Reconstruction topologique 3D de bâtiments

Sébastien Horna, Guillaume Damiand, Daniel Meneveaux, Yves Bertrand

Laboratoire SIC / Université de poitiers

Abstract

Cet article présente une méthode de reconstruction géométrique et topologique 3D de bâtiments à partir de plans vectoriels 2D. Dans un premier temps, un filtrage est appliqué aux arêtes du plan. L'objectif est de réaliser un nettoyage pour supprimer les arêtes confondues et gérer les intersections. Ensuite nous ajoutons une structure topologique pour déduire les relations d'incidence et d'adjacence entre les arêtes et former des faces sur le plan 2D. Nous proposons plusieurs opérations d'édition semi automatiques pour résoudre les problèmes résiduels. Des données sémantiques permettent d'enrichir le modèle pour spécifier les ouvertures, les murs, les pièces, les escaliers, la façade, etc. L'extrusion du modèle pour générer un environnement 3D est réalisée en fonction des informations sémantiques. Enfin, les différents étages sont superposés, en utilisant les volumes correspondants aux sols et aux plafonds, afin d'obtenir un bâtiment complet.

1. Introduction

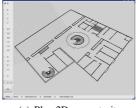
La gestion d'environnements architecturaux d'intérieur est un problème récurrent pour de nombreux corps de métiers, par exemple pour l'éclairagisme, l'architecture d'ambiance, la thermique. Le plus souvent, les modèles produits par les architectes sont réalisés en deux dimensions sans information topologique : les relations entre les différentes composantes (murs, pièces, ouvertures, etc.) ne sont pas définies. Or de nombreux algorithmes de simulation nécessitent une description tridimensionnelle de l'environnement avec les informations d'adjacence entre les volumes.

Pour éviter la reconstruction fastidieuse de scènes complexes à l'aide d'un modeleur 3D, nous proposons une méthode de reconstruction robuste reposant sur des plans d'architecte vectoriels (figure 1). Les scènes reconstruites peuvent ensuite être éditées dans un modeleur géométrique à base topologique. Des informations sémantiques sont utilisées pour définir la nature des objets (par exemple les pièces, les couloirs, les bureaux, etc.).

La robustesse de notre méthode repose sur un premier traitement ayant pour objectif de détecter toutes les incohérences géométriques des plans 2D et de les corriger. Cette étape permet de constuire une subdivision spatiale 2D comportant les informations d'incidence et d'adjacence entre les sommets, les arêtes et les faces. Des opérations semi-automatiques sont mises à la disposition de l'utilisateur pour

la gestion des problèmes non résolus automatiquement. Les informations sémantiques peuvent être extraites des plans lorsqu'elles existent, ou définies de manière manuelle par l'utilisateur. Il s'agit d'indiquer les types d'objets contenus dans les plans : murs, pièces, ouvertures, escaliers, etc.

La reconstruction tridimensionnelle des bâtiments est réalisée à l'aide d'une opération d'extrusion guidée par la sémantique des objets. Par exemple, les murs, les portes ou les escaliers ne sont pas reconstruits de la même façon. Les différents étages d'un même bâtiment sont ensuite superposés en conservant les informations sémantiques et topologiques de manière cohérente.





(a) Plan 2D reconstruit.

(b) Bâtiment en 3D

Figure 1: Exemple de reconstruction de bâtiment existant

La section 2 décrit les méthodes existantes pour la reconstruction de scènes 3D. La section 3 explique notre choix des

cartes généralisées. La section 4 présente notre méthode de reconstruction géométrique et topologique en deux dimensions. La section 5 détaille la mise en place de l'extrusion en trois dimensions d'un étage de bâtiment et la superposition de plusieurs étages. La section 6 discute les résultats obtenus avec plusieurs exemples de bâtiments réels.

2. État de l'art

De nombreux travaux portant sur la reconstruction d'environnements urbains sont proposés dans la littérature. Par exemple, le laboratoire MATIS de la section recherche de l'Institut de Géographie Nationale (IGN) réalise une élévation à partir de photographies aériennes ou satellitaires [FF03]. C. Ah-Soon traite des plans 2D numérisés (c'està-dire des images de plans) pour la recontruction en trois dimensions [AS98]. La reconnaissance est basée sur la détection des symboles verticaux et horizontaux. L'objectif est d'analyser la géométrie intérieure d'un bâtiment ainsi que le placement des ouvertures dans celui-ci (portes, fenêtres, etc.). La reconstruction de ces travaux porte essentiellement sur des méthodes d'analyse d'image. La géométrie reconstruite définit des scènes en trois dimensions, mais aucune information topologique n'est apportée.

Dans le domaine de l'analyse de données 3D en architecture, il existe peu de méthodes de reconstruction topologique à partir de listes de polygones. Dans tous les cas, l'objectif est de définir une structure permettant de réduire les calculs de visibilité pour les calculs de simulation d'éclairage et de visualisation. J. Airey propose une méthode de subdivision spatiale binaire (Binary Space Partitioning ou BSP) pour des environnements ayant des murs toujours perpendiculaires aux axes du repère de la scène [ARFPB90]. S. Teller présente une extension de cette méthode pour tous types de murs verticaux [Tel92]. D. Meneveaux propose une méthode à base de règles pour retrouver les pièces des bâtiments [MBMD98]. La subdivision produit un ensemble de régions appelées cellules, séparées par des ouvertures. La seule topologie définie correspond à des relations d'adjacence entre les cellules.

En modélisation procédurale, les articles [PM01] et [MWH*06] présentent *cityEngine*, un modeleur permettant de générer automatiquement des complexes urbains de grande échelle. Pour cela, plusieurs paramètres peuvent être pris en compte : des densités de population ou encore une carte de relief. Le réseaux routier est généré à partir d'un algorithme de propagation issu des L-Systèmes et une grammaire de construction a été mise en place pour créer les façades des bâtiments. Bien que ces méthodes génèrent des environnements géométriques réalistes (mais non réels), les informations topologiques ne sont pas gérées explicitement.

Plusieurs modèles topologiques permettant de subdiviser l'espace ont été proposés dans la littérature. On trouve par exemple des structures à base de graphes d'adjacences [Bri93], des modèles 2D/3D basés sur les arêtes [Bau75, GS85, Wei86] ou des modèles de dimensions supérieures [Bri93, Lie94].

3. Les cartes généralisées

Nous souhaitons représenter des bâtiments composés de volumes (planchers, murs, salles, etc.), chaque volume étant un objet 3D orientable. Dans [Lie91], il est montré que les modèles définis pour représenter les subdivisions d'objets 3D sont comparables aux cartes 3D (pour les modèles orientables sans bord) ou aux cartes gébéraliées 3D (pour les modèles orientables ou non, avec ou sans bord). Bien que les cartes généralisées 3D soient plus coûteuses que les cartes 3D en termes de représentation en mémoire, ce modèle permet de représenter des objets de manière homogène, cela facilite le développement des opérations. Le modèle définies dans [Lie94] a été choisi pour les raisons suivantes :

- elles représentent des subdivisions de l'espace 3D;
- elles sont définies de manière homogène à partir d'un type simple d'éléments de base en 2D et en 3D. Cela simplifie la définition des opérations;

Les cartes généralisées permettent de modéliser des objets géométriques subdivisés en cellules (sommets, arêtes, faces, etc.) reliées entre elles par des relations d'adjacence et d'incidence. Cette structure fait partie des modèles de représentation par les bords (B.Rep).

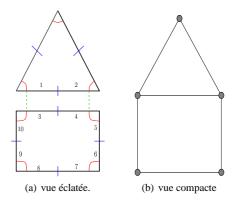


Figure 2: Représentation d'un objet 2D avec les cartes généralisées. Les brins {1,2,3,4} représentent une arête, Les brins {3,4,5,6,7,8,9,10} représentent une face.

À partir des éléments de base appelés brins et des applications α définies sur ces brins, les cartes généralisées représentent les cellules composant les objets et leurs relations de bords. Chaque application α_i , pour i de 0 à n, représente les relations d'adjacence entre les cellules de dimension i. La icellule associée à un brin b donné est formée de l'ensemble des brins obtenus par composition des involutions (figure 2).

Définition 1 (Cartes généralisées de dimension n [Lie94])

- . Une carte généralisée de dimension $n \ge 0$ (ou n-G-carte) est une algèbre $G = (B, \alpha_0, ..., \alpha_n)$, où :
- B est un ensemble de brins;
- $\alpha_0, ..., \alpha_n$ sont des involutions[†] sur B;
- $\alpha_i \alpha_j$ est[‡] une involution pour tout i, j tels que $0 \le i < i + 2 \le j \le n$.

Sur la base de cette représentation, le lobaratoire *SIC* a défini un modeleur 3D à base topologique : MOKA [VD03]. L'originalité de ce modeleur concerne son noyau à base de cartes généraliées. Il comporte de nombreuses opérations de bas niveau (couture de brins, parcours de carte, etc.) permettant la création et la manipulation d'objets 3D.



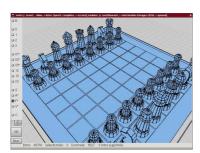


Figure 3: Modèle construit avec le modeleur MOKA

4. Reconstruction 2D

À partir de différents fichiers sources contenant des plans en deux dimensions, notre application corrige la géométrie et construit un modèle topologique. L'algorithme de reconstruction 2D est décomposé en deux parties. La première consiste en une étape de contrôle et de modification géométriques. Après l'extraction de toutes les informations disponibles dans les données initiales, l'ensemble non ordonné des segments obtenus doit être contrôlé et éventuellement modifié pour corriger les problèmes géométriques. La seconde partie concerne la reconstruction topologique de la scène. So but est de lier entre eux les segments pour former des faces.

Afin de finaliser la reconstruction topologique de la scène, nous proposons plusieurs opérations semi-automatiques. Elles permettent à l'utilisateur de finaliser la topologie de la scène et d'éliminer les incohérences géométriques restantes.

Cette étape est détaillée dans [HDMB06]. Au cours de la finalisation, l'utilisateur peut définir la nature de chacun des segments de la scène. Ces informations sont utilisées pour approfondir la correction du plan et appliquer des extrusions 3D spécifiques en fonction des objets. L'algorithme général de reconstruction 2D est décomposé de la manière suivante:

- 1. extraction des informations des fichiers sources ;
- 2. reconstruction géométrique ;
- 3. reconstruction topologique;
- 4. finalisation semi automatique;
- 5. définition de la sémantique.

4.1. Reconstruction géométrique

Les informations géométriques présentes dans les fichiers sont définies par des balises prédéfinies (fichier de type *DXF*). Il est possible de retrouver les figures géométriques utilisées lorsque l'architecte a conçu le plan (segments, cercles, polygones). Lors de la conception, le dessinateur ne contrôle pas les incohérences géométriques. L'ensemble des segments peut comporter de nombreuses erreurs (segments disjoints, superposition d'arêtes, etc.). Après avoir retrouvé toutes les données géométriques, le plan est contrôlé et corrigé si nécessaire, afin de prévenir d'éventuels problèmes lors de la reconstruction topologique. Nous avons défini Pour cela un seuil d'erreur ε . Cette valeur minimale est utilisée par exemple lors du calcul testant si deux arêtes sont confondues, ou pour trouver toutes les arêtes incidentes à un sommet donné.

Deux arêtes sont dites confondues si les droites correspondantes sont parallèles, si elles possèdent la même ordonnée à l'origine et si au moins une des extrémités de l'une est comprise dans l'autre. Dans ce cas, elles doivent être fusionnées en une seule arête.

Notre objectif est de partitionner les plans en un ensemble de faces. Pour cela, toutes les arêtes doivent se croiser uniquement sur des sommets. Les arêtes sont donc traitées deux à deux. Si une intersection est localisée, un sommet est ajouté au point d'intersection sur les arêtes concernées.

4.2. Reconstruction topologique

Une fois le contrôle et la correction de la géométrie réalisés, l'ensemble des segments est valide pour reconstruire la topologie. Nous travaillons en deux dimensions pour retrouver toutes les relations d'adjacence entre les sommets, les arêtes et les faces. L'objectif est de définir les liaisons α_0 , α_1 et α_2 entre les éléments de base.

4.2.1. Création des arêtes

Lors de l'import du plan, chaque arête est créée à l'aide de quatre brins (figure 4). Les liaisons α_0 et α_2 sont

[†] Une involution de f sur D est une bijection de D dans D tel que $f = f^{-1}$

 $^{^{\}ddagger}$ Si β et γ sont des applications de $E \rightarrow E$, nous notons βγ la composition γο β, et bβγ l'application de cette composition à un élément b de E.

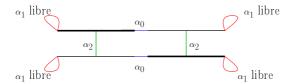


Figure 4: Création d'une arête; les brins dont la marque d'orientation est fixée à vrai sont en gras.

immédiatement construites. Les liaisons α_1 sont laissées libres; elles sont traitées dans la suite du programme lors de la création des faces.

Comme les bâtiments sont des objets orientables, nous orientons également la carte généralisée. Cela facilite la reconstruction des faces. Un marquage des brins indique l'orientation de l'arête : pour un brin b marqué, les images par involutions α_0 , α_1 ou α_2 ne sont pas marquées. Cela permet d'orienter automatiquement toute la carte généralisée de manière cohérente lors de la construction des faces. Toutes les opérations géométriques citées précédement tiennent compte de ces propriétés de topologie et d'orientation (notamment lors de la suppression et l'insertion de sommets).

4.2.2. Traitement des sommets de degré 1 et 2

Pour les sommets de degré 1 et 2^{\S} , les brins correspondants sont directement reliés (figure 5(a/b)). Pour cela, les involutions α_1 associées sont mises à jour sur le modèle. Ces deux cas sont traités en priorité car il n'y a aucune ambiguïté possible.

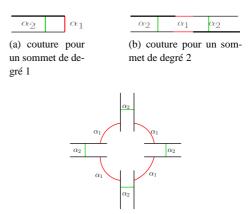
4.2.3. Interclassement

Pour les sommets de degré supérieur à deux, les arêtes incidentes sont stockées et triées de manière angulaire autour du sommet. L'algorithme est le suivant :

- 1. recherche d'une arête A non liée par α_1 ;
- 2. recherche des arêtes libres par α_1 et de même extrémité que A ;
- 3. tri des arêtes en fonction de l'angle avec A;
- 4. liaison des brins deux à deux selon cet ordre en respectant les contraintes d'orientation.

Une exemple de résultat d'interclassement pour un sommet de degré 4 est présenté dans la figure : 5(c).

Ces opérations locales sur les sommets reconstruisent automatiquement les faces de proche en proche.



(c) couture pour un sommet de degré supérieur à 2

Figure 5: Couture autour des sommets. (a/b) il n'y a pas d'ambiguité sur les coutures α_1 , (c) couture déduite par l'algorithme d'interclassement.

4.3. Structure accélératrice

De nombreuses opérations nécessitent des tests effectués sur tous les couples de brins. Par exemple pour la suppression des arêtes confondues, chaque arête de la scène doit être comparée à toutes les autres arêtes du plan. L'emploi d'une structure accélératrice permet de réduire les temps de traitement. Nous avons choisi d'utiliser une grille uniforme. Les segments du plan mesurent en moyenne un mètre, c'est pourquoi la dimension des cases de la grille a été choisie de cette longueur. Chacune des cases possède un pointeur sur la liste des segments qui la traversent. Ainsi, pour chaque segment, les tests sont réalisés uniquement dans un voisinage proche.

4.4. Opérations de correction

En moyenne, plus de 90% des incohérences géométriques sont supprimées lors du traitement automatique du plan. Toutefois, il reste d'autres problèmes non résolus automatiquement (des imprécisions géométriques supérieures au seuil ϵ fixé). Pendant la reconstruction topologique automatique de la scène, les liaisons α_1 de ces brins sont reconstruites telles que pour un brin b on a $\alpha_1(b)=\alpha_2(b)$. Ces arêtes sont désignées comme arêtes pendantes.

Pour éliminer ces incohérences, plusieurs opérations permettent à l'utilisateur d'éditer le modèle. Des opérations de bas niveau sont disponibles : couture, suppression. À partir de ces opérations de base, plusieurs opérations semi-automatiques de plus haut niveau sont développées pour accélérer et faciliter la finalisation du plan (couture de plusieurs segments, création de porte, création de segment).

 $[\]S$ Le degré d'un sommet est le nombre d'arêtes qui lui sont incidentes.

4.4.1. Opération de couture

Une opération de couture pour deux arêtes est définie : l'une est *pendante*, l'autre est l'arête cible (sur laquelle l'intersection est réalisée). les différents cas sont présentés dans la figure 6. Cette opération est utilisée pour une opération de plus haut niveau définie en fonction de la sélection de l'utilisateur. Deux ensembles sont passés en paramètre : le premier est composé d'arêtes *pendantes*, le second contient les arêtes susceptibles d'être reliés par ces arêtes. Pour chaque arête *pendante*, l'arête cible la plus proche est automatiquement sélectionnée pour la couture. Si l'utilisateur sélectionne uniquement des arêtes *pendantes* l'ensemble des arêtes cibles est automatiquement composé de toutes les arêtes du plan.

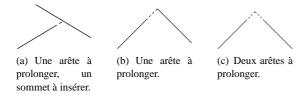


Figure 6: Cas rencontrés lors de l'opération de couture de deux arêtes.

4.4.2. Opération de suppression

La suppression d'une arête entraîne la suppression des quatre brins qui la composent. Pour que la topologie reste valide, les liaisons α_1 aux extrémitées de l'arête supprimée doivent être mises à jour. Dans certain cas, la suppression produit des sommets de degré 2 dont les arêtes incidentes sont colinéaires (figure 7(b)). Pour simplifier le plan, les deux segments sont fusionnés. L'utilisateur peut également appliquer l'opération sur un ensemble d'arêtes. Cette opération utilise la définition générale de la suppression définie dans [DL03].

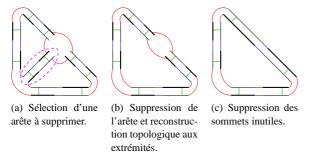


Figure 7: Suppression d'une arête.

4.5. Définition de la sémantique

Les informations sémantiques permettent à l'utilisateur de connaître le type des éléments tels que les portes ou les escaliers. Il peut ainsi ajuster le plan si certaines données sont manquantes (comme le placement d'une porte entre deux pièces). Ces informations sont également utilisées lors de l'extrusion des objets en dimension trois. Des opérations d'extrusions différentes sont appliquées en fonction des objets.

Les objets sont classés en trois catégories distinctes : les murs, les portes et les escaliers. Lors de la reconstruction automatique, il est possible soit d'utiliser les différents calques contenus dans le fichier d'origine pour affecter la nature des objets, soit d'affecter manuellement la sémantique par simple sélection.

4.6. Création de porte

Il peut être nécesaire de rajouter des portes manquantes sur le plan. Une opération de haut niveau permet la création d'une porte à partir d'une sélection simple de l'utilisateur (soit en sélectionnant les montants de la porte, soit en sélectionnant les quatre points qui la délimitent). Une porte reliée topologiquement au reste du plan est alors créée et la nature des segments correspondants est automatiquement mise à jour.

5. Extension à la dimension 3

5.1. Opération d'extrusion

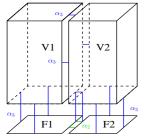
À partir d'un plan 2D sans incohérence géométrique et topologique, le modèle 3D peut être reconstruit. Pour cela, l'opération d'extrusion déjà présente dans MOKA est utilisée. La topologie de la scène 3D est directement construite lors cette opération d'extrusion. À partir du plan 2D et des informations sémantiques connues, nous appliquons des opérations d'extrusion spécifique, en fonction des objets. L'extrusion d'un étage de bâtiment peut donc être décomposée en plusieurs étapes : extrusion de l'étage (mur, porte et escalier), création du sol, création du plafond.

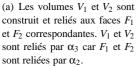
5.2. Utilisation de la sémantique

Trois types d'objets sont utilisés : *MUR*, *PORTE* ou *ES-CALIER*. L'algorithme général est réalisé suivant les étapes suivantes : (i) extrusion des mur et des portes, (ii) création des escaliers, (iii) construction des sols et des plafonds, (iv) superposition des étages.

5.2.1. Extrusion des murs

Pour l'extrusion des murs, un chemin d'extrusion par défaut est utilisé. Il s'agit d'un segment vertical d'une longueur de 2,5 mètres (valeur paramétrable dans l'application). Lors de l'extrusion, pour chaque face du plan 2D d'origine, un volume est créé et relié via α_3 à la face du plan 2D correspondante. Le plan 2D est donc toujours présent dans la scène, il est utilisé par la suite lors de la création du sol.





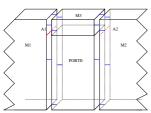


(b) Étage dont seul les murs sont extrudés.

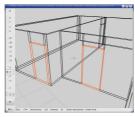
Figure 8: Extrusion des éléments de type MUR.

5.2.2. Extrusion des portes

Dans le cas des portes, le volume est relié topologiquement avec les murs qui l'entourent. La portion de mur au dessus de la porte est reconstruite. Dans un premier temps, le polygone 2D représentant la porte est extrudé en suivant un chemin vertical à deux composantes pour former l'ouverture et la portion de mur. Cette première étape permet d'obtenir deux volumes superposés reliés topologiquement. Une seconde étape relie ces deux volumes au reste du bâtiment, le long des montants de la porte. Afin d'effectuer la liaison, deux sommets et une arête doivent être insérés sur les montants de la porte afin de respecter les contraintes topologiques (figure 9).



(a) Extrusion d'une porte entre les murs M_1 et M_2 , le pan de mur nommé M_3 est reconstruit au dessus de la porte au moment de l'extrusion. Deux arêtes, A_1 et A_2 , sont insérées sur M_1 et M_2 .



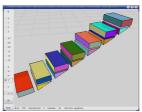
(b) Exemple de résultat pour l'extrusion de deux portes.

Figure 9: Extrusion des éléments de type PORTE.

5.2.3. Création des escaliers

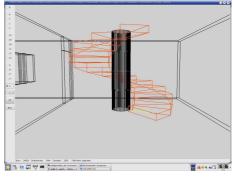
Les escaliers sont présentés sous différentes formes : droit, colimaçon, par palier ou de forme ovale. Ils sont parfois déconnectés du reste du plan ou collés aux murs. Une méthode générique permettant de construire les marches d'escalier a été développée. Cette opération de construction

prend en paramètre la géométrie des marches calculée en fonction des données récupérées sur le plan (longueur, largeur, ou diamètre dans le cas des escaliers en colimaçon). Pour l'instant, aucune méthode automatique ne permet de détecter le type d'escalier en cours de traitement, c'est à l'utilisateur de sélectionner l'extrusion qu'il souhaite effec-



(a) Visualisation des marches d'un escalier droit, elles sont construites une à une avec deux composantes

(b) Mise en évidence des volumes composants un escalier en colimaçon et des liaisons α₃ entre ces volumes.



(c) Escalier en colimaçon reconstruit dans un bâti-

Figure 10: Extrusion des éléments de type ESCALIER.

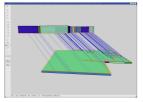
5.3. Création des sols et plafonds

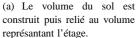
L'extrusion des éléments de type MUR, PORTE et ESCALIER permet de reconstruire l'intégralité d'un étage en trois dimensions. Pour superposer plusieurs étages, les volumes des sols et des plafonds sont reconstruits à l'aide des plans 2D d'origine.

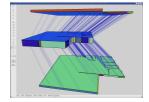
Les brins du plan 2D sont déjà reliés par une involution α_3 aux volumes des murs, des escaliers, des portes, etc. Il reste à construire le reste du volume correspondant à la dalle du sol. La construction du plafond nécessite de dupliquer le plan 2D du sol pour créer un nouveau volume.

5.4. Superposition d'étages

L'application permet de construire des étages complets composés d'un sol, d'un ensemble de volumes représentant



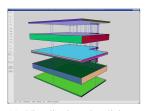




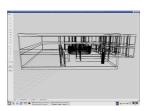
(b) Le volume du plafond est construit puis relié au volume représantant l'étage.

Figure 11: Création des sols et plafonds.

l'intérieur de l'étage et d'un plafond. Pour superposer deux étages, le sol du nouvel étage est lié au plafond de l'étage précédent. Les deux volumes correspondant sont fusionnés.



(a) Visualisation des liaisons entre les sols et plafonds de deux étages. Le plafond de l'étage inférieur et le sol de l'étage supérieur sont fusionnés.



(b) Bâtiment composé de deux étages superposé.

Figure 12: Création des sols et plafonds.

Nous travaillons actuellement à finaliser la gestion des escaliers qui ne permet pas de "percer" les sols et les plafonds pour faire communiquer les étages.

6. Résultats

L'application permet de reconstruire en trois dimensions un bâtiment complet à partir de fichiers numériques 2D. Le travail est composé de deux grandes parties : la reconstruction géométrique et topologique de la scène 2D et la construction du modèle 3D.

Les temps de traitement pour la reconstruction 2D sont présentés dans le tableau 1. Les temps de calcul ne dépendent pas uniquement du nombre de brins puisqu'ils dépendent également de la répartition des segments dans l'espace 2D. Chaque étape n'excède pas une minute, même pour des plans complexes.

Pour tous les plans testés, l'opération d'extrusion est instantanée : les temps de calcul sont toujours inférieurs à une seconde.

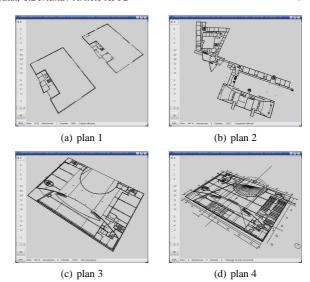


Figure 13: Plans traités par reconstruction géométrique et topologique.

Bâtiments	# Segments de la scène	Traitement Géométrique	Traitement Topologique
plan 1	899	2s	1s
plan 2	8050	9s	16s
plan 3	8120	11s	13s
plan 4	11972	56s	59s

Table 1: Temps de traitement de la reconstruction automatique 2D.

7. Conclusion

Les méthodes de reconstruction présentées dans cet article permettent de produire un bâtiment 3D à partir de plans vectoriels 2D. Les étapes nécessaires sont les suivantes : correction des données géométriques, reconstruction topologique en deux dimensions, extrusion du plan. Nous proposons également des outils semi-automatiques de correction du plan 2D. Les résultats obtenus montrent que malgré la complexité de certains plans, les traitements en 2D et en 3D sont réalisés en seulement quelques dizaines de secondes.

Ce travail est mis en oeuvre à l'intérieur d'un modeleur géométrique à base topologique permettant ensuite de modifier interactivement les volumes de la scène.

Les données issues de notre outil d'analyse peuvent être exploitées pour réaliser des calculs de simulation d'éclairage, de simulation thermique, etc. À plus long terme, nous souhaitons étudier plus précisément l'impact de l'apport des informations topologiques aux systèmes de simulation.

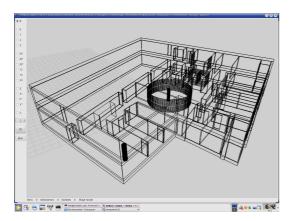


Figure 14: Résultat de la construction 3D.

Le programme présenté dans cet article est actuellement validé pour des scènes d'intérieur. Nous prévoyons également une extension aux environnements urbains. Cela implique en particulier des données beaucoup plus importantes avec parfois des informations manquantes. Un couplage avec des méthodes de construction procédurale est alors souhaitable.

References

- [ARFPB90] AIREY J. M., ROHLF J. H., F. P. BROOKS J.: Towards image realism with interactive update rates in complex virtual building environments. In *ACM Symposium on Interactive 3D Graphics* (1990), pp. 41–50.
- [AS98] AH-SOON C.: Analyse de Plans Architecturaux. Thèse d'université, INPL, 1998.
- [Bau75] BAUMGART B.: A polyhedron representation for computer vision. In AFIPS Nat. Conf. Proc. 44 (1975), pp. 589–596.
- [Bri93] Brisson E.: Representing geometric structures in d dimensions: topology and order. *Discrete & Computational Geometry* 9 (1993), 387–426.
- [DL03] DAMIAND G., LIENHARDT P.: Removal and contraction for n-dimensional generalized maps. In *Discrete Geometry for Computer Imagery* (Naples, Italy, november 2003), no. 2886 in Lecture Notes in Computer Science, pp. 408–419.
- [FF03] FRANK FUCHS HASSAN JIBRINI G. M. N. P. M. D. E. F. T.: Trois approches pour la reconstruction automatique de modèle 3-d de bâtiments en imagerie aérienne haute résolution. *Bulletin d'information de l'IGN nř73* (2002/2003) (2003), 17–26.
- [GS85] GUIBAS L., STOLFI J.: Primitives for the manipulation of general subdivisions and the computation of voronoï diagrams. *Transactions on Graphics 4*, 2 (1985), 131–139.

- [HDMB06] HORNA S., DAMIAND G., MENEVEAUX D., BERTRAND Y.: Recontruction topologique de complexe architecturaux à partir de données numériques. In *journée du GTMG* (march 2006).
- [Lie91] LIENHARDT P.: Topological models for boundary representation: a comparison with n-dimensional generalized maps. *Computer-Aided Design 23*, 1 (1991), 59–82.
- [Lie94] LIENHARDT P.: N-dimensional generalized combinatorial maps and cellular quasi-manifolds. *International Journal of Computational Geometry & Applications* 4, 3 (1994), 275–324.
- [MBMD98] MENEVEAUX D., BOUATOUCH K., MAISEL E., DELMONT R.: A new partitioning method for architectural environments. *Journal of Visualization and Computer Animation* 9, 4 (1998), 195–213.
- [MWH*06] MÜLLER P., WONKA P., HAEGLER S., ULMER A., GOOL L. V.: Procedural modeling of buildings. *ACM Trans. Graph.* 25, 3 (2006), 614–623.
- [PM01] PARISH Y. I. H., MÜLLER P.: Procedural modeling of cities. Computer Graphics (ACM SIGGRAPH'01 Proceedings) (2001).
- [Tel92] TELLER S.: Computing the antipenumbra of an area light source. In Computer Graphics (ACM SIGGRA-PH'92 Proceedings) (1992).
- [VD03] VIDIL F., DAMIAND G.: Moka. www.sic.sp2mi.univ-poitiers.fr/moka/, 2003.
- [Wei86] WEILER K.: The radial-edge data structure: a topological representation for non-manifold geometry boundary modeling. In *Proc. IFIP WG 5.2 Working Conference, Rensselaerville, USA* (1986).