points cotés de la région de Québec



Courbes de niveau de la même région

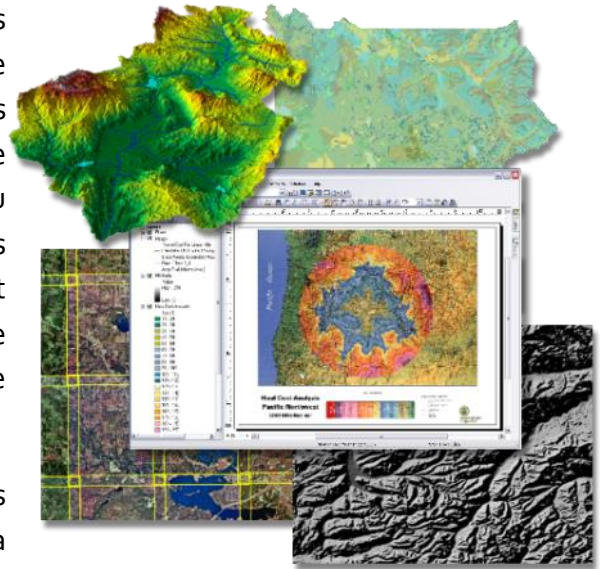


Utilisation des données raster et images dans un SIG

Les données raster et image sont essentielles pour les SIG. Elles existent sous forme de photographies aériennes numériques ou d'images satellitaires. Elles comprennent l'imagerie de n'importe quel type de capteur (multispectral ou thermique, par exemple). Il s'agit de modèles altimétriques ou de cartes numérisées. Il peut s'agir de données raster thématiques telles qu'une classification de territoire ou la grille en sortie d'une analyse ou d'un processus d'interpolation.

L'imagerie est importante car elle fournit des informations et prend souvent en charge la plupart de vos tâches SIG.

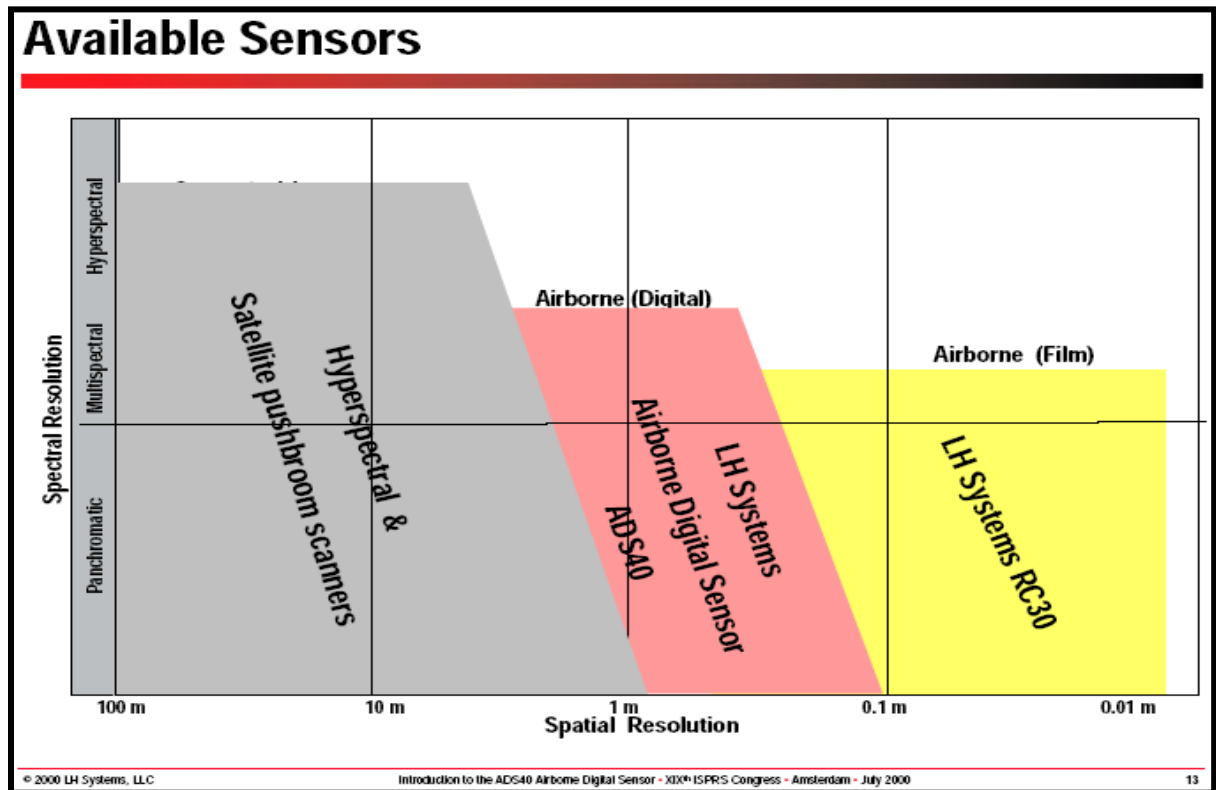
(Référence : <http://resources.arcgis.com/fr/content/imagery/10.o/about>)



Domaines d'utilisation de l'imagerie satellitaire

L'imagerie satellitaire est utilisée dans différents domaines d'application, mais l'utilisation principale des images satellitaires est dans le domaine des ressources naturelles. L'arrivée des capteurs de haute précision permet maintenant de l'intégrer dans des projets d'urbanisation.

Le tableau suivant montre les domaines d'utilisation :



La télédétection présente de nombreux avantages pour la cartographie notamment :

- Une couverture stéréo;
- Une couverture du globe quasi-totale;
- Une répétitivité fréquente;
- Le stockage numérique;
- Une livraison rapide;
- Une intégration facile au SIG;
- Une couverture régionale;
- Une mise à jour facile.
- Des coûts de main-d'œuvre peu élevés;

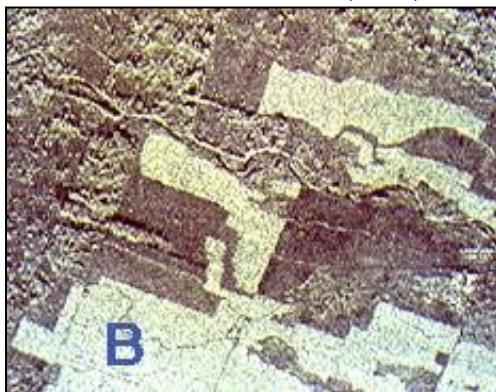
Elle est utilisée dans plusieurs domaines d'application :

- L'agriculture;
- L'utilisation du sol et le milieu urbain;
- La foresterie;
- Océanographie;
- La géologie;
- Cartographie et urbanisme;
- L'hydrologie;
- Etc.

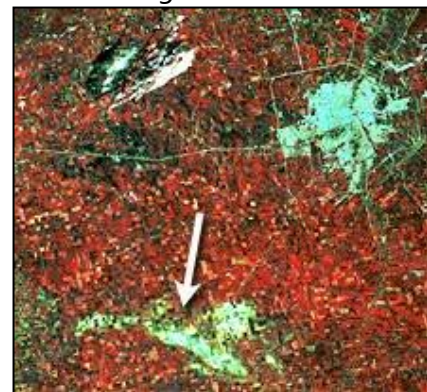
Agriculture

- La classification des types de cultures;
- L'évaluation de la santé des cultures;
- L'estimation de la production totale d'une récolte;
- La cartographie des caractéristiques du sol;
- La cartographie des pratiques de gestion du sol;
- La surveillance de conformité aux lois et traités.

Culture de bananes (ROS)



Dommmages d'une tornade



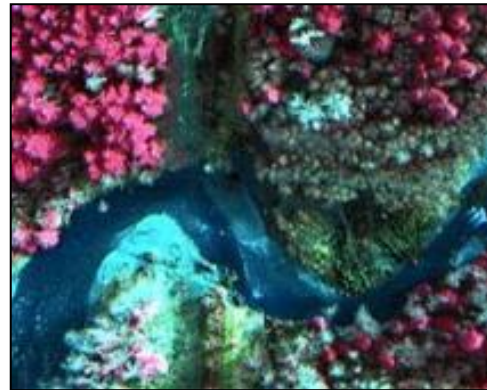
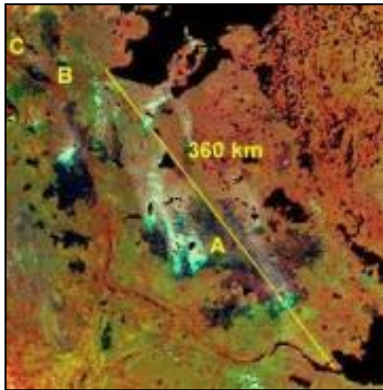
Foresterie

- La discrimination du type de couvert forestier
- La cartographie de coupe à blanc; évaluation de la régénération



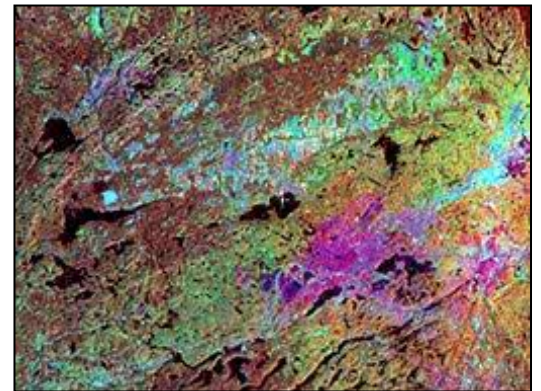
- Le déboisement par le feu ;

- La cartographie d'infrastructures / support des opérations ;
- L'inventaire des forêts;
- L'estimation de la biomasse;
- L'inventaire des espèces;
- La santé et la vigueur des forêts.



Géologie

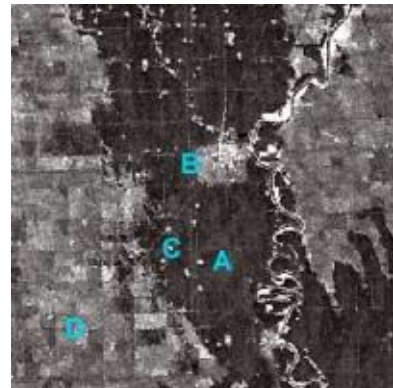
- La cartographie des dépôts de surface;
- L'exploration et l'exploitation des agrégats (sable et gravier);
- L'exploration minière;
- L'exploration pétrolière;
- La cartographie structurale;
- La géologie environnementale;
- La géobotanique;
- L'infrastructure de base;
- La cartographie et la surveillance des taux de sédimentation;
- La cartographie des risques géologiques;



- La cartographie planétaire.

Hydrologie

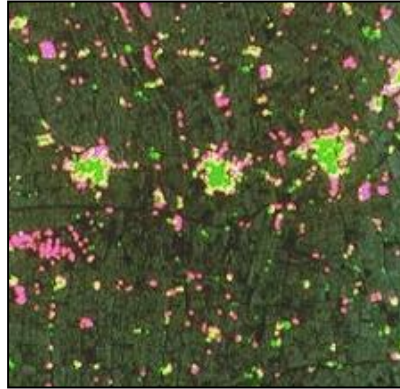
- La cartographie et la surveillance des marécages;
- L'évaluation de l'humidité du sol;
- La surveillance et la cartographie des inondations;
- La détection des changements dans les rivières et les deltas;
- La cartographie et la modélisation des bassins hydrologiques;
- La détection des fuites des canaux d'irrigation;
- La planification des horaires d'irrigation.



Utilisation du sol et milieu urbain

- La gestion des ressources naturelles;
- La protection de l'habitat sauvage;
- La cartographie de base pour des données SIG;
- L'expansion et le développement urbains;
- La planification des itinéraires et de la logistique pour les activités d'exploration sismique et d'extraction de ressources;

- La délimitation de l'étendue de dommages (tornades, inondations, volcans, tremblements de terre, feux);
- La détermination des limites légales pour l'évaluation des taxes et des propriétés;
- La détection de cibles - l'identification de pistes d'atterrissage, de routes, de clairières, de ponts, de l'interface terre-eau...



Océanographie

- l'identification des patrons océaniques;



- La prévision des tempêtes;

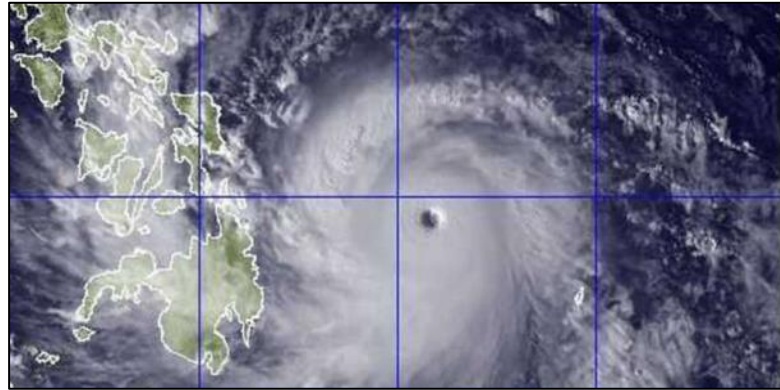
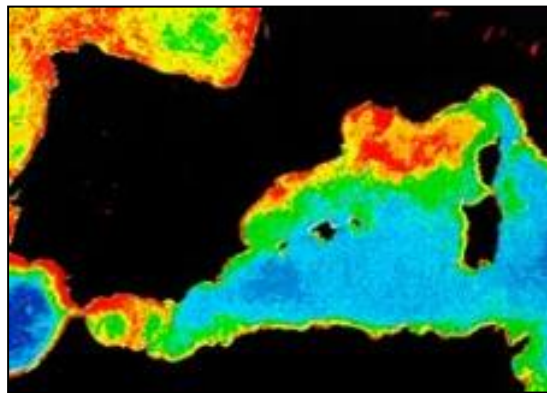
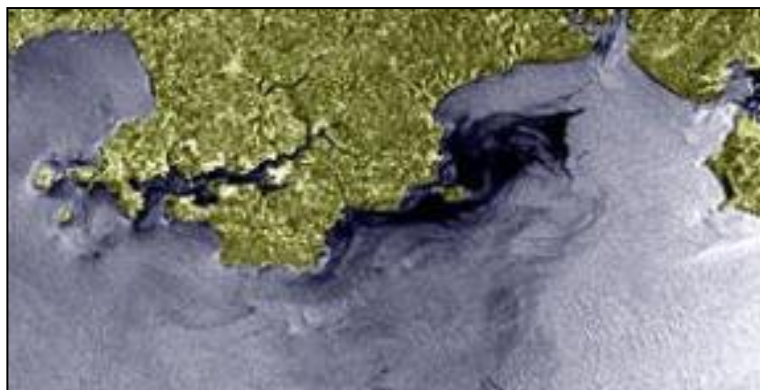


Image satellite du typhon Haiyan prise le 7 novembre 2013 à 8h30, heure de Paris, et diffusée par le Laboratoire de recherche de la marine des États-Unis. (AP/SIPA)

- L'évaluation des réserves de poissons et de mammifères marins;



- Le déversement d'hydrocarbures.



Cartographie et urbanisme

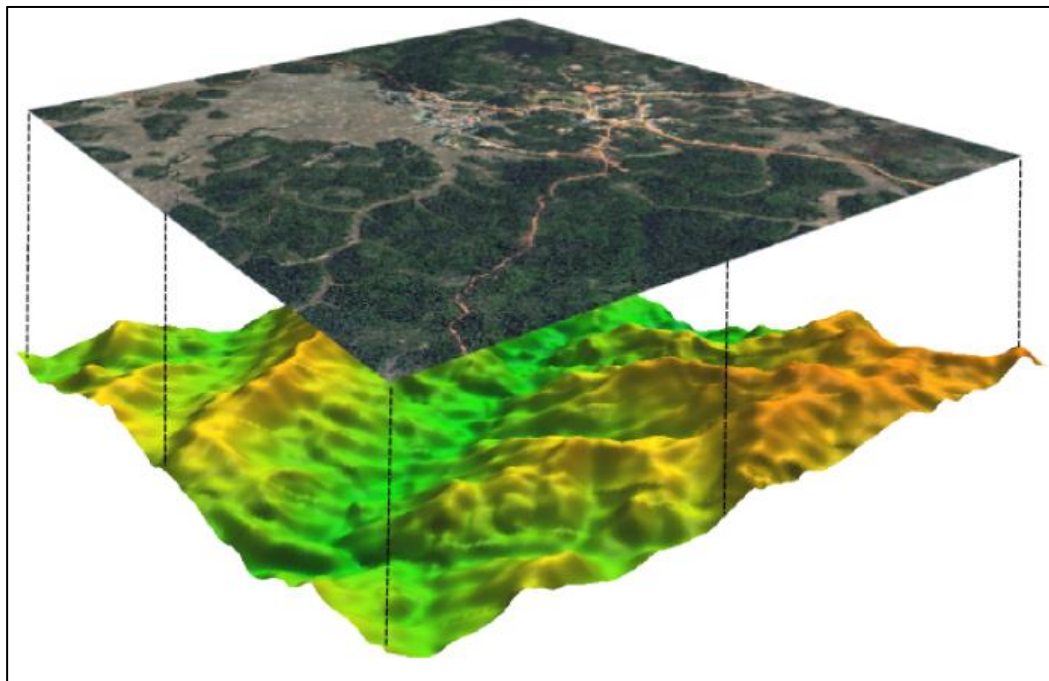
- La cartographie et le cadastre;
- Le suivi des règlements d'urbanisme;
- Le zonage;
- La détermination de la ligne naturelle des hautes eaux;
- Les catastrophes naturelles :
 - Reconstruction;
 - Rétablissement des communautés;
 - Rétablissement des propriétés et droits fonciers.

Utilisation des modèles numériques d'élévation

Les domaines d'utilisation des MNE sont vraiment vastes :

Orthophotographies

Une des premières utilisations des modèles numériques d'élévation (MNE) ou modèles numériques de terrain (MNT) est de servir de base altimétrique pour la rectification des images dans le processus de production d'orthophotographies.



Source de la photographie : Stefan Sylla



Photographies géoréférencées et orthophotographies

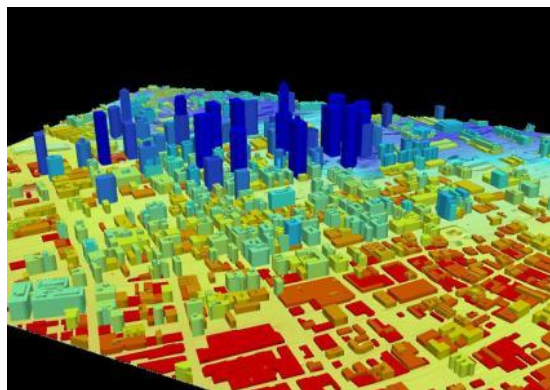
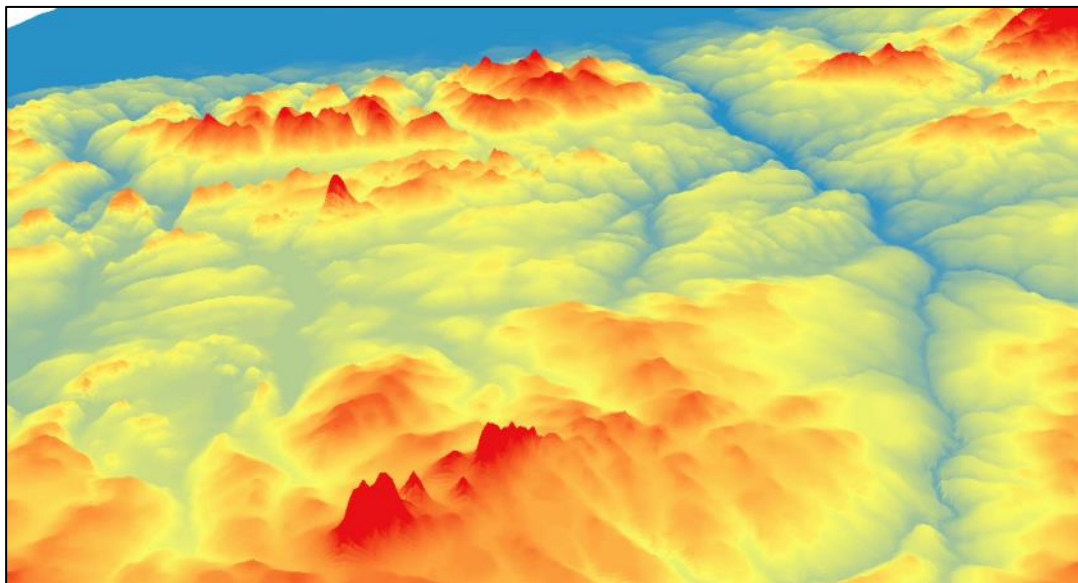
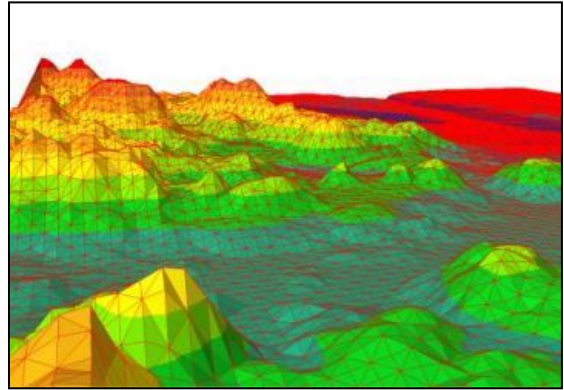


Mosaïque (assemblage d'orthophotographies)



Représentation tridimensionnelle

Les MNE sont souvent utilisés pour la représentation tridimensionnelle des éléments du paysage.



(Référence : <http://www.saic.com/geospatial/modeling/lidar-urban-modeling.html>)