

# modélisation géométrique et sémantique en milieu urbain

**Mathieu Koehl**

**ingénieur géomètre ENSAIS**

**docteur de l'université Louis Pasteur (Strasbourg)**

**délégué national pour l'AFT auprès de la FIG**

**(commission 2 – enseignement)**

## prototype de Système d'Information Topographique

### SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE, TOPOGRAPHIQUE ET DIMENSIONS

Les nombreuses disciplines liées à la saisie, la gestion, le traitement et la représentation de données géolocalisées ont connu de très importants développements durant les dix dernières années avec l'avènement et la généralisation, dans une acceptation très large du terme, des Systèmes d'Information Géographique (S.I.G.). Ces systèmes sont communément utilisés par un très grand nombre d'organismes, d'entreprises et les services des différentes administrations dont le rôle principal est la gestion de l'espace et de tous les composants qui en font partie intégrante.

Les S.I.G. ont été développés grâce aux progrès techniques réalisés dans le domaine de l'informatique et du traitement automatique de l'information.

Tout d'abord, c'est la simple transformation des données géométriques ou toponymiques issues d'un support analogique (plan, carte) en des données stockées sur un support numérique (unité de stockage informatique) qui a été effectuée.

Ensuite, des données sémantiques ont été rajoutées sous la forme de liens avec des enregistrements dans des bases de données.

Enfin, les données ont été structurées topologiquement pour faciliter le traitement des relations de voisinage.

Les différentes dimensions des informations ont ainsi été retranscrites et conservées :

- Les dimensions géométriques sont de type 2D (informations planimétriques uniquement), 2D + 1D (informations planimétriques et altimétriques gérées dans deux systèmes différents) voire 2.5D (informations planimétriques gérées dans un premier système, informations altimétriques associées sous forme d'attribut) ;

- Les dimensions topologiques concernent des cellules de dimension 0 (de type ponctuel), de dimension 1 (de type linéaire) ou de dimension 2 (de type surfacique) ;

- Les dimensions sémantiques sont représentées par un regroupement d'informations semblables en des couches à caractère commun.

Il apparaît clairement que dans les S.I.G. coexistent les 3 niveaux d'informations et de traitements : le niveau de la géométrie, le niveau de la topologie, et le niveau de la sémantique et description thématique.

La géométrie est du ressort de la mesure, de l'acquisition de données : elle est prise en charge par les techniques modernes de mesure dont l'une des plus efficace, dans notre champ d'application, est la restitution photogrammétrique.

La topologie est du ressort de la structuration et de l'organisation des données. Pour la gestion de la topologie, nous avons utilisé un système de gestion de base de données relationnelle.

L'aspect sémantique et descriptif des données est également exploité, alors qu'il est trop souvent négligé dans les différents concepts existants, parce qu'il est directement lié aux choix de gestion définis par les utilisateurs. En effet, il peut s'avérer être un aspect très important pour l'élaboration d'un concept global de modélisation. Tout l'aspect sémantique est géré par un système de gestion de base de données relationnelle.

### 3 NIVEAUX, 3 DIMENSIONS

Les S.I.G. actuels permettent de travailler sur les 3 niveaux différents, mais ces derniers coexistent souvent plutôt que d'être entièrement imbriqués les uns dans les autres. Pour les SIG de type 2D, les applications très nombreuses se fondent principalement sur un unique niveau parmi les trois disponibles.

En étudiant les imbrications possibles entre ces trois niveaux d'information il est possible de définir un concept dans lequel les trois niveaux ne font pas que coexister mais sont fortement imbriqués, la topologie permettant, par exemple, de guider une reconstruction géométrique, l'aspect sémantique permettant de définir des contraintes topologiques, la géométrie pouvant servir de référence à un modèle topologique.

Cette imbrication doit être d'autant plus forte que la complexité des informations à traiter est importante. Ceci se vérifie alors particulièrement dans le cas de l'utilisation de la troisième dimension.

Aussi, actuellement, alors que tous les problèmes sont loin d'être résolus en 2D, et poussés par des techniques de visualisation très performantes, les gestionnaires d'information géographique et utilisateurs des S.I.G. s'intéressent très fortement aux possibilités offertes par une intégration d'une réelle 3<sup>e</sup> dimension dans les S.I.G. Cette 3<sup>e</sup> dimension est surtout importante dans les milieux où elle n'est pas négligeable, c'est-à-dire où les informations qu'elle contient sont en mesure d'enrichir de manière conséquente le système. Ceci est donc d'autant plus vrai en milieu urbain, où les "objets" structurant l'espace comportent une troisième dimension, en l'occurrence une hauteur, comparable aux grandeurs planimétriques.

Parmi les objets 3D caractéristiques d'un milieu urbain, nous retrouvons tout naturellement les différents bâtiments, mais aussi les différentes voies de communication dont les objets tridimensionnels intéressants sont les ponts.

D'autres objets qui n'ont pas forcément de réalité physique, comme par exemple des limites administratives, peuvent également être traités sous la forme d'éléments faisant partie d'un concept tridimensionnel.

Les possibilités offertes par la connaissance d'une réelle 3<sup>e</sup> dimension sont aussi variées que les domaines d'application qui peuvent y être rattachés. À titre d'exemple, nous citons les études d'aménagement et d'urbanisme, d'ensoleillement, les études sur les pollutions sonores, de l'air, les études sur les réflexions et propagations des signaux de télécommunication, la réalisation d'orthophotographies.

### À L'ORIGINE DU SYSTÈME, L'ACQUISITION DES DONNÉES

Le fondement du système recherché étant l'information à gérer, et cette dernière possédant des caractéristiques géométriques, topologiques et sémantiques, nous proposons la structuration des données selon ces différentes approches, tout en partant de l'origine du système qui est l'acquisition des données.

Les moyens de mesure principalement utilisés pour cette étude et les données collectées ayant un rapport direct avec la topographie au sens large, nous parlons dans la définition des différents concepts d'un Système d'Information Topographique (S.I.T.).

Les modes de saisie tels que la photogrammétrie, la tachéométrie, ou encore la digitalisation permettent d'acquérir les 3 dimensions géométriques des différentes informations.

Des systèmes actuels utilisant ces différentes techniques d'acquisition tendent à proposer des processus semi-automatiques, incluant une décomposition topologique a posteriori.

### UN CONCEPT GÉNÉRAL DE MODÉLISATION

Pour avoir une approche plus directe de la structuration des données, dès l'origine de la génération de l'information, c'est-à-dire lors de la saisie, nous avons défini un nouveau concept de modélisation tridimensionnelle incluant et

utilisant de manière inhérente et structurante les définitions à la fois géométrique, topologique et sémantique des différents objets.

Dans ce cadre, nous proposons tout d'abord une structuration de quelques objets sous forme d'une décomposition pseudo-hiérarchique.

L'objet, concept principal, se trouve sur un niveau "n" intermédiaire entre un concept global à prédominance sémantique et placé au niveau 0 et le point géométrique, mesuré par un opérateur lors de la saisie. Chaque niveau de la modélisation peut comporter un caractère géométrique, topologique et sémantique plus ou moins significatif.

Cette structuration préalable peut ensuite être utilisée pour aider l'opérateur de saisie lors de son travail d'acquisition des données ou lors d'un processus de reconstruction semi-automatique.

Dans un premier temps, des tests ont été réalisés sur une modélisation se fondant sur un aspect géométrique : des règles géométriques de constructions permettent la reconstruction des objets et leur intégration directement dans le S.I.T.

Dans un deuxième temps, nous avons réalisé des tests sur des objets dont le caractère principal est une structure topologique, les aspects thématiques sont prédéfinis et les aspects géométriques sont le résultat des mesures effectuées par l'opérateur de saisie.

Dans un troisième temps, nous avons réalisé des tests sur une modélisation se fondant sur un aspect sémantique permettant de définir des règles structurelles pour la reconstruction semi-automatique des objets.

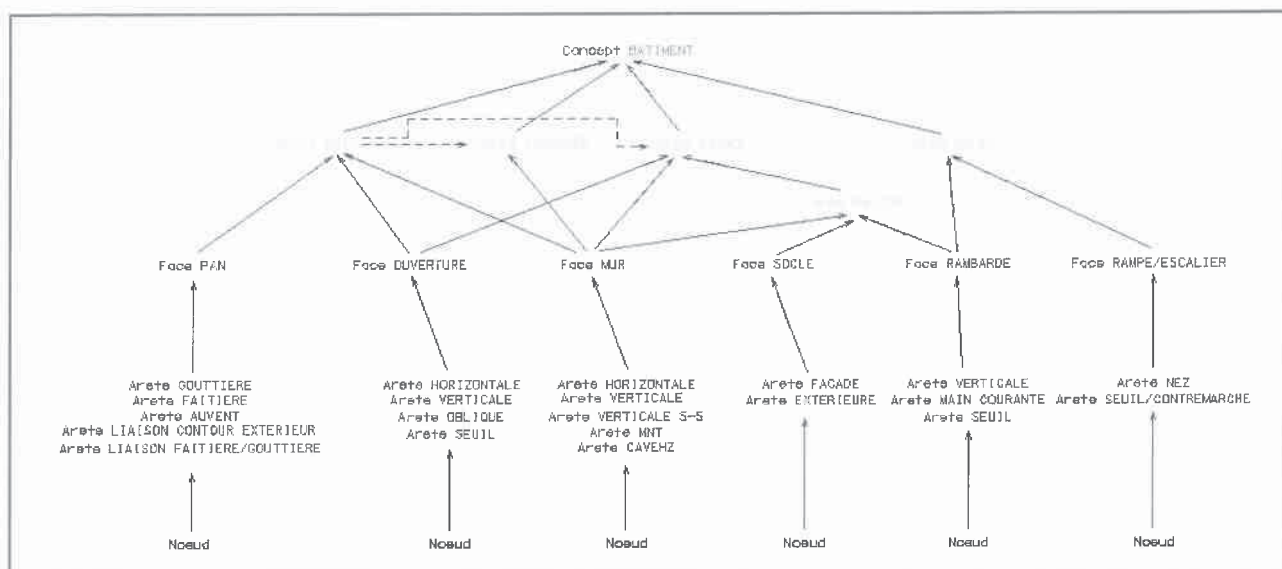
### UN EXEMPLE : LE CONCEPT "BÂTIMENT"

Un exemple majeur d'objet du milieu urbain traité est le concept "Bâtiment". Ce concept a entièrement été modélisé et intégré dans un prototype de S.I.T.

Au niveau du concept, le point de vue sémantique est prédominant. L'aspect topologique est uniquement représenté par un point de référence permettant d'effectuer des traitements topologiques entre concepts de même niveau.

Du point de vue géométrique, ce concept ne comporte qu'une représentation grossière et approchée sous la forme d'une enveloppe permettant de délimiter un espace dans lequel le concept est localisé géographiquement.

La décomposition pseudo-hiérarchique du "Bâtiment" lui confère quatre composants principaux qui sont les *toits* et les *façades*, les *cheminées* et les *accès*, qui sont eux-mêmes des composants à caractère sémantique prédominant et dont la structure topologique est apparentée à des corps 3D complexes. La géométrie n'est pas propre à ces corps complexes 3D, elle leur est fournie implicitement par les composants d'un niveau supérieur dont la représentation topologique est une face de dimension supérieure ou égale à 2. Selon une approche sémantique, chaque face correspond soit à un *pan de toit*, soit à un *mur de façade*. La géométrie n'est pas propre à ces faces, elle est définie par les composants d'un niveau supérieur qui sont des *arêtes de pan de toit* et des *arêtes de mur de façade*. En fin de décomposition, nous retrouvons le niveau ultime de spécialisation du



concept qui s'apparente topologiquement à un nœud et géométriquement à un point localisé géographiquement.

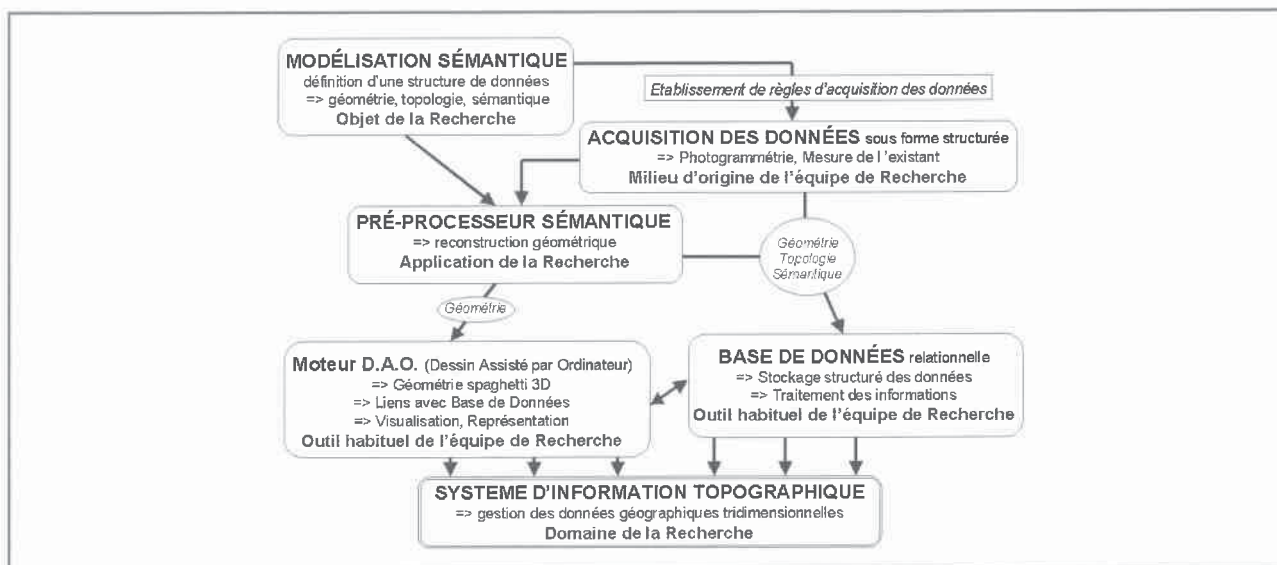
Les différents objets du milieu urbain peuvent être structurés de la même manière.

### ACQUISITION DES DONNÉES

La méthode d'acquisition principalement utilisée dans la réalisation d'un prototype de S.I.T. est la méthode de restitution photogrammétrique à partir de couples stéréoscopiques de photographies aériennes. La reconstruction des objets se fonde sur cette restitution fournissant des données mesurées par un opérateur. La restitution peut être effectuée par l'intermédiaire d'un logiciel de photogrammétrie numérique développé en interne au laboratoire de photogrammétrie de l'ENSAIS, le logiciel TIPHON (Traitement d'Image et PHotogrammétrie Numérique)<sup>1</sup>. La reconstruction est achevée en utilisant des outils de conception et dessin assisté par ordinateur (DAO) pour lesquels les outils 3D ont été optimisés selon les spécifications de la modélisation.

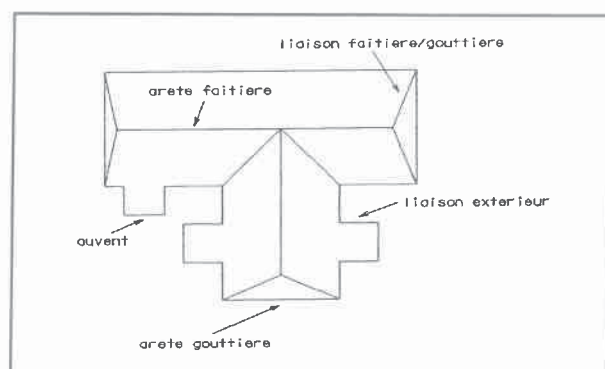
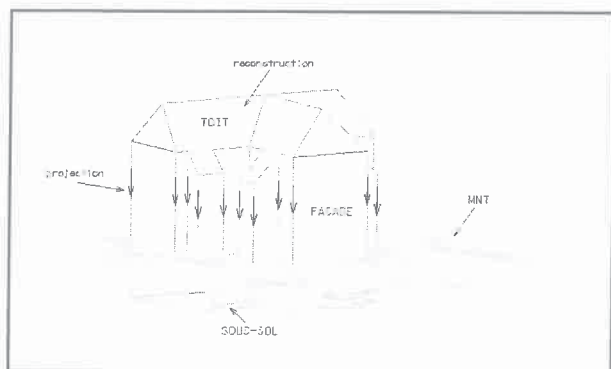
En raison de ce mode de saisie de données et de l'utilisation des prises de vue aériennes, les objets du milieu urbain sont disponibles à partir de leur profil de dessus ce qui, dans le cas spécifique des bâtiments correspond aux toits. Notre étude a donc, entre autre, été approfondie sur les méthodes de reconstruction de bâtiments à partir de la restitution des éléments structuraux des toits. Ainsi, un toit comporte-t-il des "pans de toit" délimités par des "arêtes de pan de toit" qui thématiquement peuvent être classées en cinq catégories : *arêtes faîtières, gouttières, auvents, liaisons extérieures, liaison entre faîtage et gouttière*. Lors de la saisie, l'opérateur ne mesure pas uniquement les caractéristiques géométriques des arêtes, mais enregistre également le "rôle" de chaque composant dans la structure d'un toit.

De ce principe découle une restitution minimale de la part de l'opérateur, puis, par la mise en œuvre de règles de construction se fondant sur la topologie implicite d'un toit et sur le rôle de chaque élément constitutif dans la structure, la reconstruction géométrique semi-automatique des toits. L'aspect sémantique peut être complété, la topologie est implicite.



1. Le logiciel TIPHON est accessible pour des fins pédagogiques et de tests sous une version internet appelée ARPENTEUR. Cette version a été développée conjointement par l'ENSAIS et le GAMS AU, elle est disponible à travers le site de l'ENSAIS. <http://www.ensais.u-strasbg.fr>. Filière Topographie ou directement à l'adresse <http://www.photogeo.u-strasbg.fr>





En prenant encore l'exemple des bâtiments, la géométrie des *façades* peut être obtenue de plusieurs manières : dans le cas de la recherche d'un degré de détail très important, d'une restitution très fidèle et précise, il y aura lieu de mesurer tous les points et toutes les lignes caractéristiques des contours des faces. Cette première méthode sera utilisée dans le cas où l'échelle du concept global de la modélisation est comparable à celle du bâtiment et que les concepts supérieurs sont très détaillés et affinés.

Dans le cas de S.I.T., qui nous préoccupe plus particulièrement, le concept "Bâtiment" ne nécessite pas une aussi grande précision et un degré de détail aussi fin. Les "façades" sont obtenues de manière plus automatisée en

projetant les arêtes périphériques des toits sur un modèle numérique de terrain (M.N.T.) sous-jacent.

Le M.N.T. est la base du concept. Il définit une surface de référence sur laquelle tous les objets du milieu urbain reposent. Il est obtenu au préalable par un maillage (souvent triangulaire) de la surface du sol.

D'autres concepts, plus abstraits peuvent être intégrés dans la modélisation et notamment celui de la gestion cadastrale des propriétés bâties. Dans l'hypothèse de l'intégration de ce concept supplémentaire, les "façades" des bâtiments peuvent être obtenues par projection sur la face inférieure du toit à partir de la limite théorique au sol. Cet aspect très important permet de tenir compte des débords de toits lors de la reconstruction.

## LES ÉTAPES DE L'INTÉGRATION D'UN BÂTIMENT DANS LE S.I.T.

### Exemple du BÂTIMENT (1)

#### Les étapes de l'intégration d'un BÂTIMENT

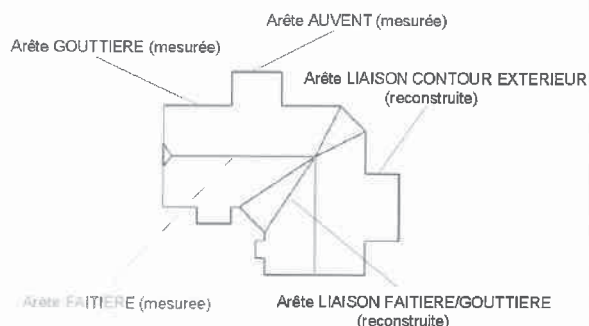
##### 1/ Acquisition des éléments principaux du TOIT

###### • 5 éléments principaux (mesurés)

Arête GOUTTIÈRE  
Arête FAITIÈRE  
Arête AUVENT  
Arête LIAISON CONTOUR EXTERIEUR  
Arête LIAISON FAITIÈRE/GOUTTIÈRE

###### • Règles de constitution fondées sur la sémantique + géométrie + topologie (nécessitent une programmation)

##### → Reconstruction + intégration semi-automatique du TOIT



Acquisition des éléments principaux du toit (mesures d'un opérateur de saisie qui affecte les éléments mesurés aux objets du S.I.T.)

### Exemple du BÂTIMENT (2a)

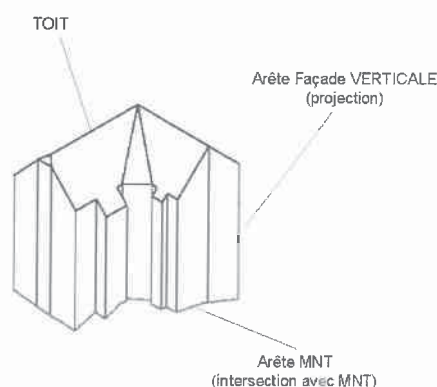
##### 2/ Reconstruction des Façades

###### par projection du contour de toit sur M.N.T.

###### • 2 Types d'arêtes créées

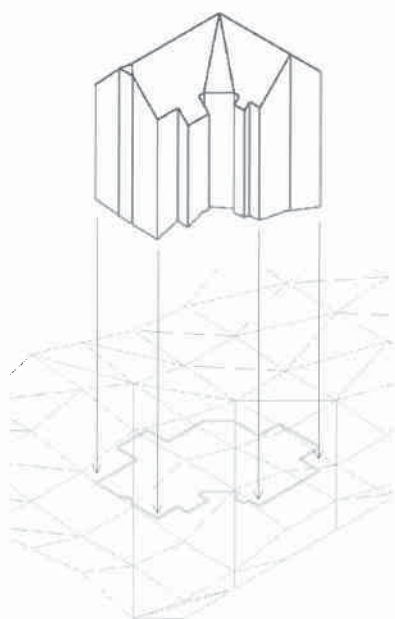
Arête MNT  
Arête VERTICALE

###### • utilisation de procédures de projections



Reconstruction des façades par projection verticale sur le M.N.T.

### Exemple du BÂTIMENT (2b)



→ **MNT = composant essentiel**  
(diverses méthodes de constitution)

Reconstruction des façades  
par projection verticale sur le M.N.T.

### Exemple du BÂTIMENT (3)

**3/ Reconstruction d'un Sous-Sol**  
par projection du contour jusqu'à seuil

• 2 Types d'arêtes créés

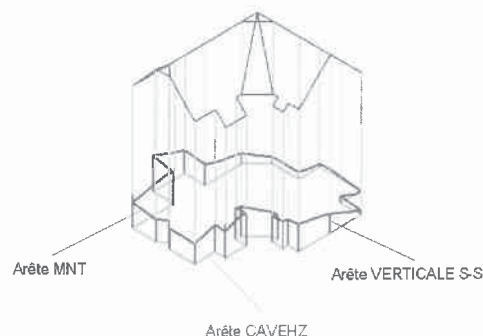
Arête VERTICALE S-S

Arête CAVEHZ

• utilisation de procédures de **projections**

• création de **faces**

• intégration de la **topologie**



→ **Chaque étape nécessite une**  
**programmation spécifique en fonction**  
**de la modélisation sémantique**

Création d'un sous-sol comportant  
une partie horizontale sous le M.N.T.

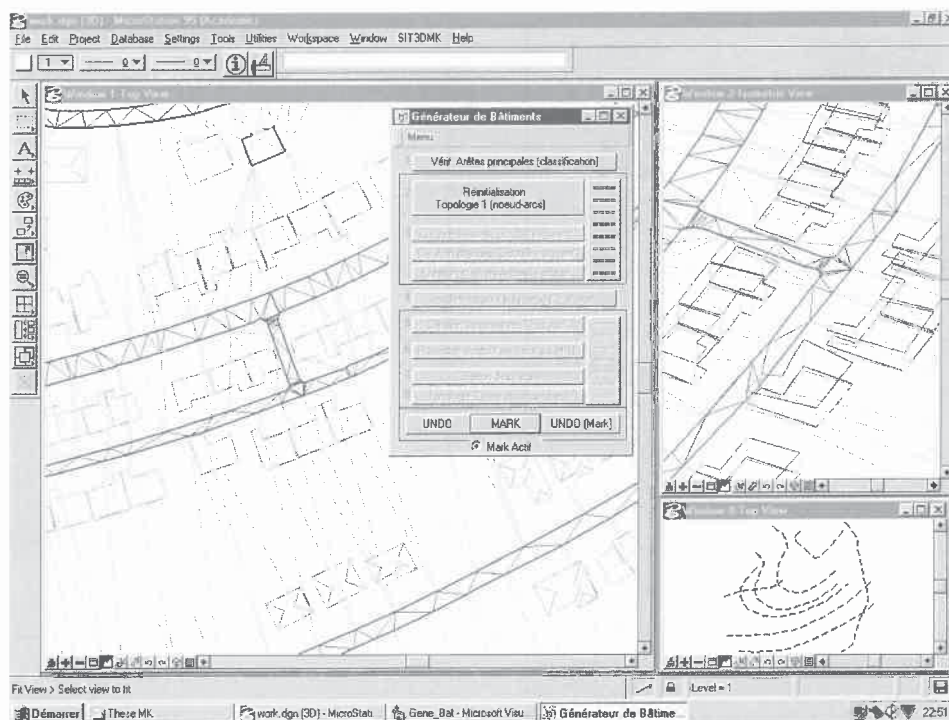
## GÉNÉRATION DU SYSTÈME D'INFORMATION TOPOGRAPHIQUE

En se fondant sur ces nouveaux concepts de modélisation, un prototype de S.I.T. en milieu urbain a été créé. Il est structuré en plusieurs catégories d'objets urbains en fonction de leurs dimensions respectives et de leurs rôles respectifs à l'intérieur du concept global.

Les bâtiments ont permis d'éprouver une technique de saisie semi-automatique assistée par des algorithmes et des règles de reconstruction spécifiques et conformes à la modélisation mise en place.

Le résultat de la saisie se retrouve dans les trois niveaux imbriqués que sont la géométrie, la topologie et l'aspect sémantique.

Une telle structuration des données ouvre la porte à des applications très variées. La proposition de modéli-



sation permet de définir le degré de détail qui est recherché dans l'application spécifique.

Le système est extensible et le complètement par des nouveaux concepts est ouvert et théoriquement aisé. La structuration et le stockage des données topologiques et géométriques dans une base de données associées comportant également les attributs sémantiques permettent de constituer un fichier de données directement exploitable et exportable vers d'autres systèmes.

La combinaison de différents moyens à savoir les techniques de la restitution photogrammétrique, les outils de reconstruction DAO, les systèmes de gestion de bases de données permettent ainsi de mettre en place un processus de modélisation incluant la troisième dimension et particulièrement adapté aux besoins spécifiques des utilisateurs d'information géographique.

#### BIBLIOGRAPHIE

**M. KOEHL**, 1999. *Modélisation géométrique et sémantique en milieu urbain. Intégration dans un Système*

*d'Information Topographique tridimensionnel*. Thèse de Doctorat de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg. 21 janvier 1999, 292 pages.

**M. KOEHL**, *The modelling of urban landscapes*, IAPRS (International Archive of Photogrammetry and Remote Sensing), Proceedings, Volume XXXI, Commission IV, Part B4, Vienna, Austria, 9-19 July 1996, pp. 460-465.

**KOEHL M.**, *Topologic models for geometric reconstruction*, IAPRS (International Archive of Photogrammetry and Remote Sensing), Proceedings, Volume XXXII, Commission IV, Part 3-4W2, Stuttgart, Germany, 17-19 Sept. 1997, pp. 189-195.

**KOEHL M., GRUSSENMEYER P.**, *3D data acquisition and modelling in a topographic information system*, IAPRS (International Archive of Photogrammetry and Remote Sensing), Proceedings, Volume XXXII, Commission IV, Part 4, Stuttgart, Germany, 7-10 Sept. 1998, pp. 314-320.



" La plus ancienne activité  
photogrammétrique privée de France "

Avenue du Taillefer - BP3 - 38241 MEYLAN Cedex

Tel : 04 76 18 13 13 - Fax : 04 76 18 13 10

Email : [sintegram@aol.com](mailto:sintegram@aol.com)