



HAL
open science

Visualisation 3D du cadastre québécois : cas d'une copropriété

Vivien Fuchs

► **To cite this version:**

Vivien Fuchs. Visualisation 3D du cadastre québécois : cas d'une copropriété. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2013. dumas-00920829

HAL Id: dumas-00920829

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00920829v1>

Submitted on 19 Dec 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS
ÉCOLE SUPÉRIEURE DES GÉOMÈTRES ET TOPOGRAPHES**

MÉMOIRE

**présenté en vue d'obtenir
le DIPLÔME D'INGÉNIEUR CNAM**

Spécialité : Géomètre et Topographe

par

Vivien FUCHS

Visualisation 3D du cadastre québécois : cas d'une copropriété

Soutenu le 8 juillet 2013

JURY

PRÉSIDENT : M. Matthieu BONNEFOND
MEMBRES : M. Nicolas CHAUVIN, professeur référent
Mme Élisabeth BOTREL
M. Romain MELOT

Maître de stage : M. Michel BÉDARD

Remerciements

Je tiens à remercier mon maître de stage Michel Bédard qui m'a très bien accueilli au sein de l'entreprise VRSB et qui m'a fait confiance tout au long de ce travail.

Je remercie également Jacynthe Pouliot, Chen Wang et Frédéric Hubert de l'université Laval avec qui j'ai beaucoup échangé et qui ont permis que ce travail voit le jour.

J'ai également une pensée particulière pour Nicolas Chauvin, mon professeur référent pour son suivi tout au long de ce projet de fin d'étude.

Je tiens à remercier aussi l'ensemble des employés de l'entreprise VRSB pour leur accueil chaleureux et leur disponibilité.

Enfin j'exprime ma gratitude envers mon amie, ma famille et mes amis pour leur soutien et leurs encouragements.

Liste des abréviations

3D : trois dimensions

BIM : de l'anglais Building Information Model, est un modèle numérique de bâtiment

C.c.Q. : Code Civil du Québec

CMQ : centre multiethnique de Québec

DWG : DraWinG, format informatique natif des fichiers dessins d'autocad

FIG : Fédération Internationale des Géomètres

LIDAR : Light Detection and Ranging

LOD : de l'anglais Level Of Detail, niveau de détail

MRNF : Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune

OMHQ : office municipal d'habitation de Québec

PDF : Portable Document Format, langage de description de pages créé par Adobe Systems

SIG : système d'information géographique

Table des matières

Remerciements.....	1
Liste des abréviations.....	2
Introduction.....	5
1 État de l'art.....	7
1.1 Le cadastre québécois.....	7
1.1.1 Rappel historique.....	7
1.1.2 Le plan cadastral.....	8
1.1.3 Le cadastre vertical.....	9
1.1.4 Les limites	12
1.2 Exemples d'autres cadastres et expérimentations.....	13
1.2.1 le cas du Queensland.....	13
1.2.2 Le cas de l'Espagne.....	14
1.2.3 Expérimentations.....	15
2 La visualisation 3D.....	17
2.1 Les principes de la visualisation.....	17
2.1.1 Les travaux de Bertin.....	17
2.1.1.1 Les variables visuelles.....	17
2.1.1.2 Les tâches d'interprétations visuelles.....	18
2.1.2 De la 2D à la 3D.....	19
2.1.3 Charte d'éthique pour la 3D.....	21
2.2 La réalisation du modèle 3D et sa visualisation.....	22
2.2.1 La construction du modèle de base.....	22
2.2.2 Les choix effectués.....	23
2.2.2.1 Les besoins.....	23
2.2.2.2 Les réponses : amélioration du modèle de base et variables visuelles utilisées.....	24
2.2.3 Résultats.....	26
2.2.3.1 Les visualisations.....	26
2.2.3.2 Les problèmes rencontrés.....	28
2.2.3.3 Bilan.....	29
2.3 Réflexion sur les possibilités d'utilisation juridique.....	29

3	Mise en place d'un protocole d'évaluation des variables visuelles.....	31
3.1	Mise en contexte.....	31
3.2	Sélection des tâches	32
3.3	Créations des solutions visuelles.....	33
3.4	Le protocole.....	35
3.5	Premiers résultats.....	38
4	Pour aller plus loin.....	39
4.1	Le lidar terrestre.....	39
4.2	L'approche base de données.....	40
4.2.1	Les systèmes d'information géographique.....	40
4.2.2	Maquette numérique du bâtiment.....	41
4.2.3	Requêtes.....	42
4.3	L'interopérabilité.....	43
	Conclusion.....	44
	Bibliographie	47
	Article « La visualisation des cadastres 3D : un domaine à développer ».....	49
	Table des annexes.....	51

Introduction

Ce travail de fin d'étude a été réalisé au sein de la société d'arpenteur géomètre Groupe VRSB Inc., sous la responsabilité de Michel Bédard qui est l'instigateur de ce sujet, cependant tout le travail n'a pas été réalisé au sein de l'entreprise. En effet une part importante de cet exercice c'est réalisée conjointement avec le département de géomatique de l'Université Laval en collaboration avec Jacynthe Pouliot (directrice du département), Frédéric Hubert (professeur) et Chen Wang un étudiant doctorant.

A l'origine de ce travail, un projet. Celui de la conversion d'un bâtiment existant en copropriété verticale. Ce projet est particulier en plusieurs points que nous allons détailler tout de suite.

En premier lieu, comme dit précédemment, le bâtiment dans lequel la copropriété doit être réalisée est déjà existant, ce qui implique une marche à suivre différente par rapport à une copropriété à établir dans un bâtiment à construire. Ce bâtiment, déjà construit donc, est une ancienne propriété du gouvernement du Canada qui l'a cédé à la ville de Québec pour un dollar symbolique. Dès lors la ville de Québec a décidé de monter un projet de rénovation de cette bâtisse. Le premier projet retenu, qui a avorté, était une reconversion en un ensemble immobilier composé de condominiums à basse consommation et en utilisant des moyens de construction respectueux de l'environnement. Finalement le projet retenu est celui de la mise en place de logement à faibles loyers pour le compte de l'OMHQ (office municipal d'habitation de Québec), dont la mission est de répondre à la demande de logements sociaux de la ville, et également l'établissement de logements pour le compte du CMQ (centre multiethnique de Québec), dont la mission est d'accueillir les immigrants et de faciliter leur établissement et leur intégration dans la société québécoise.

Deuxième particularité, ce bâtiment de neuf étages va être complètement cureté. L'aménagement intérieur ne correspond pas aux besoins des deux futurs occupants, mais plutôt que de tout détruire la solution d'un curetage complet a été retenue ainsi l'ensemble des murs et cloisons vont être complètement grattés pour ne laisser que les murs et les poutres porteurs et porteuses. S'en suivra un réaménagement complet de toute la bâtisse.

Ensuite, il est à noter que ce projet va faire l'objet de deux financements distincts effectués par les deux organismes et leurs créanciers. Un premier financement aura lieu pour le curetage et le réaménagement du bâtiment, ce qui correspond à la phase de construction qui durera 18 mois. Puis un autre financement sera mis en place après la construction afin de répondre aux frais de gestion des différents logements et des parties communes.

Le dernier point important est que les créanciers ont exigé une identification cadastrale avec des numéros de lots distincts pour chaque créanciers avant le début de la construction afin d'avoir des garanties hypothécaires pour le premier financement, article 3030 du Code Civil du

Québec (C.c.Q.) : « aucun droit de propriété ne peut être publié au registre foncier si l'immeuble visé n'est pas identifié par un numéro de lot distinct au cadastre ».

Afin de répondre aux demandes et besoins des clients, des créanciers et des notaires il faut procéder de manière spécifique. La procédure est la suivante : dans un premier temps il convient de définir les différents lots sur lesquels porteront le premier financement pour que puisse débuter la période de travaux. Pour cela il faut réaliser une première numérotation cadastrale par l'intermédiaire d'un premier plan de cadastre, on le nommera arbitrairement le cadastre de transition. Quand ce cadastre de transition est prêt, on le dépose en mairie afin d'obtenir le permis de lotissement. Dès que cette autorisation municipale est obtenue on transmet le cadastre de transition au service du cadastre pour officialisation. C'est à ce moment que les numéros de lots sont créés sur le plan cadastral. Puis le ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, qui est le ministère responsable du cadastre, envoie ces informations au ministère de la justice afin que ce dernier effectue la publicité foncière. C'est seulement à partir de ce moment que le premier financement peut s'effectuer et ainsi les travaux de construction peuvent débuter et ce pour une période de 18 mois.

Puis, quelques mois avant la fin des travaux c'est à dire trois ou quatre mois, il faudra retourner lever le bâtiment afin de confectionner un nouveau plan de cadastre afin d'établir de nouveaux lots de propriété basés sur les éléments existants. Ce nouveau plan de cadastre sera présenté aux clients, créanciers et notaires afin d'obtenir leur consentement et s'assurer que tout est bien en ordre concernant les lots privés et les parties communes. Une fois le consentement obtenu ce plan cadastral que l'on nomme « cadastre final » sera envoyé au service du cadastre ou il empruntera le même chemin que le plan de transition. C'est à dire qu'il va devoir être officialisé, que de nouveaux numéros de lots seront créés, puis il sera envoyé au ministère de la justice qui en effectuera une nouvelle fois la publicité foncière. Enfin après toutes ces étapes les notaires pourront établir la déclaration de copropriété fixant les règles d'organisation des lots communs.

Dans cette procédure longue et fastidieuse le point le plus important est l'identification des lots privés et communs par les différents acteurs que sont les clients, les créanciers et les notaires afin d'éviter les malentendus qui pourrait compromettre le tout. Cependant ceci n'est pas toujours chose facile, surtout pour des néophytes en lecture de plans que sont souvent les clients ou les créanciers. Sur ce projet justement, les notaires ont explicitement demandé à ce que des représentations graphiques 3D soient réalisées.

L'objectif de ce mémoire est donc de répondre à la problématique suivante : « Pourquoi et comment réaliser une représentation graphique 3D du plan cadastral de copropriété verticale ? ».

Pour ce faire nous verrons dans une première partie ce qui existe actuellement au Québec mais également ce qui se fait ailleurs. Puis en seconde partie nous traiterons de la visualisation 3D. Pour poursuivre sur la mise en place d'un protocole d'évaluations des variables visuelles. Et finalement finir par des suggestions de voies à approfondir.

1 État de l'art

Dans cette partie sera expliquée le cas du Québec ainsi que ceux d'autres pays comme l'Espagne et l'Australie mais aussi quelles expérimentations de cadastre 3D sont mises en place de part le monde.

1.1 Le cadastre québécois

Pour commencer, une description de la situation au Québec s'impose. Cela permet de bien comprendre la situation dans laquelle nous nous trouvons actuellement avant de penser à des améliorations.

1.1.1 Rappel historique

Le système cadastral québécois présente la singularité de connaître ses origines sous la domination française en premier lieu et sous la domination anglaise par la suite. Sous la domination française le partage des terres se fait selon le système seigneurial. Ce système seigneurial est tiré du régime féodal européen, il découpe le territoire en seigneuries d'une taille moyenne d'une lieue de largeur pour trois lieues de profondeur soit 5 sur 15 km. Ces seigneuries sont principalement présentes le long du Saint-Laurent et de ses affluents majeurs. En tout ce seront 220 seigneuries octroyées couvrant une superficie de 36500 km². Pour concéder ces terres il a fallu en effectuer le mesurage, Samuel de Champlain est considéré comme le premier arpenteur général de la Colonie et réalisa la première cartographie du territoire. En 1634 Jean Bourdon lui succéda. Ainsi entre 1626 et 1760 la Nouvelle-France compta au moins 78 arpenteurs (MRNF@[2013]). En 1763, la Nouvelle-France devient britannique et en 1774, Samuel Holland fut nommé premier arpenteur par la couronne britannique et entreprit l'arpentage des cantons en Ontario et au Québec (MRNF@[2013]). Les cantons ou townships, d'une superficie de 10 miles sur 10 miles environs, s'établissent alors et il y a cohabitation entre les deux systèmes (seigneuries/cantons) puisque les seigneuries ne seront abolies qu'en 1854. En 1792 le gouvernement du Bas-Canada créa le Comité des terres dont la mission est de procéder à la mise à disposition des terres publiques. Ce Comité des terres de part sa mission est le parent de l'actuel ministère chargé du plan cadastral. En 1830, le système de la publicité foncière est mis en place afin d'assurer la protection et la publicité des droits de propriétés sur le territoire québécois (MRNF@[2013]). Puis en 1841 il devient obligatoire d'enregistrer les transactions dans les bureaux d'enregistrement qui sont connus actuellement sous le nom de bureau de la publicité. Cette réforme législative met également en place le système cadastral, cependant le registre cadastral ne sera créé qu'en 1860. Dès lors, de 1866 à 1900, s'effectua la confection des 1450 plans de cadastre originaire permettant de représenter environ 700 000 lots de paroisses, cantons, villages, et villes. Depuis cette période jusqu'à aujourd'hui, l'administration des terres est passée sous la responsabilité de nombreux ministères. De nos jours la gestion du registre cadastral ainsi que du registre foncier pour la partie administrative est effectuée par le Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune (MRNF) créé en 2005. Le MRNF est aussi l'actuel responsable de la réforme du cadastre québécois d'après l'article 1 de la Loi favorisant la réforme du cadastre québécois (L.R.Q., c. R-3.1). En effet, le cadastre existant depuis 1860 est incomplet et comporte des inexactitudes

alors dans un souci de mise à jour du cadastre une réforme a vu le jour. Cette réforme a débuté en 1985 avec l'adoption de la Loi favorisant la réforme du cadastre québécois. Puis l'adoption de la Loi modifiant la Loi favorisant la réforme du cadastre québécois en 1992 et l'entrée en vigueur du nouveau Code civil du Québec en 1994 ont elles aussi modifié les pratiques cadastrales. La rénovation cadastrale a pour but la création d'un cadastre unique pour tout le territoire québécois, une immatriculation unique et séquentielle pour chaque lot et l'utilisation d'un plan cadastral informatisé.

Comme nous venons de le voir, le MRNF est un acteur important du système cadastral québécois mais ce n'est pas le seul. En particulier les arpenteurs géomètres ont eux aussi une place importante dans ce système comme le montre l'article 34 de la loi sur les arpenteurs-géomètres :

« Constituent l'exercice de la profession d'arpenteur-géomètre :

a) tous arpentages de terrains, mesurages aux fins de border, [...], à toutes les opérations cadastrales ou aux compilations de lots ou de parties de lots, ainsi qu'à la représentation cartographique de territoire aux fins susdites; » .

Et l'article 35 de la même loi rajoute : *« Aucune des opérations définies à l'article 34 n'est valide, à moins qu'elle n'ait été entreprise par un arpenteur-géomètre et exécutée conformément à la loi et aux règlements de l'Ordre. »*. Le rôle de l'arpenteur-géomètre dans les opérations cadastrales est donc majeur.

1.1.2 Le plan cadastral

Le cadastre québécois est un registre public, il est formé par deux éléments : le plan et le registre foncier. Celui sur lequel nous allons nous pencher plus particulièrement est le plan cadastral. Ce plan cadastral a la particularité de faire parti d'un autre registre public : le registre foncier (art. 3027 du C.c.Q.). C'est un outil graphique qui permet de représenter les immeubles sur lesquels s'exercent les droits réels immobiliers ainsi que leurs immatriculations. D'après le ministre de la justice « il est le support matériel du livre foncier, celui-ci étant le support juridique de la publicité des droits » (livre neuvième, titre quatrième, chapitre premier, p.1910 d'après MRNF). Le plan cadastral est présumé exact d'après le deuxième alinéa de l'article 3027 du C.c.Q. mais ceci n'est qu'une présomption d'exactitude et le cadastre ne donne aucuns droits de propriété. En effet le plan cadastral représente graphiquement les limites des immeubles mais ne peut les établir, seul le bornage le peut. Il est à noter que tout plan du cadastre est réalisé en deux versions, une version papier et une autre informatique. Cette dernière est compilée dans le plan cadastral global qui est quotidiennement mis à jour. L'illustration 1 suivante est un extrait du plan cadastral.



Illustration 1 : plan de cadastre global (infolot)

Lorsque l'on regarde cet extrait, l'information qui prédomine est le numéro de lot. Le lot est la seule entité cadastrale et chaque lot est identifié par un numéro unique. Il n'existe qu'une seule série de numéros pour toutes les propriétés du cadastre québécois. La numérotation est de la forme # ### ### et débute au chiffre 1 000 000. Le numéro de lot fait parti des données légales exigées par les lois relatives au cadastre mais il n'est pas seul. Voici une liste complète des données associées au plan cadastral avec à chaque fois l'article de loi correspondant

- Article 3026 du C.c.Q. :
 - le numéro de lot,
 - la position relative,
 - les limites,
 - les mesures,
 - la superficie ou contenance,
 - l'identification du propriétaire,
 - le mode d'acquisition,
 - le numéro d'inscription du titre,
 - la concordance entre les numéros cadastraux, ancien et nouveau, ou la concordance entre le numéro d'ordre de la fiche de l'immeuble et le numéro cadastral nouveau, le cas échéant.
- Premier alinéa de l'article 2 de la loi sur le cadastre :
 - le nom du cadastre,
 - le nom de la circonscription foncière,
 - le nom de la municipalité locale.
- Premier alinéa de l'article 3 de la loi sur le cadastre :
 - la signature du ministre,
 - la date d'officialisation
- Article 19.1 de la loi favorisant la réforme du cadastre québécois :
 - la concordance entre le numéro de lot mentionné a titre d'acquisition et le nouveau numéro de lot,
 - la concordance entre le numéro de lot sur lequel le titre s'exerçait et le nouveau numéro de lot.

On retrouve tous ces éléments dans le document « Instruction pour la présentation des documents cadastraux relatifs à la mise à jour du cadastre du Québec » de juin 2011.

1.1.3 Le cadastre vertical

Selon l'article 951 du C.c.Q. « la propriété du sol emporte celle du dessus et du dessous ». Cependant dans certains cas il arrive que des propriétés distinctes se retrouvent superposées. Dans ces cas les différents lots doivent avoir des limites définies à la fois horizontalement et verticalement afin de pouvoir situer chacun de ces lots par rapport à ceux qui l'entourent.

Nous allons donc voir comment cela se passe pour la copropriété divise verticale (définie à l'art. 1010 du C.c.Q.) qui est le cas le plus fréquemment rencontré et c'est aussi le cas qui nous intéresse

au 200 Dorchester.

« L'élément tridimensionnel associé aux lots de cadastre vertical fait en sorte que ces lots ne peuvent être représentés sur le plan cadastral global » (instructions MRNF,2011) on utilise alors un plan complémentaire. L'existence du plan cadastral complémentaire est spécifiée sur le plan cadastral global par les lettres « PC » suivi d'un nombre à 5 chiffres comme on peut le voir sur l'illustration 2. Cette numérotation tout comme les numéros de lots est unique pour tout le Québec.

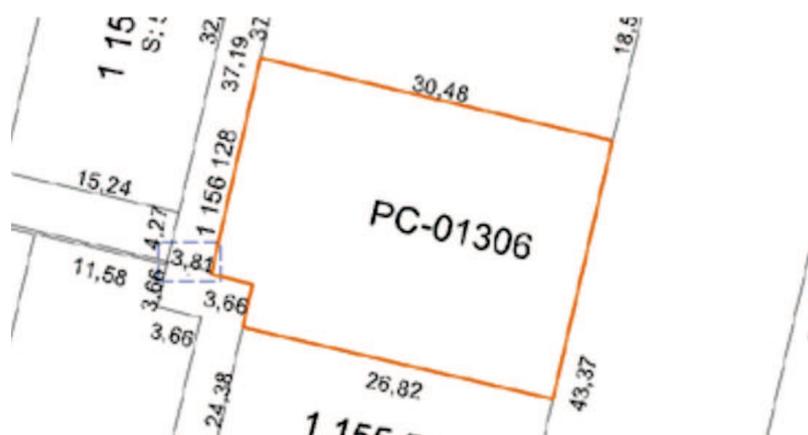


Illustration 2 : plan de cadastre global (infolot)

Le cadastre vertical se compose donc d'un plan cadastral parcellaire accompagné d'un plan cadastral complémentaire. Le plan cadastral parcellaire (illustration 3) permet d'établir le lien entre le plan cadastral complémentaire et le plan cadastral global du Québec puisque ce sont les données du plan parcellaire qui seront intégrées au plan global.

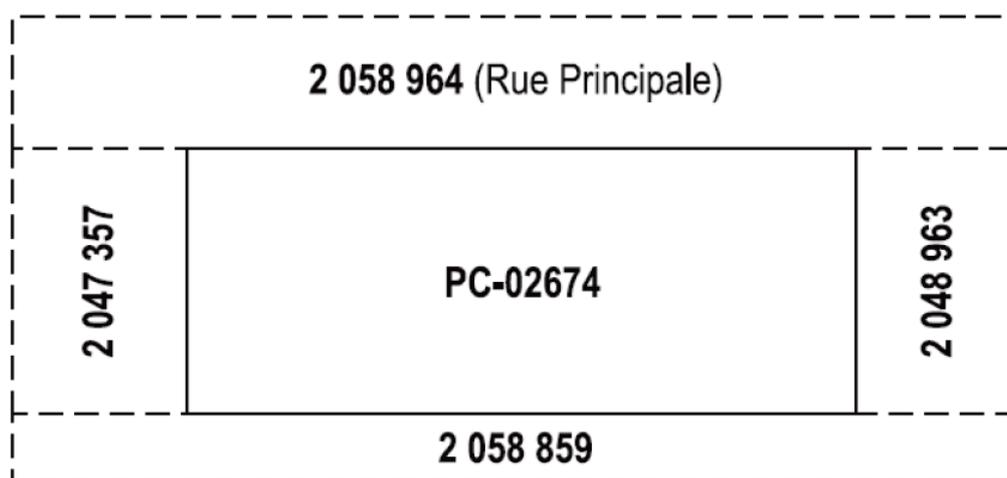


Illustration 3 : plan cadastral parcellaire (MRNF)

Le plan cadastral complémentaire quant à lui se compose de plusieurs éléments obligatoires qui sont les suivants :

- une vue de localisation qui permet de situer la copropriété en montrant le(s) lot(s) sur

- ainsi que des plans par étages sur lesquels on retrouve les superficies, les volumes ainsi que les numéros des lots de la copropriété.

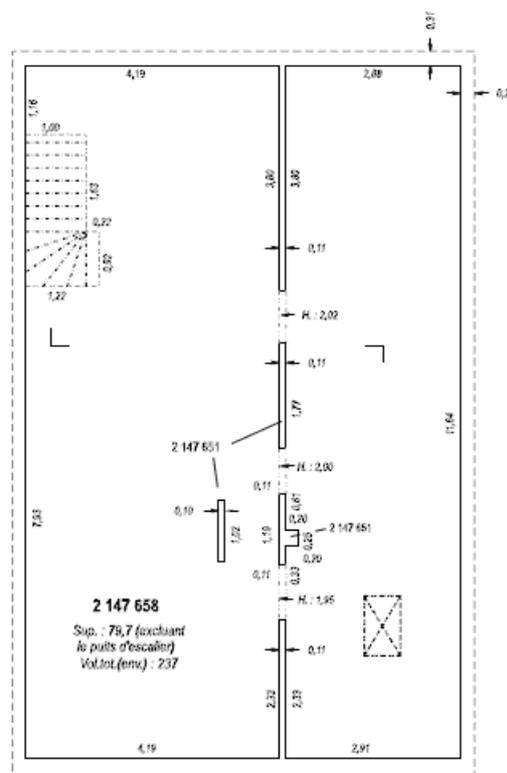


Illustration 6 : plan d'un étage(MRNF)

Ces différents éléments du plan complémentaire sont représentés sur un ou plusieurs feuillets suivant le nombre d'étages à représenter. Ce plan cadastral complémentaire est stocké par le MRNF sous forme de documents images en format PDF et non sous forme vectorielle.

1.1.4 Les limites

Cette norme cadastrale permet donc la représentation de propriétés superposées ce qui est un avantage pour la compréhension de ces situations. Cependant des points négatifs existent. Le premier point est que ces représentations se présentent sous la forme de plusieurs plans de coupes horizontales ou verticales, ainsi cela demande une certaine gymnastique intellectuelle afin de bien comprendre la réalité. De plus certains cas très complexes deviennent vite incompréhensibles. Dans le cas de notre copropriété, qui est plutôt un bâtiment de petite taille par rapport à certains immeubles de quarante étages, on se retrouve déjà avec vingt sept feuilles. Deuxième point négatif, ces plans complémentaires sont enregistrés sous forme de documents images (en PDF) ce qui freine considérablement les possibilités de réutilisation de ces données.

Ainsi la norme cadastrale en vigueur, bien que satisfaisante dans certains cas, atteint ces limites dans d'autres. Elle ne répond plus à toutes les attentes.

1.2 Exemples d'autres cadastres et expérimentations

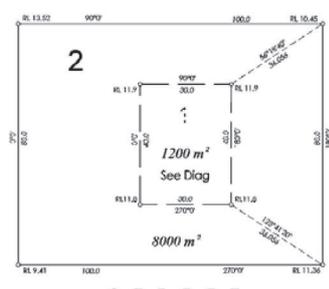
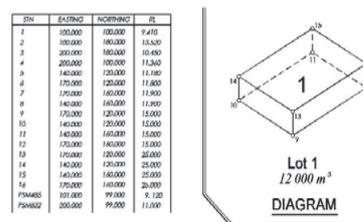
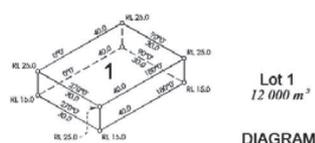
Le problème qui se pose au Québec est donc la gestion et la représentation de la troisième dimension. Le travail de Vasseur(2011) qui s'appuie sur le questionnaire 3D-cadastres de la FIG (Fédération Internationale des Géomètres) ainsi que des recherches complémentaires fait ressortir diverses gestions de la 3e dimension dans le monde dont voici deux exemples intéressants.

1.2.1 le cas du Queensland

Le Queensland est une province australienne qui propose des représentations en 2D mais aussi des définitions de volumes et des documents en perspective.

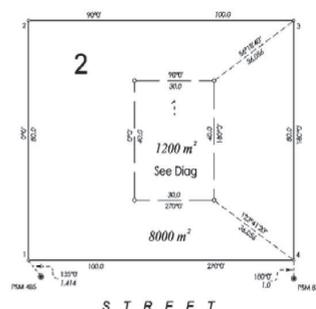
Ainsi on retrouve des plans standards qui définissent des parcelles en 2D avec une numérotation composée de chiffre uniquement. Les plans standards sont très classiques et s'apparentent à la plupart des autres cadastres 2D mais dans le cas de bâtiments en copropriété des plans de bâtiments sont utilisés. Ces plans sont composées de plusieurs feuilles : la première est le plan principal qui montre les limites de la parcelle et qui est comme un plan standard, sur les autres feuilles on retrouve des plans qui s'appuient sur la structure du bâtiment pour définir la copropriété.

Les lots sont alors définis grâce aux murs, planchers et plafonds et sont identifiés par une numérotation spécifique. Ainsi chacun des lots de copropriété sera représenté par une parcelle volumétrique dont les limites sont des surfaces. C'est la représentation de ces parcelles volumétriques qui est intéressante car elle est réalisée au moyen d'une vue isométrique et d'une empreinte au sol (projeté orthogonal sur le sol du maximum de surface de la parcelle volumétrique). Voici des exemple de représentations de ces lots (parcelle volumétrique) de copropriété (illustration 7 et 8).



Datum for AHD: PSM 123 - RL 8.465
Plan of Lots 1 and 2
cancelling Lot 10 on RP123456

Illustration 7 : plan de parcelle volumétrique avec côtes (gouvernement du Queensland)



Datum for AHD: PSM 123 - RL 8.465
Co-Ordinate System: Plane, Origin Str 1 100,000 E, 100,000 N

Illustration 8 : plan de parcelle volumétrique avec coordonnées (gouvernement du Queensland)

Dans le cas du Queensland les limites du système en place sont le manque d'interactivité de la représentation, il n'y a pas de normes pour la représentation en perspective et seulement une partie des bâtiments est concernée par une gestion en 3D ce qui limite les études du voisinage.

1.2.2 Le cas de l'Espagne

Pour la représentation des bâtiments sur son cadastre, l'Espagne utilise des renseignements permettant la reconstruction de ces bâtiments.

Cette codification se présente sous la forme suivante : sur chaque parcelle les formes du bâtiment sont représentées par des sous-parcelles (illustration 9). Pour chaque variation du nombre d'étage ou que la nature du bâtiment change un nouveau polygone est dessiné. Chaque polygone se voit attribué un chiffre romain qui n'est pas le numéro de parcelle (illustration 10) indiquant la nature et/ou le nombre de sous-sols et d'étages. Un signe – indique un sous-sol, un signe + un étage.



Illustration 9 : reconstruction à partir de sous-parcelles(FIG_3D-cadastre_Espagne)

Pour la construction du bâtiment la hauteur des étages est standardisée à 3m et des hauteurs différentes existent selon la nature de l'objet. Exemple pour une terrasse la hauteur est fixée à 1,5m.

En cas de superposition de la propriété (voir illustration 10) la combinaison des attributs permet la reconstitution et l'attribution des différents volumes aux bons propriétaires.

Sur la parcelle 11 située en haut à droite de l'illustration 10 on peut lire : IV 10 II 11 II. Le IV spécifie le nombre d'étage total présent sur la parcelle, 10 II signifie que deux étages appartiennent à la parcelle 10 et 11 II spécifie que deux étages appartiennent à la parcelle 11.

Ce type de numérotation est un des problèmes de ce système car il n'est pas indiqué la disposition relative des lots appartenant à la parcelle 10 et ceux appartenant à la parcelle 11. La situation aurait pu être inversée, la notation aurait été la même. L'utilisation de plan de coupe est donc encore nécessaire.

Un autre problème est l'utilisation de hauteurs standardisées, la représentation peut ne pas correspondre à la réalité.

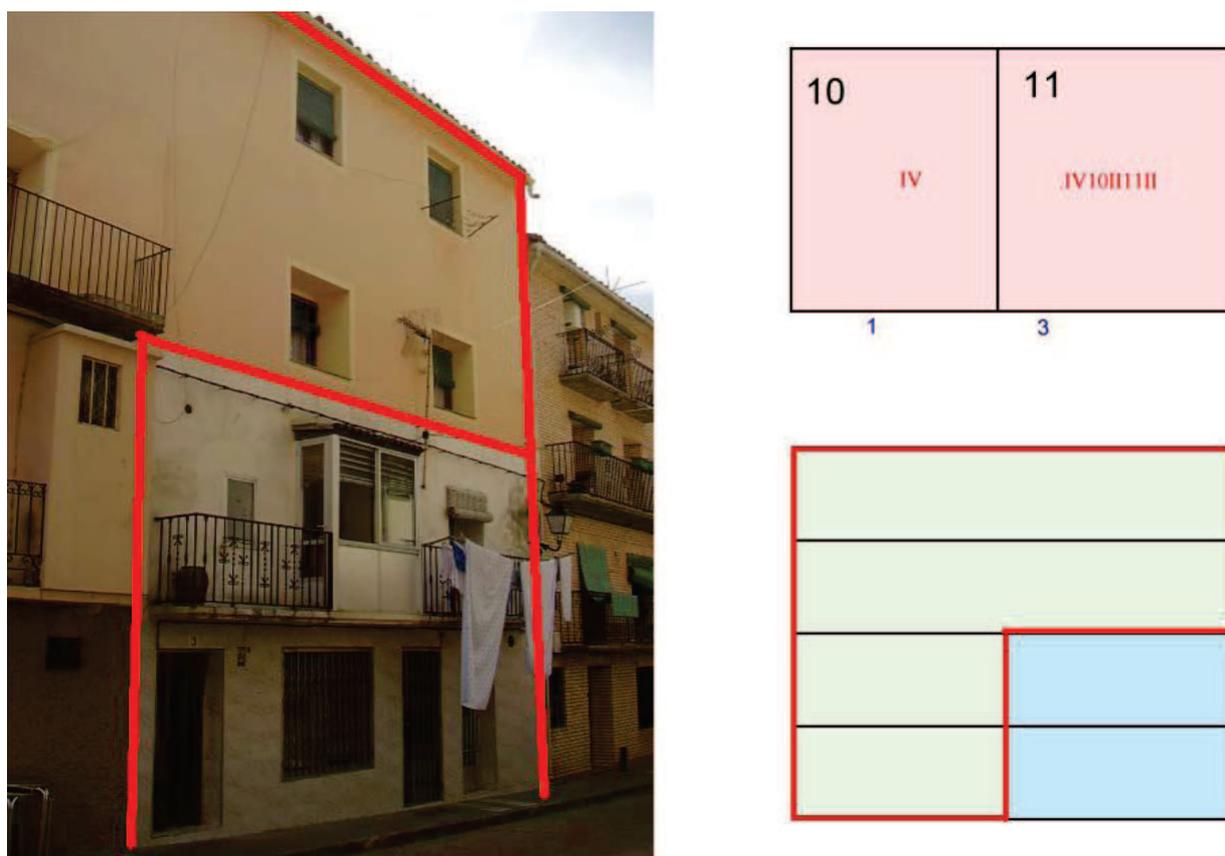


Illustration 10 : superposition de propriétés (FIG_3D-cadastre_Espagne)

Les systèmes précédents (Québec, Queensland, Espagne) sont dits systèmes cadastraux hybrides car ils intègrent la 3e dimension de diverses façons mais restent basés sur une définition de la propriété en 2D qui est la parcelle. Les limitations de tels systèmes ne répondent plus aux besoins présents pour les raisons que nous venons de détailler. À l'heure actuelle ou les besoins sont de plus en plus exigeant concernant les situations de débordement, les bâtiments ayant des géométries complexes ainsi que l'augmentation des situations de superpositions, le besoin de données fidèles à la réalité ainsi que leurs visualisations est nécessaire pour des simulations et des prises de décisions de la part des pouvoirs publics. Il faut donc de nouveaux systèmes cadastraux, et la réponse la plus prometteuse semble être un système de cadastre volumique autrement appelé cadastre 3D.

1.2.3 Expérimentations

La définition de Cadastre 3D que propose Oosterom (2006), président des commissions de la FIG pour les cadastres 3D, est la suivante : « *Un cadastre 3D est un cadastre qui enregistre et explicite des droits et des restrictions non seulement sur les parcelles, mais aussi sur les unités de propriété 3D* ».

Bien que le besoin de cadastre volumique ne date pas d'hier, en effet les références sur l'établissement de tels cadastres que sont « Cadastre 2014 » de Jürg Kaufmann et Daniel Steudler (1998) et « 3D cadastre » de Stoter (2004), la prise de conscience de leur nécessité est plus récente.

C'est ce que rapporte Oosterom (2012) en observant l'intervalle de temps entre les différents séminaires organisés par la FIG. Entre le premier en 2001 et le second en 2011 une décennie s'est écoulée, alors qu'entre le second en 2011 et le troisième en 2012 il n'y a qu'une année. Cette proximité entre les deux derniers séminaires montre bien que l'intérêt porté par les cadastres 3D est de plus en plus fort.

Pendant longtemps seulement des prototypes de cadastre 3D étaient réalisés mais récemment les premiers projets pilotes ont été lancés comme c'est le cas en Russie depuis 2012.

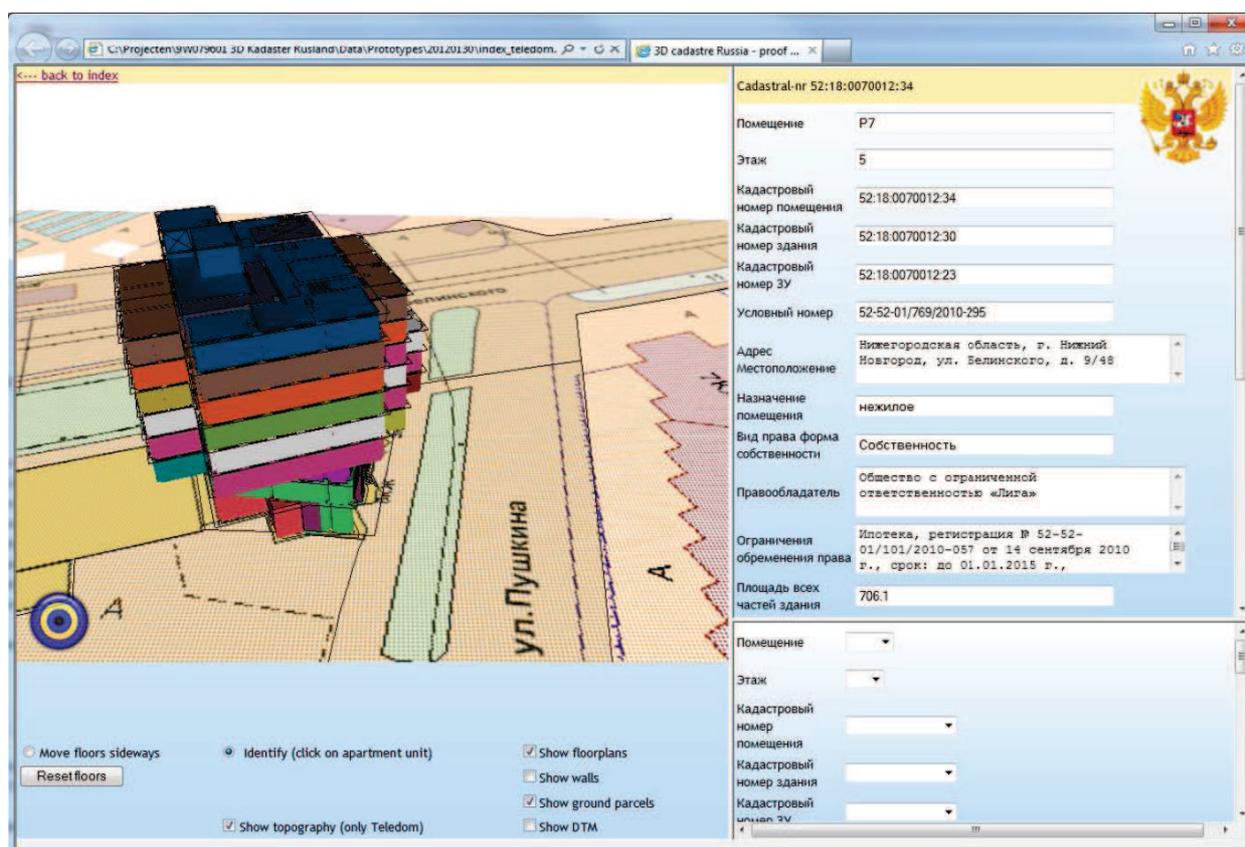


Illustration 11 : interface du projet pilote de cadastre 3D en Russie (FIG)

Ceci est un énorme progrès pour l'avancée des cadastres 3D et pourrait servir de modèle de base pour l'établissement d'autres cadastres 3D de par le monde. Il faut tout de même garder à l'esprit que chaque cas est différent, tous les pays ne définissent pas le droit de propriété ou bien les propriétés superposées de la même manière ainsi de nombreux travaux sont encore nécessaires.

Au cours des différents forums organisés par la FIG, il ressort deux questions principales concernant l'établissement de cadastres 3D sur lesquelles s'appuient les axes de travail. D'une part il y a la question légale concernant les aspects juridiques et les implications aux niveaux des lois qu'entraînent l'établissement des cadastres 3D et d'autre part on retrouve la question technique. Dans cette question technique on retrouve ce qui attire à l'acquisition des données, mais aussi à leur stockage et leur gestion, et pour finir tout ce qui concerne leur visualisation ainsi que leur diffusion. Traiter toutes les questions à la fois est un travail considérable, demandant beaucoup de temps. Dans le cadre de ce mémoire il a fallu se limiter à un point, c'est celui de la visualisation et de la diffusion mais principalement l'aspect visualisation qui a été choisi car correspondant plus au besoin de représentations 3D du plan de cadastre de copropriété verticale.

2 La visualisation 3D

Bien qu'ayant été identifiée comme une question importante du premier séminaire de la FIG sur les cadastres 3D en 2001, les travaux sur la visualisation de données en 3D sont beaucoup moins nombreux que ceux portant sur leur gestion ou leur acquisition. Pourtant l'établissement de principes de représentation des modèles 3D pour en permettre une correcte visualisation est essentiel. En effet sans guides de conception, la visualisation de modèles 3D est laissée libre à l'imaginaire de chacun. Ce qui amène à la production d'une grande diversité de représentations plus ou moins efficaces ou agréables visuellement parlant. Ce travail d'édiction de règles commence donc à peine pour la 3D mais a déjà été réalisé pour la 2D.

2.1 Les principes de la visualisation

La visualisation aborde des domaines de connaissances très variés tel que la psychologie. On peut donner la définition suivante : « La visualisation consiste à traduire, à transcrire ou encore à coder l'information retenue dans une forme visuelle pertinente: il s'agit de construire un schéma graphique, une image, etc. adéquat par rapport à l'information qu'il faut communiquer ainsi qu'aux relations logiques sous-jacentes. Il faut donc considérer chaque type de représentation visuelle comme une forme de communication spécifique, comme un langage, possédant ses règles et son code » (source <http://tecfa.unige.ch>). Ce qui nous intéresse est la visualisation de représentations cartographiques. Dans ce domaine de la cartographie on ne parle plus de règles de visualisation mais de sémiologie graphique.

2.1.1 Les travaux de Bertin

Jacques Bertin est un cartographe français et il est considéré comme le père de la sémiologie graphique (Bertin, 1967) qu'il définit comme suit : la sémiologie graphique est « l'ensemble des règles d'un système graphique de signes pour la transmission d'une information ». La sémiologie s'intéresse donc aux signes graphiques, c'est à dire aux symboles visuels, et comment ces symboles peuvent transmettre un message, une information issue de données textuelles ou digitales. Les symboles qu'il identifie sont le point, la ligne et la surface pour les plans papiers. Ces symboles peuvent être affectés par des variables visuelles.

2.1.1.1 Les variables visuelles

Dans ces travaux Bertin définit sept variables visuelles différentes. Ces variables sont les suivantes :

- la position : cette variable visuelle correspond à une variation d'espace entre deux symboles. En effet il est possible d'augmenter ou de réduire la distance entre deux symboles.

- la taille (size en anglais): correspond à un changement de la taille du symbole, de son aire ou en utilisant la répétition de ce symbole. La taille peut être augmentée ou réduite.
- la forme (shape en anglais): correspond à un changement de la forme du symbole, carré/rond/étoile/triangle...
- la valeur (value en anglais): correspond au pourcentage de lumière présente ou son absence, va du blanc avec 100% de lumière au noir 0% de lumière
- l'orientation: il est possible de changer l'orientation générale d'un symbole
- la couleur (color en anglais): un changement de couleur correspond à un changement de teinte sans changer de valeur. La transparence et la saturation sont aussi considérées comme des couleurs
- la texture : la texture est le motif ou le matériau appliqué au symbole.

L'illustration suivante présente toutes ces variables.

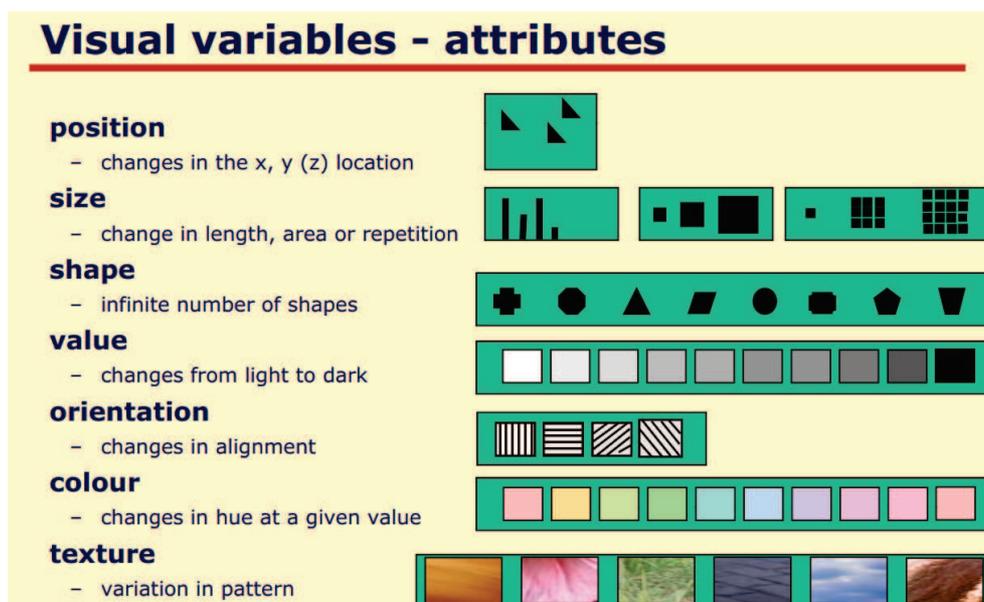


Illustration 12: les variables visuelles (STA@[2013])

2.1.1.2 Les tâches d'interprétations visuelles

En plus de ces variables visuelles, Bertin identifie des tâches d'interprétation visuelle qu'il appelle les caractéristiques des variables visuelles. Elles sont au nombre de cinq :

- sélective : une variable visuelle peut être dite sélective si elle permet de distinguer deux symboles d'un groupe de symboles en se basant uniquement sur cette variable visuelle.

- associative : une variable visuelle est dite associative si elle permet à un utilisateur de distinguer deux groupes de symboles en n'utilisant que cette variable pour y parvenir.
- quantitative : une variable visuelle est dite quantitative si une relation numérique peut être établie par un changement de cette variable
- ordre (order en anglais): une variable visuelle peut permettre de définir un ordre si des changements sur la variable visuelle permettent d'établir un classement, un ordre
- longueur (length en anglais) : la longueur correspond au nombre de changements qu'il est possible d'effectuer sur une variable visuelle afin que cette dernière reste différenciable.

L'illustration suivante montre ces différentes tâches d'interprétation appliquées à une variable visuelle : la taille du symbole.

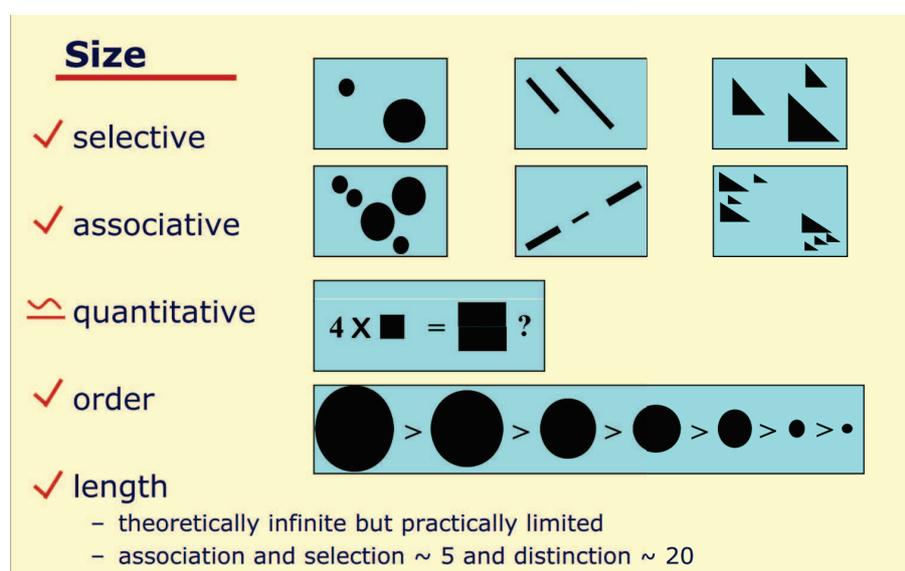


Illustration 13: tâches appliquées à la taille (STA@[2013])

Bien que les travaux de Bertin soient toujours une référence ils apparaissent aujourd'hui comme étant dépassés.

2.1.2 De la 2D à la 3D

En effet ces travaux ont comme support le plan papier 2D or ce qui nous intéresse est la visualisation 3D. Pour précision, lorsque l'on parle de visualisation 3D dans ce mémoire on parle de représentation en perspective sur un écran 2D. Il ne sera pas question de représentation en perspective sur un support papier, ni de vision en stéréoscopie, ni de réalité augmentée.

La première question qui se pose est de savoir si les travaux réalisés en 2D sont utilisables pour de la 3D. C'est ce que les travaux de Wang et al.(2012) proposent de réaliser en appliquant les variables

visuelles définies par Bertin à des modèles 3D afin de vérifier lesquelles sont les plus adaptées suivant des exigences demandées. Ce qui en ressort c'est que la couleur et la taille sont les variables qui répondent le mieux aux différentes exigences testées.

Ces travaux restent tout de même assez limités puisqu'ils se basent sur les variables visuelles de Bertin or l'utilisation du support informatique ainsi que la représentation en perspective entraînent l'apparition de nouveaux éléments non pris en compte par les travaux de Bertin.

En effet lorsque l'on passe d'un plan 2D papier à un modèle 3D de nombreux paramètres vont évoluer.

Tout d'abord il n'y a plus du tout le même rapport à l'échelle pour l'utilisateur. Dans l'emploi d'un support papier l'échelle est fixe et suivant l'échelle utilisée la précision des données est affectée. Cela est dû au fait qu'on ne puisse représenter que ce que l'œil humain est capable de discerner. Lors de l'emploi du support informatique l'utilisateur n'est plus contraint par l'échelle car il peut la faire varier à sa guise par un simple zoom avant ou arrière. Cependant il n'est pas possible de représenter tout les éléments présents sur une petite échelle à une grande échelle, on fait intervenir alors la notion de LOD (Level Of Detail : niveau de détail en français) afin de conserver une carte ou bien un modèle 3D cohérent et pas surchargé. Cette question des niveaux de détails a été traitée principalement pour des outils de représentations cartographiques 2D mais aussi dans le cadre du langage CityGML (illustration 14) qui le format standard international pour l'échange de données spatiales et des modèles de villes 3D dans les domaines de l'urbanisme et de gestion des risques.

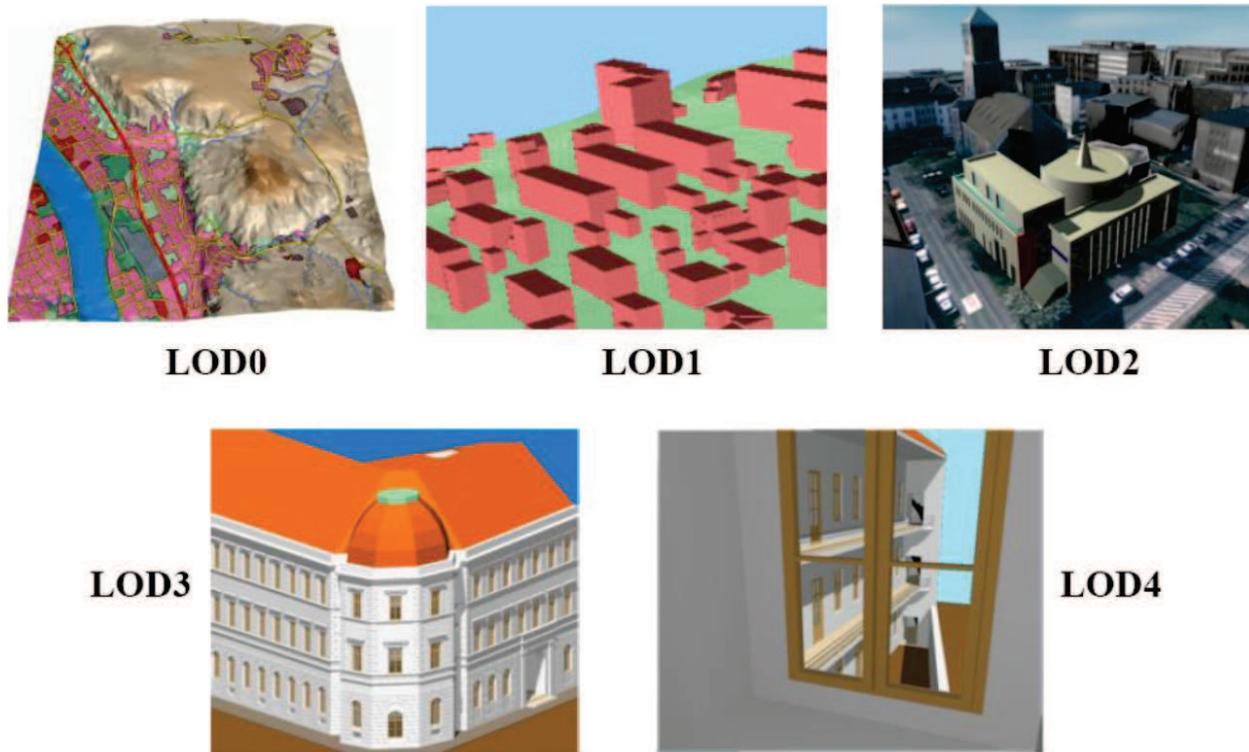


Illustration 14 : LOD pour le CityGML(KOLBE et al. 2007)

Autre élément nouveau, l'utilisation du support informatique permet la régénération du modèle en temps réel ce qui ouvre la possibilité de se déplacer autour ou dans le modèle c'est à dire la capacité de mouvement(motion en anglais). Cela implique aussi de nombreux angles de vues différents, des

jeux de lumières (éclairages, ombres) différents en fonction de la position. Autant de paramètres qui ne sont pas régis par des règles. Ainsi chaque créateur de programmes développe à sa manière les logiciels de gestion de modèles 3D et l'apparition de nouveaux logiciels est plus rapide que le temps mis par la recherche pour l'énonciation de ces règles de visualisations. On se retrouve alors avec de plus en plus de logiciels permettant de réaliser des visualisations 3D (autocad, sketchup, blender, 3DS max) travaillant avec des schémas propres et aussi de plus en plus d'utilisateurs développant leur propres stratégies de rendus visuels (illustration 15).



Illustration 15 : différentes visualisations (FIG)

Un autre phénomène peut se produire avec l'utilisation des rendus 3D, celui de vouloir modifier la réalité, soit en embellissant la réalité soit en la minimisant pour mieux vendre un projet par exemple. Face à ces enjeux des réponses voient le jour telle que la création d'une charte d'éthique pour la 3D.

2.1.3 Charte d'éthique pour la 3D

D'après le site 3Dok.info de la charte 3D : « *La troisième dimension (3D) constitue sans conteste une percée majeure en matière d'outils de politiques publiques. Cela concerne aussi bien la gestion du territoire au quotidien, que la compréhension des projets d'aménagement, la concertation entre les collectivités, les élus et la population, mais aussi et surtout l'aide à la prise de décision* ». Étant un outil d'aide à la décision il est nécessaire de garantir la justesse des données et des représentations afin d'éviter les mauvaises surprises comme le montre ces deux images du théâtre de Fribourg en Suisse.



Illustration 16 : le projet du théâtre (3Dok.info)

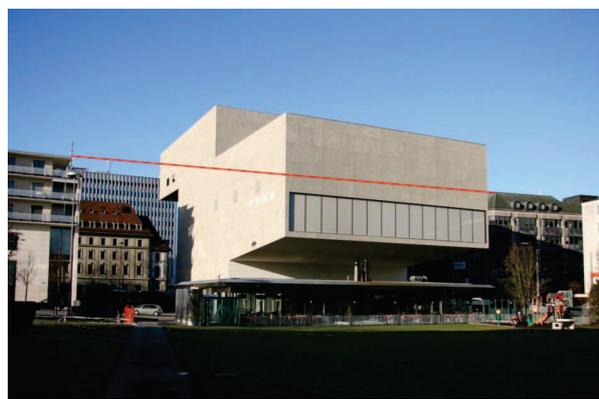


Illustration 17 : le théâtre construit (3Dok.info)

La charte (annexe 1) créée s'appuie sur trois principes. Un principe de crédibilité afin d'assurer une juste représentation, un principe de transparence afin de fournir les informations sur les données et éléments représentés et un principe de développement de réseaux et formation 3D pour partager les bonnes pratiques, encourager la formation et la recherche et promouvoir la charte d'éthique de la 3D.

Parmi les adhérents à la charte on retrouve l'IGN (Institut Géographique National), la République et canton de Genève et l'Ordre des arpenteurs-géomètres du Québec.

Cependant bien que posant des règles sur la visualisation 3D, ces règles s'appliquent au résultat final et n'expliquent pas comment y parvenir mais insistent sur la nécessité d'observer ces règles. Ainsi la production de modèle 3D reste empirique.

2.2 La réalisation du modèle 3D et sa visualisation

Le visualisation 3D à réaliser est celle du bâtiment présenté en introduction, il s'agit d'une construction de neuf étages avec un niveau en sous-sol. N'ayant pas de guide à disposition, la réalisation de cette visualisation se base sur l'expérience personnelle.

2.2.1 La construction du modèle de base

Dans le cas présent le modèle 3D du bâtiment n'existait pas. Les seules données étant les différentes feuilles du plan complémentaire du cadastre de transition. Ces données se présentent sous la forme de fichiers .dwg qui est le format de dessin d'Autocad et sont au nombre de 27 (annexe 2).

Autocad étant le logiciel le plus utilisé au sein de l'entreprise dans laquelle cette expérimentation a été effectuée, le premier choix fut de garder Autocad comme logiciel de travail. De plus cela permettait de tester les capacités de ce logiciel par rapport aux besoins de la modélisation et de la visualisation 3D. La version utilisée est Autocad Civil3D 2010.

De plus Autocad permet l'utilisation de plusieurs couches ce qui est très utile pour organiser son modèle et gérer des groupes d'entités de manières différentes.

Pour construire le modèle 3D chaque feuille du plan complémentaire correspondant à des coupes horizontales de bâtiment a été importé dans un seul et même fichier. Pour les placer en X et Y la limite cadastrale du lot commun principal sert de référence. Pour la composante Z chaque feuille est placée à l'altitude indiquée par le texte de celle-ci. Ensuite les volumes sont développés à partir des surfaces présentent et suivant la hauteur indiquée sur chaque coupe.

Ainsi pour la feuille 12 qui correspond à la vue en plan de l'altitude 24,76m à 28,34m on l'insère dans le fichier général à l'altitude 24,76m et les volumes seront créés avec une hauteur de 3,58m c'est à dire qu'ils débiteront à l'altitude 24,76m et arriveront à 28,34m. Ceci est répété pour toutes les feuilles et pour tous les volumes. Il n'y a pas d'automatisation de ces tâches.

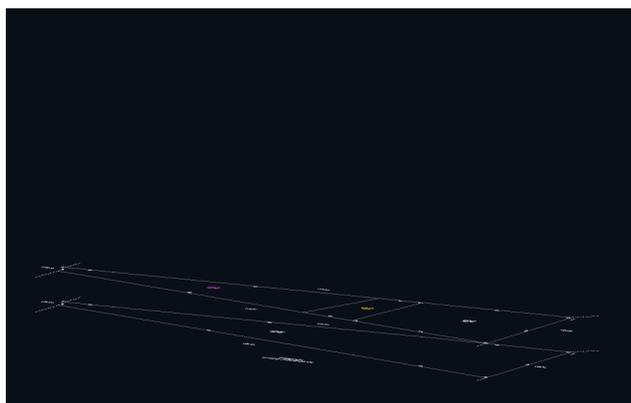


Illustration 18: assemblage de 2 feuilles

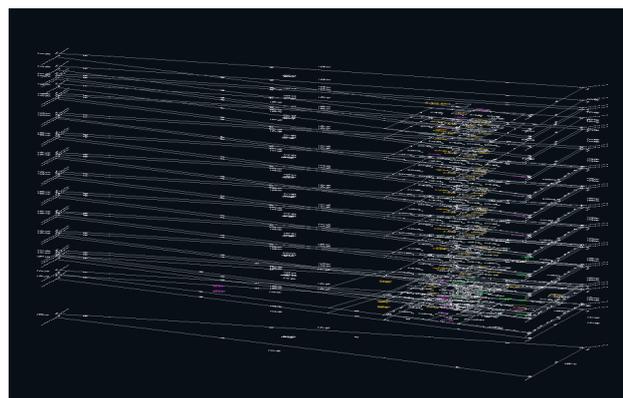


Illustration 19 : assemblage des 27 feuilles

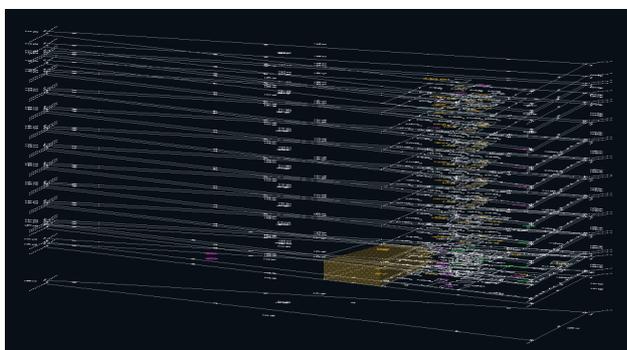


Illustration 20 : création d'un premier volume

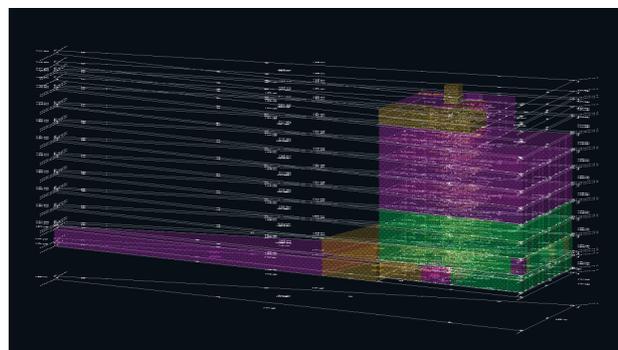


Illustration 21: tous les volumes créés

2.2.2 Les choix effectués

Maintenant le modèle 3D de base construit, la phase de réalisation de la visualisation peut débuter. La chose primordiale pour réaliser une bonne visualisation est de connaître les besoins des futurs utilisateurs de cette visualisation.

2.2.2.1 Les besoins

La représentation 3D de ce bâtiment bien qu'elle ait été demandée par les notaires ne leur est pas directement adressée. Ce sont les futurs propriétaires qui sont les utilisateurs principalement visés. Le premier besoin identifié est de permettre aux futurs propriétaires de se faire une meilleure représentation dans l'espace des différents lots. Un autre besoin est de pouvoir se déplacer dans le modèle. Et un dernier point concernait les annotations et les légendes qui n'étaient pas adaptées à une visualisation 3D car les annotations sont fixes et dès que l'on change d'angle de vue il devient parfois impossible de pouvoir les lire.

2.2.2.2 Les réponses : amélioration du modèle de base et variables visuelles utilisées

Afin de répondre au premier besoin l'utilisation de variables visuelles est nécessaire. Le travail de Wang et Al.(2012) sur la capacité d'utilisation des variables visuelle de Bertin pour un modèle 3D montre que la couleur est une variable adaptée à quasiment tout type d'exigences pour les cadastres 3D. Dans les feuilles du plan complémentaire une distinction par la couleur était déjà réalisée afin de déterminer quels lots sont communs, lesquels appartiennent à l'OMHQ et lesquels reviennent au CMQ. Ces couleurs ont été maintenues. Cependant lorsque l'on applique des couleurs à des volumes il n'est plus possible de voir ce qui se trouve derrière ce volume. Des occlusions apparaissent comme le montre l'illustration 22. Le choix retenu pour limiter ce phénomène est l'emploi de transparence (voir illustration 27). C'est pour ces raisons d'occlusions que le lot commun principal n'est pas représenté, en effet même représenté en transparence sa présence alourdit le dessin.

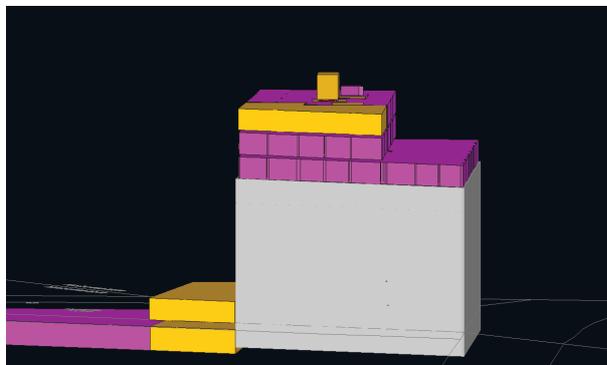


Illustration 22 : murs et volumes non transparents

La couleur d'un lot permet de reconnaître un volume correspondant à un lot vis à vis d'un autre volume mais il est difficile de comprendre les limites associées à ces lots uniquement via cette variable. Pour cela il faut utiliser un moyen d'attirer l'attention sur les limites. La solution retenue est toujours l'application de couleur mais cette fois-ci c'est une couleur uniforme pour toutes les limites de lots sans distinction entre lots communs, lots privés. De plus cette couleur doit être différente de celles employées pour les volumes. Finalement c'est la représentation classique des limites de cadastre qui s'est imposée, c'est à dire des lignes de couleur noire et sans transparence.

En ce qui concerne les annotations toutes les informations cadastrales sont conservées cependant lors de la création du modèle de base seulement les numéros de lots ont été représentés. Par la suite les cotes ainsi que les superficies et les volumes furent implémentés. Pour le besoin de les adapter à la visualisation 3D il existe dans certains logiciels la possibilité de créer du texte qui conserve la même orientation par rapport à l'écran peut importe l'angle de vue utilisé pour le modèle 3D. Mais cette solution n'existe pas dans Autocad Civil 3D 2010. Afin d'essayer de répondre au mieux à cette exigence de visualisation des annotations le numéro des lots a été dupliqué en utilisant une nouvelle orientation et une nouvelle position comme le montre l'illustration 23. Cette solution montre que de nouvelles occlusions apparaissent entre les numéros de lots eux mêmes. Et laisse à penser que même avec des annotations 3D qui garderaient la même orientation par rapport à l'écran le problème d'occlusion serait identique. Pour les besoins de navigation, Autocad est bien adapté cependant ce n'est pas un logiciel libre cela limite beaucoup l'accès pour des utilisateurs non professionnels. Il fallait alors une autre solution.

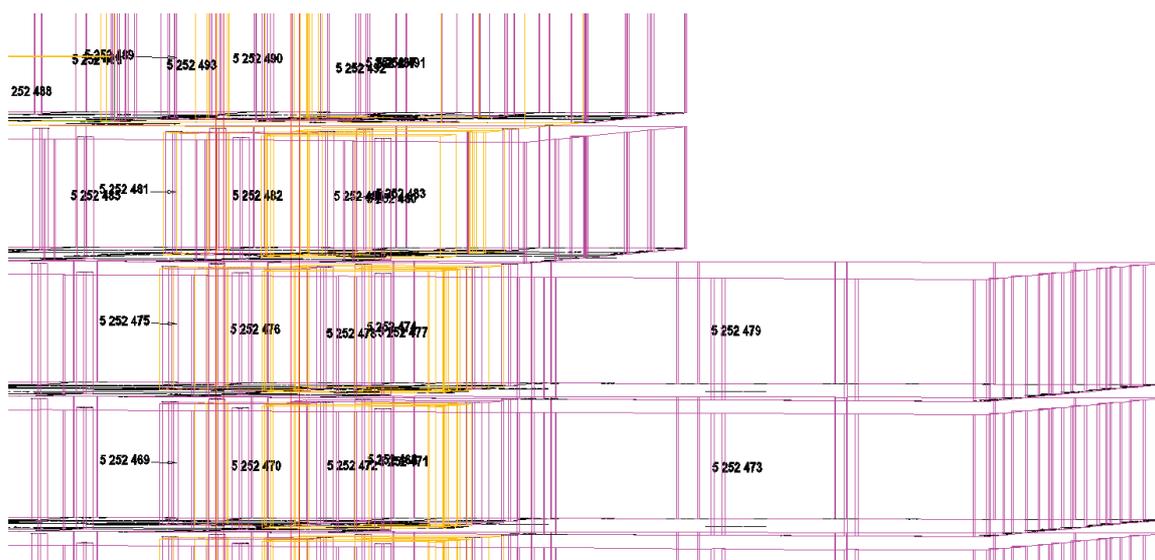


Illustration 23 : annotations à la verticale

Le format d'échange recherché doit permettre à un grand nombre de personnes de pouvoir l'utiliser mais aussi que ce format permette la navigation dans le modèle. Une solution possible aurait pu être un outil de visualisation via une interface en ligne, mais cette solution nécessite un accès internet or lors de réunion de chantier cela peut s'avérer compliqué ou bien coûteux. Une solution permettant un accès au plus grand nombre, la possibilité de navigation dans le modèle et une utilisation sans connexion est l'utilisation du format PDF 3D.

Ensuite au fur et à mesure des éléments manquant sont venus compléter le modèle tel que la construction des murs(illustration 24), des escaliers en bleu et de volumes en rouge représentant les ascenseurs (illustration 24). Ces éléments aident à la compréhension.

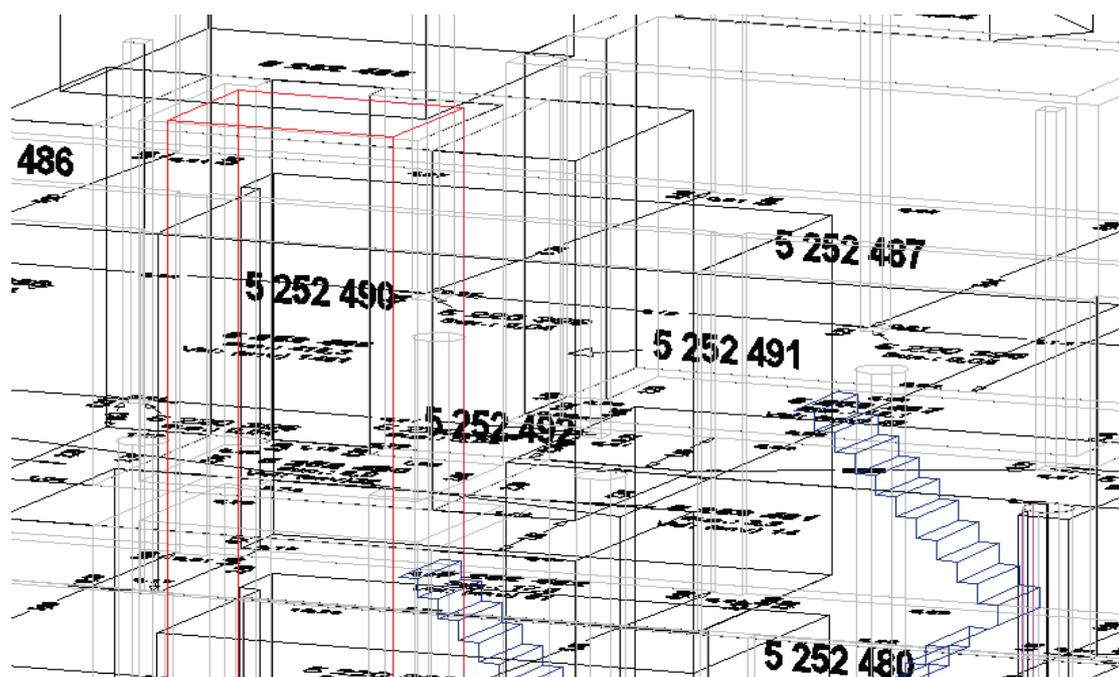


Illustration 24 : modèle avec escaliers et ascenseurs

2.2.3 Résultats

Maintenant que les besoins sont identifiés et que les modèle 3D existent nous allons passer aux visualisations réalisées à partir de ces modèles.

2.2.3.1 Les visualisations

Une première visualisation très simpliste avait déjà été réalisé pour les besoins de la commande avec simplement les murs représentés en couleur suivant les propriétaires ainsi que les ascenseurs et les escaliers (illustrations 25 et 26).

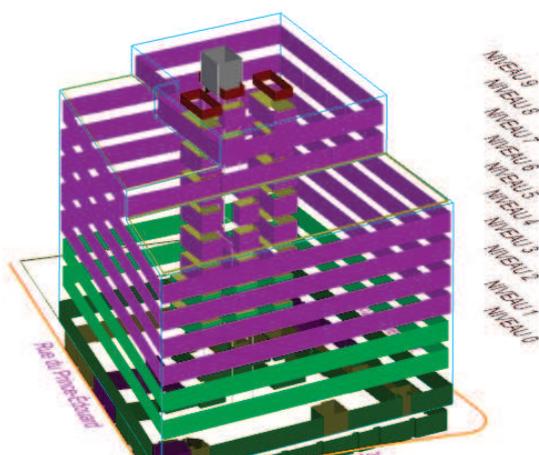


Illustration 25 : 1ere visualisation 1/2

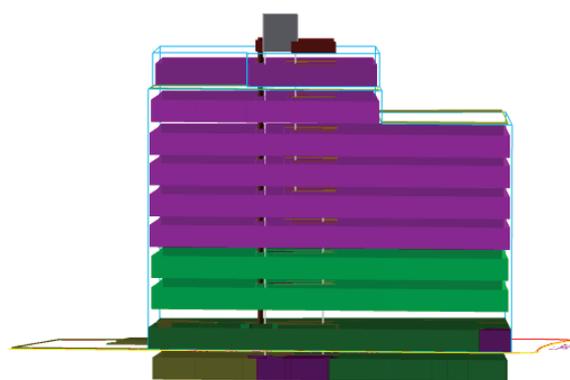


Illustration 26 : 1ere visualisation 2/2

C'est sur cette visualisation que le problème de lecture des annotations a été identifié. Parvenir à bien se représenter les volumes n'est pas très évident sur cette représentation car il y a beaucoup de vides mais cela compense l'opacité des faces extérieures. Il est à noter que cette première visualisation n'utilise pas le modèle 3D décrit plus haut mais un autre plus basique créé sous Microstation de Bentley.

La deuxième visualisation réalisée correspond à la première visualisation utilisant le nouveau modèle 3D. On y retrouve uniquement les éléments présents sur les feuilles du plan complémentaire. Ainsi on ne retrouve comme annotations que les numéros de lots.

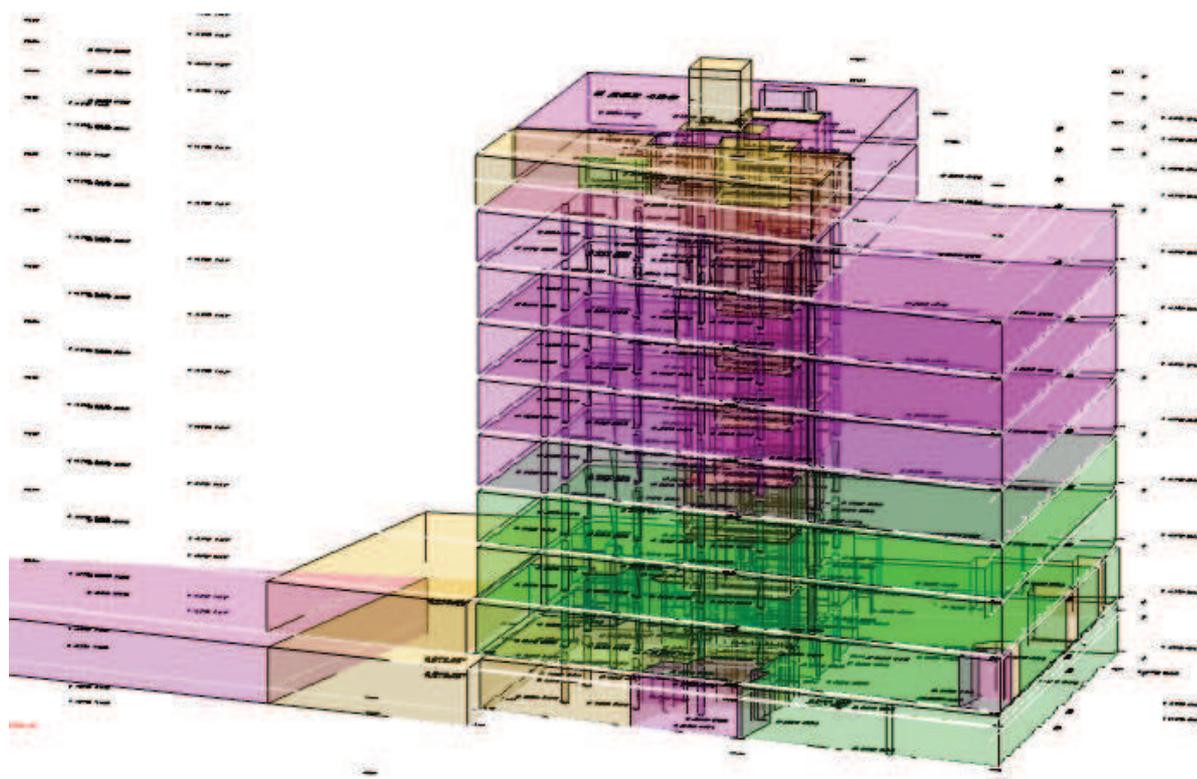


Illustration 27 : 2eme visualisation

L'utilisation du logiciel Adobe Reader permet l'affichage et le contrôle de l'arborescence du modèle 3D, ce qui permet d'afficher ou non certaines informations. L'illustration 28 montre cette arborescence et sur l'illustration 29 un exemple d'affichage est présenté. Cette fonction est très utile car elle permet d'organiser la visualisation comme on le souhaite en faisant apparaître uniquement les éléments qui nous intéressent selon nos besoins.

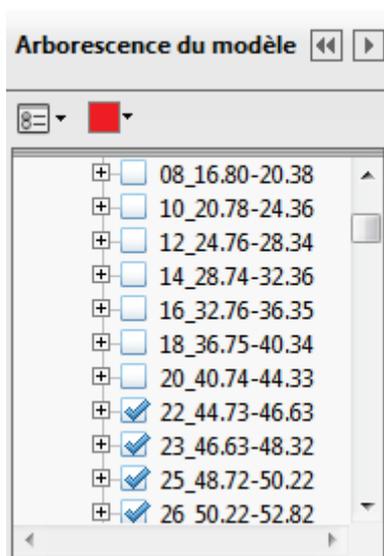


Illustration 28: arborescence

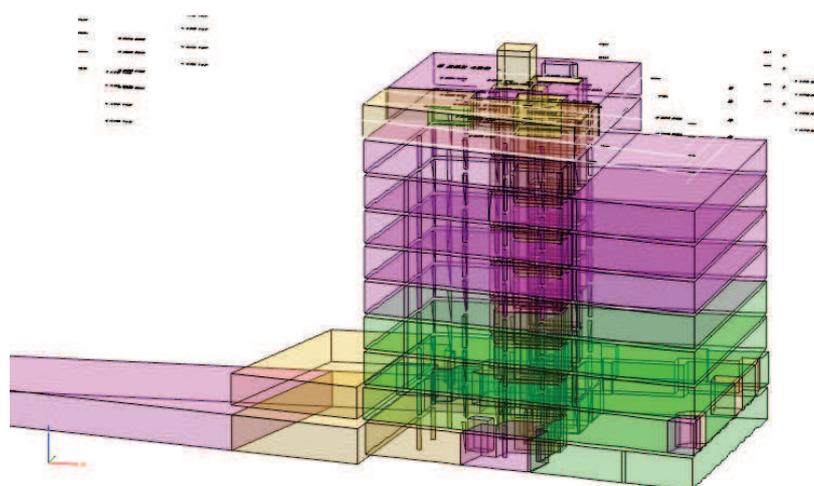


Illustration 29: 2eme visualisation avec sélection pour l'affichage

Une troisième et dernière visualisation (illustration 30) a été réalisée en améliorant quelques éléments du modèle 3D précédent. Les annotations de superficie et de surface ont été ajoutées ainsi que les côtes. Les annotations des numéros de lots se trouvent à la verticale en plus d'être sur le plan horizontal. D'autres annotations ont été supprimées afin de ne pas encombrer la vue. Les murs du bâtiment sont présents également ainsi que les géométries des parcelles voisines.

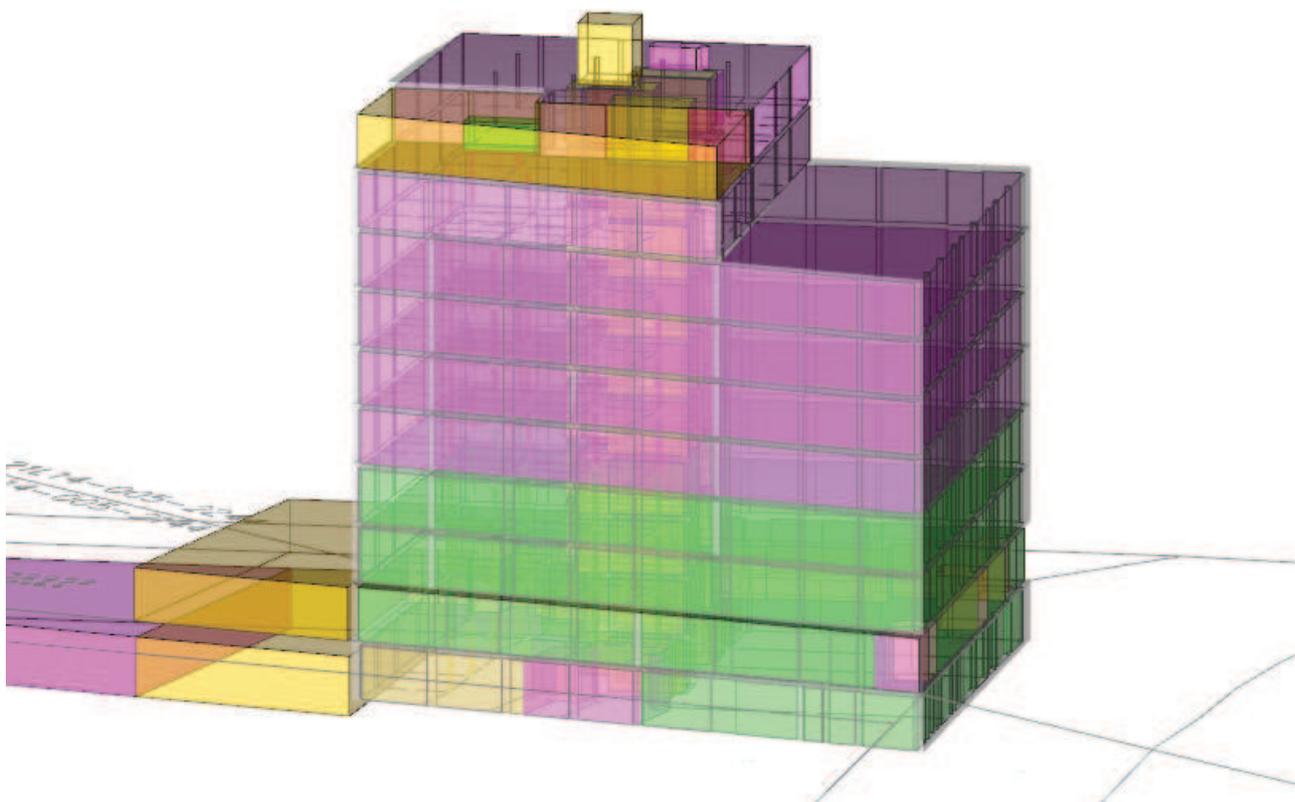


Illustration 30 : 3eme visualisation

2.2.3.2 Les problèmes rencontrés

Malgré des points positifs tout ne c'est pas toujours déroulé comme cela était espéré. Lors de la conversion du format dwg au format PDF de la deuxième visualisation des défauts sont apparus sur la représentation au niveau des murs ainsi que sur les piliers (illustrations 31 et 32).

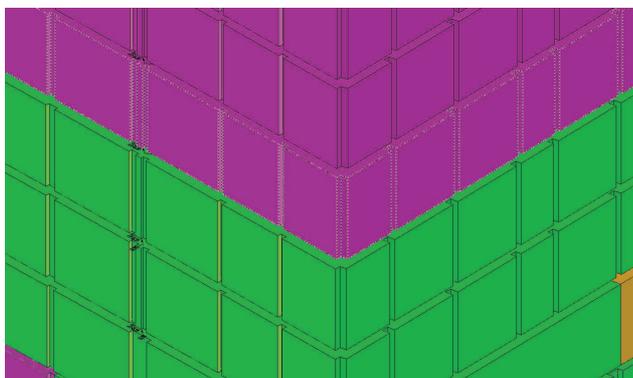


Illustration 31 : forme des murs



Illustration 32 : déformation du modèle

Les murs apparaissent lisses et les piliers se transforment en triangles dans certains cas pour le format de sortie en PDF. Ce problème correspondait en réalité à un mauvais réglage de l'échelle de conversion. Pour la conversion de la troisième visualisation ce problème a été réglé mais d'autres sont apparus.

Dans la troisième visualisation le modèle 3D utilisé comportait énormément d'informations pour les annotations et chaque volume appartenait à une couche spécifique. Lors de la conversion les couches n'ont pas été respectées et les informations du modèle de base ne se retrouvent pas entièrement à la sortie.

Ainsi le convertisseur de dwg en PDF utilisé (celui intégré à Microstation) fut mis de côté pour rechercher une solution de remplacement. Aucuns logiciels gratuits n'ont été trouvés, ce qui a très vite limité l'option de l'utilisation du PDF. Un essai avec FME (Feature Manipulation Engine) un outil d'extraction de transformation et de chargement des données géographiques fut tenté à l'université et là encore ce fut un échec. Pour la transformation des volumes et des lignes, FME est très efficace mais concernant les annotations aucune ne fut convertie.

2.2.3.3 Bilan

De cette expérience de réalisation de représentations visuelles il ressort qu'Autocad est compétent pour la construction du modèle mais pour la réalisation de représentations c'est une toute autre histoire. Les possibilités visuelles sont très limitées et difficiles à régler notamment pour la transparence. Autre inconvénient, la visualisation du modèle en 3D demande énormément de ressources à l'ordinateur et sous Autocad Civil 3D 2010 les volumes sont très compliqués à gérer ce qui ralentit beaucoup la régénération du modèle. Pour finir Autocad étant un logiciel payant il peut être compliqué pour un public non professionnel d'utiliser le type de fichier qu'il génère, d'autant plus que le format dwg évolue toutes les années et Autodesk, la compagnie détentrice de la licence, ne publie pas totalement les évolutions, ce qui a pour incidence de nombreuses non compatibilités avec d'autres produits.

Concernant l'utilisation du format PDF 3D, le principal avantage est qu'il est accessible à tous et la visualisation ne demande pas de grandes capacités à l'ordinateur pour une navigation fluide. Mais de part l'utilisation du format dwg il est très difficile d'obtenir un modèle fiable en sortie vis à vis de celui en entrée.

Une autre possibilité a été imaginée à la fin, celle de l'utilisation de Trueview qui permet de visualiser les formats d'Autocad, mais elle n'a pas pu être testée.

2.3 Réflexion sur les possibilités d'utilisation juridique

Le but ici n'est pas de faire un travail en profondeur pour affirmer que de telles représentations peuvent être utilisées juridiquement mais d'apporter des éléments de réponse quant à une potentielle utilisation.

La dernière visualisation produite était censée être la plus apte à une utilisation juridique mais les erreurs de conversion entre fichiers anéantissent ces espoirs. Il en est de même pour la deuxième visualisation avec les défauts sur les murs et les colonnes, et la première ne présente aucun numéro de lots. Ainsi aucune des visualisations produites sous format PDF ne correspondent aux critères pour une éventuelle utilisation juridique.

Cependant le modèle créé sous Autocad pourrait y satisfaire. En effet sous Autocad il n'y a pas de déformation des objets et on y retrouve toutes les feuilles du plan complémentaire mises ensemble sur lesquelles viennent se placer les volumes. Il est possible de représenter tous les volumes en une seule fois avec toutes les feuilles ou bien avec l'utilisation des choix de couches nommées « calques » sous Autocad (illustration 33) il est possible de se ramener simplement à la visualisation d'une feuille du plan complémentaire. Ainsi le fait de se ramener à une seule feuille revient exactement à ce qui existe déjà et qui est utilisé par tous les professionnels. L'utilisation d'Autocad permet donc de combiner la norme déjà existante avec des possibilités de visualisations plus avancées. La seule différence avec la norme actuelle se situe sur le fait que le support devient informatique (fichier dwg) par rapport au papier (fichier image enregistré en PDF).

Or l'article 5 de la Loi concernant le cadre juridique des technologies de l'information du Québec affirme : « La valeur juridique d'un document, notamment le fait qu'il puisse produire des effets juridiques et être admis en preuve, n'est ni augmentée ni diminuée pour la seule raison qu'un support ou une technologie spécifique a été choisi. » Et aussi de rajouter : « le document dont l'intégrité est assurée a la même valeur juridique, qu'il soit sur support papier ou sur un autre support, dans la mesure où, s'il s'agit d'un document technologique, il respecte par ailleurs les mêmes règles de droit ». Cet article explique que la valeur juridique d'un document est indépendante du support choisi si l'intégrité de ce dernier est assurée et qu'il respecte les mêmes règles de droit. Dans notre cas si les plans sont produits par les mêmes personnes à savoir les arpenteurs géomètres alors l'intégrité est préservée, et si on y retrouve tout les éléments exigés par la loi alors les règles de droits seraient respectées elles aussi. Le seul problème reste alors la normalisation cadastrale qui devrait évoluer afin de pouvoir traiter ce type de document.

Pour clore cette partie, l'utilisation juridique de ce modèle 3D sous Autocad n'est pas encore possible mais les modifications de loi à faire seraient minimales afin que cela soit le cas.

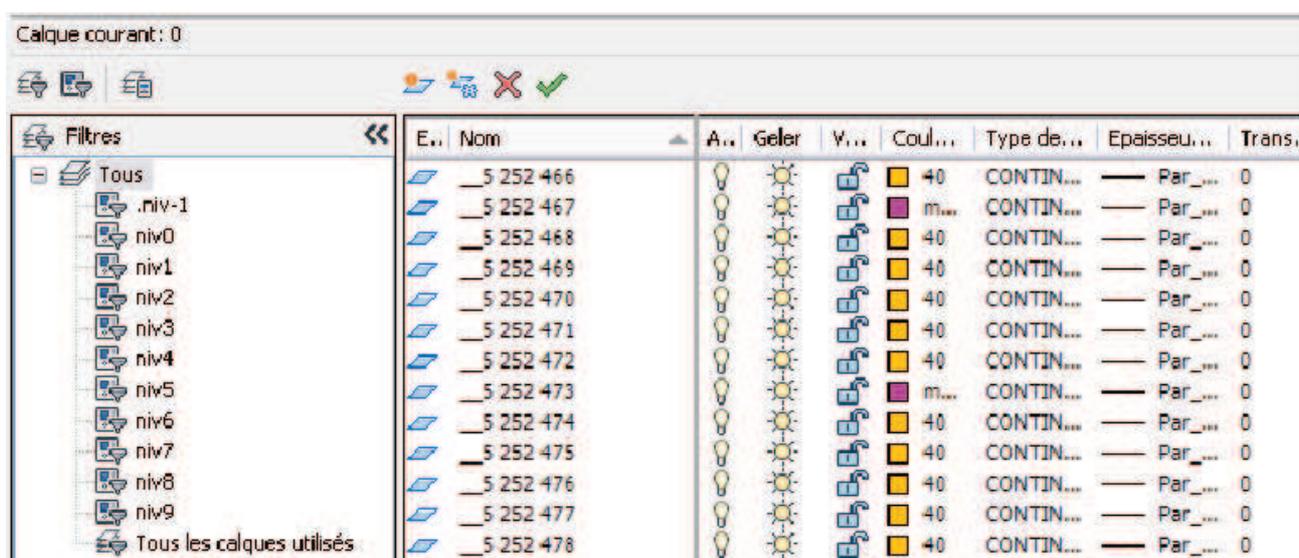


Illustration 33 : gestion des calques sous Autocad

3 Mise en place d'un protocole d'évaluation des variables visuelles

Les représentations réalisées précédemment souffrent du fait qu'aucunes règles permettant de les construire n'existent à ce jour. La recherche dans ce domaine est donc essentielle.

Au sein de l'université Laval, dans le département de géomatique, se trouve le centre de recherche en géomatique qui depuis 2009 est subventionné par une bourse du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRNSG). Le programme de recherche subventionné est le suivant : « L'information géospatiale 3D à la portée du décideur territorial : adaptation des processus de modélisation géométrique 3D ».

C'est dans ce cadre que ce sont déroulés plusieurs travaux dont ceux de Wang et al.(2012) cités un peu plus tôt.

Justement dans la conclusion du travail de Wang et al.(2012) il est dit que de futurs travaux sont nécessaires notamment en utilisant des vraies données cadastrales et en validant des tâches auxquelles doivent répondre les variables visuelles avec des futurs utilisateurs d'un cadastre 3D. C'est ce qui est proposé ici au travers du protocole d'évaluation des variables visuelles qui s'inscrit dans la continuité des travaux engagés par le pôle géomatique.

3.1 Mise en contexte

Ce travail de mise en place de protocole d'évaluation de la performance des variables cartographiques dans le processus de représentation spatiale 3D de condominiums a donc été réalisé conjointement entre le département de géomatique de l'université Laval (Chen Wang étudiant doctorant sous la supervision de Jacynthe Pouliot et la co-supervision du professeur Frédéric Hubert) et la société VRSB.

Pour cet exercice de recherche certains principes ont été retenus comme base de travail. Le premier est que l'utilité de l'emploi des modèles 3D pour l'analyse et la compréhension du cadastre vertical dans le cas de propriétés superposées est prouvé. Il est aussi pris pour acquis que ces modèles cadastraux 3D existent et que le travail ne porte pas sur les étapes d'acquisition des données et de construction du modèle mais bien sur celui de la visualisation. Enfin ce travail se base sur l'utilisation d'écran cathodique (2D) comme support de la visualisation des modèles 3D.

L'hypothèse que l'on cherche à démontrer est que dans un contexte de visualisation 3D d'un modèle cadastral représentant des limites de propriétés de condominiums (éléments abstraits), le choix des variables visuelles propres à la sémiologie graphique est spécifique par rapport à la visualisation 3D d'objets réels.

Les questions de recherche sont les suivantes :

- Quel est le contenu attendu d'un modèle cadastral 3D ?
- Quelles sont les variables visuelles les plus appropriées ?

La méthodologie pour mener à bien ce travail est celle qui suit :

- Utiliser une approche basée sur des entretiens avec des usagers ciblés (les entrepreneurs, les arpenteurs-géomètres, les notaires, les instances municipales, les instances gouvernementales, le grand public).
- Sélectionner un modèle 3D existant montrant des limites de propriété d'un condominium à géométrie complexe.
- Identifier une liste de tâches de visualisation utiles suivant les usagers.
- Identifier une liste de paramètres à tester.
- Réaliser les tests (le temps de réalisation des tests est limité à 1h voir 1h15) avec les usagers afin de faire ressortir les paramètres les plus performants. La performance sera évaluée selon le degré d'appréciation et de préférence de la personne interviewée.

La première étape dans la réalisation de mise en place de ce protocole d'évaluation était donc de trouver un modèle 3D de condominium ainsi que des usagers ciblés. Le condominium et son modèle 3D qui ont été utilisés est le bâtiment situé au 200 Dorchester à Québec ainsi que son modèle 3D présenté dans le chapitre précédent. Pour le public cible de cette étude, les notaires étant demandeurs de visualisations 3D pour le projet, le choix s'est donc tourné vers eux pour une première série de tests. Les notaires pour ce premier test sont aux nombres de trois.

Avant de passer à l'explication des différentes étapes de mise en place de ce protocole il est bon de noter que ces phases qui sont explicitées dans la suite de manière séparées ce sont en réalité déroulées un peu toutes en même temps en interagissant entre elles.

3.2 Sélection des tâches

Une fois les usagers définis, ici les notaires, la prochaine étape est de choisir les tâches de visualisations à tester.

Dans un premier temps onze tâches divisées selon deux aspects sont ressorties. Soit six tâches portant sur les aspects généraux de visualisation :

- attirer l'attention de l'utilisateur vers une unité de condominium
- Être capable de contextualiser le condominium avec son environnement
- Pointer sur un lot 3D spécifique
- Sélectionner un lot 3D spécifique
- Associer deux ou plusieurs lots 3D
- S'orienter selon un angle de vue particulier pour avoir une vision spécifique d'une unité de condominium

Et cinq autres tâches portant sur les aspects d'analyse spatiale :

- Comprendre (dans le sens de distinguer) la relation spatiale entre les limites de propriété d'un lot 3D et les limites du lot parcellaire associé
- Comprendre la relation spatiale entre les limites de propriété d'un lot 3D et l'objet physique auquel elles correspondent

- Comprendre la relation spatiale entre les limites de propriété de plusieurs lots 3D
- Comprendre la différence géométrique entre les lots 3D privés et les lots 3D communs
- Comprendre les différentes annotations placées sur le modèle 3D

Ces onze tâches étaient trop nombreuses pour pouvoir respecter la contrainte de temps fixée à une heure et quinze minutes au maximum. Un choix s'est effectué, suite à des nombreux échanges, pour ne garder que les tâches les plus importantes. Ainsi huit tâches restèrent et la distinction ne s'effectuait plus entre aspects généraux et aspects d'analyse spatiale. Ces huit tâches ont d'abord été sélectionnées en interne puis envoyées au notaires afin de les faire validées.

Les huit tâches retenues sont :

- voir les limites de lots 3D : consiste à reconnaître l'existence des limites de lots 3D
- caractériser un lot 3D spécifique : consiste à reconnaître les attributs d'un lot tel que le numéro de lot, la longueur des limites, la superficie du lot, le volume du lot
- localiser un lot 3D : opération visant à déterminer la position d'un lot 3D
- distinguer les parties privées et les parties communes : consiste à voir et comprendre la distinction entre des parties communes et privées
- distinguer les limites de lots des éléments physiques (tels que les murs ou les escaliers) : consiste à voir et comprendre les limites de propriété d'un lot et les éléments physiques associés
- comprendre la relation spatiale entre le bâtiment et la parcelle terrain associée : il paraît important que les notaires puissent comprendre l'arrangement spatial entre ces entités, en particulier dans les situations où le bâtiment surplombe des parcelles terrains des propriétés avoisinantes
- comprendre la relation spatiale entre un lot spécifique et ses lots 3D adjacents : consiste à comprendre quels sont les lots qui touchent un lot sélectionné sur le même niveau ou sur un niveau différent (supérieur ou inférieur)
- contextualiser le condominium avec son environnement : consiste à voir les éléments qui entourent le condominium et qui servent comme points de repères spatiaux pour l'utilisateur afin de pouvoir situer dans la réalité l'emplacement de ce condominium.

3.3 Créations des solutions visuelles

Une fois les tâches identifiées il a fallu créer des représentations visuelles pour chacune d'entre elles. Pour créer ces solutions visuelles il faut un modèle 3D avec lequel on puisse faire varier les variables visuelles à notre guise. L'idée première était d'utiliser le format PDF afin que, pour le déroulement des entrevues avec les notaires, il n'y ait pas besoin de logiciel informatique spécifique à employer. Mais bien que permettant une visualisation du modèle 3D les outils à notre disposition ne permettait pas de modifier les variables visuelles du modèle hormis la transparence.

Pour remédier à ce problème la solution choisie fut l'utilisation du logiciel Sketchup anciennement appartenant à Google mais qui appartient désormais au groupe Trimble. Sketchup correspondait parfaitement aux attentes concernant les possibilités de modifications des variables visuelles telles que la transparence, la couleur, la taille et l'autre point important était la possibilité d'importer le format .dwg du modèle 3D de base.

Pour chaque tâche de nombreux essais sont réalisés, en jouant à chaque fois sur les variables visuelles comme la texture (illustration 34). Mais aussi sur la position, comme c'est le cas pour l'annotation correspondant au volume pour la tâche 2 (illustration 36). Ou encore l'emploi de couleur, de transparence (illustration 35) ainsi que des variations sur les variables elles mêmes comme le montre la différence de transparence sur l'illustration 37. Le but de ce test étant d'évaluer les variables visuelles aucune légende n'est utilisée dans les solutions visuelles proposées.

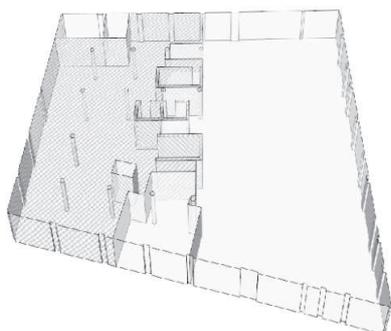


Illustration 34:tâche 5

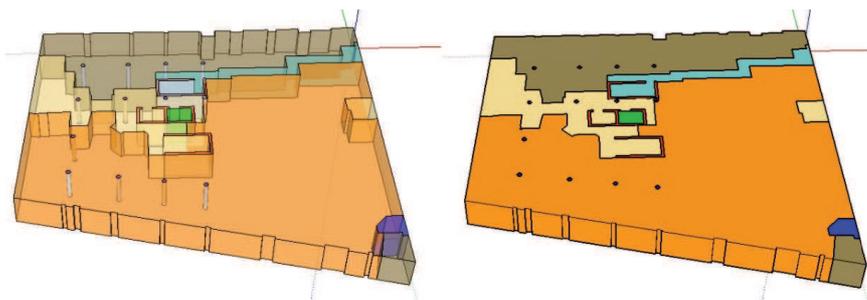


Illustration 35:tâche 1

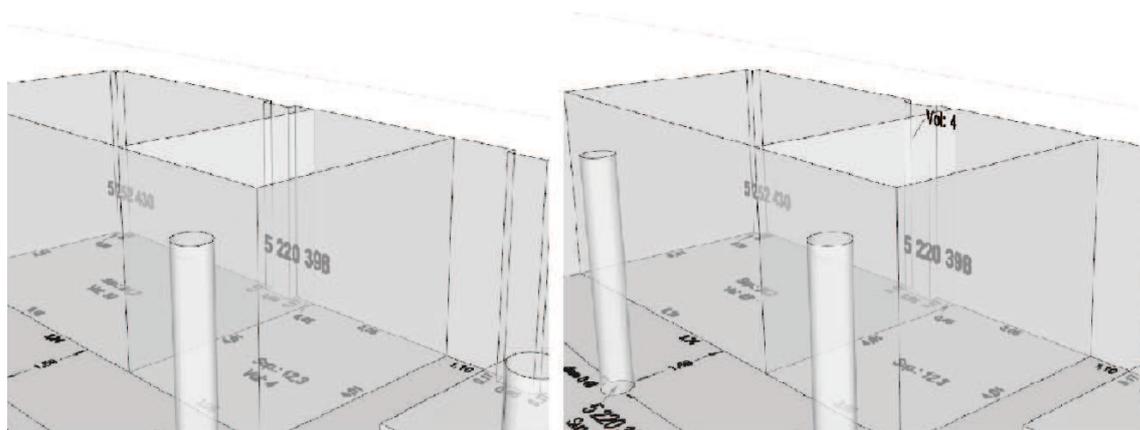


Illustration 36:tâche 2



Illustration 37:tâche 3

Pour la tâche 6 (illustration 38) qui illustre la relation spatiale entre le bâtiment et la parcelle terrain associée on se retrouve ainsi avec neuf solutions créées selon ce qui semblait le plus prometteur pour répondre à la tâche.

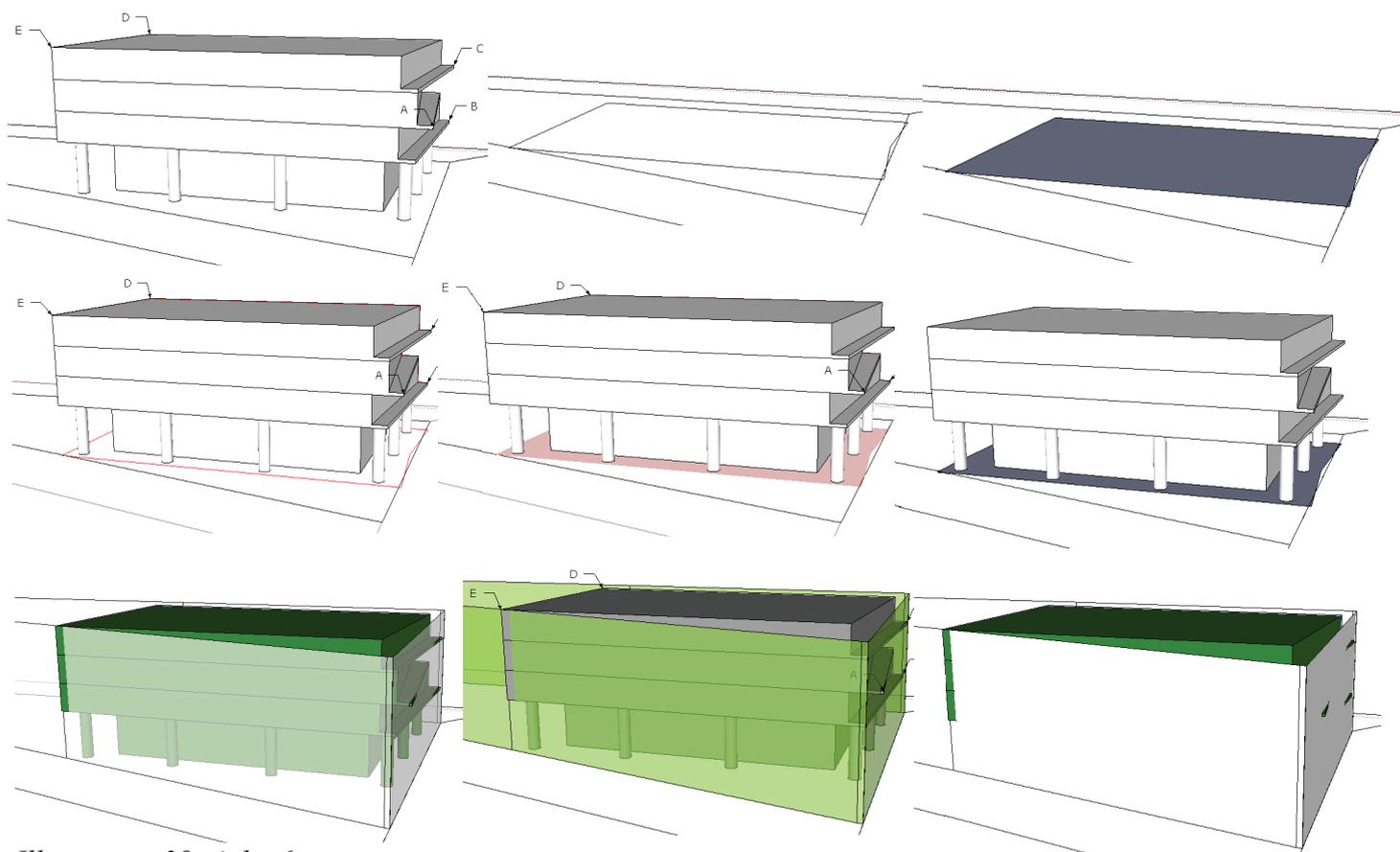


Illustration 38:tâche 6

Uniquement quatre solutions visuelles parmi les neuf sont conservées pour le test. Le nombre de solutions visuelles conservées peut varier selon les tâches mais généralement il se limite à quatre. Cela est dû à la contrainte de temps, car dans l'idéal il faudrait pouvoir tester toutes les solutions et ne pas faire de présélection.

Le modèle 3D du bâtiment pour la tâche 7 est un peu différent de la réalité, car le but de cette tâche est d'aider à la reconnaissance des empiètements éventuels d'un bâtiment sur les parcelles voisines à la sienne, or dans notre cas il n'y en a pas. Il fallait alors modifier notre bâtiment pour se retrouver avec des situations intéressantes à tester. C'est la seule tâche pour laquelle la modification du bâtiment a été nécessaire.

L'ensemble des solutions visuelles retenues se trouvent à l'annexe 3.

3.4 Le protocole

Pour la réalisation des tests avec les notaires la première idée était dans certains cas de présenter des images montrant les solutions visuelles et dans d'autres de donner l'accès à un modèle 3D pour que

les participants puissent interagir avec ce dernier. Ce n'est pas la forme qui a été retenue, non pas pour une infaisabilité technique mais parce que les participants ne sont pas forcément des gens habitués à manipuler de tels modèles 3D. Pour éviter de perdre du temps à cause de cet apprentissage de l'outil de déplacement le choix a été fait de réaliser des vidéos simulant une navigation dans le modèle. Le participant peut contrôler les vidéos comme il le souhaite (pause, avance, retour) mais il reste contraint aux angles de vue enregistrés. Pour chaque solution visuelle une vidéo existe.

Le test se déroule de la manière qui suit: pour chaque tâche une première série de questions portant sur des éléments factuels est posée. Dans un second temps des questions de préférence sont formulées.

Voici un exemple de questions :

Tâche 3 : Localiser un lot 3D

présentation de la première solution visuelle
 Q3-a1 -> Veuillez retrouver le lot 5 252 485.
 Q3-a2 -> À quel niveau se trouve-t-il?

présentation de la deuxième solution visuelle
 Q3-b1 -> Veuillez retrouver le lot 5 252 445.
 Q3-b2 -> À quel niveau se trouve-t-il?

présentation de la troisième solution visuelle
 Q3-c1 -> Veuillez retrouver le lot 5 252 472.
 Q3-c2 -> À quel niveau se trouve-t-il?

présentation de la quatrième solution visuelle
 Q3-d1 -> Veuillez retrouver le lot 5 252 461.
 Q3-d2 -> À quel niveau se trouve-t-il?

	trouvé(o/n)	étage	temps
Vidéo 1			
Vidéo 2			
Vidéo 3			
Vidéo 4			

Comparaisons entre les modèles 3D présentés dans les vidéos précédentes :

		A	B	pas de préférence
image 1	1/2			
image 2	1/3			
image 3	1/4			
image 4	2/3			
image 5	2/4			
image 6	3/4			

Pour certaines tâches, et c'est le cas pour la tâche 3, le temps de réponse est évalué (grâce à un enregistrement audio) car il est un bon indicateur de l'efficacité des variables visuelles employées pour exécuter la tâche souhaitée. Toujours pour la tâche 3 on remarque que le numéro de lot à retrouver varie d'une vidéo à l'autre. C'est tout à fait normal parce qu'il faut veiller à ce que les visualisations précédentes ne perturbent pas les réponses des visualisations suivantes. Pour la tâche 1, où il est demandé de compter le nombre de lots, des étages différents sont présentés à chaque vidéos.

Quant à elles, les questions sur les préférences portent sur des comparaisons une à une entre les solutions visuelles que les participants viennent juste de voir. Pour pouvoir se remémorer les solutions une capture d'image est effectuée. Afin de ne pas fausser la perception du participant l'angle de vue utilisé est le même entre les deux images, seul changent les variables visuelles utilisées dans les deux solutions (illustration 39).

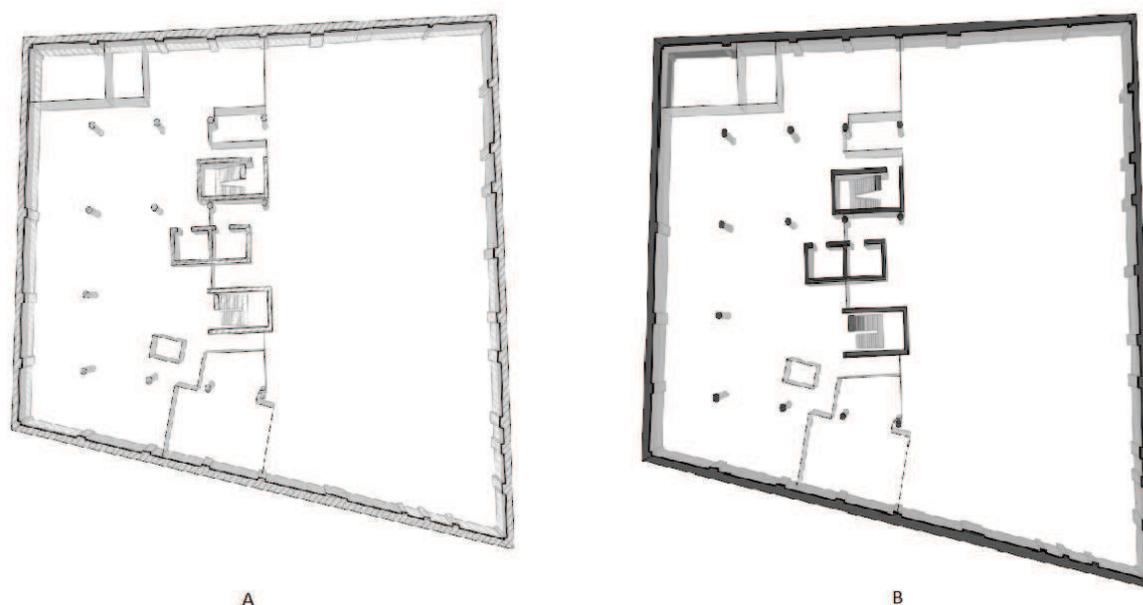


Illustration 39 : comparaison de solutions visuelles

Le participant exprime alors son choix de préférence entre A, B ou la troisième possibilité qui correspond à pas de préférence.

Avant d'effectuer les tests avec les notaires et afin de corriger d'éventuels défauts, des tests préliminaires ont été réalisés avec Marc Vasseur du centre de recherche en géomatique, Michel Bédard arpenteur géomètre et François Brochu un notaire enseignant à l'université Laval.

3.5 Premiers résultats

A l'heure actuelle seulement un notaire parmi les trois ciblés a effectué le test. Il n'y a pas encore assez de données pour en tirer des conclusions. Mais les résultats de cette évaluation sont attendues pour plus tard. En effet si l'article (annexe 4) est retenu il sera présenté au mois de septembre pour la 8e conférence 3D GeoInfo qui aura lieu à Istanbul du 27 au 29. D'ici là les autres notaires auront eu le temps de réaliser le test. Ce qui fournira plus de matière à analyser.

Cependant suite aux quelques tests effectués une première tendance se dessine : les visualisations montrées bien que très appréciées ne semblent pas faire l'unanimité quand à leurs intérêts pour un usage professionnel de la part des notaires. Ils y verraient plus un outil adapté pour le grand public qu'un réel outil de travail. Cette réaction est tout de même à tempérer car il n'est pas évident pour quelqu'un qui a des habitudes de travail d'en changer surtout pour quelque chose de totalement nouveau et bouleversant. Mais cela voudrait dire qu'un effort de sensibilisation aux possibilités et aux avantages qu'apporteraient un cadastre 3D serait sûrement nécessaire.

Pour revenir sur le travail réalisé, c'est une excellente initiative qu'il faut poursuivre car le temps fixé à 1h pour les entrevues est une énorme contrainte qui limite les tâches abordées et les solutions proposées. Il faut donc plus de rencontres avec d'autres acteurs et plus de solutions visuelles à tester. Concernant les solutions visuelles et la capacité de modifier les variables visuelles, Sketchup bien que permettant de nombreuses actions a tout de même été un frein. En effet certains choix des constructeurs du logiciel limitent les possibilités d'action notamment par rapport aux ombres générées ou bien l'impossibilité de gérer l'épaisseur de ligne individuellement.

4 Pour aller plus loin

La réalisation du modèle ainsi que ses différentes visualisations ont permis de faire ressortir des points à améliorer. Ce dernier chapitre propose donc de revenir sur ces points et d'apporter des éléments de réponse à étudier qui seraient profitables au cas actuel.

4.1 Le lidar terrestre

Comme nous l'avons expliqué le modèle 3D créé pour le bâtiment du 200 rue Dorchester est issu du plan complémentaire. Cette opération de rassemblement des feuillets et de construction du modèle 3D est une opération manuelle. Elle est donc sujette à l'apparition d'erreurs. L'illustration 40 montre le type d'erreur possible. Cette erreur est due notamment à une mauvaise connaissance de l'épaisseur des murs ainsi que des différences sur les limites de lots entre les différentes coupes horizontales.

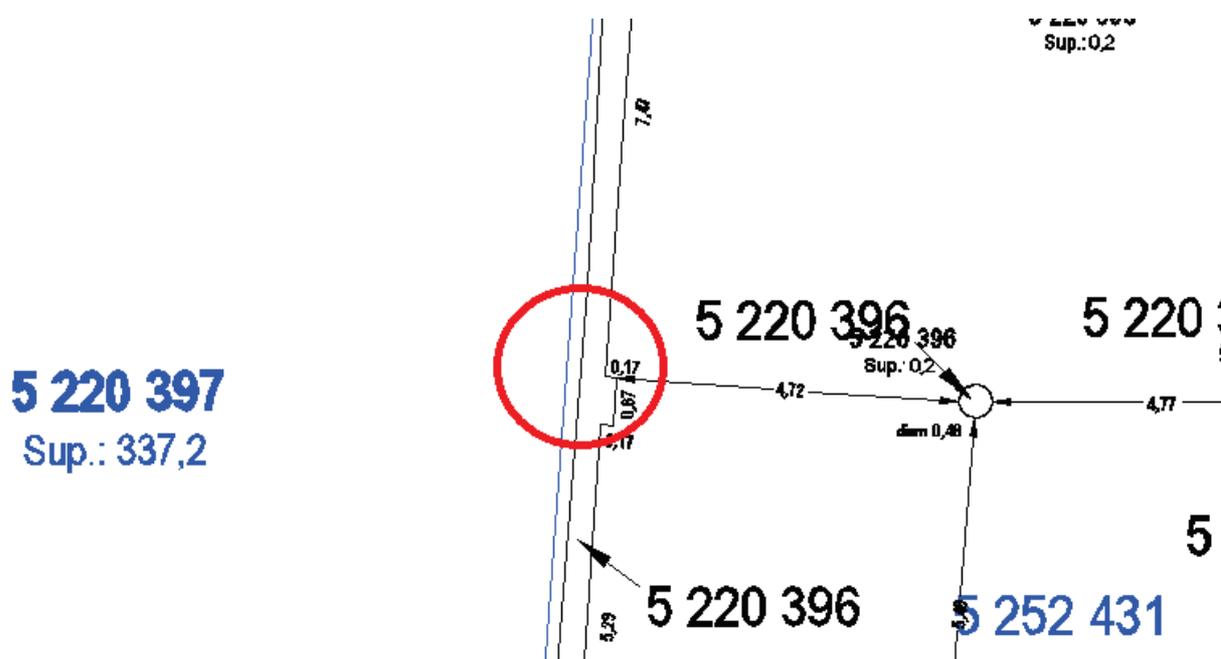


Illustration 40 : erreur

L'erreur engendrée est identifiée par le cercle rouge. Avec l'utilisation d'un lidar terrestre aussi appelé scanner 3D, le modèle réalisé ne subirait plus de telles erreurs car les murs et les volumes seront mieux connus et le modèle créé sera plus fiable qu'une reconstitution à partir d'un plan complémentaire.

D'autre part l'utilisation de coupes limite la qualité des détails. En effet il se peut qu'un objet ou un volume est une certaine forme au niveau du sol et que celle-ci évolue par la suite. Ce changement de morphologie n'est pas toujours enregistré par les différentes coupes ni lors de levés classiques avec un tachéomètre. Encore une fois l'utilisation d'un scanner 3D serait appréciable.

Un autre avantage du scanner 3D est qu'il arrive, dans une certaine mesure, à détecter les matériaux ce qui peut permettre une visualisation du modèle avec un rendu plus réaliste.

De plus avec le développement de logiciel à reconnaissance de forme la construction du modèle est de plus en plus rapide.

Le problème qui peut se poser parfois avec un scanner 3D concerne la précision des points enregistrés. La précision sur un point est généralement moins bonne avec un scanner 3D qu'avec un tachéomètre mais pour de petites distances, comme c'est le cas pour des bâtiments, cela n'est pas préjudiciable et la précision des points reste de l'ordre du cm. Ce que perd le scanner 3D en précision sur un point particulier, il le récupère par la solidité géométrique de sa polygonale car les points permettant de relier une station à une autre sont plus nombreux qu'avec un tachéomètre et ils sont mieux répartis dans l'espace.

De plus au Québec, pour les plans complémentaires, il n'y a pas d'exigences cadastrales en terme de tolérance. Une simple vérification est effectuée au cadastre mais celle-ci consiste uniquement en une vérification entre le dessin et les cotations qui s'y trouvent, c'est donc une vérification entre ce qui est représenté et ce qui est inscrit sur le plan mais pas sur la justesse des données elles mêmes.

4.2 L'approche base de données

Une base de données est un ensemble structuré et organisé permettant le stockage de grandes quantités d'informations afin d'en faciliter l'exploitation c'est à dire l'ajout, la mise à jour et la recherche de données. Ce qui nous intéresse ici sont les bases de données informatisées et traitant d'informations spatiales.

4.2.1 Les systèmes d'information géographique

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont des bases de données permettant l'utilisation d'informations localisées géographiquement ou autrement dit géoréférencées.

Les données présentes dans un SIG peuvent se présenter de la manière suivante :

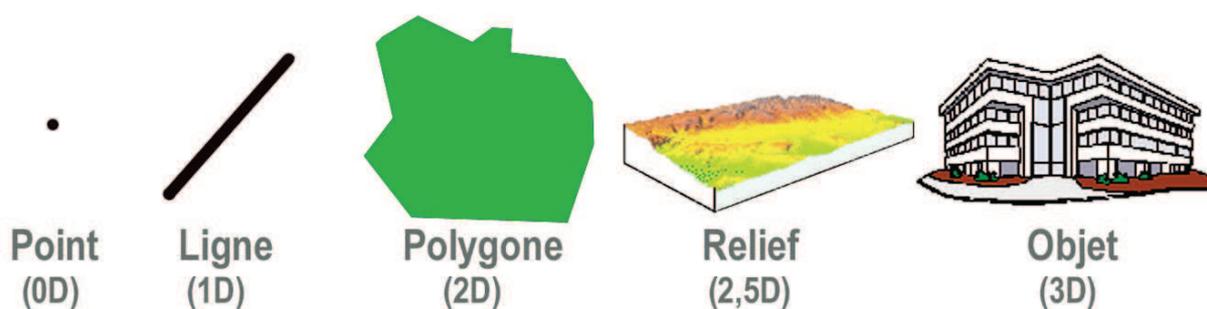


Illustration 41 : les différentes dimensions en SIG (<http://gdf-hannover.de>)

Dans notre cas de tels systèmes seraient utiles pour la contextualisation (qui correspond à la tâche 8 du protocole d'évaluation des variables visuelles, illustrations 42 et 43) du bâtiment concerné par la copropriété.

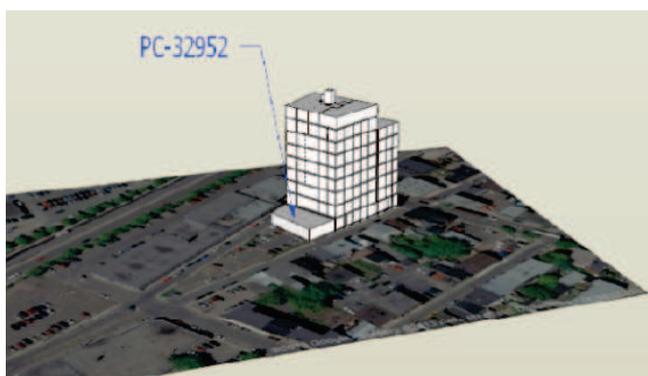


Illustration 42 : essai de contextualisation tâche8



Illustration 43: SITG système d'information du territoire genevois en Suisse

En effet avec un système comme celui de Genève cela permettrait d'intégrer le bâtiment dans son environnement réel afin de bien saisir dans quelle réalité va se trouver le bâtiment. De se rendre compte du lien qu'il entretient avec les bâtiments voisins et d'avoir des informations sur les bâtiments et routes qui l'entourent.

4.2.2 Maquette numérique du bâtiment

Une maquette numérique du bâtiment le plus souvent appelé BIM de l'anglais Building Information Model est un modèle 3D de bâtiment qui comprend tous les objets spatialisés du bâtiment ainsi que leurs attributs et leurs relations. Le schéma d'organisation ressemble à celui d'un SIG sauf que pour le BIM, la troisième dimension est obligatoire et il ne se rapporte qu'à un seul bâtiment ce qui permet d'avoir beaucoup plus de détails sur les éléments constituant le bâtiment.



Illustration 44 : exemple de BIM (<http://www.prlog.org>)

Principalement le BIM est utilisé dans les métiers de la construction afin de limiter les coûts et de mieux gérer les actions des différents corps de métier.

De nombreux logiciels sont présents sur le marché dont voici une liste non exhaustive:

- Advance Steel, GRAITEC
- Advance Béton, GRAITEC
- Advance Design, GRAITEC
- Allplan
- Arche, GRAITEC
- ArchiCAD, Nemetschek
- Architectural Desktop
- AVEVA
- bocad 3d
- bocad PS
- MicroStation, Bentley Systems
- Revit Architecture, Autodesk
- StabiCAD
- Synchro
- TEKLA
- VectorWorks

La demande de BIM est de plus en plus forte, d'ailleurs dans le dernier Autocad Civil 3D 2013 un module Revit Architecture est fourni d'office.

Un BIM est donc un modèle 3D de bâtiment très complet mais ne représentant que les éléments réels, il ne s'attarde pas aux limites de propriétés et des droits qui s'y rattachent mais l'implémentation de ces derniers peut se faire. Dans l'optique d'un cadastre 3D l'utilisation de modèle 3D existant de bâtiments est un avantage il serait donc intéressant de travailler sur comment ajouter ces éléments juridiques à la structure du BIM, comme cela se fait pour les restrictions de droits publics (Givord, 2012).

4.2.3 Requêtes

L'avantage d'une approche base de données est de pouvoir interroger les données. L'interrogation de la base de donnée se fait au moyen de requêtes. Ainsi l'utilisateur qui sait ce qu'il cherche et qui sait comment le chercher trouve tout ce qu'il veut si les données existent dans la base qu'il interroge.

Par exemple pour retrouver un lot il serait possible de faire une recherche en se basant sur le numéro, le propriétaire, la superficie, le volume ou la position de ce lot. L'illustration 45 est un exemple de requête attributaire sur un lot.

Pour la tâche 3 qui correspond à localiser un lot ce type d'approche serait très efficace.

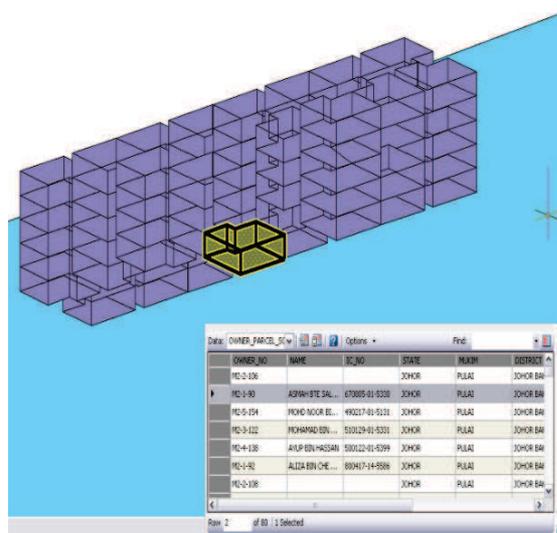


Illustration 45 : requête attributaire (FIG)

4.3 L'interopérabilité

Au cours de la réalisation du modèle 3D du chapitre 2 et des tâches du chapitre 3 de nombreux problèmes de conversion ont bloqué la progression du travail.

Une caractéristique importante des cadastres 3D est la possibilité d'utilisation multi-usage pour des acteurs variés et donc des couches de données multiples. Pour y parvenir l'interopérabilité informatique est une question essentielle.

l'interopérabilité est « *la capacité à échanger des informations et des données de manière fiable et consistante entre deux applications logicielles différentes* » Claudine (2009). Le but de l'interopérabilité est le suivant : « *mettre à la disposition de l'utilisateur des informations d'une manière efficace et exploitable sans que des mesures particulières entre systèmes soient nécessaires à cet effet* » Ueli (2005).

Pour parvenir à cette interopérabilité la création et le respect de normes communes sont nécessaires. C'est le cas notamment de l'Open Geospatial Consortium (OGC), un consortium international qui établit des standards pour les SIG avec des formats de langage tel que le KML ou le CityGML. Pour les BIM il y a les IFC (industrie foundation classes) et l'utilisation de normes ISO. Pour les cadastres 3D le standard ISO 19152 de la LADM (Land administration domain model) est généralement adopté.

C'est sur ce modèle de la LADM que le schéma suivant de cadastre multi-usage malaisien est basé.

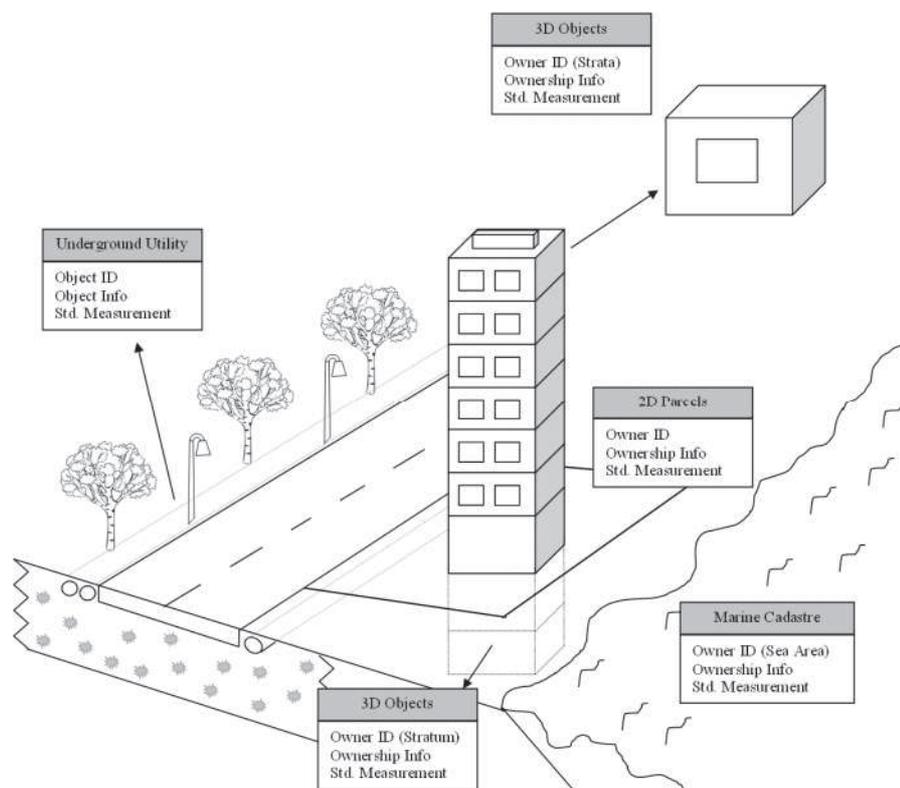


Illustration 46 : expérimentation en Malaisie (FIG)

Conclusion

À partir des besoins de visualisation identifiés pour un cas précis, la copropriété se trouvant au 200 rue Dorchester à Québec, il apparaît que les solutions pour y répondre découlent d'un questionnement plus large.

En effet, apporter une solution aux besoins de création de représentations graphiques nécessaires pour une meilleure compréhension des plans de cadastres verticaux au Québec amène à traiter de la question du cadastre 3D.

Cependant, comme il est dit précédemment dans le mémoire, bien que les besoins d'utilisations des cadastres 3D soient clairement identifiés surtout dans un contexte actuel de densification urbaine et d'apparition de situations de superpositions de la propriété de plus en plus complexes, et que les cadastres en usage tels que les cadastres 2D et hybrides ne répondent plus à ces besoins, la recherche sur les cadastres 3D n'est pas encore totalement aboutie. En effet de nombreux travaux ont été réalisés sur l'acquisition et la gestion des données inhérentes au bon fonctionnement des cadastres 3D mais peu de travaux se sont concentrés sur la question de la visualisation de ces données.

Pourtant la visualisation est une tâche essentielle permettant une juste compréhension des informations. Les travaux de Bertin sur la sémiologie graphique le prouve, l'établissement de règles et de guides pour la réalisation de visualisations seraient des atouts considérables pour élaborer ces visualisations mais aussi pour avoir une uniformité entre les différents utilisateurs de ces données cadastrales dans un même pays mais aussi de par le monde. La complexité rencontrée pour produire les visualisations du chapitre 2 va dans ce sens également.

C'est pourquoi le travail de réalisation d'un protocole d'évaluation des variables visuelles avec les notaires est une excellente initiative. Car il permet de formaliser l'utilisation des variables visuelles en fonction des tâches à accomplir.

Ce travail bien qu'innovant pour le domaine de recherche sur lequel il porte n'est pas parfait. La limite de temps est trop contraignante et freine les possibilités de test des variables visuelles. De plus pour l'instant un seul type d'acteur, les notaires, a été visé. Il faut donc poursuivre ce travail avec d'autres acteurs et de nouvelles variables visuelles mais également sur des cas différents autres que de la copropriété.

Une autre limite venait de l'utilisation de logiciels, notamment Sketchup, qui intègrent déjà des choix de modifications des variables visuelles. La liberté n'est donc pas totale et c'est dommageable. De plus dans la dernière partie, l'utilisation des bases de données est évoqué comme pouvant être très bénéfique pour répondre à certaines tâches, et cela de manière plus efficace qu'avec le simple emploi des variables visuelles. Ainsi pour poursuivre la recherche dans le domaine le

développement de logiciels spécifiques ou l'amélioration de ceux déjà existants est une bonne piste à exploiter.

Un point noir arrive tout de même dans ce tableau, en ces temps d'inquiétude environnementale, l'utilisation de la 3D demande l'emploi quasi obligatoire d'un support électronique pour la représentation ce qui impliquerait une augmentation de la production de ces supports alors que leur recyclage est très difficile. De plus l'espace de stockage des données nécessaires aux cadastres 3D est plus importants que pour un cadastre 2D puisqu'on y trouve plus d'informations. Mais d'un autre côté les avancés potentielles en terme de gestion économe de la ville grâce aux cadastres 3D seraient très bénéfiques. Une étude approfondie sur l'impact environnemental, qu'aurait l'utilisation à grande échelle des cadastres 3D, serait requise.

Pour finir, sur le plan professionnel et personnel, ce fut une expérience très enrichissante. Les découvertes d'un nouveau pays, d'une nouvelle culture, d'une nouvelle entreprise ainsi que la mixité des lieux de travail entre le bureau et l'université sont toujours très formatrices. L'approche d'un travail orienté plus sur de la recherche est également une expérience très agréable. Concernant le projet professionnel cette expérience permet d'entrevoir un potentiel avenir vers de la recherche même si l'idée principale à long terme reste l'installation en tant que géomètre expert en France.

Index des illustrations

Illustration 1 : plan de cadastre global (infolot).....	8
Illustration 2 : plan de cadastre global (infolot).....	10
Illustration 3 : plan cadastral parcellaire (MRNF).....	10
Illustration 4 : vue de localisation (MRNF).....	11
Illustration 5 : coupe (MRNF).....	11
Illustration 6 : plan d'un étage(MRNF).....	12
Illustration 7 : plan de parcelle volumétrique avec côtes (gouvernement du Queensland).....	13
Illustration 8 : plan de parcelle volumétrique avec coordonnées (gouvernement du Queensland)....	13
Illustration 9 : reconstruction à partir de sous-parcelles(FIG_3D-cadastre_Espagne).....	14
Illustration 10 : superposition de propriétés (FIG_3D-cadastre_Espagne).....	15
Illustration 11 : interface du projet pilote de cadastre 3D en Russie (FIG).....	16
Illustration 12 : les variables visuelles (STA@[2013]).....	18
Illustration 13 : tâches appliquées à la taille (STA@[2013]).....	19
Illustration 14 : LOD pour le CityGML(KOLBE et al. 2007).....	20
Illustration 15 : différentes visualisations (FIG).....	21
Illustration 16 : le projet du théâtre (3Dok.info).....	21
Illustration 17 : le théâtre construit (3Dok.info).....	21
Illustration 18 : assemblage de 2 feuilles.....	23
Illustration 19 : assemblage des 27 feuilles.....	23
Illustration 20 : création d'un premier volume.....	23
Illustration 21 : tous les volumes créés	23
Illustration 22 : murs et volumes non transparents.....	24
Illustration 23 : annotations à la verticale.....	25
Illustration 24 : modèle avec escaliers et ascenseurs.....	25
Illustration 25 : 1ere visualisation 1/2.....	26
Illustration 26 : 1ere visualisation 2/2.....	26
Illustration 27 : 2eme visualisation.....	27
Illustration 28 : arborescence.....	27
Illustration 29 : 2eme visualisation avec sélection pour l'affichage.....	27
Illustration 30 : 3eme visualisation.....	28
Illustration 31 : forme des murs.....	28
Illustration 32 : déformation du modèle.....	28
Illustration 33 : gestion des calques sous Autocad.....	30
Illustration 34 : tâche 5.....	34
Illustration 35 : tâche 1.....	34
Illustration 36 : tâche 2.....	34
Illustration 37 : tâche 3.....	34
Illustration 38 : tâche 6.....	35
Illustration 39 : comparaison de solutions visuelles.....	37
Illustration 40 : erreur.....	39
Illustration 41 : les différentes dimensions en SIG (http://gdf-hannover.de).....	40
Illustration 42 : essai de contextualisation tâche8.....	41
Illustration 43 : SITG système d'information du territoire genevois en Suisse.....	41
Illustration 44 : exemple de BIM (http://www.prlog.org)	41
Illustration 45 : requête attributaire (FIG).....	42
Illustration 46 : expérimentation en Malaisie (FIG).....	43

Bibliographie

articles, revues et ouvrages :

Bertin J., (1967), *Sémiologie graphique*, Paris, Mouton/Gauthier-Villars.

Forrer U., (2005), *La complexité de l'interopérabilité - Compte-rendu de la pratique de la Suisse orientale*, F+P GEOINFO AG, p.2

Givord G., (2012), *Cadastré 3D des restrictions de droit public à la propriété foncière*

Häberling C., Bär H., & Hurni L., (2008), *Proposed Cartographic Design Principles for 3D Maps: A Contribution to an Extended Cartographic Theory*, Cartographica. The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, 43(3), pp.175–188

Kaufmann J.,Stuedler D., (1998), *CADASTRE 2014 - Vision pour un système cadastral dans le futur*

Kolbe T., Gröger G., Czerwinski A., Nagel C., (2007), *OpenGIS® City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard*, Open Geospatial Consortium Inc.

Metral C., (2009), *Dimensions spatiales, temporelles et sémantiques de l'environnement urbain*, p.21

MRNF, (2011), *Instructions pour la présentation des documents cadastraux relatifs à la mise à jour du cadastre du Québec, juin 2011*, document rédigé par le ministère des Ressources naturelles du Québec (MRNF), Direction de l'enregistrement cadastral, Gouvernement du Québec

Pegg D., (2009), *Design Issues with 3D Maps and the Need for 3D Cartographic Design Principles*, Academic Papers

Pouliot J., Hashemi L., Roy T., Gervais M., Brochu F., (2009), *La 3e dimension et sa pertinence pour des applications cadastrales*, Colloque of the Canadian Institute of Geomatics, 21-22 Octobre 2009, Montréal

Pouliot, J. (2011), *Position Paper 4: Visualization, Distribution and Delivery of 3D Parcels*, dans : Proceedings of the 2nd International Workshop on 3D Cadastres, Delft, Netherlands, 563–574

Stoter J.,(2004), *3D Cadastre*, PhD Thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), the Netherlands

Stoter J. et van Oosterom P., (2006), *3D Cadastre in an International Context*, Taylor et Francis, 323p

Van Oosterom P., (2012), *Third International FIG Workshop on 3D Cadastres –Developments and practices*

Vasseur M., (2011), *Etude comparative de la gestion de la 3ième dimension géométrique des cadastres québécois et français*

Wang C., Pouliot J., & Hubert F., (2012), *Visualization Principles in 3D Cadastre : A First Assessment of Visual Variables*, In the Proceedings of the 3rd International Workshop on 3D Cadastres: Developments and Practices, pp. 309–324

sites internet :

MRNF@[2013] → <http://www.mrn.gouv.qc.ca/>

STA@[2013] → <http://www2.sta.uwi.edu/~anikov/comp3220/lectures/04-6-HCI-lect-visual-variables.pdf>

Code Civil du Québec → <http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca>

FIG → <http://www.gdmc.nl/3dcadastres/literature/>

Charte d'éthique 3D → <http://www.3dok.info>

LCCJTI → <http://lccjti.ca/article/article-5/>

Article « La visualisation des cadastres 3D : un domaine à développer »

Introduction

Dans le cadre de l'établissement d'une copropriété dans un bâtiment de neuf étages à Québec, un besoin de représentation graphique en trois dimensions s'est fait ressentir. En effet la norme actuelle du cadastre québécois représente ce bâtiment à l'aide de 26 coupes horizontales différentes et d'une coupe verticale ce qui, pour des non initiés à la lecture de plans mais aussi pour certains professionnels, complique la bonne compréhension de l'agencement des futurs lots de copropriété.

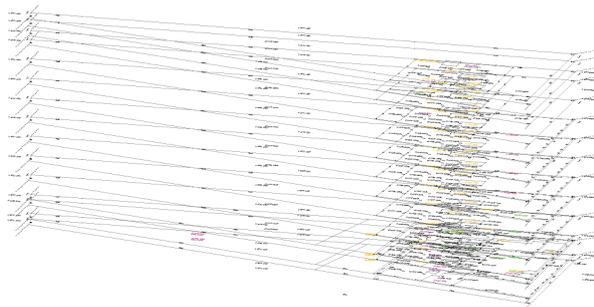
Cette problématique d'amélioration de la norme cadastrale québécoise rejoint le besoin de mise en place d'un cadastre 3D. Or, bien que de nombreux travaux ont été menés sur la question de l'acquisition et de la gestion des données pour la création des cadastres 3D, peu de choses ont été faites par rapport à leur visualisation.

Ainsi dans un premier temps des visualisations ont été créées par tâtonnement et ensuite un protocole d'évaluation des variables visuelles a été mis en place.

Réalisation de visualisation

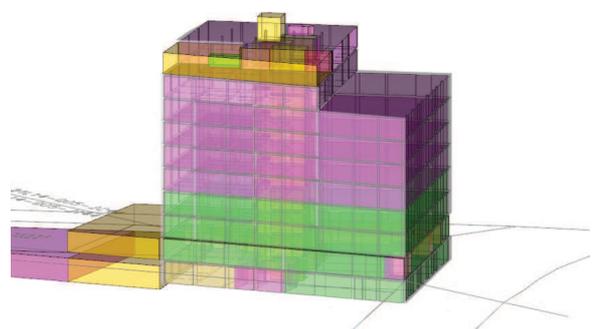
Pour réaliser une visualisation 3D ou une représentation graphique 3D il faut en premier lieu un modèle 3D sur lequel travailler. Dans le cas de ce bâtiment de neuf étages aucun modèle 3D n'existait. Il a donc fallu le créer. Les données disponibles étaient les données cadastrales, c'est-à-dire les feuillets du plan complémentaire. Elles ont toutes été insérées dans le même fichier Autocad en tenant compte en X et Y de la

limite du lot commun et en Z suivant les indications d'altitudes fournies par les feuillets.



C'est à partir de ces coupes que les volumes ont été créés.

Ensuite à partir de ce modèle 3D des choix sur les variables visuelles ont été effectués. Le choix principal est l'utilisation d'une couleur distincte pour chaque propriétaire et une autre couleur pour l'ensemble des parties communes. L'emploi de la transparence est lui aussi très important car la visualisation en 3D crée beaucoup d'occlusions. Enfin des éléments ont été ajoutés au modèle de base tels que les murs et les parcelles voisines. Voici la visualisation finale réalisée.



La réalisation de cette visualisation souffre du fait qu'aucun guide n'existe pour formaliser l'emploi des variables visuelles. C'est pour cela qu'un travail de recherche sur le sujet est nécessaire.

Mise en place d'un protocole d'évaluation des variables visuelles

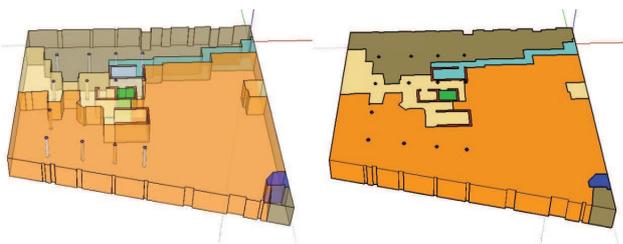
Le protocole d'évaluation des variables visuelles vise à déterminer quelle variable visuelle de la sémiologie graphique (position, couleur et transparence, taille, texture, forme, orientation et valeur de blanc) est la plus appropriée suivant la tâche à réaliser.

Il faut donc identifier des tâches et pour identifier des tâches il faut identifier des utilisateurs.

Dans un premier temps l'utilisateur ciblé sera le notaire et huit tâches ont été retenues :

- voir la géométrie des lots
- caractériser un lot 3D spécifique
- localiser un lot 3D spécifique
- distinguer les parties privées des parties communes
- distinguer les éléments physiques des lots
- comprendre la relation spatiale entre le bâtiment et sa parcelle terrain associée
- comprendre la relation spatiale entre un lot spécifique et ses lots adjacents
- contextualiser le condominium avec son environnement.

Ensuite pour chaque tâche un ensemble de solutions visuelles ont été créées sous Sketchup à partir du modèle de base d'Autocad. Pour créer ces solutions on effectue des changements sur les variables visuelles. Comme le montre l'image suivante entre une solution avec transparence et l'autre sans transparence pour la première tâche.



Le nombre de possibilités de solutions visuelles étant très important et la durée du test limitée à 1 heure, une pré-sélection des solutions visuelles les plus prometteuses pour chaque tâche a été réalisée.

Ainsi pas plus de cinq solutions visuelles sont proposées pour chaque tâche.

Lors du déroulement du test avec les notaires une première série de questions factuelles est posée afin de vérifier l'adéquation des variables visuelles avec la tâche à réaliser. Ensuite une deuxième série de question est posée portant cette fois-ci sur la préférence entre les solutions visuelles présentées au participant.

Conclusion

Les résultats de ce test avec les notaires seront présentés à la 8e conférence 3D GeoInfo. En attendant il est déjà possible de dire que de nouveaux tests du même genre seraient nécessaires avec d'autres acteurs mais aussi avec plus de temps à disposition afin d'évaluer plus de solutions visuelles.

Autre chose, il ressort que les possibilités de modifications des variables visuelles sont limitées par l'utilisation de logiciels pour lesquels les choix de visualisation ont déjà été effectués comme c'est le cas pour Sketchup.

Ainsi il faut poursuivre ce travail de recherche en élargissant encore plus les possibilités d'actions et cela peut passer par la création d'un logiciel adapté aux besoins d'un tel exercice.

Vivien Fuchs
Étudiant ESGT 2013

Table des annexes

annexe 1 : charte d'éthique pour la 3D

annexe 2 : feuillets n°1,2,3,12 et 27 du plan complémentaire

annexe 3 : ensemble des solutions visuelles retenues

annexe 4 : article conférence GeoInfo

Table des annexes

annexe 1 : charte d'éthique pour la 3D

annexe 2 : feuillets n°1,2,3,12 et 27 du plan complémentaire

annexe 3 : ensemble des solutions visuelles retenues

annexe 4 : article conférence GeoInfo

annexe 1 : charte d'éthique pour la 3D

CHARTRE D'ÉTHIQUE DE LA 3D

PRÉAMBULE

Les nouvelles technologies traitant les données tridimensionnelles du territoire imposent des exigences permettant d'assurer l'objectivité de la modélisation tridimensionnelle sur le plan éthique et en matière de déontologie.

La présente charte d'éthique et de déontologie a pour but d'établir les principes fondamentaux que ses signataires s'engagent à respecter activement.

Elle s'adresse aux collectivités publiques, aux unités de recherche, aux associations professionnelles, aux privés, soit à tous ceux qui ordonnent, produisent, gèrent, utilisent ou diffusent des données géographiques, des images de synthèse ou des scènes à caractère tridimensionnel du territoire, avec les outils qui y sont associés.





PRINCIPES

1. Principe de crédibilité

Afin d'assurer une représentation crédible du territoire, les partenaires s'engagent à :

- ❏ créer des images de synthèse ou des scènes tridimensionnelles qui ne soient pas susceptibles d'influencer à son insu le décideur, le maître d'ouvrage ou le public
- ❏ utiliser uniquement des données fiables et actuelles, privilégiant l'usage de données officielles, de qualités adéquates et suffisantes, représentatives du territoire concerné par le projet

2. Principe de transparence

Afin d'assurer la plus grande transparence sur les productions 3D, les signataires s'engagent à :

- ❏ documenter les données d'origine intégrées à la scène tridimensionnelle et l'image de synthèse
- ❏ préciser les objectifs de la scène tridimensionnelle
- ❏ indiquer les éléments subjectifs appropriés, appliqués à la scène tridimensionnelle
- ❏ accompagner la scène tridimensionnelle d'une légende adéquate
- ❏ mentionner toute transformation des données
- ❏ renoncer à l'usage de données qui lors de leur acquisition porteraient atteinte à la sphère privée des personnes

3. Principe de développement de réseaux et formation 3D

Afin de sensibiliser les différents acteurs aux principes de la présente charte, les signataires s'engagent à :

- ❏ mutualiser les bonnes pratiques dans l'utilisation de la 3D
- ❏ favoriser la création de réseaux de partage sur le thème de la représentation tridimensionnelle du territoire (communauté 3D, forum, notamment)
- ❏ encourager la formation (initiale et continue) et la recherche dans le domaine de la 3D
- ❏ promouvoir la charte d'éthique et de déontologie de la 3D

ENGAGEMENT

Les principes énoncés dans la présente charte engagent chaque signataire. Elle est complétée des directives et des règlements spécifiques.

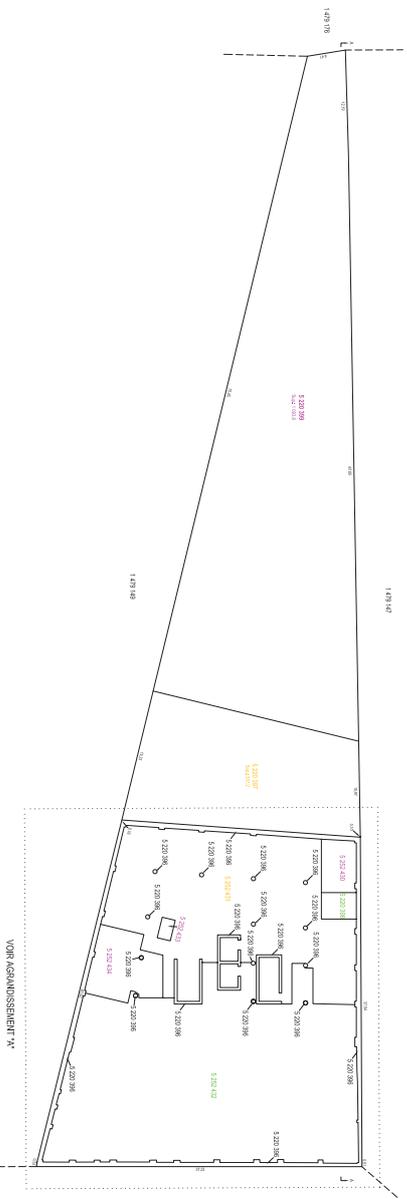
Un comité d'éthique et de déontologie veille à son respect.

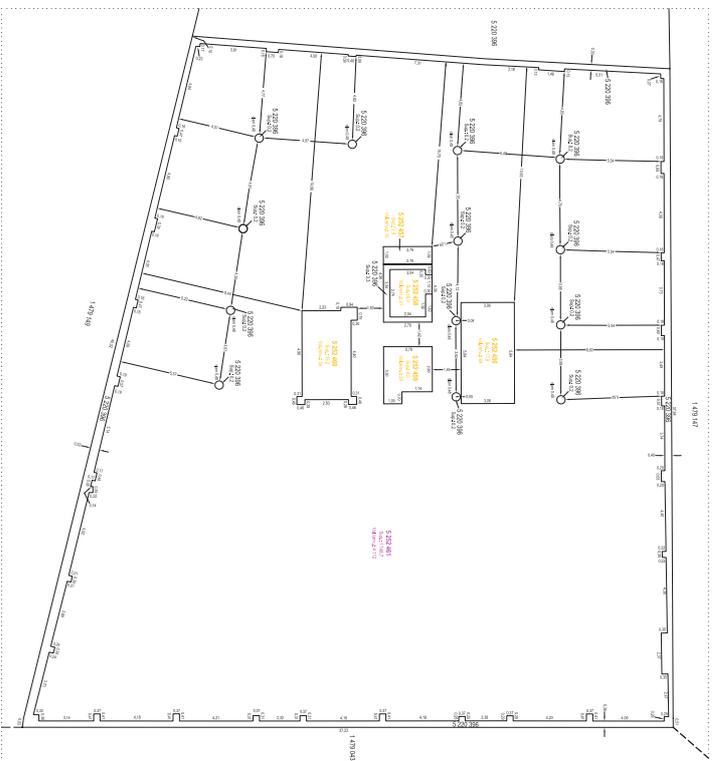


annexe 2 : feuillets n°1,2,3,12 et 27 du plan complémentaire

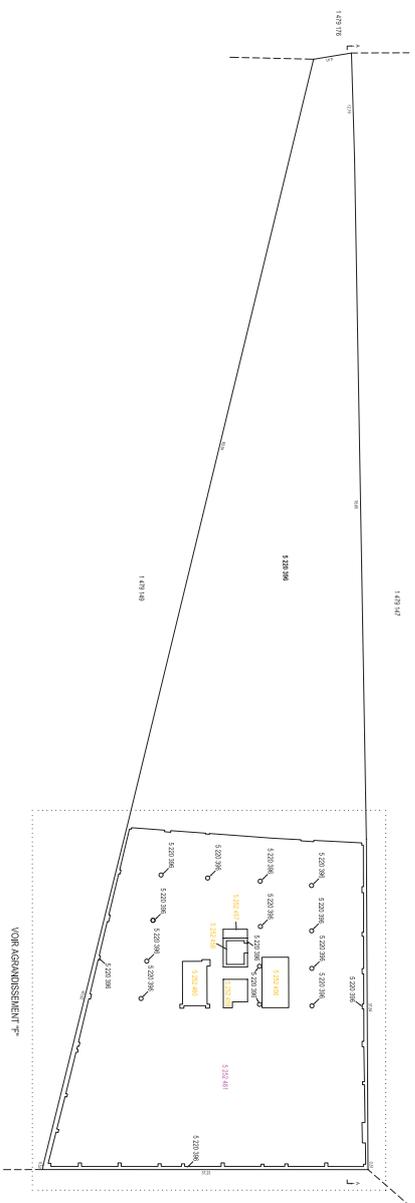


AGBROSSMENT 'X'
Echelle 1:100





AGRÈSSEMENT "P"
ECHILLE 1/100



VOR AGRÈSSEMENT "P"

VUE EN PLAN DES LOTS 5.220.396, 5.220.397 ET 5.220.398
DE L'AGRÈSSEMENT "P" DU PLAN DE 2024

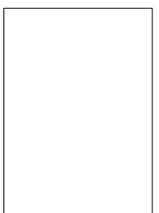
Cette reproduction est un extrait (non cadastre en papier) :

5.220.396 - 5.220.400 - 5.220.401

PLAN CADASTRAL COMPLEMENTAIRE, 2024

SÉRIE A
FEUILLET
12 DE 27

CHIFFRE : 100005 ECHILLE : 5000



REMARQUES :
Le plan cadastral est un document public qui sert à identifier les parcelles cadastrales et à en déterminer les surfaces et les limites.
Il est établi par le Service de la Cadastre et est accessible à tous.
Les informations contenues dans ce plan sont à jour au 15/01/2024.
Toute modification de ce plan est notifiée par un avis de modification.
Le plan cadastral est un document public qui sert à identifier les parcelles cadastrales et à en déterminer les surfaces et les limites.
Il est établi par le Service de la Cadastre et est accessible à tous.
Les informations contenues dans ce plan sont à jour au 15/01/2024.
Toute modification de ce plan est notifiée par un avis de modification.

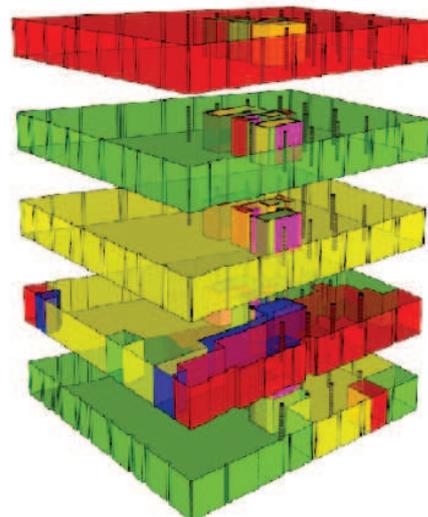
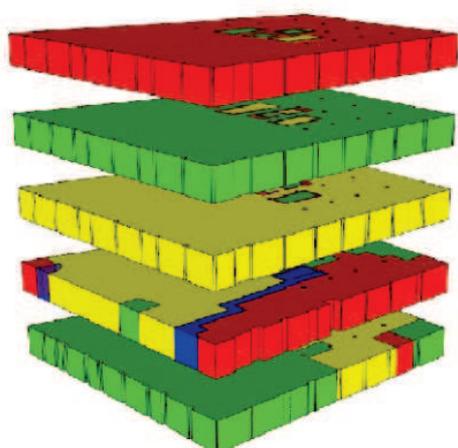
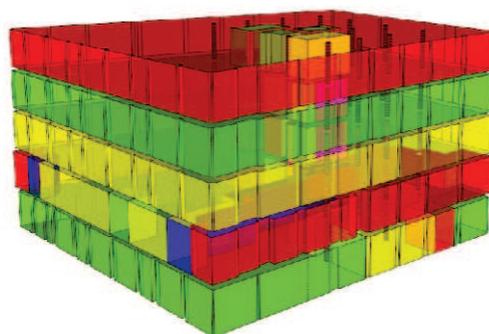
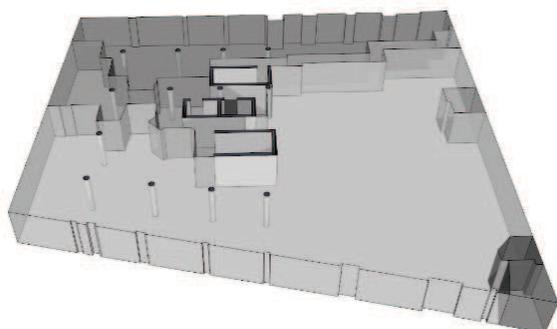
CADASTRE VERTICAL
PLAN CADASTRAL COMPLEMENTAIRE
CADASTRE EN ORDRE
Chiffre : 100005
Mise à jour : 15/01/2024

Les coordonnées des parcelles de la série A sont : 1420148
Parcelle n° 5.220.396 (Surface cadastrale : 1000 m²)
Surface cadastrale : 1000 m²
Surface cadastrale : 1000 m²
Parcelle n° 5.220.397 (Surface cadastrale : 1000 m²)
Parcelle n° 5.220.398 (Surface cadastrale : 1000 m²)
Code de commune : 100005

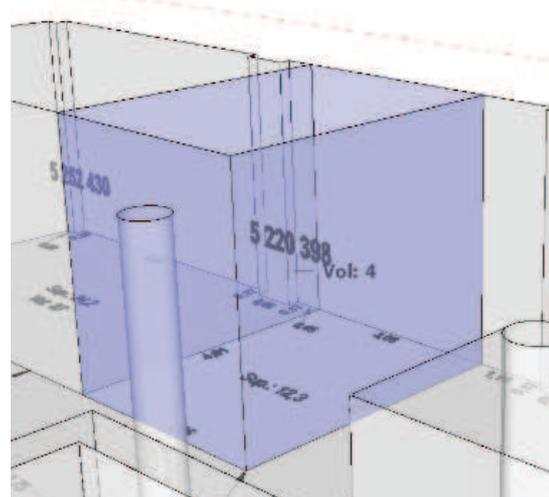
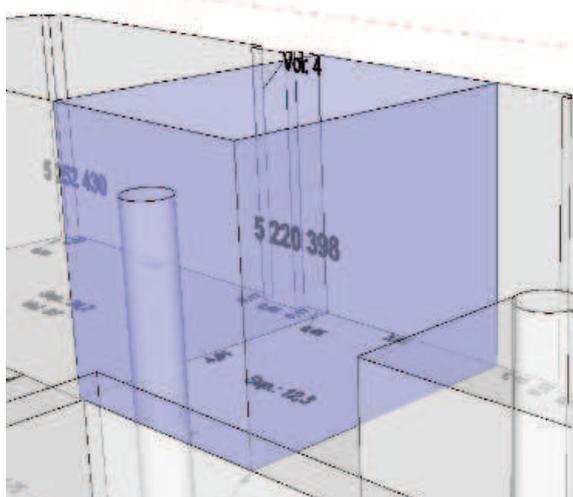
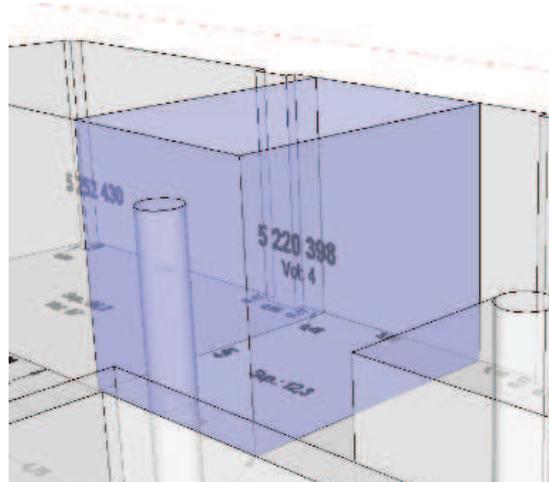
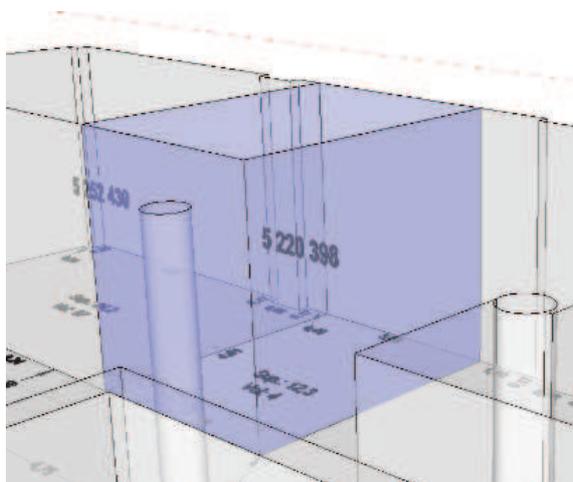
Cette reproduction est un extrait (non cadastre en papier) :

annexe 3 : ensemble des solutions visuelles retenues

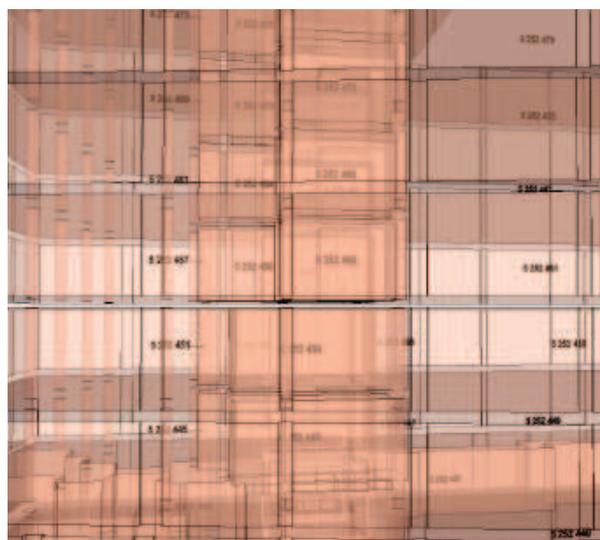
tâche 1 : Voir les limites de lots 3D

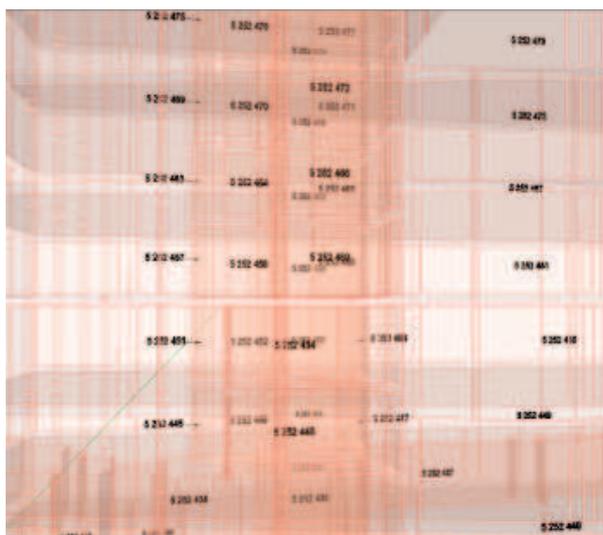


Tâche 2 : Caractériser un lot 3D spécifique

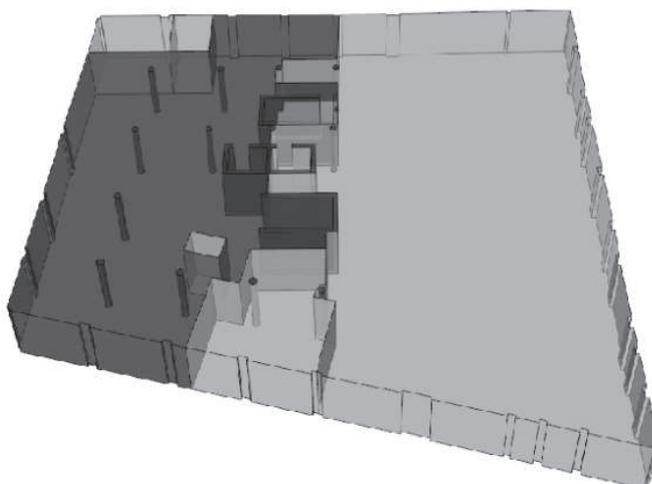
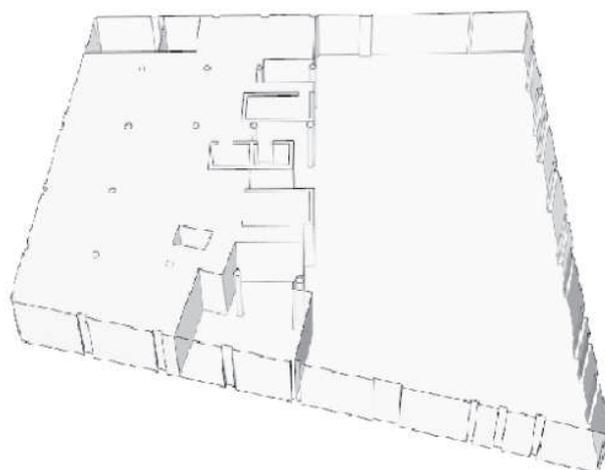
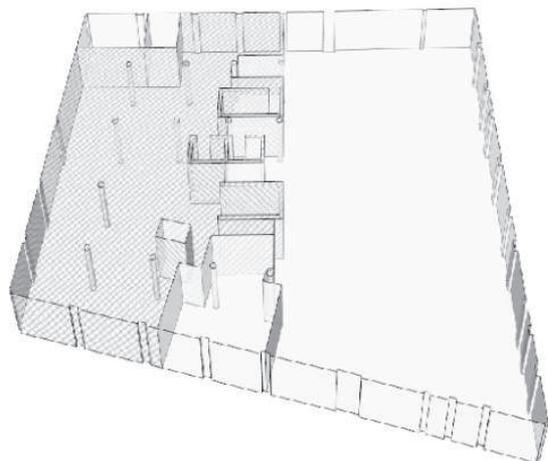


Tâche 3 : Localiser un lot 3D

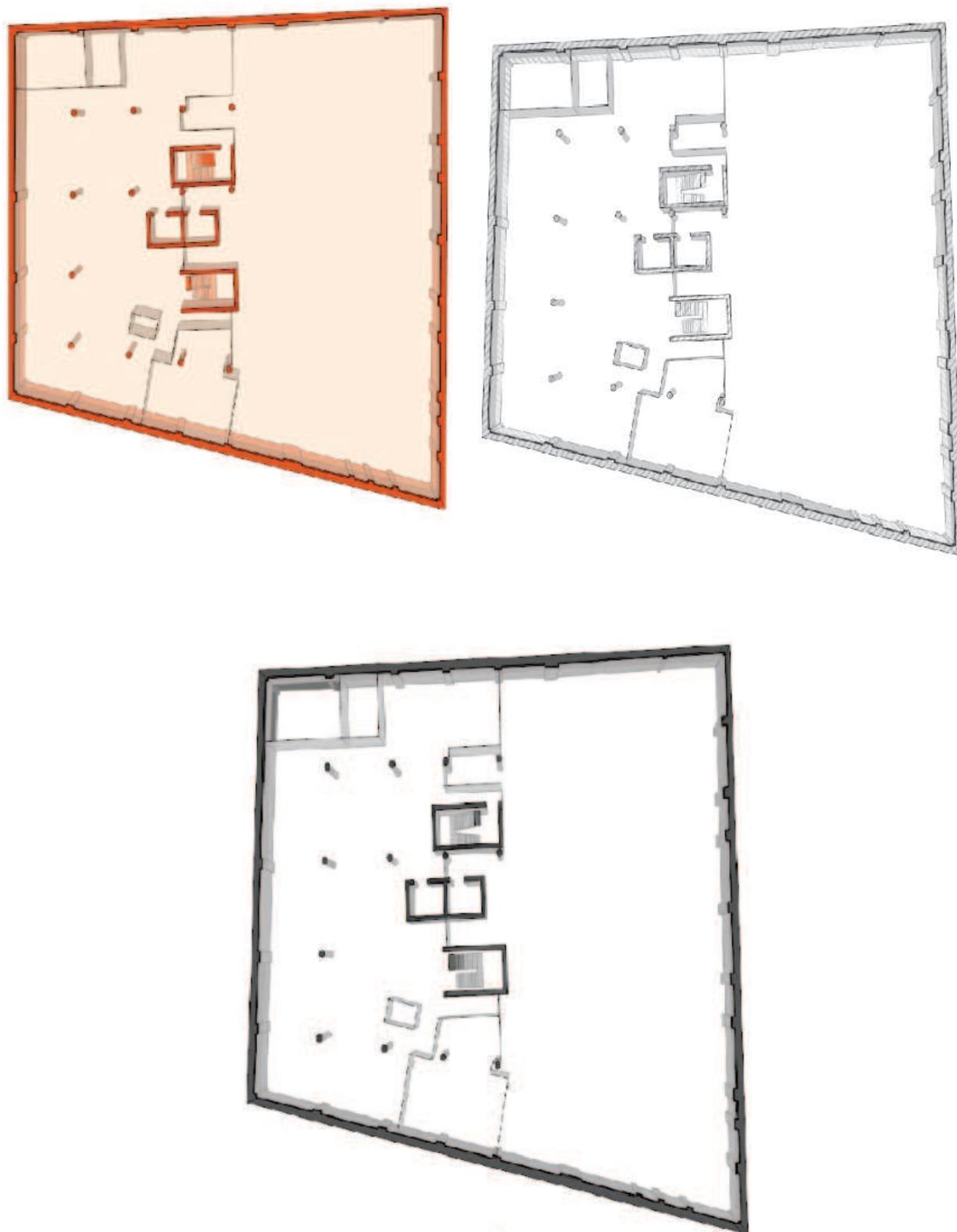




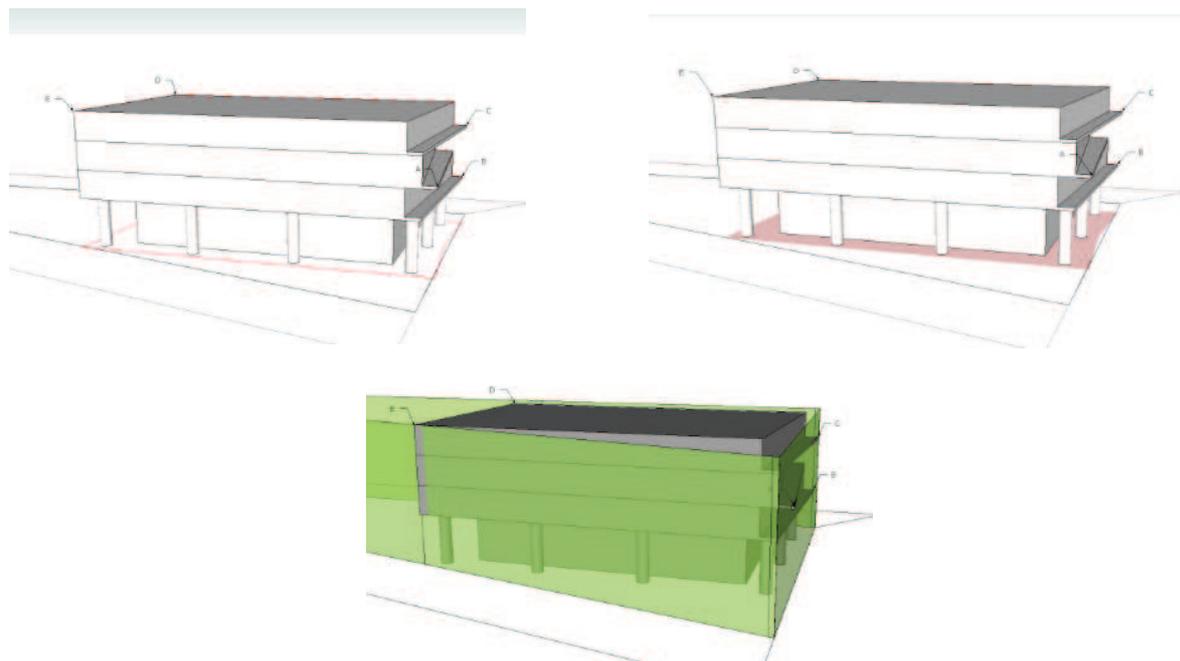
Tâche 4 : Distinguer les parties privées et les parties communes



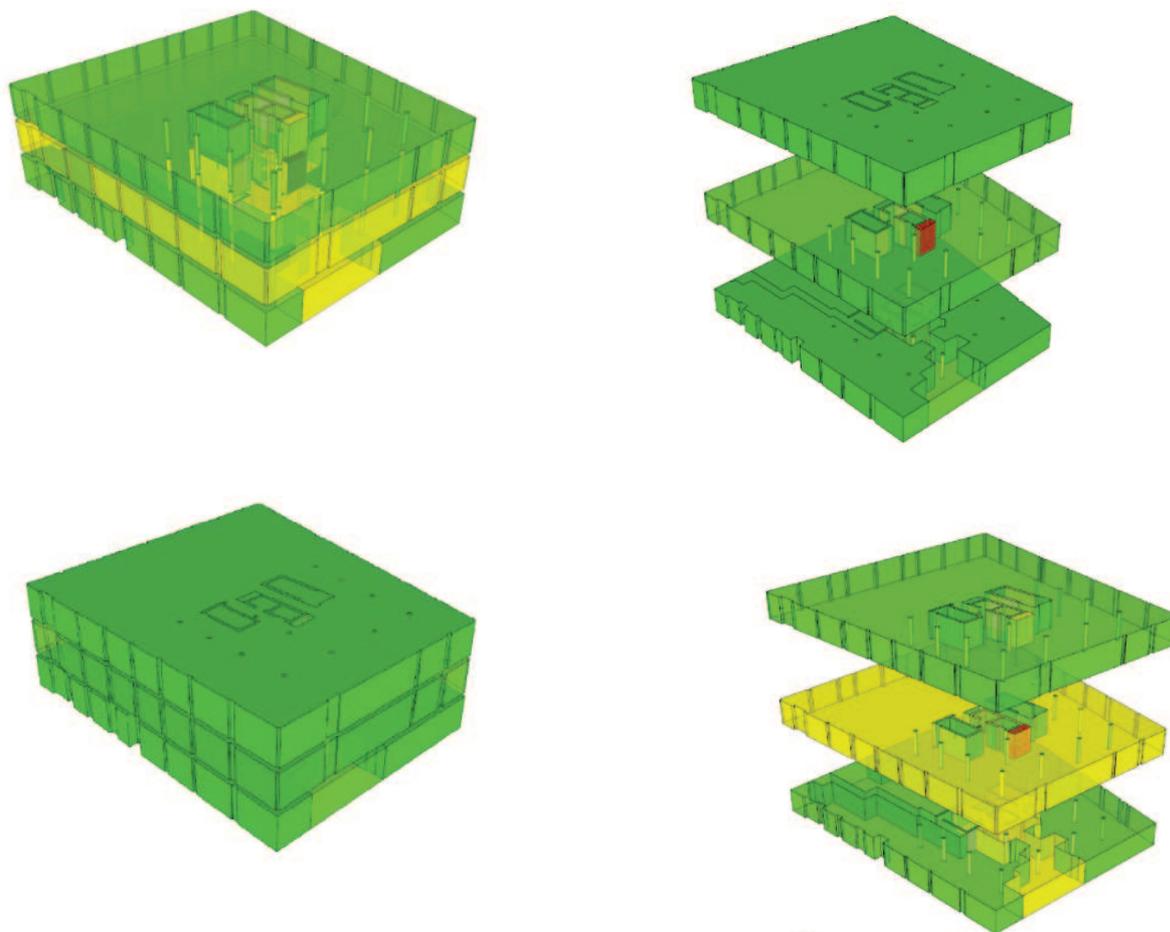
Tâche 5 : Distinguer les limites de lot et le bâtiment associé



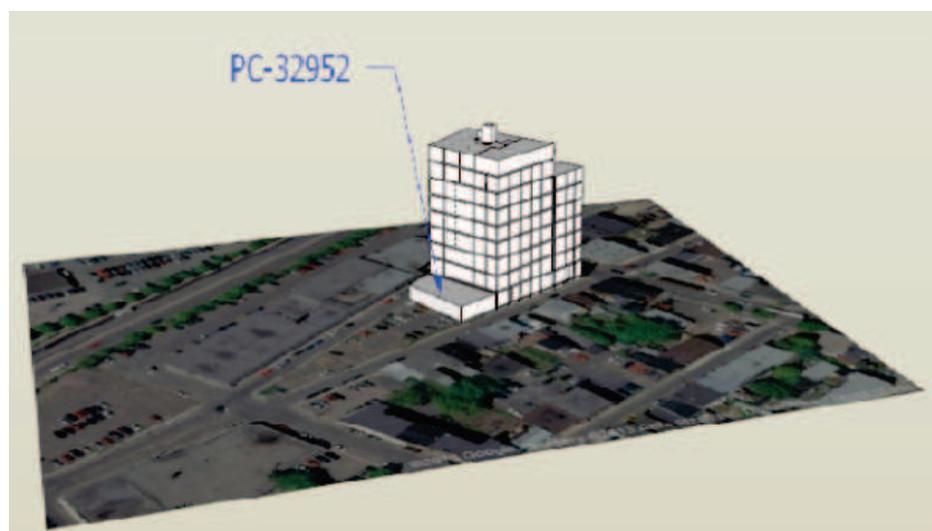
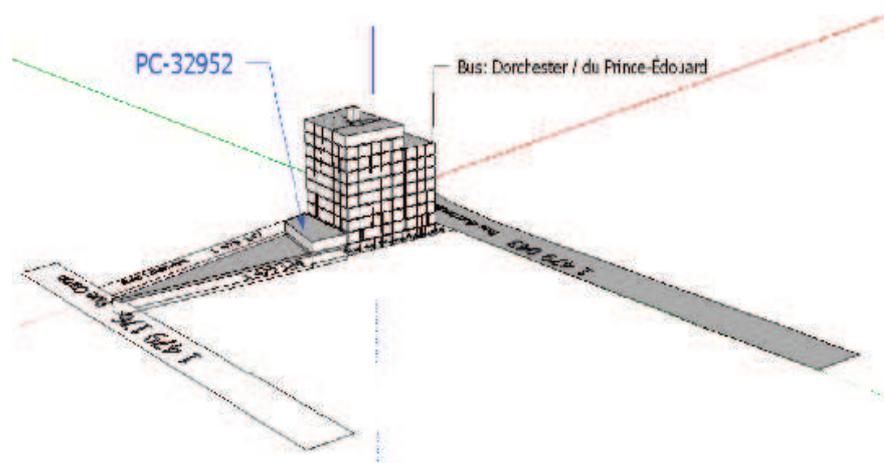
Tâche 6 : Comprendre la relation spatiale entre le bâtiment et la parcelle terrain associée



Tâche 7 : Comprendre la relation spatiale entre un lot spécifique et ces lots adjacents



Tâche 8 : Contextualiser le condo avec son environnement



annexe 4 : article conférence GeoInfo

EXPERIMENTS WITH NOTARIES ABOUT 3D CADASTRAL VISUALISATION SYSTEM

J. Pouliot^a, C. Wang^a, F. Hubert^a, V. Fuchs^b, M. Bédard^c

^a Department of Geomatics Sciences, Université Laval, Quebec City, Canada, jacynthe.pouliot@scg.ulaval.ca

^b ESGT, France, vivien.fuchs@scr.fr

^c Groupe VRSB, Quebec City, Canada, m.bedard@groupevrsb.com

3D Géoinfo 2013 - Commission VI, WG VI/4

KEYWORDS: 3D visualisation and modeling, users requirements, 3D cadastre, guideline,

ABSTRACT:

In the digital world in which we now live, computer visualization is almost indispensable in supporting decision-making involving 3D models. Countless solutions combining 3D visualization and the geospatial component exist, both for viewing and creating 3D models. Examples include CAD (Computer Aided Design), GIS (Geographic Information System) and specific viewers such as those incorporating augmented reality, time banners and statistical tools. These systems usually incorporate the typical zoom, pan and rotate tools and are based on cartographic standards. However, very few are designed to meet users' specific needs. They offer virtually all customization mechanisms/tools, allowing users to adjust interface components to their needs and to exploit, to the best of their knowledge, libraries of cartographic symbols.

Consequently, when visualizing a 3D model on a computer display screen, users are free, to the extent of the possibilities offered by the software, to choose as they wish among the visual variables available. When options are available, users may decide to place some lines in color, apply textures on the surfaces of objects, employ transparency or not, etc. Although this flexibility is interesting, it poses certain problems about choices to make to optimize the assembly of seven visual variables (position, size, shape, value, color, texture and orientation). 2D mapping offers a set of recognized standards and practices for which Bertin established the main points; map production is an integral part of training for many practitioners. The term *graphic semiology* is used to refer to a set of rules for a graphic system of signs for the transmission of information (Bertin, 1967). For example, according to the different possible geometries (point, line, polygon), the best variable combinations to assist in selection or to associate one object with another are explained; some perform better in highlighting order among the objects, etc.

Regarding 3D, do 2D mapping rules apply fully? Are there standards for good practices to assemble 3D model visual variables? Do other elements come into play to take account 3D specificities (transparency, gradient, shadow, etc.)? A literature review shows that some authors/researchers have focused on these issues (see Wang *et al.*, 2012; Foss *et al.*, 2005; Häberling, *et al.* 2008; Pegg 2009; Trapp *et al.*, 2010). They establish the need to carefully exploit visual variables and, more importantly, indicate that the third dimension brings certain peculiarities. For example, Pegg (2008) concluded that viewing angles and illumination are prominent factors in 3D models compared to visual variables. Hardisty (2001) suggested reflectance was another visual variable in the theoretical investigation of 3D visualization and recognized that light sources, camera and even fog are influential visual properties.

This point can also be extended to user categories and the use of 3D representations as proposed in Chen *et al.* (2012). For example, do best practices for the 3D representation of a group of city buildings apply in producing a representation of a forest set? Similarly, does the spatial representation of a bona fide item (a physical object) versus the limits of fiat objects (which exist relative to a specific legal interpretation or human demarcation, Smith, 2000) pose similar challenges?

Starting with these various questions, a research project was defined in order to establish the best fit between visual variables applied to a 3D model and 3D visualization tasks related to the needs of users, in particular civil law notaries. This paper is a follow-up to the first experiments on 3D models and theoretical tasks (Chen *et al.*, 2012). In the present research, a real case of a complex divided co-propriety was used, with notaries who had established the limits of the condominium being interviewed. This paper demonstrates experiments with a group of notaries regarding 3D visualization of a 3D cadastral model for a vertical divided co-ownership. The experimental framework first established a list of visualization tasks deemed necessary for notaries. Eight visualization tasks, e.g., locating a lot in a condo, and classifying lots according to their characteristics, were used in the experiment. Three questions were explored for these first tests:

- a) What content is expected in 3D models, both for the cadastral model and contextual data?
- b) Among five visual variables (position change, colour, size, texture, value), which are the most appropriate to carry out a visualization task?
- c) Among three enhancement techniques (transparency, underlining, gradient), which are the most appropriate to carry out a visualization task?

A set of 3D cadastral models were produced by changing different variables. During testing, notaries were presented with a proposed 3D cadastral model, for which they had to respond to a series of questions related to visualization tasks, and then had to express a preference among the 3D models proposed. This paper will present these experiments and results.

REFERENCES

- Bertin J., *Sémiologie graphique*, Paris, Mouton/Gauthier-Villars, 1967.
- Fosse, J. M., Veiga, L. A. K., & Sluter, C. R. (2005). COLOR HUE AS A VISUAL VARIABLE IN 3D INTERACTIVE MAPS. *IEEE International Conference on Communications* (Vol. 55). Seoul, Korea.
- Häberling, C., Bär, H., & Hurni, L. (2008). Proposed Cartographic Design Principles for 3D Maps: A Contribution to an Extended Cartographic Theory. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 43(3), 175–188.
- Hardisty, F. (2001). Cartographic Animation in Three Dimensions : Experimenting with the Scene Graph. *Proceedings, 20th ICA/ACI International Cartographic Conference*, Beijing, P.R.China.
- Pegg, D. (2009). Design Issues with 3D Maps and the Need for 3D Cartographic Design Principles. *Academic Papers*. Retrieved from <http://lazarus.elte.hu/cet/academic/pegg.pdf>
- Trapp, M., Beesk, C., Pasewaldt, S., & Döllner, J. (2010). Interactive Rendering Techniques for Highlighting in 3D Geovirtual Environments. *Proceedings of the 5th 3D GeoInfo Conference*, XXXVIII, 12669–12669.
- Wang, C., Pouliot, J., & Hubert, F. (2012). Visualization Principles in 3D Cadastre : A First Assessment of Visual Variables. *Proceedings of the 3rd International Workshop on 3D Cadastres: Developments and Practices*, 309–324.

Visualisation 3D du cadastre québécois : cas d'une copropriété

Mémoire d'ingénieur C.N.A.M., Le Mans 2013

RESUME

Dans le contexte actuel de densification des villes, des situations de plus en plus complexes de superpositions des propriétés apparaissent. Pour mieux comprendre, et ainsi mieux gérer ces situations, l'utilisation d'un cadastre 3D et de représentations 3D est requise. Cependant, bien que la recherche avance sur la question des cadastres 3D, il n'existe pas encore de guides pour la création de telles représentations.

Ce travail propose donc dans un premier temps d'expérimenter la production de visualisations, puis dans un second temps d'expliquer la mise en place d'un test avec des notaires permettant d'évaluer les performances des variables visuelles en fonction des tâches que l'on souhaite accomplir. Pour finir sur des perspectives d'amélioration à partir de l'expérience acquise au cours des deux premières parties.

Mots clés : Cadastre 3D, visualisation, variables visuelles

SUMMARY

In the current context of densification of the cities, more and more complex situations of superpositions of properties appear. In order to better understand and better manage these situations, the use of a 3D cadastre and 3D representations is required. However, although looking ahead on the issue of 3D cadastre, does not yet exist guidelines for creation of such visualizations.

This paper proposes a first step to test the production of visualizations, and a second step to explain the development of a test with notaries to evaluate the performance of visual variables for some tasks notaries deal with. To finish on prospects for improvement from the experience gained during the first two parts.

Key words : 3D cadastre, visualization, visual variables