

Fondements et approches de modélisation 3D des environnements urbains pour la géosimulation

Igor AGBOSSOU

Maître de conférence en aménagement et urbanisme

Laboratoire ThéMA

igor.agbossou@univ-fcomte.fr





Les Environnements Géographiques Virtuels : EGVs

Quelques limites des modèles actuels de ville en 3D

Apport de la norme CityGML : la cohérence spatio-sémantique

Le couple gagnant : CityGML et X3D

Expérimentation sur Belfort

Les Environnements Géographiques Virtuels : EGVs

L'utilisation généralisée des SIG a fortement contribué au développement des EGVs

Les EGVs sont utilisés pour la représentation et la simulation des dynamiques de l'espace géographique tant dans ses dimensions physique, sociale que culturelle.

Les EGVs nécessitent

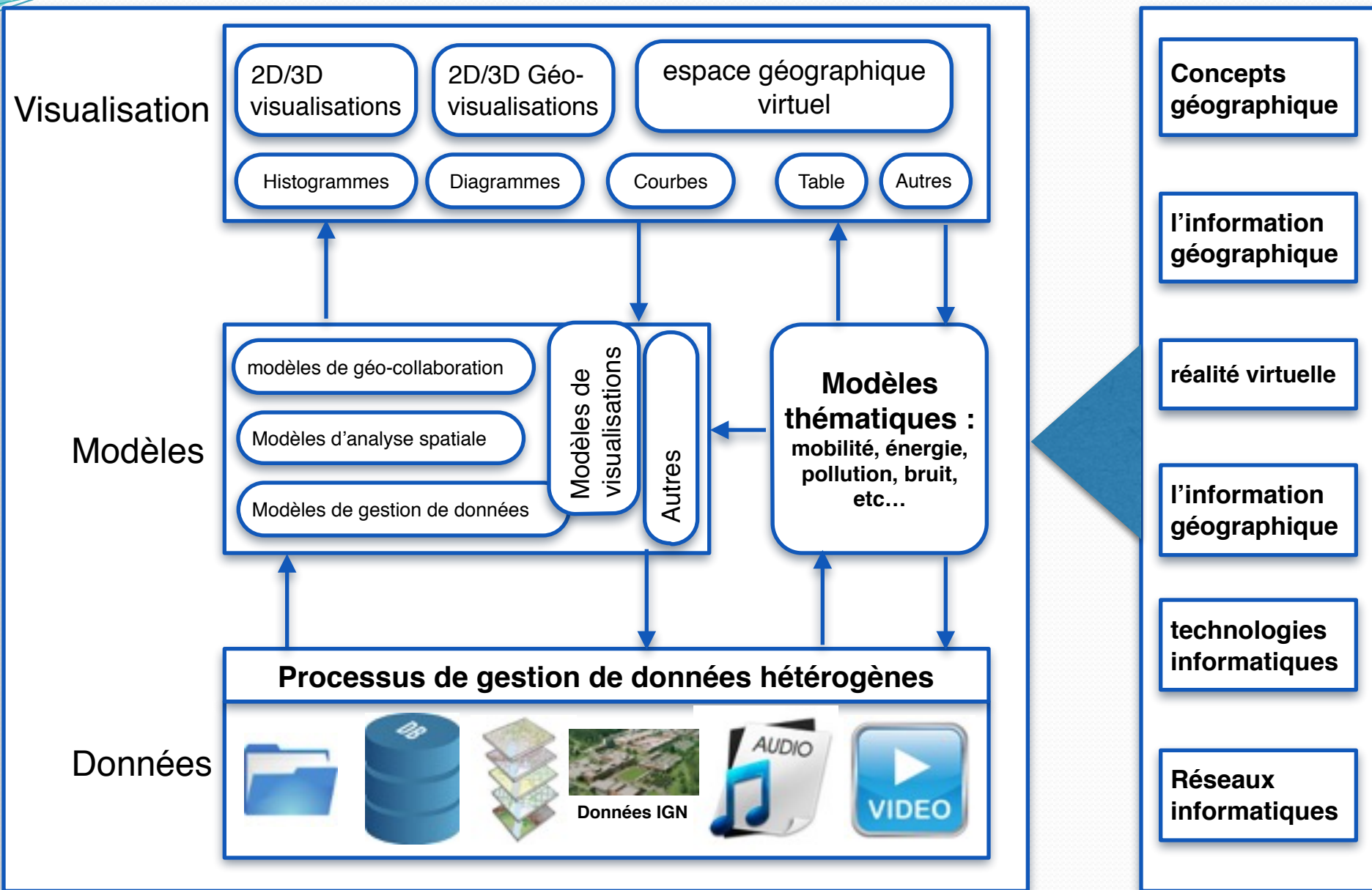
- des données géographiques et géoréférencées
- des modèles d'analyse spatiale
- un volume de données importantes
- une puissance de calculabilité importante
- un moteur de rendu visuel performant

pour :

- la représentation
- la simulation
- l'analyse
- l'explication de « pourquoi et comment » un phénomène évolue

afin de faire de la prospective

Les Environnements Géographiques Virtuels : EGVs



Quelques limites des modèles actuels de villes en 3D

Les modèles de villes en 3D sont de plus en plus utilisés dans les travaux de simulation comme la cartographie du bruit, la gestion des catastrophes, l'architecture, l'urbanisme et l'aménagement du territoire...

En plus de la géométrie 3D, et de l'information de l'apparence des objets, ces applications nécessitent une intégration forte d'informations sémantiques complexes.

Raisons : multiplicité des sources et de la nature des données

Par exemple, le fait de jointoyer deux objets 3D conduit souvent à des incohérences géométriques telles que les fissures ou des incohérences dans le degré du détail,...

Combinaison MNT et photographie aérienne : chevauchement, lacune dans les frontières, ...

l'intégration des données ne pouvant pas être assurée par les fournisseurs de données, l'utilisateur doit lui-même mettre au point des méthodes pour assurer la cohérence des ensembles de données.

Apport de la norme CityGML : la cohérence spatio-sémantique

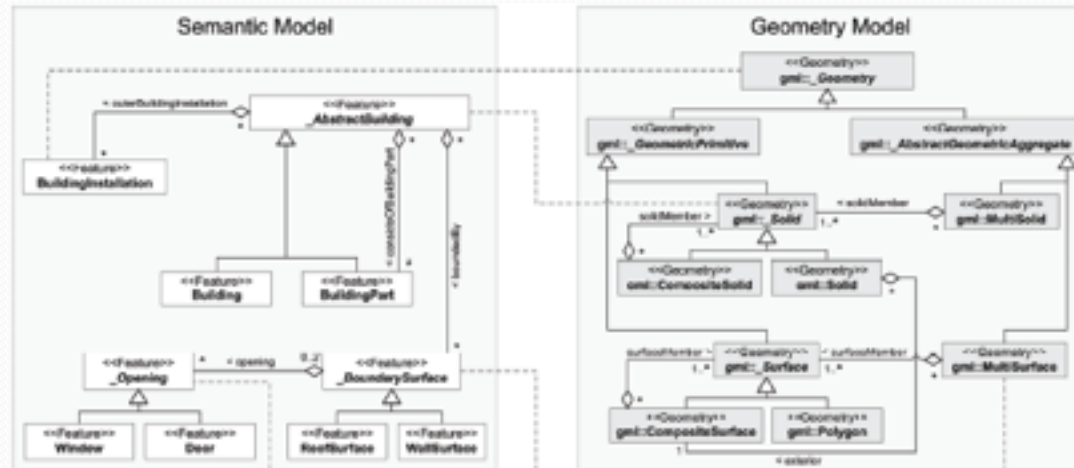
Selon le domaine d'application, la prise en compte de la sémantique est indispensable pour effectuer des analyses appropriées. Pour permettre la collaboration dans des environnements hétérogènes, les méthodes d'échange de données normalisés pour les modèles de ville comprenant des informations à la fois spatiale et sémantique sont nécessaires. CityGML résout ce problème.

CityGML est un modèle de données ouvert et basé sur le format XML pour le stockage et l'échange de modèle de villes virtuelles en 3D. C'est un schéma d'application de GML3, la norme internationale pour l'échange de données spatiales publiée par l'OGC (Open Geospatial Consortium).

L'idée principale est de parvenir à une définition commune des classes d'entités de base, les attributs et les relations dans le sens d'une ontologie pour les modèles de villes en 3D par rapport aux propriétés géométriques, sémantiques et d'apparence (Gröger et al., 2006).

Apport de la norme CityGML : la cohérence spatio-sémantique

Le principe de modélisation est basé sur une taxonomie de classe d'entités et une décomposition, à la fois du point de vue spatial que sémantique, de l'ensemble des objets qui composent la ville : bâtiments, réseaux de transport, mobiliers urbains, végétaux, etc.



Extrait du diagramme UML des modèles géométrique et sémantique de CityGML
Source : Booch et al., 1997

Observations

- Récursivité : un bâtiment peut être composé d'autres bâtiments
- Un bâtiment peut être délimité par plusieurs types de surfaces (murs, toitures) qui peuvent avoir plusieurs types d'ouvertures (portes, fenêtres)
- Un bâtiment peut recevoir des installations d'autres bâtiments
- Tant le modèle sémantique et le modèle géométrique permettent des agrégations sur plusieurs niveaux.

Apport de la norme CityGML : la cohérence spatio-sémantique

CityGML offre donc la possibilité de représenter des modèles de villes en 3D à divers degrés de complexité par rapport à la géométrie ainsi que la sémantique. Ceci permet une utilisation flexible de CityGML comme format d'échange à la fois en termes de données et des applications de géosimulation.

Ainsi, les informations sémantique et spatiale peuvent être utilisées conjointement :

- Les objets géométriques « savent » ce qu'ils sont
- Les entités sémantiques « savent » où elles sont et quelles sont leur étendues spatiales

D'un point de vue mathématique, la similarité structurelle entre les décompositions spatiales et sémantiques est décrite par homéomorphisme entre les deux modèles.

Illustrations

Apport de la norme CityGML : la cohérence spatio-sémantique

Cas 1: Modèle sémantique sans géométrie.

Ce cas est assez inhabituel pour la géosimulation.

En effet, il décrit une situation dans laquelle il est connu, que le modèle de la ville se compose de fonctionnalités géospatiales spécifiques de types connus, mais où la géométrie est inconnue ou non disponible. C'est souvent le cas des travaux de recherches théoriques pour la construction d'hypothèses dans la tâche de reconstruction de l'objet urbain automatique à partir des données de laser et d'images aériennes et terrestres (Fischer et al., 1998, Brenner, 2003).

Apport de la norme CityGML : la cohérence spatio-sémantique

Cas 2: Modèle géométrique sans le modèle sémantique.

Ce cas décrit des modèles typiques basés sur les formats graphiques 3D comme VRML, X3D, KML, U3D ou anciens formats de géométrie CAO. Ces modèles 3D comprennent une géométrie plus ou moins structurée, souvent organisée en scènes graphiques.

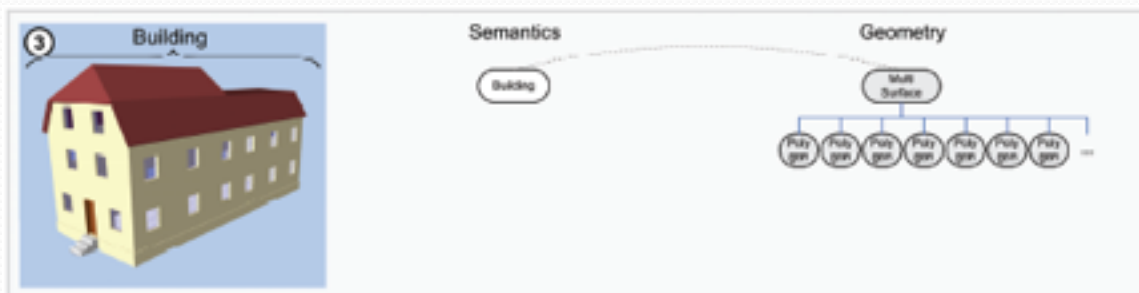
Comme ils ne comprennent pas d'information sémantique - dans de nombreux cas même pas un ID d'objet est pris en charge - il n'y a aucune cohérence spatio-sémantique



Apport de la norme CityGML : la cohérence spatio-sémantique

Cas 3: Des objets simples avec une géométrie non structurée

Les objets sont représentés par des caractéristiques géographiques. Chaque objet a un attribut spatial constitué d'une collection structurée de surfaces 3D avec éventuellement des attributs non spatiaux. Ce modèle doit être classé très cohérente, si la morphologie décrit par la géométrie est simple, et peu cohérente si la géométrie non structurée décrit une forme complexe (par exemple, un complexe de bâtiments détaillée). Il s'agit principalement des modèles de données de type Multipatch-Shapefile (ESRI 1998).



Apport de la norme CityGML : la cohérence spatio-sémantique

Cas 4: Des simples objets à géométrie structurée

Dans ce cas, la géométrie est non seulement détaillée, mais aussi structurée par rapport à la décomposition spatiale. Cependant, en ce qui concerne la sémantique juste l'existence du bâtiment est mentionnée. Les relations ne peuvent être établies entre les sous-géométries et les composants sémantiques manquants résultant d'un degré de cohérence faible. Ces types de modèles peuvent être créés avec des outils d'extraction d'objets photogrammétrique (Gulch et Müller, 2001) ou par la reconstruction automatique de primitives géométriques par triangulation (Marshall et al., 2001).



Apport de la norme CityGML : la cohérence spatio-sémantique

Cas 5: Des objets complexes à géométrie non structurée

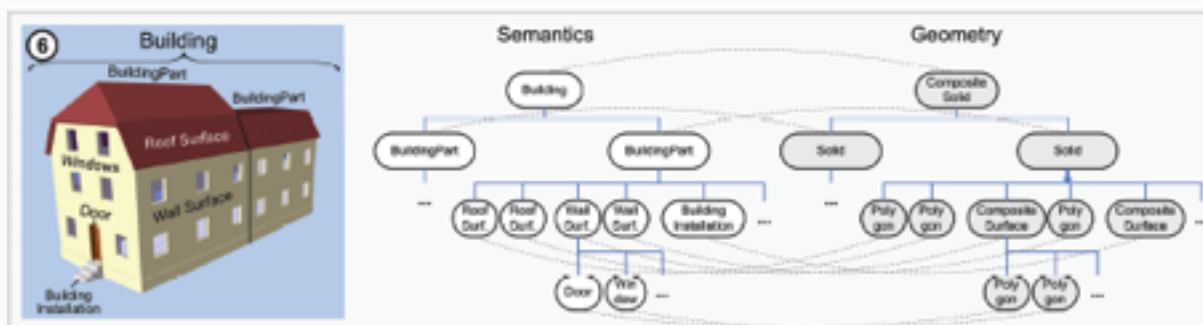
Le modèle sémantique est riche et bien fourni; ce qui signifie que la décomposition thématique du bâtiment est bien renseignée. Étant donné que le modèle géométrique est très pauvre, les relations entre géométries et sémantiques ne peuvent être établies à tous les niveaux.



Apport de la norme CityGML : la cohérence spatio-sémantique

Cas 6: Des objets complexes à géométrie structurée

Le modèle sémantique et le modèle géométrique offrent une parfaite corrélation. Il s'agit d'un modèle de données cohérent. Il y a un isomorphisme structurel.

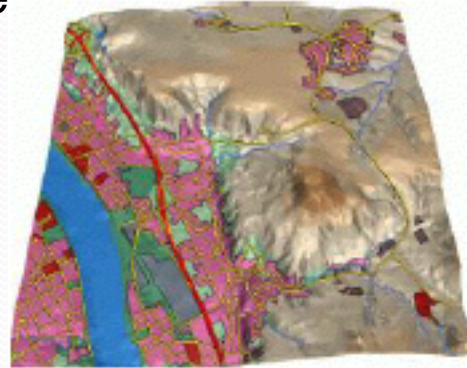


Remarque

CityGML est conçu pour la représentation géométrique, la topologie et la sémantique des objets urbains en 3D et non leur affichage ou visualisation. La norme définit également cinq niveaux de détail consécutifs (Level of Detail LOD), étiquetés de 0 à 4.

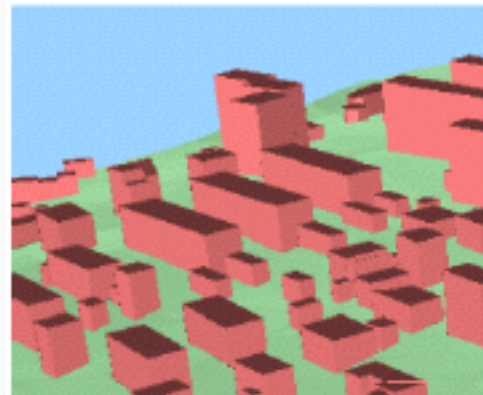
Apport de la norme CityGML : LOD

- Le LOD0 est constitué d'un modèle numérique de terrain (MNT), sur lequel une image aérienne ou une carte peut être drapée



LOD0

- Le LOD1 est un modèle de blocs; les bâtiments sont représentés par des polygones extrudés avec des toitures plates.



LOD1

Apport de la norme CityGML : LOD

- Le LOD2 contient des bâtiments avec une typologie de toitures et surfaces thématiquement différenciées. La végétation peut également être représentée.



LOD2

- Le LOD3 indique un modèle avec des bâtiments détaillés, comportant des façades (avec ouvertures) et des toitures complexes. Des textures de haute résolution peuvent être drapées sur ces éléments. Il contient une végétation détaillée.

LOD3



LOD4



- Le LOD4 enrichit le LOD3 en ajoutant une modélisation intérieure des bâtiments (pièces, portes intérieures, escaliers et mobilier)

Le couple gagnant : CityGML et X3D

	DXF	SHP	VRML	X3D	KML	Collada	IFC	CityGML
Géométrie	++	+	++	+	+	++	++	++
Topologie	-	-	0	0	-	+	+	+
Texture	-	0	++	++	0	++	-	+
LOD	-	-	+	+	-	-	-	+
Objets	0	+	+	+	-	-	+	+
Sémantique	+	+	0	0	0	0	++	++
Attributs	-	+	0	0	0	-	+	+
XML	-	-	-	+	-	+	+	++
Géoref.	+	+	-	+	+	-	-	+

Légende : - = non supporté; 0 = support basique; + = supporté; ++ = supporté et étendu

Expérimentation sur Belfort



Conclusion

CityGML est un enrichissement de la norme GML3, gérant parfaitement la description de la géométrie des objets et leur géoréférencement, contrairement à la plupart des formats issus du monde de la CAO.

CityGML gère des textures sur l'ensemble des objets, contrairement à la plupart des formats issus du monde SIG

CityGML est un modèle multi-résolutions, permettant de gérer les données Bati-3D (LOD2) mais également d'autres données de l'IGN : BD ORTHO et BD ALTI pour le LOD0 et BD TOPO pour le LOD1

CityGML est un multi-thématiques.

L'association de CityGML et X3D permet de générer des scénarios de géosimulation dans un environnement virtuel urbain 3D



**MERCI POUR
VOTRE
ATTENTION**