



HAL
open science

Potentiel d'utilisation d'une maquette BIM dans le cadre de la constitution d'une PPE et dans les procédures d'autorisation de construire à Genève

Sylvain Magnard

► To cite this version:

Sylvain Magnard. Potentiel d'utilisation d'une maquette BIM dans le cadre de la constitution d'une PPE et dans les procédures d'autorisation de construire à Genève. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2016. dumas-01803630

HAL Id: dumas-01803630

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01803630>

Submitted on 30 May 2018

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

Sylvain MAGNARD

Potentiel d'utilisation d'une maquette BIM dans le cadre de la constitution
d'une PPE et dans les procédures d'autorisation de construire à Genève

Soutenu le 7 juillet 2016

JURY

PRESIDENTE : Mme Élisabeth BOTREL

MEMBRES : M. Jérôme HENRY Maître de stage
M. Jean-Michel FOLLIN Professeur référent
M. Ghyslain FERRÉ
M. Sylvain GUILLOTEAU
M. Jérémie ROBERT
M. Gwénaél SAGNE

Maître de stage : M. Laurent NIGGELER

Remerciements

Je tiens à remercier M. Jérôme Henry (directeur de HKD Géomatique) ainsi que M. Laurent Niggeler (directeur de la Mensuration Officielle genevoise), en tant que maîtres de stage, pour leur encadrement tout au long de ce travail de fin d'études. Je les remercie de m'avoir donné l'opportunité de travailler sur un sujet aussi intéressant.

Je remercie M. Jean-Michel Follin, mon professeur référent et maître de conférences à l'ESGT, pour son suivi et ses conseils au cours de ce projet.

Je tiens à remercier particulièrement : Mme Helena Åström (Swisstopo), M. Geoffrey Cornette (DMO), M. Jean-Yves Coste (Losinger-Marazzi), M. Florent Devaux (APA-GE), M. Bernd Domer (HEPIA), M. Alain Dubois (HEPIA), M. Samuel Dunant (HKD Géomatique), M. Frédéric Josselin (Office de l'urbanisme), M. Odin Palma (DALE), M. Rodolphe Sanderson (Losinger-Marazzi) et M. Christian Tellols (Implenia), qui ont participé au comité de pilotage et suivi mon travail.

Je remercie les personnes rencontrées à la DMO et qui ont su répondre à mes questions.

Je tiens à remercier également l'ensemble des collaborateurs de HKD Géomatique pour leur accueil.

Je termine en remerciant l'ensemble des personnes m'ayant accompagné et soutenu durant ce travail.

Liste des abréviations

AGG	Association Genevoise des ingénieurs Géomètres officiels et géomaticiens
BIM	De l'anglais Building Information Modeling, modélisation des données du bâtiment
CCS	Code Civil Suisse
CGA	Computer Generated Architecture, langage de programmation visant à générer du contenu 3D dans CityEngine
DMO	Direction de la Mensuration Officielle
FIG	Fédération Internationale des Géomètres
GML	De l'anglais Geography Markup Language, langage de balisage en géographie
HSP	Hauteur Sous Plafond
IFC	De l'anglais Industry Foundation Classes
IGO	Ingénieur Géomètre Officiel
IGN	Institut national de l'information géographique et forestière
IGS	Ingénieurs-Géomètres Suisses
LADM	De l'anglais Land Administration Domain Model, modèle du domaine de l'administration des terres
LAT	Loi fédérale sur l'Aménagement du Territoire
LCI	Loi genevoise sur les Constructions et Installations diverses
LGéo	Loi fédérale sur la Géoinformation
LOD	De l'anglais Level Of Detail, niveau de détail
MNS	Modèle Numérique de Surface
MNT	Modèle Numérique de Terrain
MO	Mensuration Officielle
OAC	Office des Autorisations de Construire
OCRDP	Ordonnance sur le Cadastre des Restrictions de Droit Public à la Propriété Foncière
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PPE	Propriété Par Étages
RCI	Règlement d'application de la LCI
RDPPF	Restriction de Droit Public à la Propriété Foncière
RF	Registre Foncier
SIA	Société suisse des Ingénieurs et des Architectes
SIG	Système d'Information Géographique
SITG	Système d'Information du Territoire à Genève

Table des matières

Remerciements.....	2
Liste des abréviations.....	3
Table des matières.....	4
Introduction.....	6
I CONTEXTE GENERAL.....	8
I.1 LE SYSTEME CADASTRAL SUISSE.....	8
I.1.1 Le Registre Foncier.....	8
I.1.2 La Mensuration Officielle.....	9
I.1.3 Le Cadastre des Restrictions de Droit Public à la Propriété Foncière.....	10
I.1.4 Le cadastre en Suisse, une notion qui évolue.....	11
I.2 LES REPRESENTATIONS EN TROIS DIMENSIONS.....	12
I.2.1 Le BIM, une représentation à l'échelle de la construction.....	12
I.2.1.1 Qu'est-ce que le BIM ?.....	12
I.2.1.2 Le BIM à l'international.....	13
I.2.1.3 Le format IFC, réponse internationale à l'interopérabilité.....	13
I.2.1.4 Vers une coordination au niveau national : le cahier technique SIA 2051.....	14
I.2.2 La maquette urbaine, une représentation à l'échelle du territoire.....	14
I.2.2.1 Un outil de communication et d'aide à la prise de décision.....	14
I.2.2.2 Le socle 3D de Genève.....	14
I.2.2.3 La charte d'éthique et de déontologie de la 3D, une démarche internationale.....	15
I.2.2.4 Quelle notion de la 3D dans la propriété en Suisse ?.....	16
I.3 EXEMPLES DE DEMARCHES 3D POUR LA GESTION DE L'UTILISATION DU SOL.....	16
I.3.1 La maquette numérique 3D de Monaco.....	16
I.3.2 Le projet TerraMagna.....	17
I.3.3 Le projet e-PLU.....	17
I.3.4 La norme LADM.....	18
I.4 CONVERGENCE BIM ET SIG, UNE AVANCEE NECESSAIRE.....	19
II LE BIM AU SERVICE DE LA PROCEDURE D'AUTORISATION DE CONSTRUIRE.....	20
II.1 ANALYSE DE LA SITUATION ACTUELLE.....	20
II.1.1 La procédure d'autorisation de construire.....	20
II.1.2 Les Restrictions de Droit Public à la Propriété Foncière.....	21
II.1.3 Les autres restrictions du droit de propriété.....	23
II.1.4 Potentialité d'une mise en 3D des restrictions.....	24
II.1.4.1 Mise en 3D des RDPPF.....	24
II.1.4.2 Mise en 3D des autres restrictions.....	25
II.2 CREATION D'UN PROCESSUS DE TRAVAIL 3D.....	25
II.2.1 Les services pouvant être proposés aux professionnels par le géomètre.....	25
II.2.2 Création d'un gabarit de constructibilité 3D.....	26
II.2.2.1 Logiciel utilisé.....	26
II.2.2.1.1 Choix du logiciel.....	26
II.2.2.1.2 Principe de fonctionnement général de CityEngine.....	26

II.2.2.2	Paramétrage en vue de la création d'un gabarit de constructibilité 3D.....	28
II.2.3	Confrontation avec une maquette BIM projet.....	33
II.3	PERTINENCE DU PROCESSUS PROPOSE.....	35
II.3.1	Analyse SWOT du processus.....	35
II.3.1.1	Forces.....	35
II.3.1.2	Faiblesses.....	35
II.3.1.3	Opportunités.....	36
II.3.1.4	Menaces.....	36
II.3.2	Conclusion.....	37
III	LE BIM AU SERVICE DE LA CONSTITUTION D'UNE PPE.....	38
III.1	ANALYSE DE LA SITUATION ACTUELLE.....	38
III.1.1	La Propriété Par Étages.....	38
III.1.1.1	Bases légales.....	38
III.1.1.2	Définition des lots.....	39
III.1.2	Élaboration actuelle d'une PPE dans le canton de Genève.....	40
III.1.2.1	PPE avant construction et PPE sur bâtiment existant.....	40
III.1.2.2	Caractéristiques de la démarche suivie.....	41
III.1.2.2.1	Elaboration du cahier de répartition des locaux.....	41
III.1.2.2.2	Construction de la PPE sous forme numérique.....	42
III.1.2.3	Aspect 3D dans la PPE.....	42
III.2	MISE EN PLACE D'UN PROCESSUS DE TRAVAIL 3D.....	44
III.2.1	Motifs de réalisation.....	44
III.2.2	Proposition d'un protocole type.....	44
III.2.2.1	Logiciel BIM.....	44
III.2.2.1.1	Choix du logiciel.....	44
III.2.2.1.2	Principe de fonctionnement général.....	45
III.2.2.2	Paramétrage en vue de la création des lots de PPE.....	47
III.2.2.3	Etablissement des rendus.....	50
III.2.2.4	Interopérabilité des logiciels BIM.....	52
III.3	PERTINENCE DU PROCESSUS PROPOSE.....	52
III.3.1	Comparaison avec le processus technique actuel.....	52
III.3.2	Analyse SWOT du processus.....	53
III.3.2.1	Forces.....	53
III.3.2.2	Faiblesses.....	54
III.3.2.3	Opportunités.....	55
III.3.2.4	Menaces.....	56
III.3.3	Conclusion.....	59
	Conclusion.....	60
	Bibliographie.....	62
	Table des annexes.....	66
	Liste des figures.....	98
	Liste des tableaux.....	100

Introduction

Le BIM, nouvel outil et technologie en expansion dans les procédures de construction, se développe progressivement à Genève. Il offre de nombreux avantages mais demande des compétences nouvelles. Une approche de travail différente et repensée est nécessaire. Chaque profession, intervenant au sein du domaine de la construction, doit se l'approprier. Pour sa part, le géomètre doit pouvoir l'intégrer dans ses démarches et proposer des services en adéquation avec cette nouvelle pratique. De même, il est intéressant de se pencher sur la propension du BIM à interagir avec d'autres outils et de nouvelles démarches. Le climat est en tout cas propice à cette réflexion, au regard de l'effervescence entourant le BIM aujourd'hui.

La question centrale de cette étude est de savoir comment le géomètre peut exploiter une maquette BIM dans les projets de construction. Le géomètre se trouve face à un profond changement de son métier. Comme quelques années auparavant, avec le passage du dessin au crayon à la DAO, les méthodes de travail s'en trouveront entièrement modifiées. Le passage de la 2D vers la 3D sera nécessaire et est déjà en marche.

Le canton de Genève a toujours su innover et rester à l'avant-garde des technologies en matière de géomatique. Les services compétents se sont efforcés de développer de nouveaux services disponibles pour les professionnels et le grand public. Le portail du SITG (Système d'Information du Territoire à Genève) en est un parfait exemple. Il référence et publie les données géographiques du canton, utilisées chaque jour par les géomètres, les concepteurs de projet, les propriétaires et extractibles dans de nombreux formats. Il recèle notamment un Cadastre des Restrictions de Droit Public à la Propriété Foncière (Cadastre RDPPF) mis en place depuis 2015. Il permet de connaître, pour chaque parcelle, les contraintes légales d'urbanisme auxquelles celle-ci est soumise. Toujours dans une finalité d'un développement continu, des réflexions ont été établies pour faire évoluer le Cadastre RDPPF en trois dimensions. Cela permettrait d'améliorer la visualisation de la potentialité de construire d'une parcelle, bénéfique à la fois pour l'acquéreur et le porteur du projet mais aussi pour les services instructeurs et les services de planification urbaine. De même, le Cadastre RDPPF 3D, couplé avec une maquette BIM du projet, pourrait être utilisé comme contrôle pour l'obtention d'une autorisation de construire. Le processus d'obtention des autorisations de construire n'en serait qu'amélioré. Une vision globale du potentiel constructible de la ville serait alors possible et faciliterait le travail des différents acteurs.

Genève, le canton mais surtout la ville, est particulièrement dense. Sa population est en constante augmentation, de même que les constructions effectuées sur son territoire. Du fait de cette densification de la ville, les cas de superposition de la propriété se multiplient. Ainsi, les situations s'inscrivant dans un espace tridimensionnel sont de plus en plus complexes juridiquement. L'essor des Propriétés Par Étages (PPE), forme de copropriété particulière, en est l'exemple le plus flagrant ; elles sont en effet très présentes sur le territoire de Genève. Pour les acquéreurs et surtout dans le cas d'une vente sur plan, il est difficile de se représenter le bien futur et particulièrement son volume et sa situation. L'avènement du BIM dans ce domaine est une opportunité pour remplacer les plans 2D actuels par un modèle 3D. La maquette BIM pourrait alors être intégrée à un processus officiel de dossier de PPE en trois dimensions et serait alors un atout non négligeable.

L'étude s'est déroulée au sein de deux entités distinctes :

- HKD Géomatique, bureau d'ingénieurs géomètres officiels cherchant constamment à se maintenir à un haut niveau en matière de nouvelles technologies. Il est actif dans tous les domaines de la mensuration officielle et de la mensuration technique et plus spécialement en ce qui concerne l'établissement de cahiers de répartition des locaux dans le cadre de PPE ou la modélisation 3D. Ayant déjà une pratique autour de la 3D et du BIM, l'entreprise souhaite développer ce secteur.
- La DMO (Direction de la Mensuration Officielle) est responsable des données de la Mensuration Officielle dans le canton de Genève (cf. partie I.1.2) et est l'organe responsable du Cadastre RDPPF pour le canton. Participant à la garantie de la propriété foncière, le sujet de cette étude la touche particulièrement.

La présente étude vise à étudier le potentiel d'utilisation du BIM dans le cadre d'une procédure de construction de bâtiments courante à Genève : dans un premier temps, son utilisation dans une procédure d'autorisation de construire avec la confrontation de la maquette BIM et du Cadastre RDPPF 3D puis dans un second temps, dans une procédure de PPE. Le travail consistera à définir le rôle du géomètre dans ces démarches et à proposer de nouvelles approches. La méthode posera la question de l'utilisation de la maquette BIM au cœur des procédures du droit de la propriété et comme référence unique.

I Contexte général

I.1 Le système cadastral suisse

Contrairement à la France qui possède un cadastre uniquement fiscal, la Suisse dispose elle d'un cadastre juridique.

Le système cadastral suisse est formé du Registre Foncier (RF), de la Mensuration Officielle (MO) ainsi que du Cadastre des Restrictions de Droit Public à la Propriété Foncière (Cadastre RDPPF).

I.1.1 Le Registre Foncier

Le RF est l'un des deux organes nécessaires à la garantie de la propriété foncière. Il est régi par l'Ordonnance sur le Registre Foncier (ORF). Il répertorie l'ensemble des droits réels sur les biens-fonds tels que la propriété ou les servitudes. Toute constitution, modification, transfert ou suppression de ces droits, sont établis par acte authentique et donnent lieu à une inscription au RF (cadastre.ch, 2016). Le RF recense également les droits distincts et permanents et les parts de copropriété d'immeubles. A Genève, la tenue du RF s'effectue au niveau cantonal.

Pour que la propriété foncière soit garantie, il est nécessaire que les droits réels soient inscrits au RF mais aussi publiés par ce dernier.

Tous les immeubles sont inscrits au RF et chacun fait l'objet d'un feuillet et d'un numéro distincts. Ils sont également accompagnés de plans. Le feuillet, élément essentiel de la preuve de propriété, comporte de nombreuses informations sur l'immeuble, à savoir :

- l'état descriptif de l'immeuble : commune, numéro d'immeuble, surface ;
- la propriété : type de propriété (collective ou individuelle), nom du propriétaire, mode d'acquisition ;
- les mentions : remarques informatives ;
- les servitudes ;
- les charges foncières ;
- les annotations ;
- les droits de gages immobiliers.

I.1.2 La Mensuration Officielle

La MO est responsable des données géométriques définissant la propriété foncière. Elle a pour rôle de relever les limites des biens-fonds et de les tenir à jour (cadastre.ch, 2016). Elle constitue ainsi l'autre organe essentiel à la garantie de la propriété foncière.

Ses données servent de référence à toutes les autres géoinformations ainsi qu'au RF et au Cadastre RDPPF. Elles sont organisées selon un modèle de données défini à l'art. 6 de l'Ordonnance sur la Mensuration Officielle (OMO), représenté sur la Figure 1.

Dans le canton de Genève, ces données sont disponibles sur le portail du SITG, conformément aux dispositions de l'art. 29 al. 1 de la Loi fédérale sur la Géoinformation (LGéo) qui indique qu'elle « garantit la disponibilité des géodonnées de référence qui lient les propriétaires et des informations descriptives concernant les immeubles ». Cependant, leur effet juridique ne leur est pas reconnu dans le cadre de cette diffusion en dépit du caractère juridique qui leur est attribué initialement (Procot, 2015).

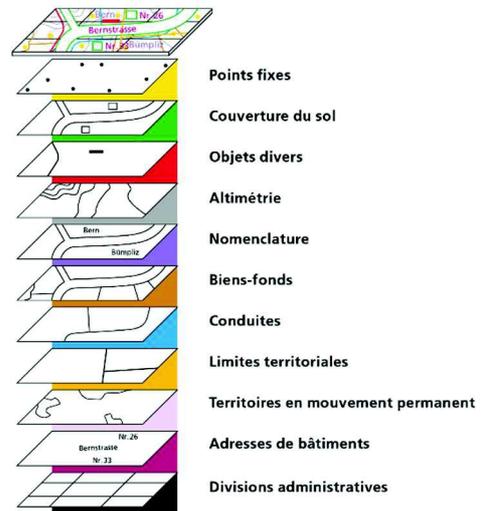


Figure 1 : Les onze couches d'information de la Mensuration Officielle (cadastre.ch, 2016)

La MO est une tâche partagée par différents niveaux (cadastre.ch, 2016) :

- la Confédération : l'art. 75a de la Constitution suisse définit la compétence fédérale pour légiférer en la matière. Le rôle de la Confédération est essentiellement l'établissement d'une législation-cadre et du contrôle des travaux cantonaux.
- les cantons : la compétence de gestion opérationnelle leur revient. Ils dirigent les travaux de mensuration et règlent leur exécution.
- les communes : elles ont pour certaines leurs propres services de mensuration officielle et exécutent alors les travaux s'y référant.
- les bureaux de géomètres privés : ils exécutent dans la plupart des cantons les travaux de mensuration par délégation de pouvoir.

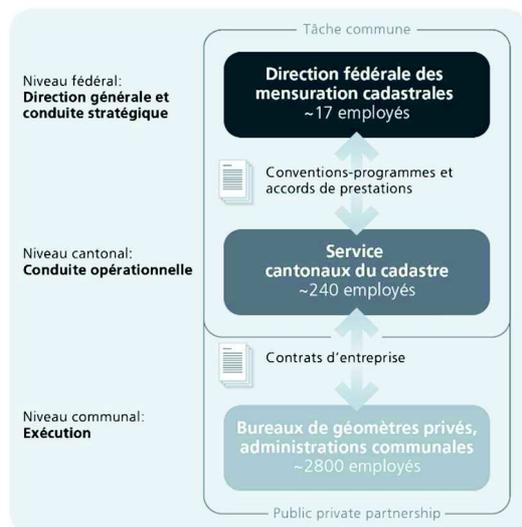


Figure 2 : Organisation de la collaboration public/privé (cadastre.ch, 2016)

Le canton de Genève dispose de son propre service, la Direction de la Mensuration Officielle (DMO) et délègue l'exécution aux bureaux de géomètres privés.

I.1.3 Le Cadastre des Restrictions de Droit Public à la Propriété Foncière

Un propriétaire foncier ne peut pas user de son bien sans se conformer à un cadre légal et réglementaire établi. Un grand nombre de lois, d'ordonnances et de règlements, venant d'autorités fédérales, cantonales ou communales, engendrent des limitations au droit de propriété qui sont appelées des Restrictions de Droit Public à la Propriété Foncière (RDPPF). Il en existe près de 150 différentes. Nécessitant la consultation de nombreux services, une volonté est née de les regrouper pour un accès unique. Au vu de la complexité de la tâche, une première version d'un Cadastre RDPPF se met en place, composée de dix-sept restrictions principales (voir plus bas).

Le Cadastre RDPPF a été introduit par les art. 16 ss de la LGéo. Celle-ci institue l'accessibilité et l'utilisation des géodonnées par la population (art. 10).

L'Ordonnance sur le Cadastre RDPPF (OCRDP) régit le Cadastre RDPPF (art. 1). Celui-ci est un cadastre juridique qui comporte des plans, des actes législatifs ainsi que des renvois vers les bases légales applicables. L'OCRDP définit notamment son contenu ainsi que ses formes d'accès, via un service de consultation (art. 9) et sous forme d'extrait statique ou dynamique (art. 10). Elle planifie également l'introduction du Cadastre RDPPF sur le territoire suisse en deux étapes : une première dans des cantons pilotes (jusqu'en 2015), puis une deuxième dans l'ensemble du pays (au plus tard en 2020).

Les dix-sept RDPPF sont issues de huit domaines (swisstopo, 2015c). Elles comprennent :

- l'aménagement du territoire
 - plans d'affectation cantonaux et communaux (ils définissent des hauteurs limites de construction, des alignements, etc.)
- les routes nationales
 - zones réservées des routes nationales
 - alignements des routes nationales
- les chemins de fer
 - zones réservées des installations ferroviaires
 - alignements des installations ferroviaires
- les aéroports
 - zones réservées des installations aéroportuaires
 - alignements des installations aéroportuaires
 - plan de la zone de sécurité des aéroports
- les sites pollués
 - cadastre des sites pollués
 - cadastre des sites pollués – domaine militaire
 - cadastre des sites pollués – domaine des aéroports civils
 - cadastre des sites pollués – domaine des transports publics

- la protection des eaux souterraines
 - zones de protection des eaux souterraines
 - périmètres de protection des eaux souterraines
- le bruit
 - degré de sensibilité au bruit (dans les zones d'affectation)
- la forêt
 - limites de la forêt (dans les zones à bâtir)
 - distances par rapport à la forêt

Certaines de ces restrictions sont définies à la parcelle près, comme c'est le cas pour les plans d'affectation. D'autres se rapportent en revanche à une référence géométrique, telle qu'un axe de route et s'appliquent à partir d'une distance par rapport à ces éléments. On peut citer, par exemple, les alignements et les zones de protection des eaux souterraines. Des restrictions peuvent également être déterminées selon les deux schémas énoncés, notamment en ce qui concerne les sites pollués.

Genève, canton pilote, a mis en service son guichet cartographique en septembre 2015. Ces informations sont disponibles sous forme dynamique¹ et statique² : l'extrait dynamique³ permet de visualiser et de superposer les différentes RDPPF en ligne, tandis que l'extrait statique⁴ est établi sous format pdf et contient les informations des RDPPF sur un bien-fonds⁵ (swisstopo, 2015c).

I.1.4 Le cadastre en Suisse, une notion qui évolue

En Suisse, le cadastre évolue au fil des ans. Il se développe et introduit de nouvelles données, pour proposer un service toujours plus optimal. Ces dernières années ont montré une forte dynamique (cadastre.ch, 2016) et on peut s'attendre à ce que cela continue :

2008 : la LGéo entre en vigueur. Elle institue la publication et la mise à disposition au public des géodonnées.

2009 : jusqu'alors exclusivement orienté vers la délimitation de la propriété, le cadastre se double d'un Cadastre RDPPF.

2011 : lancement des discussions relatives à la création d'un cadastre tridimensionnel.

2013 : création du groupe de réflexion « Dimension Cadastre ». Son intérêt porte sur les conséquences des nouvelles technologies sur la MO : l'acquisition, le traitement et l'utilisation des données, les effets provoqués sur l'exécution du métier et les réponses pouvant y être apportées.

2020 : l'introduction du Cadastre RDPPF sur l'ensemble du territoire est prévue.

¹ <https://www.etat.ge.ch/geoportail/pro/?mapresources=RDPPF>

² <https://ge.ch/terecadastre/>

³ Annexe 1

⁴ Annexes 2 et 3

⁵ Bien-fonds : parcelle

20__ ? : la séparation entre les cartes (MO) et les registres (RF) sera abolie grâce au développement des outils informatiques, ce qui entraînera la disparition du cadastre « papier » au profit d'un cadastre numérique (proposition du FIG dans le cadre de sa publication « Cadastre 2014 », mentionnée dans (Procot, 2015)).

I.2 Les représentations en trois dimensions

La modélisation 3D est une représentation de la géométrie d'un objet en trois dimensions. A chaque point est associé un triplet (x,y,z) où il existe plusieurs z pour un même couple de coordonnées (x,y) . On peut citer l'exemple de la modélisation d'un bâtiment sur un terrain naturel : le bâtiment et le terrain naturel sont alors définis chacun par leur propre z .

Il ne faut pas confondre les représentations 3D et 2.5D. Dans une représentation 2.5D, chaque couple de points (x,y) possède une unique valeur de z . Le z est fonction du couple (x,y) . C'est une surface 2D à laquelle on a ajouté une information de hauteur. Ainsi, on s'en tient à extruder une surface. Le MNT est un exemple de représentation 2.5D.

Il convient de distinguer deux types de représentation 3D : la maquette BIM qui est une maquette numérique du bâtiment et la maquette urbaine qui est une représentation à l'échelle d'une ville ou d'un quartier.

I.2.1 Le BIM, une représentation à l'échelle de la construction

I.2.1.1 Qu'est-ce que le BIM ?

L'acronyme BIM regroupe en réalité trois notions distinctes (BIM World, 2016) :

- la maquette numérique du bâtiment ;
- les méthodes de travail aboutissant à sa conception de manière collaborative ;
- la gestion des échanges et des données du bâtiment modélisé.

Le BIM n'est donc pas uniquement de la 3D. C'est une représentation en trois dimensions d'un bâtiment qui comporte ses caractéristiques à la fois physiques et fonctionnelles. Contrairement à la DAO, on ne représente plus le bâtiment par des traits mais bien par des composants (murs, toits, portes, etc.) qui définissent la géométrie mais aussi les propriétés de ces éléments (dimensions, type, etc.). Le BIM possède ainsi une réelle base de données du bâtiment. Chaque intervenant (géomètre, architecte, bureau d'études, etc.) peut utiliser la maquette BIM et peut tout aussi bien récupérer les informations qui lui sont nécessaires, que l'enrichir à son tour. Le BIM permet également le suivi de la construction tout au long de sa vie : c'est ce qu'on appelle la « 4D ».

Une maquette BIM est caractérisée par son niveau de développement (ND ou LOD pour Level of Development). Il correspond au niveau d'informations lié aux objets en matière de détails, de coordination et d'information. Il s'articule autour :

- du niveau de détail : décrit les niveaux de représentation de la géométrie attendus à chaque stade du projet (cf. Figure 3) ;
- du niveau d'information : décrit le niveau de représentation des données et des propriétés contenues dans la maquette.

C'est une notion fondamentale définissant les livrables en BIM pour chaque intervenant et pour chaque phase du projet.

Niveau de détail	Contenu représentation	Niveau de représentation
1 Esquisse		Paroi représentée par un trait
2		Paroi représentée par volume simple
3		Paroi représentée par volume simple avec composition
3 <i>bis</i>		Paroi représentée par x éléments indépendants
4		Paroi représentée par une décomposition des x éléments en sous-éléments proches de la réalité constructive
5 Exécution		Paroi composée d'objets équivalents à la réalité constructive

Figure 3 : Les différents niveaux de développement (BIM World, 2016)

I.2.1.2 Le BIM à l'international

Des initiatives en vue de développer le BIM ont été lancées par certains états, conscients de cette évolution. La Norvège (2005) et les États-Unis (2006) notamment l'ont vite compris et ont imposé l'utilisation du BIM dans des projets publics d'envergure (BIM World, 2016). Une directive européenne de 2014 sur les marchés publics (2014/24/UE) encourage les pays de l'Union Européenne à utiliser le BIM. Pour sa part, la France va se doter d'une législation dans ce sens, dans le but d'inciter les entreprises à utiliser le BIM dans les marchés publics à partir de 2017. Elle est cependant loin d'être en retard : d'après BIM World (2016), en 2015, 71 % des entreprises françaises de construction ont plus de 30 % de projets en BIM (contre 43 % pour le Japon et 79 % pour les États-Unis). Acteur précurseur du BIM, le Royaume-Uni a d'ores et déjà établi l'obligation du BIM dans les marchés publics depuis janvier 2016. En revanche, aucun chiffre n'est disponible concernant la Suisse.

I.2.1.3 Le format IFC, réponse internationale à l'interopérabilité

A mesure que l'utilisation du BIM devient courante, il y a une demande croissante des professionnels pour le développement d'un format libre d'échange. L'interopérabilité est particulièrement importante puisque les professionnels peuvent posséder des logiciels différents (cf. partie III.2.2.1.1), fonctionnant souvent avec un format propre. Il est donc nécessaire d'avoir une méthode d'échange qui conserve l'ensemble des informations pour aboutir à un processus de construction collaboratif efficace. Tout comme les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) l'ont fait auparavant, avec le standard GML (Geography Markup Language, en français langage de balisage en géographie).

Plutôt que de se baser sur l'un des formats propriétaires, des associations militent pour développer un format ouvert. C'est le cas de l'organisation internationale buildingSMART (cf. Figure 4) qui a développé le format IFC (Industry Foundation Classes). L'IFC est un format standardisé, basé sur les objets et est indépendant de tout éditeur de logiciel. Il sert à décrire les informations géométriques du bâtiment mais aussi les données liées. Son développement est toujours en cours ; la dernière version date d'août 2015 (IFC 4). Aujourd'hui, 202 outils logiciels permettent d'importer et d'exporter des fichiers compatibles IFC (buildingSMART.org, 2016). Cependant, ce format reste encore imparfait (cf. partie III.2.2.4).



Figure 4 : Logo de buildingSMART et de l'IFC

I.2.1.4 Vers une coordination au niveau national : le cahier technique SIA 2051

Le BIM est encore à ses prémices en Suisse, même si ces dernières années l'ont vu se développer rapidement. Chaque profession possède une approche et des méthodes de travail qui lui sont propres. La SIA (Société suisse des Ingénieurs et des Architectes) s'est donc emparée de ce constat pour introduire le BIM de façon concertée. Elle a pour cela conclu une alliance avec des associations de maîtrise d'ouvrage, le centre suisse d'études pour la rationalisation de la construction ainsi que la communauté Bauen Digital Schweiz (Bâtir Digital Suisse, en français) dans le but d'établir un cahier technique de recommandations nommé SIA 2051. Il pourra, à terme, déboucher sur l'élaboration d'une norme SIA. Ce cahier technique a comme objectif de coordonner les pratiques en établissant une terminologie commune, d'adopter des standards conformes à la pratique et de collecter des résultats d'application (Jager, 2016). Il a été mis en réflexion fin 2015 et sera publié vraisemblablement fin 2016-début 2017.

I.2.2 La maquette urbaine, une représentation à l'échelle du territoire

La maquette urbaine correspond à un modèle de données géoréférencées regroupant des données géométriques 2D ou 3D, temporelles (4D) et sémantiques (Celnik & Lebègue, 2015).

I.2.2.1 Un outil de communication et d'aide à la prise de décision

La maquette urbaine est un formidable outil notamment dans le cadre des politiques publiques que ce soit pour la gestion du territoire, la compréhension des projets d'aménagement, l'aide à la prise de décision et aussi pour la concertation entre les acteurs (collectivités, élus et population) (Niggeler, 2008). C'est également un atout majeur en matière d'environnement et de mobilité. Elle permet de détecter, en amont, les problèmes éventuels et ainsi d'anticiper et d'apporter des solutions. Au-delà de sa faculté de rendu visuel réaliste, elle permet d'effectuer des simulations et des analyses spatiales à fort potentiel.

I.2.2.2 Le socle 3D de Genève

Pour faire face à ces nouveaux besoins, la DMO a développé depuis plusieurs années la 3D au sein du portail du SITG. Ses données cartographiques sont ainsi complétées par un socle de données 3D (cf. Figure 5). Cette démarche se place dans le cadre législatif du Règlement sur la Mensuration Officielle et les Cadastres des restrictions de droit public à la propriété foncière, du



Figure 5 : Visualisation du socle 3D de Genève, sur TerraExplorer

sous-sol et 3D (RMOC). D'après l'art. 58, la DMO est chargée « d'acquérir, de gérer et de conserver les données nécessaires à l'établissement et à la mise à jour de la modélisation tridimensionnelle numérique du territoire » et doit mettre ces données à disposition du public sur le SITG. Elle est également chargée de promouvoir l'usage de la 3D, tout comme l'ensemble des services de l'Etat qui sont encouragés à utiliser la 3D dans les projets d'aménagement et de gestion du territoire. Elle met actuellement à disposition le Modèle Numérique de Terrain (MNT) et de Surface (MNS) du canton, disponibles au format ASCII GRID. De même, les bâtiments sont disponibles en 3D : les bâtiments « communs » en

3D simplifiée (LOD 2⁶) et les bâtiments remarquables en 3D texturée (LOD 3). Chaque bâtiment est caractérisé par sa base, ses façades, son toit principal, ses superstructures et les toits des superstructures. Les façades sont construites par extension de l’empreinte cadastrale, tandis que les toits et les superstructures sont modélisés avec précision (de l’ordre de 30 cm). Ces données des bâtiments 3D sont disponibles notamment au format Multipatch 3D. Dans la même démarche, les ouvrages d’art sont levés au fur et à mesure par lasergrammétrie ainsi que la signalisation et la végétation. La mise à jour de ce socle est périodique, avec le renouvellement des orthophotographies numériques et des relevés LIDAR (Balanche et al., 2008). Le socle est complété par la végétation en 3D.

Ce socle 3D est également disponible par le biais d’un projet TerraExplorer⁷ créé par la DMO qui comporte l’ensemble des données 3D. Il permet aux utilisateurs d’effectuer une « visite virtuelle » du canton. Il est également utile pour effectuer une simulation d’un projet au sein de son environnement 3D en l’insérant dans le projet.

Ces données sont maintenant utilisées par les professionnels dans les projets d’aménagement et contribuent à prendre les décisions qui s’imposent et à rendre ainsi les projets plus viables.

I.2.2.3 La charte d’éthique et de déontologie de la 3D, une démarche internationale

L’utilisateur institutionnel de la 3D a besoin de données qui soient fiables et précises pour les utiliser de manière crédible lors de visualisations 3D du territoire (3dok.info, 2016). De même, il est important que les représentations effectuées soient « honnêtes » et correspondent à la réalité, sans l’enjoliver.

Aussi, des intervenants agissant avec la 3D ont décidé d’élaborer une charte d’éthique qui puisse devenir leur référence et leur dénominateur commun. Cette charte s’adresse à ceux qui « ordonnent, produisent, gèrent, utilisent ou diffusent des données géographiques » (3dok.info, 2016). Les acteurs suisses et genevois se sont fortement impliqués dans cette démarche. Y ont adhéré des organes publics (le canton de Genève, l’office fédéral de topographie swisstopo), des associations professionnelles (SIA, AGG, IGS) et des entreprises privées (notamment des bureaux de géomètres, tels que HKD Géomatique).

Trois principes sont édictés par la charte d’éthique et de déontologie de la 3D :

- principe de crédibilité ;
- principe de transparence ;
- principe de développement de réseaux et formation 3D.

Ainsi, les adhérents peuvent certifier que leur production est conforme aux principes de ladite charte grâce au marqueur « 3DOK » (cf. Figure 6).



Figure 6 : Marqueur 3DOK

⁶ LOD : Level Of Detail, niveau de détail CityGML (cf. Figure 11)

⁷ Logiciel de navigation 3D permettant d’intégrer des couches SIG

I.2.2.4 Quelle notion de la 3D dans la propriété en Suisse ?

L'étendue de la propriété foncière est définie dans le Code Civil Suisse (CCS) par les art. 667 ss. Dans le sens horizontal, elle est clairement définie. Il est possible de fixer des limites et de les marquer sur le terrain (Steinauer, 2012b). En revanche, une délimitation artificielle de la propriété foncière n'est pas possible dans le sens vertical. Le CCS fixe ainsi que « la propriété du sol emporte celle du dessus et du dessous, dans toute la hauteur et la profondeur utiles à son exercice » (art. 667 al. 1). L'extension verticale de la propriété foncière est donc définie par l'intérêt que présente l'exercice du droit de propriété (Steinauer, 2012b). Le propriétaire peut ainsi empêcher un tiers de s'immiscer sur son bien-fonds. Il existe cependant des cas particuliers qui concernent principalement les constructions (art. 671 à 674 du CCS), les conduites (art. 676 et 691) et les plantations (art. 678 et 687 ss). Ceux-ci ont valeur de restrictions légales de la propriété foncière pour les art. 680 ss.

On remarque donc que la question de la définition verticale de la propriété n'a pas été tranchée par la législation suisse. On voit ici tout l'intérêt de la démarche lancée en 2011 pour établir un cadastre de la propriété en 3D concernant le volume aérien mais aussi le volume souterrain. Cependant, selon ses premières constatations, le groupe de travail estime que le CCS ne pourra pas être adapté comme cela le nécessiterait dans un proche avenir (cadastre.ch, 2016). De même, on perçoit une plus grande pertinence d'établir un Cadastre RDPPF 3D dans un environnement global, basé principalement sur le cadastre, qui serait lui aussi en trois dimensions.

I.3 Exemples de démarches 3D pour la gestion de l'utilisation du sol

Plusieurs projets ont été entrepris pour élaborer des méthodes dans le but d'améliorer la gestion de l'espace urbain et les pratiques des administrations s'y référant.

I.3.1 La maquette numérique 3D de Monaco

La Principauté de Monaco dispose d'un processus établi depuis déjà plusieurs années (DPUM, 2012). Elle possède depuis 2011 une maquette numérique 3D complète et de grande précision de son territoire (précision topographique de 12 cm). Elle l'utilise notamment dans le cadre d'un processus d'échange de données concernant les projets de construction (cf. Figure 7). Le département de l'urbanisme fournit au maître d'œuvre du projet un socle numérique d'un rayon de 100 m environ composé de l'orthophotographie vraie, du MNT et des bâtiments 3D. En retour, le concepteur du projet fournit deux maquettes :



Figure 7 : Maquette numérique 3D de Monaco, complétée par l'insertion d'un projet de construction (DPUM, 2012)

- la maquette projet composée du MNT modifié et du bâtiment en 3D, pour permettre l'instruction de la demande d'autorisation de construire ;
- la maquette définitive composée du bâtiment et de ses abords, qui constituera un plan de récolement 3D. Celle-ci est destinée à être incorporée à la maquette numérique 3D de Monaco.

Les contrôles de conformité du projet de construction se font donc directement à partir de la maquette 3D qui permet au service de l'urbanisme d'effectuer des mesures en trois dimensions.

I.3.2 Le projet TerraMagna

Le projet TerraMagna, développé par le laboratoire COGIT de l'IGN (Institut national de l'information géographique et forestière), a pour but de proposer un prototype permettant d'intégrer automatiquement des règles d'urbanisme dans un SIG 3D (Brasebin, 2010). Il a pour objectifs de visualiser les contraintes d'urbanisme, de déterminer la conformité d'un bâtiment et ainsi de faciliter la création de nouveaux projets (cf. Figure 8). Des simulations concernant l'environnement urbain peuvent également être envisagées telles que le trafic, les nuisances sonores, la qualité de l'air et l'ambiance urbaine (ensoleillement, vent, etc.).

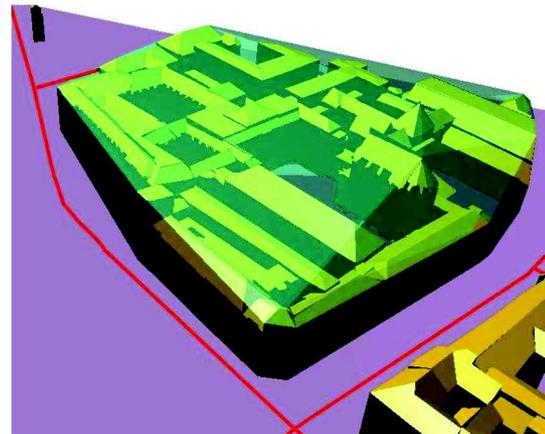


Figure 8 : Visualisation du projet TerraMagna sur un quartier (Brasebin, 2010)

I.3.3 Le projet e-PLU

Le projet e-PLU est issu d'un partenariat d'entités privées et publiques dont l'IGN (e-plu.fr, 2016). Il vise à faire évoluer les documents d'urbanisme tels que les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) statiques en plateforme dynamique de consultation et de simulation 3D des droits à bâtir. Cette plateforme permet la simulation de projets et d'effectuer des analyses spatiales. Une expérimentation a été effectuée dans une zone périurbaine (cf. Figure 9).



Figure 9 : Implantation d'un bâtiment sur la plateforme e-PLU (e-PLU.fr, 2016)

I.3.4 La norme LADM

La norme LADM (de l'anglais Land Administration Domain Model, modèle du domaine de l'administration des terres) est une norme internationale (ISO 19152) qui définit le modèle du domaine de l'administration des terres. Elle porte sur les composants liés à l'information de base de l'administration des terres (cf. Figure 10). Elle propose un modèle de référence lié aux parties (individus et organisations), aux droits, aux responsabilités et aux restrictions ainsi qu'aux unités spatiales (biens-fonds) associées (Lemmen et al., 2013). Cette norme poursuit quatre objectifs :

- offrir une base pour le développement et l'amélioration des systèmes d'administration des terres ;
- permettre aux personnes concernées de communiquer grâce à un vocabulaire commun (au niveau national et international) ;
- faciliter les échanges des données cadastrales ;
- aider au développement de logiciels d'administration des terres.

Cette norme offre donc la possibilité de structurer ces informations dans une base de données (Raubaud, 2016) et vise à intégrer des données foncières dans une maquette numérique (Halbout, 2016).

Ainsi, cela peut, par exemple, permettre au RF et à la DMO d'utiliser les composants de la présente norme pour développer et perfectionner leur système, notamment en termes d'échanges.

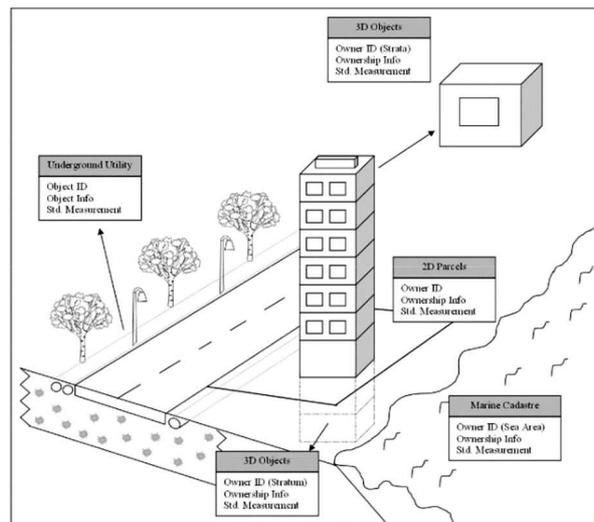


Figure 10 : Utilisation de la norme LADM dans le cadastre 3D malaisien (Rahman, 2011)

I.4 Convergence BIM et SIG, une avancée nécessaire

Le BIM, outil de conception de bâtiment, est basé sur une maquette numérique 3D. Cependant, son usage est pour le moment relativement confiné au milieu des acteurs de la construction et des concessionnaires du bâtiment. Sa rencontre avec le domaine des Systèmes d'Information Géographique (SIG) possède de nombreux avantages. Les SIG sont tournés vers une approche plus large, au sens où ils englobent un projet urbain pour tout un territoire. Ils permettent de gérer et d'analyser l'espace urbain de manière concertée. Les deux outils possèdent néanmoins bon nombre de similarités. Ils sont en effet tous deux organisés sur des couches d'informations et sont basés sur la collaboration et le partage des informations. Ils possèdent également des contenus analogues tels que le terrain (MNT, bien-fonds) et des données géoréférencées. Le BIM et le SIG sont donc complémentaires ; l'intégration du BIM au sein du SIG renforce ainsi le lien entre le bâtiment et son environnement. La plus grande intégration du BIM dans le SIG sera le futur du BIM, en permettant de gérer le bâtiment au sein même du territoire (Fredericque et al., 2016). On parle également de BIM Infrastructure dans certaines publications : son développement renforcerait alors une approche globale de la gestion de l'espace et des constructions.

Le format CityGML peut permettre cette convergence BIM et SIG. C'est un standard fédérateur dans la modélisation urbaine 3D, reconnu par l'OGC (Open Geospatial Consortium). CityGML est un modèle de données ouvert et définit des classes et des relations hiérarchisées pour les différents objets. Cependant, le CityGML est géré par assez peu de logiciels et possède peu d'utilisateurs du fait notamment qu'il n'a pas, pour l'heure, été reconnu comme une norme (Celnik & Lebègue, 2015). Cinq niveaux de détail (appelés LOD, Level Of Detail) définissent les bâtiments et les infrastructures, du LOD 0 au LOD 4 (cf. Figure 11). Cette notion est en revanche différente de celle établie pour le BIM (cf. I.2.1.1) : elle est valable uniquement pour le CityGML et les maquettes urbaines.



Figure 11 : Les niveaux de détails de CityGML (Celnik & Lebègue, 2015)

Le développement et la normalisation de ce format permettrait alors d'accroître les échanges entre les deux milieux que sont le BIM et le SIG. On peut imaginer une maquette numérique unique standardisée enrichie par les différents acteurs de l'aménagement urbain facilitant ainsi la collaboration et améliorant l'efficacité des échanges.

II Le BIM au service de la procédure d'autorisation de construire

II.1 Analyse de la situation actuelle

II.1.1 La procédure d'autorisation de construire

Au titre de la Loi fédérale sur l'Aménagement du Territoire (LAT), la Confédération ainsi que les cantons et les communes partagent la compétence d'aménagement du territoire. La LAT définit les mesures d'aménagement à adopter, à savoir les plans directeurs et les plans d'affectation. Chaque canton doit élaborer un plan directeur : il doit contenir les objectifs d'aménagement du territoire, définir des priorités et des moyens mis en œuvre (art. 8). Les plans d'affectation fixent quant à eux le mode d'utilisation du sol (art. 14) : zones à bâtir, zones agricoles et zones à protéger. Il en existe différents types : plans localisés de quartier, plans localisés agricoles, zones réservées, etc.

Dans le canton de Genève, la mise en œuvre de la LAT est réglée par la Loi d'application de la LAT (LaLAT). Cette dernière définit la procédure d'élaboration du plan directeur cantonal ainsi que les plans d'affectation. Elle détermine la situation et la destination des zones des plans d'affectation, les zones à bâtir étant notamment composées de cinq zones de construction⁸.

Les dispositions concernant les autorisations de construire sur une propriété sont établies dans la Loi sur les Constructions et Installations diverses (LCI). Pour tout travail de construction énoncé à l'art. 1, le propriétaire doit se faire délivrer une autorisation de construire par l'Office des Autorisations de Construire (OAC). La LCI définit, pour chaque zone de construction :

- un gabarit de hauteur des constructions ;
- des distances minimums entre alignements et par rapport aux limites de propriété.

Cette loi fixe également les modalités de calcul s'y référant et des gabarits de toiture.

Le Règlement d'application de la LCI (RCI) précise ces dispositions et fournit les croquis nécessaires à la compréhension. Il impose également les pièces à fournir lors de la demande d'autorisation. Certaines d'entre-elles émanent obligatoirement d'un Ingénieur Géomètre Officiel (IGO) :

- un extrait du plan de base de la Mensuration Officielle avec indication de la ou les parcelle(s) concernée(s) (art. 7 al. 2a et art. 9 al. 2a).
- un extrait du plan cadastral, avec représentation de la nouvelle construction. Elle doit être « figurée et cotée par rapport aux limites de propriété, avec des niveaux aux angles des constructions, des coupes de principe sur la construction projetée et l'indication des gabarits théoriques, de telle sorte qu'il soit facile de déterminer ses relations avec les voies les plus proches (publiques ou chemins privés) et les propriétés limitrophes sur une profondeur de 15 m au moins, en indiquant les constructions existantes et, le cas échéant, les distances aux lisières forestières, au lac et aux cours d'eau. Sont également précisés : les emplacements de

⁸ « Les 3 premières zones sont destinées aux grandes maisons affectées à l'habitation, au commerce et aux autres activités du secteur tertiaire » (art. 19 al.1), la 4^e zone « principalement aux maisons d'habitation, comportant en principe plusieurs logements » (art. 19 al.2) et la 5^e est « une zone résidentielle destinée aux villas » (art. 19 al. 3).

stationnement, l'aménagement des accès, les raccordements à la voie publique, les sens de circulation prévus ainsi que les raccords aux canalisations d'évacuation existantes, les bâtiments encore non cadastrés ou qui ne nécessitent pas de cadastration, éventuellement à conserver ou à démolir et les arbres à abattre » (art. 7 al. 2b et art. 9 al. 2b). Le plan cadastral doit être obligatoirement signé par un IGO.

- un relevé des niveaux du terrain naturel existant (art. 9), seulement en cas de demande définitive.

La liste exhaustive des pièces à fournir est établie dans la totalité des articles 7 et 9 du RCI.

Le demandeur d'une autorisation de construire doit fournir à l'OAC un formulaire de demande ainsi que les documents et les plans demandés. L'OAC vérifie alors la conformité du projet de bâtiment avec la législation.

II.1.2 Les Restrictions de Droit Public à la Propriété Foncière

Le Cadastre RDPPF a comme objectif de rendre accessible au public les Restrictions de Droit Public à la Propriété Foncière (RDPPF) touchant un bien-fonds, tout en garantissant leur fiabilité et leur tenue à jour (swisstopo, 2015a). Ainsi, la situation juridique touchant la propriété foncière est mieux connue et cela renforce alors la sécurité du droit.

Le Cadastre RDPPF, mis en place en 2015 dans le canton de Genève, arrive au terme de sa première phase d'exploitation dans les huit cantons pilotes. A Genève, il est accessible au grand public de manière dynamique à partir du portail SITG. En revanche, un accès professionnel est nécessaire pour extraire ses données au format shapefile. Il est également possible de générer un extrait statique au format pdf qui comporte les plans et les RDPPF correspondant à un bien-fonds donné. Celui-ci a un caractère purement informatif. Il sert cependant de base de décision pour délivrer un permis de construire (swisstopo, 2015c).

Il convient d'effectuer un état des lieux sur les données réellement disponibles. Dans le canton, sur les dix-sept restrictions prévues à l'origine (cf. partie I.1.3) :

- quatre sont intégralement disponibles : zones réservées des installations aéroportuaires, plan de la zone de sécurité des aéroports, cadastre des sites pollués du domaine des aérodromes civils et des transports publics ;
- sept le sont partiellement : plans d'affectation, cadastre des sites pollués, zones et périmètres de protection des eaux souterraines, degré de sensibilité au bruit, limites et distances par rapport à la forêt ;
- quatre ont une absence de données, c'est-à-dire que les restrictions existent d'un point de vue juridique mais aucun objet n'y est associé : zones réservées des routes nationales, zones réservées et alignements des installations ferroviaires, alignements des installations aéroportuaires ;
- deux ne sont pas publiées alors que des objets existent : alignements des routes nationales (cela n'a pas été validé par le fournisseur des données, à savoir l'office fédéral des routes) et le cadastre des sites pollués du domaine militaire (swisstopo, 2015a).

Les données dont les objets existent seront diffusées pour l'ensemble des communes du canton de Genève courant 2016.

Le Cadastre RDPPF devra être complété par les restrictions qui font défaut par rapport aux dix-sept restrictions prévues initialement. Cela est renforcé par le fait que l'introduction de nouveaux thèmes de droit fédéral de la compétence des cantons ou des communes ne sera exigée qu'après 2019 (swisstopo, 2015b).

Cependant, les cantons ainsi que les communes gardent la possibilité d'ajouter eux aussi d'autres restrictions relatives à la propriété foncière. Elles doivent être incluses dans leur domaine de compétence, i.e. respectivement de droit cantonal et de droit communal. Les cantons, de même que les communes sont tenus de respecter le cadre réglementaire des restrictions. Les restrictions doivent vérifier les exigences du Cadastre RDPPF. Elles doivent ainsi être définies sans aucune ambiguïté, concernées plusieurs biens-fonds et être en vigueur (swisstopo, 2015c).

Parmi les nombreuses RDPPF existantes, celles qui paraissent être les plus intéressantes pour compléter le Cadastre RDPPF ont été identifiées :

- la Loi sur les Routes (LRoutes) : une grande partie des biens-fonds y est sujette et on ressent un manque d'information sur le sujet. Cette loi stipule qu'il est interdit de construire « entre les voies publiques et les alignements de construction fixés par les plans d'alignement » (art. 11 al. 1). En l'absence de plan d'alignement, la zone inconstructible s'étend sur 25 m depuis l'axe de la route pour les routes cantonales et sur 15 m pour les routes communales (art. 11 al. 2).
- les lois de protection : le lac Léman ainsi que le Rhône et son affluent, l'Arve, constituent pour Genève un patrimoine naturel remarquable. Des lois de protection assurent leur préservation : la Loi sur la Protection générale des Rives du Lac (LPRlac), du Rhône (LPRRhône) et de l'Arve (LPRArve). Elles instaurent des périmètres à protéger et mettent en place des restrictions du droit de propriété. Ces périmètres constituent des zones à protéger au sens de l'art. 17 de la LAT. La Loi sur les Eaux (LEaux-GE) vient compléter ces dispositions, qui constituent pleinement des RDPPF. On peut également ajouter la Loi sur la Protection des Monuments, de la Nature et des Sites (LPMNS), qui instaure des zones à protéger. Ces restrictions ont récemment été mises à disposition aux IGO par le biais de l'accès professionnel du SITG mais ne sont pas encore diffusées au public.
- les zones réservées : dans le canton de Genève, la priorité a été donnée à la densification des zones à bâtir dans le cadre de son plan directeur cantonal 2030. Pour atteindre cet objectif, le canton possède le dispositif des zones réservées. Elles permettent de refuser les autorisations de construire qui seraient contraires au critère de densification dans des périmètres définis et cela à titre conservatoire pour un délai de cinq ans. Les zones réservées contraignent le droit de propriété et nécessitent la mise à disposition d'une telle information dans le Cadastre RDPPF.
- les réseaux : il arrive que des réseaux (lignes électriques, gazoducs, etc.), qu'ils soient aériens ou souterrains, traversent des biens-fonds privés et n'appartiennent pas aux propriétaires des biens-fonds. En premier lieu pris en considération pour leur caractère d'entrave à la construction, des prescriptions de sécurité leur sont attachées selon leur type. L'Ordonnance concernant les prescriptions de Sécurité pour les Installations de Transports par Conduites (OSITC), avec son art. 12 al. 1, impose des distances de sécurité générales à respecter entre les conduites et les bâtiments non occupés par des personnes (2 m), les bâtiments occupés par des personnes (10 m) et les lieux très fréquentés (10 m). De même, selon l'Ordonnance sur les Lignes Electriques (OLEI), « les lignes aériennes doivent être établies à une distance des bâtiments telle qu'elles ne mettent pas en danger ni les personnes ni

les bâtiments. » (art.36). Les art. 37 et 38 définissent les distances à respecter respectivement par rapport aux lignes à basse tension et les lignes à haute tension, dans les sens horizontal et vertical.

II.1.3 Les autres restrictions du droit de propriété

En parallèle des RDPPF, des restrictions par définition de droit public, il convient de prendre en compte les restrictions issues du droit privé. Ces dernières peuvent être des servitudes, inscrites au RF, ou faire l'objet de conventions privées non inscrites au RF. Ces restrictions réduisent également les possibilités de construction du propriétaire.

Il y a une séparation nette entre le Cadastre RDPPF et le RF (cf. Figure 12). Le Cadastre RDPPF comporte des restrictions résultant de décisions de portée générale ou d'arrêts pris, applicables à un périmètre donné. Quant au RF, y sont inscrites des restrictions ordonnées dans des cas particuliers et fondées sur des actes juridiques individuels (cadastre.ch, 2016).

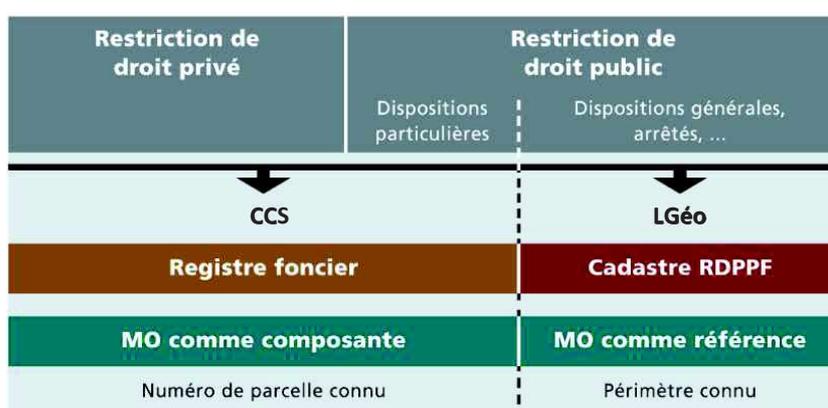


Figure 12 : Organisation des restrictions entre le Registre Foncier et le Cadastre RDPPF (cadastre.ch, 2016)

Les servitudes nécessitent de se référer à des plans complémentaires à ceux du cadastre et du Cadastre RDPPF. Elles restreignent pourtant également l'exercice du droit de propriété ; leur représentation est donc essentielle. On peut citer :

- les servitudes de passage ;
- les servitudes de distance et vue droite : l'art. 48 de la LCI prévoit que les vues droites soient mesurées « pour chaque baie, perpendiculairement à la façade et sur une longueur de 4 m au moins ».
- les réseaux : cités à la partie II.1.2, ils constituent des servitudes de canalisation. Leur représentation renforcerait la connaissance et la compréhension du droit de propriété.

II.1.4 Potentialité d'une mise en 3D des restrictions

Dans une ville comme Genève, qui est confrontée au problème d'étalement urbain et qui souhaite densifier, un modèle 3D des restrictions offrirait une vision sur les bâtiments susceptibles d'être surélevés ainsi qu'une perspective sur l'aménagement futur de la ville.

II.1.4.1 Mise en 3D des RDPPF

Le Cadastre RDPPF, bien qu'incomplet, est d'un intérêt majeur pour les acteurs de l'aménagement du territoire et regorge d'informations indispensables pour définir l'exercice du droit de propriété.

En tant que canton pilote, Genève s'est vue attribuer comme projet prioritaire la mise en 3D du Cadastre RDPPF (swisstopo, 2015a). Une étude sur la faisabilité et la pertinence d'un Cadastre RDPPF 3D sur le canton de Genève a été effectuée (Givord, 2012). Elle souligne l'apport d'une visualisation 3D dans les démarches d'autorisation de construire et sur la facilitation de la délivrance de celles-ci. En revanche, la nécessité de modifier la législation et le manque de restrictions en 3D sont constatés. A présent, dans la stratégie du Cadastre RDPPF 2016-2019 (swisstopo, 2015b), « l'extension du modèle-cadre aux données 3D est prévu ».

Actuellement, aucune des couches du cadastre RDPPF ne possède de renseignement altimétrique. L'ensemble de ces couches est défini en 2D. Il n'est pas nécessaire, pour la plupart d'entre elles, d'indiquer une telle information ; cette information n'existe pas réellement dans la majeure partie des cas. L'exemple des plans des distances par rapport à la forêt est explicite : en effet, la restriction s'applique sur toute la verticalité de la parcelle.

En revanche, il est intéressant de se pencher sur le cas des plans d'affectation :

- Les dispositions de la LCI portant sur les gabarits de construction bénéficient des caractéristiques nécessaires à une mise en trois dimensions. Les zones à bâtir sont définies en effet selon une hauteur maximum spécifique et fonction d'une distance (par rapport aux limites de propriété et aux alignements). La représentation d'un tel gabarit en trois dimensions constituerait un réel atout et permettrait de définir clairement ces restrictions dans l'espace. Ce type de représentation a déjà été expérimenté avec la mise en œuvre du projet TerraMagna (cf. partie I.3.2).
- De même, le cas des Plans Localisés de Quartier (PLQ) semble être intéressant et nécessaire dans l'optique d'une évolution en trois dimensions. C'est un instrument d'aménagement du territoire permettant de préciser les conditions de réalisation de nouvelles constructions. Ils sont considérés comme des plans d'affectation spéciaux au sens de la LAT (ge.ch, 2016). Ils définissent les formes urbaines (emprise au sol, élévation, espaces verts, etc.) ainsi que les aires d'implantation des bâtiments. Ces plans permettent d'avoir une vision globale du visage voulu pour la ville. Actuellement, seuls leurs périmètres sont disponibles sur le SITG et sont accompagnés de plans pdf regroupant les différentes informations. La 3D apporterait alors une réelle plus-value dans la définition de ce qui est réellement possible de construire.

II.1.4.2 Mise en 3D des autres restrictions

L'assiette des servitudes n'est pas toujours bien visible sur le terrain, alors qu'elle joue un rôle important dans l'implantation de nouveaux bâtiments et restreint le champ d'action du propriétaire. L'exemple des conduites est particulièrement révélateur. Passant sur le fonds d'un tiers, elles constituent une servitude de canalisation. La représentation 2D ne permet pas de figurer convenablement une situation de ce type ; des informations font défaut pour définir où et comment construire sur le bien-fonds. Il faut en effet tenir compte du type d'installation, de sa situation (planimétrique et altimétrique) et des réglementations relatives aux distances à respecter entre l'installation et le bâtiment. Autant de paramètres à définir et à représenter, qui apporteraient une plus-value et une meilleure compréhension dans une représentation 3D. La représentation actuelle des servitudes convient tout à fait en planimétrie mais pas par rapport à l'espace qu'elles occupent. Il faudrait définir à la fois un volume utile de l'objet physique et un volume plus large dit « réglementaire », restrictif du droit à bâtir.

Une réflexion analogue est à mettre en place concernant les servitudes de vue. La matérialisation en trois dimensions permet de définir avec exactitude ces zones non aedificandi, particulièrement pour la conformité des vues obliques.

II.2 Création d'un processus de travail 3D

II.2.1 Les services pouvant être proposés aux professionnels par le géomètre

En vertu de ses prérogatives, l'IGO fournit déjà un extrait de plan cadastral comportant la nouvelle construction cotée par rapport aux limites de propriété ainsi que des coupes et un gabarit théorique. Il pourrait tirer profit de l'utilisation du BIM afin de faciliter les démarches et proposer de nouveaux services aux professionnels.

- Le géomètre a sa place à travers les différentes phases de la conception d'un projet de construction. En amont d'un projet, il pourrait proposer de fournir un socle numérique 3D du site. Il comporterait les données nécessaires à la réflexion de l'implantation d'un projet : le MNT, l'orthophotographie, les limites parcellaires ainsi que les bâtiments environnants en 3D et la végétation en 3D. Il garantirait ces informations en effectuant éventuellement un relevé sur le terrain notamment pour ce qui concerne la tenue à jour des informations et le relevé des éléments existants. La zone impactée avant-projet serait alors clairement définie et représentée ; on aurait alors une première confrontation du projet avec son environnement.
- A la suite de cela, l'IGO pourrait établir un inventaire des restrictions auxquelles est soumis le bien-fonds (Cadastré RDPPF et restrictions de droit privé) et constituer ainsi un gabarit 3D représentant le volume constructible réel du bien-fonds. Il serait alors possible de décrire les caractéristiques du bien-fonds utiles à la construction (surface totale du bien-fonds, surface maximum de construction, hauteur maximum, etc.). Ce gabarit 3D aurait notamment un intérêt pour l'aménageur qui aurait la possibilité d'anticiper plus aisément la conception de son projet de construction, en ayant une représentation ne souffrant d'aucune ambiguïté.
- L'IGO pourrait alors vérifier la conformité d'un projet de construction en confrontant une maquette BIM avec le gabarit de constructibilité 3D.
- Sur les biens-fonds déjà construits, l'IGO pourrait également proposer des études sur le potentiel de surélévation des bâtiments et favoriserait ainsi la démarche de densification de la ville.

II.2.2 Création d'un gabarit de constructibilité 3D

II.2.2.1 Logiciel utilisé

II.2.2.1.1 Choix du logiciel

L'objectif de cette partie est de développer une démarche visant à créer un gabarit de constructibilité en trois dimensions sur un bien-fonds. Comme base de travail, des couches SIG sont à disposition, issues du SITG. Il convient alors de disposer d'un outil compatible avec ce type de données.

Les logiciels de SIG classiques ne permettent pas de paramétrer des formes « complexes » en 3D. Le choix s'est donc tourné vers le logiciel CityEngine. C'est un logiciel de modélisation de villes en 3D, développé par ESRI. Il permet de simuler des projets urbains à l'échelle d'une ville et est utilisé pour réaliser des scénarii d'aménagement. Il fonctionne sur le même principe qu'un logiciel SIG, à partir de données SIG 2D et 3D. Les données sont caractérisées par des couches, les couches possèdent leurs tables attributaires et des données géoréférencées. La particularité du logiciel réside dans le fait qu'il utilise des règles procédurales pour générer des modèles 3D. Ces règles sont des enchaînements d'opérateurs géométriques permettant de créer, diviser, manipuler, texturer et transformer des géométries. Elles sont au format .cga. Le CGA (Computer Generated Architecture) est un langage de programmation visant à générer du contenu 3D. La DMO l'utilise quant à elle pour mettre à jour les bâtiments 3D de son socle 3D : des gabarits simplifiés sont réalisés grâce au logiciel.

L'intérêt de CityEngine réside donc dans sa capacité à créer des modèles « types » en 3D, paramétrables et de manière automatisée, à partir de données SIG. Ses caractéristiques correspondent alors aux exigences de représentation du volume réellement constructible d'un bien-fonds. Il peut également profiter de son interopérabilité avec le monde du SIG.

II.2.2.1.2 Principe de fonctionnement général de CityEngine

CityEngine s'articule autour d'un projet. Il sert de base pour la suite de l'utilisation du logiciel. La totalité des éléments sont enregistrée à l'intérieur :

- la scène où sont enregistrées les différentes données importées. Elle est organisée selon des couches de données. Le système de coordonnées est choisi lors de cette étape ; ici, pour la Suisse, CH1903+/LV95 (EPSG : 2056).
- le fichier de règles CGA.

L'environnement de travail de CityEngine est représenté Figure 13. Il se compose des fenêtres suivantes :

- Navigator (1) : c'est l'arborescence du projet et comporte l'ensemble des éléments insérés.
- Scene (2) : toutes les couches chargées sont listées et gérées à cet endroit. Il est possible ici de contrôler leurs visibilités et leurs apparences.
- Viewport (3) : elle représente la scène en 3D et offre la possibilité de naviguer dans cet espace.
- Éditeur de règles (4) : comme son nom l'indique, il permet d'éditer et de modifier le fichier de règles CGA.
- Inspector (5) : on accède aux attributs d'une entité issue d'une couche grâce à cette fenêtre. Elle permet également d'attribuer une règle à l'entité sélectionnée et générera le modèle 3D. Dans ce cas-là, les attributs établis par cette règle sont affichés et peuvent être modifiés.

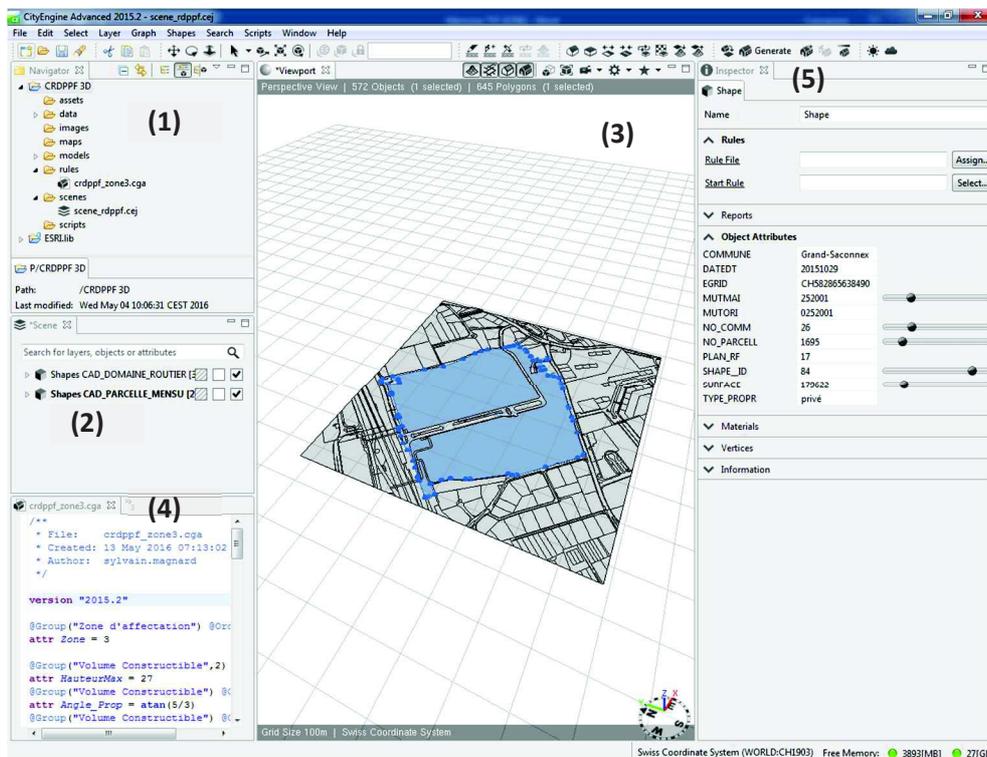


Figure 13 : Environnement de travail CityEngine

Il convient de détailler un peu plus la démarche de création de modèles 3D à partir de règles CGA :

- Les couches SIG importées forment la base et la modélisation 3D s'effectue sur les entités indépendantes de ces couches.
- Après avoir créé le fichier de règles, l'utilisateur le sélectionne ainsi que la règle voulue et l'applique aux entités souhaitées à partir de la fenêtre Inspector.
- Il a ensuite la possibilité de visualiser les attributs de l'entité et ceux établis par la règle. Il peut alors les modifier et le modèle 3D se met alors à jour automatiquement.

Le logiciel possède une facilité d'échange avec les données SIG, notamment les produits ESRI. Il permet en effet d'éditer du format Multipatch et est compatible en import et en export avec le format shapefile. Il a également la capacité d'exporter dans de nombreux autres formats qui lui permettent d'interagir avec différents logiciels 3D : .fbx (Autodesk), .dae (Collada), etc., comme le montre la Figure 14.

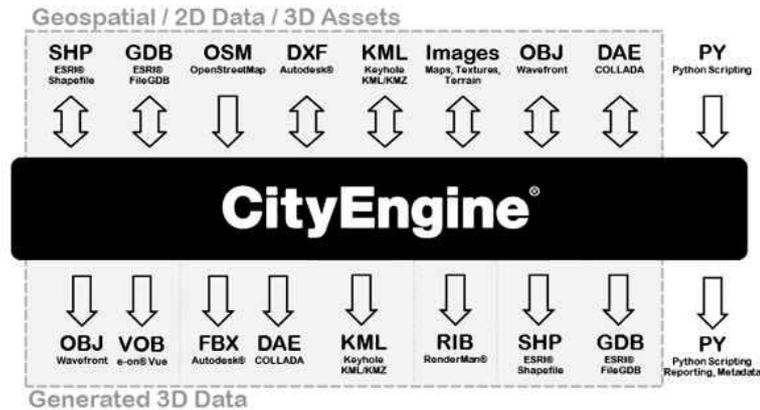


Figure 14 : Les formats pris en charge par CityEngine (cehelp.esri.com)

II.2.2.2 Paramétrage en vue de la création d'un gabarit de constructibilité 3D

Un cas concret a été utilisé : une maquette BIM d'un projet de construction d'un hôtel a été gracieusement mise à disposition par l'entreprise Losinger-Marazzia, par le biais de MM. Rodolphe Sanderson et Jean-Yves Coste.

Un processus, liant la maquette BIM projet et un modèle 3D des restrictions complet, est proposé pour aboutir à l'élaboration d'un gabarit de constructibilité en trois dimensions. Il remplacerait ainsi le gabarit tracé sur un plan 2D. L'IGO se placerait alors dans le contexte d'une conception 3D du projet et mettrait à disposition son savoir-faire en matière de mesure et de précision.

Le gabarit a été établi à partir du bien-fonds relatif au projet susmentionné sis dans la troisième zone définie dans la LCI. Le paramétrage présenté sera donc établi à partir des dispositions se rapportant à cette zone. Ainsi, la hauteur du bâtiment H doit respecter les conditions suivantes :

- $H \leq \frac{3}{4}R + 3 \leq 21$ à front ou en retrait des voies publiques ou privées (art.27 al.1 et 6), avec R : la distance entre alignements ;
- $H \leq \frac{3}{4}R + 3 \leq 21$ par rapport aux limites de propriétés privées (art. 27 al. 2 et 6) ;
- $D \geq \frac{3}{5}(H - 3) \geq 6$ (art. 29 al.1 et 3), avec D la distance aux limites de propriétés.

Les valeurs sont données en mètres.

L'utilisation de CityEngine se rapporte uniquement à la création du gabarit de la LCI. La prise en compte des autres restrictions se fera ultérieurement.

En premier lieu, un projet ainsi qu'une scène spécifique ont été créés. Les données nécessaires sont ensuite importées dans la scène, à savoir les données parcellaires qui ont été recueillies et exportées depuis le SITG.

Il convient par la suite de créer le fichier de règles. Il se compose d'attributs et de règles.

Les attributs sont utilisés dans les règles : ils jouent en quelque sorte le rôle de « variables ». Ils sont définis par une valeur initiale qui peut être modifiée par la suite dans la fenêtre Inspector. Huit attributs ont été créés (cf. Figure 15) :

- L'attribut « Zone » représente le numéro de zone établie dans la LCI.
- L'attribut « HauteurMax » correspond à la hauteur maximum autorisée dans la zone.
- Les attributs « Angle_Prop » et « Angle_Voie » correspondent respectivement à l'angle du gabarit côté cour et l'angle côté voie, conformément à l'appréciation de la LCI.
- L'attribut « Retrait_Min » équivaut au retrait minimum entre le bâtiment et les limites parcellaires.
- L'attribut « Distance_LimProp_Align » correspond, quant à lui, à la distance entre la limite du bien-fonds concerné par la construction et l'alignement défini par l'IGO. En effet, la définition du gabarit doit porter sur un alignement exact validé par l'IGO. Sur ces bases, l'IGO devra rapporter la distance susmentionnée et la saisir.
- Les attributs « Surface_Lot » et « Surface_Batiment » définissent respectivement la surface totale du bien-fonds et la surface au sol constructible d'après le gabarit créé.

```
@Group("Zone d'affectation") @Order(1)
attr Zone = 3

@Group("Volume Constructible",2) @Order(2)
attr HauteurMax = 21
@Group("Volume Constructible") @Order(3)
attr Angle_Prop = atan(5/3)
@Group("Volume Constructible") @Order(4)
attr Angle_Voie = atan(3/4)
@Group("Volume Constructible") @Order(5)
attr Retrait_Min = 6
@Group("Volume Constructible") @Order(6)
attr Distance_LimProp_Align = 0

@Group("Options") @Hidden
attr Opacite = 0.5

@Hidden
attr Surface_Lot = 0
@Hidden
attr Surface_Batiment = 0
```

Figure 15 : Définition des attributs du fichier de règles CGA dans CityEngine

Les règles permettent de définir et de créer les modèles 3D. Deux cas ont été distingués :

- règle n°1 (cf. Figure 16) : le bien-fonds est considéré isolé, sans prendre en compte un alignement. Cette règle se place dans la situation où le bien-fonds ne longerait pas une route ou que l'alignement est encore inconnu. Ce dernier ne serait donc qu'un aperçu du gabarit de constructibilité et non le gabarit réel.

```
# Bien-fonds isolé sans prise en compte d'un alignement

SansAlignement_SurfaceGabarit -->
  set(Surface_Lot,geometry.area())
  setback( (3/5)*(HauteurMax-3) ) { street.front: NIL | remainder:
    setback( (3/5)*(HauteurMax-3) ) { street.back: NIL | remainder:
      setback( (3/5)*(HauteurMax-3) ) { street.left: NIL | remainder:
        setback( (3/5)*(HauteurMax-3) ) { street.right: NIL | remainder:
          SansAlignement_VolumeGabarit
        }
      }
    }
  }
}

SansAlignement_VolumeGabarit -->
  set(Surface_Batiment,geometry.area())
  envelope(world.up, HauteurMax, 3+((3/5)*(HauteurMax-3))*tan(5/3), Angle_Prop,
    3+((3/5)*(HauteurMax-3))*tan(5/3), Angle_Prop,
    3+((3/5)*(HauteurMax-3))*tan(5/3), Angle_Prop,
    3+((3/5)*(HauteurMax-3))*tan(5/3), Angle_Prop)
  color(0.8,0.5,0.2,0.5)
  report("Surface Bien-fonds (m2)",Surface_Lot)
  report("Surface Maximum Constructible (m2)",Surface_Batiment)
```

Figure 16 : Définition de la règle n°1 du fichier de règles CGA dans CityEngine

- règle n°2 (cf. Figure 17) : l'alignement est pris en compte dans le calcul du gabarit.

```
# Bien-fonds avec prise en compte d'un alignement

AvecAlignement_SurfaceGabarit -->
  set(Surface_Lot,geometry.area())
  setback( (4/3)*(HauteurMax-3)-Distance_LimProp_Align ) { street.front: NIL | remainder:
    setback( (3/5)*(HauteurMax-3) ) { street.back: NIL | remainder:
      setback( (3/5)*(HauteurMax-3) ) { street.left: NIL | remainder:
        setback( (3/5)*(HauteurMax-3) ) { street.right: NIL | remainder:
          AvecAlignement_VolumeGabarit
        }
      }
    }
  }
}

AvecAlignement_VolumeGabarit -->
  set(Surface_Batiment,geometry.area())
  envelope(world.up, HauteurMax, 3+((4/3)*(HauteurMax-3))*tan(4/3), Angle_Voie,
    3+((3/5)*(HauteurMax-3))*tan(5/3), Angle_Prop,
    3+((3/5)*(HauteurMax-3))*tan(5/3), Angle_Prop,
    3+((3/5)*(HauteurMax-3))*tan(5/3), Angle_Prop)
  color(0.8,0.5,0.2,0.5)
  report("Surface Bien-fonds (m2)",Surface_Lot)
  report("Surface Maximum Constructible (m2)",Surface_Batiment)
```

Figure 17 : Définition de la règle n°2 du fichier de règles CGA dans CityEngine

Les règles présentées sont divisées en deux parties.

Dans un premier temps, l'emprise au sol du gabarit est définie (dans la règle n°2, représentée Figure 17 : « AvecAlignement_SurfaceGabarit ») :

- L'opération « set » permet ici d'assigner la valeur de la surface du bien-fonds à l'attribut « Surface_Lot ».
- L'opération « setback » est utilisée pour effectuer un retrait : *setback(distance)*. La configuration présentée, avec « street.front », « street.back », ..., permet de dissocier les bords du bien-fonds selon leur situation par rapport à la route. Ainsi, une valeur différente de retrait a été attribuée du côté de la voie (« street.front »).
- La seconde partie de la règle est ensuite appelée (dans la règle n°2, « AvecAlignement_VolumeGabarit »).

Puis, dans un second temps, son volume est défini (dans la règle n°2, représentée Figure 17 : « AvecAlignement_VolumeGabarit ») :

- L'opération « set » permet d'assigner la valeur de la surface maximum du gabarit constructible à l'attribut « Surface_Batiment ».
- L'opération « envelope » a ensuite été utilisée : elle permet de créer le gabarit en fonction des bords du bien-fonds, tout comme pour l'opération « setback » citée précédemment. Elle fonctionne selon le principe : *envelope(direction, maxHeight, frontBaseHeight, frontAngle, backBaseHeight, backAngle, rightBaseHeight, rightAngle, leftBaseHeight, leftAngle)* (cf. Figure 18), « direction » étant le sens dans lequel est érigé l'enveloppe. Le gabarit a donc pu être paramétré différemment selon que l'on se trouve côté voie ou côté cour.
- L'opération « color » permet de colorer le modèle créé.
- L'opération « report » est utilisée pour afficher les valeurs de « Surface_Lot » et « Surface_Batiment » dans la fenêtre « Inspector ».

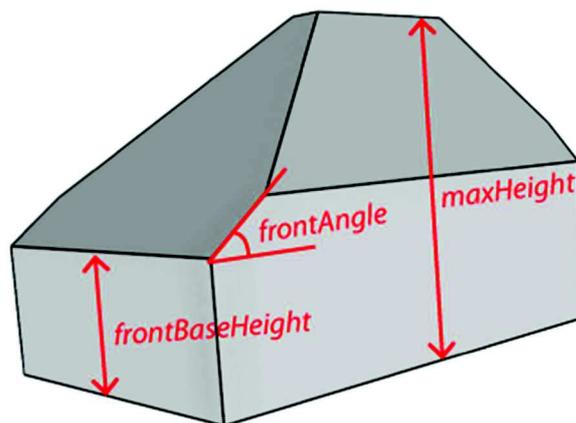


Figure 18 : Caractéristiques de l'opération "envelope" de CityEngine (cehelp.esri.com)

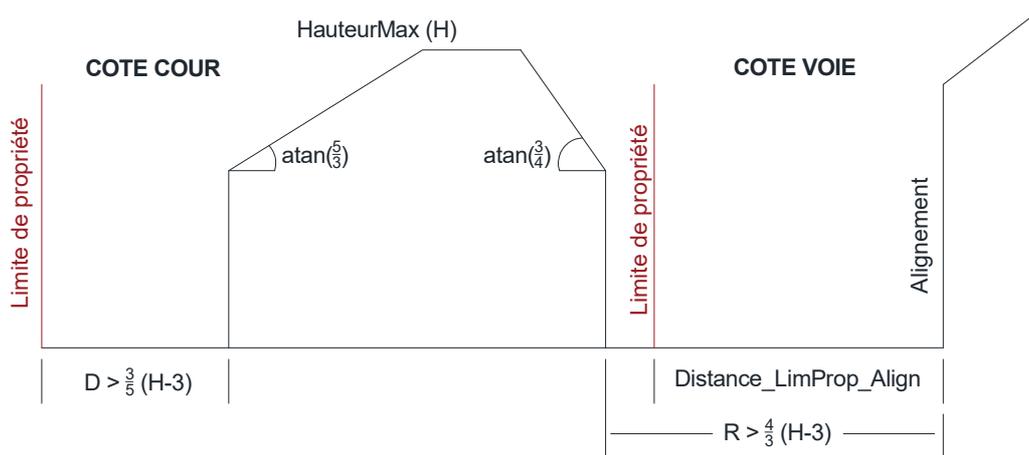


Figure 19 : Schéma de principe du gabarit créé

La règle établie peut alors être appliquée sur le bien-fonds concerné. Le gabarit de constructibilité est ainsi créé et visible dans la scène (cf. Figure 19 et Figure 20).

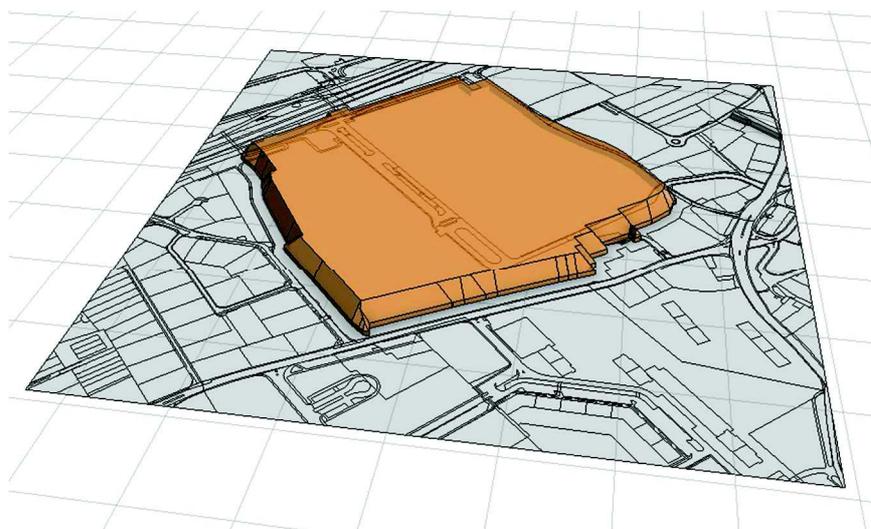


Figure 20 : Gabarit de constructibilité visualisé dans CityEngine

La fenêtre « Inspector » (cf. Figure 21) offre la possibilité de visualiser et de modifier les attributs définis dans le fichier de règles. Dans notre cas, la modification des attributs permet de réaliser des ajustements de notre gabarit et de différencier les cas.

L'attribut « HauteurMax » correspond initialement à la hauteur maximum autorisée dans la zone. Il est possible de faire varier cet attribut pour visualiser l'impact que cela aura sur la surface constructible utile du bien-fonds.

L'attribut de distance par rapport à l'alignement « Distance_LimProp_Align » peut être modifié selon la distance déterminée par l'IGO.

Les attributs « Angle_Prop » et « Angle_Voie » et « Retrait_Min » ne doivent varier théoriquement qu'en fonction de la zone définie.

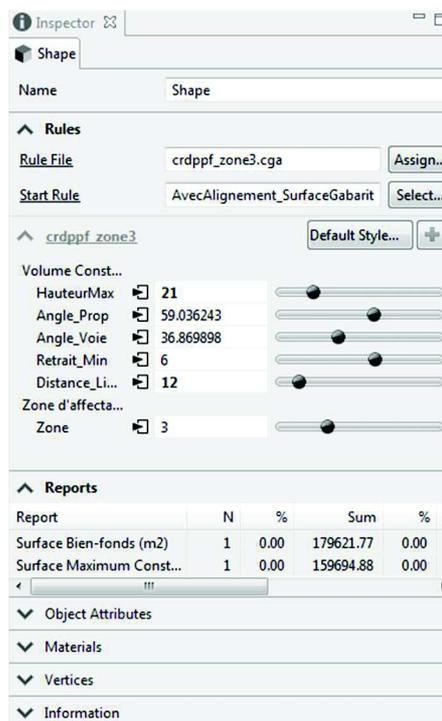


Figure 21 : Fenêtre "Inspector" relative au gabarit créé, dans CityEngine

Cette démarche présente donc la création du gabarit de constructibilité à partir des restrictions issues de la LCI. Il convient ensuite de prendre en compte les autres restrictions pour aboutir à un gabarit réel complet de constructibilité. Celles-ci sont issues de données SIG. Le gabarit développé sous CityEngine étant exportable aux formats SIG (cf. Figure 14), l'ensemble de ces restrictions peut être visualisé sous ArcScene. Cependant, les outils d'analyse 3D ne permettent pas de les regrouper et de réaliser des intersections 3D (Givord, 2012). Il faut donc utiliser d'autres logiciels comme SketchUp (Givord, 2012), 3DReshaper ou Rhino.

II.2.3 Confrontation avec une maquette BIM projet

Une fois le gabarit entièrement réalisé, le contrôle du respect des restrictions par la maquette BIM doit être effectué. Plusieurs cas ont été étudiés :

- a. Le gabarit peut rejoindre une plateforme tournée vers le BIM. Dans ce cas, le gabarit ne peut pas être directement exporté dans un format de type BIM (IFC ou formats propriétaires) ; ni CityEngine ni ArcGIS ne le permettent. Il faudrait alors trouver une solution pour convertir le gabarit dans un format BIM. L'outil FME pourrait être une solution. C'est un logiciel permettant de manipuler et de convertir des données géographiques sous un grand nombre de formats. Il prend notamment en charge les formats de Revit (.rvz), ArcGIS (.gdb, .shp) et IFC. Les deux entités « BIM » pourraient alors être confrontées grâce à des logiciels prenant en charge le format IFC et permettant la détection de collisions (notamment Solibri Model Checker de Solibri et IFC Change Management de Tekla) ou à l'aide de Compare Models d'Autodesk pour Revit. Ce dernier n'est cependant pas disponible pour Revit 2016.
- b. La maquette BIM peut migrer vers le domaine du SIG. Elle doit alors être exportée dans un format pris en charge dans ArcScene. Le format doit pouvoir prendre en compte les éléments 3D de la maquette : le format collada (.dae) possède cette caractéristique.

L'exportation d'un modèle Revit au format .dae est permise grâce à l'extension Lumion. ArcScene rend possible l'importation dans ce format. Pour analyser la maquette, ArcScene possède des outils d'analyse 3D : on peut citer « Intérieur 3D » et « Intersection 3D ». Cependant, les tests effectués pour confronter la maquette BIM et le gabarit n'ont pas été concluants. « Intérieur 3D » renvoie en effet toutes les entités entièrement ou partiellement dans le gabarit ; cela ne correspond donc pas à nos attentes. « Intersection 3D » n'a renvoyé aucun résultat : la complexité des objets constituant la maquette BIM ou des problèmes liés à la topologie du gabarit peuvent en être la cause.

- c. Une autre démarche a été testée à partir du logiciel 3DReshaper (cf. Figure 22). La maquette BIM et le gabarit ont été chacun exportés au format .obj depuis leur logiciel respectif, à savoir Revit et CityEngine. Leur confrontation a pu être effectuée grâce à une opération booléenne : elle a permis de déterminer les parties de la maquette BIM qui ne sont pas incluses dans le gabarit. L'opération a été effectuée après avoir créé une enveloppe 3D du bâtiment : le modèle BIM utilisé semble être trop complexe du point de vue topologique pour effectuer ce genre d'opération. Le calcul ainsi rendu possible renvoie comme résultat les objets hors gabarit du sursol et du sous-sol. Ici, il en ressort la partie en sous-sol du bâtiment : le gabarit a en effet été créé à partir de la surface au sol et ne prend donc pas en compte le sous-sol. Ces éléments du sous-sol sont pourtant à considérer pour l'étude de faisabilité du projet. Les restrictions en sous-sol n'ont pas été envisagées dans ce cas : elles devront l'être lors du regroupement de l'ensemble des restrictions. De plus, il est possible d'effectuer une coupe du bâtiment par rapport au gabarit, ce qui permet de visualiser clairement si le bâtiment est conforme aux restrictions (cf. Figure 23). Celle-ci est également extractible au format .dxf et permet ainsi d'être utilisée dans AutoCAD. Cela correspond aux exigences fixées pour les documents d'autorisations de construire, avec la représentation du bâtiment et du gabarit.

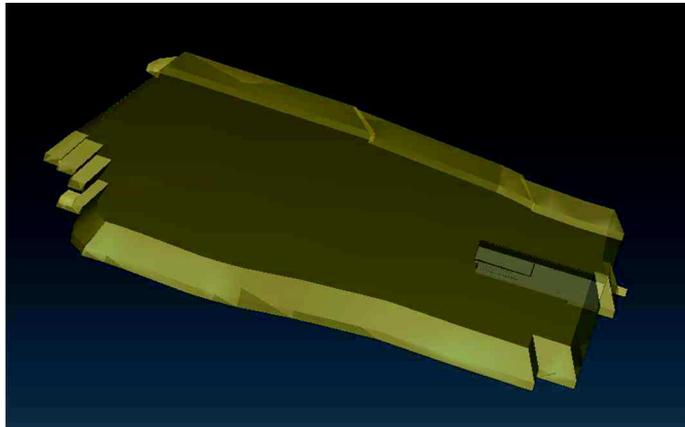


Figure 22 : Confrontation entre le gabarit 3D et la maquette BIM dans 3DReshaper



Figure 23 : Coupe de la maquette BIM et du gabarit dans 3DReshaper

II.3 Pertinence du processus proposé

II.3.1 Analyse SWOT du processus

Ce processus demande d'en identifier les atouts mais aussi les limites. Cette partie propose donc de cibler ces éléments.

II.3.1.1 Forces

- a. La mise en place d'une telle démarche permettrait à l'IGO de déterminer la conformité d'un bâtiment projet à partir de sa maquette BIM. Le contrôle s'effectuerait alors numériquement en trois dimensions.
- b. La méthode proposée s'avère être facilement paramétrable et permet d'automatiser la création de gabarits à partir des dispositions de la LCI. Le besoin de se référer constamment à cette loi disparaît, la règle CGA intégrant les dimensions à respecter.
- c. La démarche offre la possibilité de déterminer l'influence que peut avoir la modification du projet, notamment sa hauteur, sur la surface constructible. Le projet peut donc être adapté et rationalisé.
- d. Le lien du logiciel CityEngine avec le domaine du SIG en fait un atout intéressant. Il permet donc « d'ajouter une couche supplémentaire » aux autres restrictions qui sont déjà issues du SIG.
- e. Le processus proposé permet d'extraire les documents que doit produire l'IGO dans le cadre des autorisations de construire, avec la représentation du bâtiment et du gabarit sur un même plan.

II.3.1.2 Faiblesses

- a. Nous avons vu que l'alignement côté voie pouvait être pris en compte (cf. partie II.2.2.2). Cependant, le cas présenté a été développé dans l'hypothèse où le bien-fonds n'est bordé que par une seule voie. Le fichier de règles doit donc être modifié lorsque l'on se trouve en présence de plusieurs voies. Les valeurs relatives au côté voie (renseigné selon le bord du bien-fonds avec « street.front » dans le fichier de règles) devront être attribuées à un ou plusieurs autres bords du bien-fonds. L'automatisation pour tout type de bien-fonds est ainsi limitée.
- b. Le Cadastre RDPPF ne regroupant pas l'ensemble des restrictions, l'automatisation ne sera pas complète. Il convient donc de rechercher les différentes restrictions pour aboutir à un gabarit prenant en compte l'ensemble de celles-ci.
- c. De même, l'établissement des documents à établir par l'IGO nécessite de passer par de nombreux logiciels (CityEngine pour le gabarit relatif à la LCI, un autre logiciel pour la prise en compte des autres restrictions, 3DReshaper pour la confrontation entre le bâtiment projet et le gabarit de constructibilité).

II.3.1.3 Opportunités

- a. La démarche présentée a été réalisée dans le cadre d'une zone d'affectation unique, à savoir la troisième zone selon la LCI. Elle pourrait être développée et élargie à toutes les zones. Le fichier de règles pourrait prendre en compte les caractéristiques propres de chaque zone en effectuant un test en amont selon le numéro de zone et pointer les valeurs correspondantes. L'utilisateur n'aurait qu'à saisir le numéro de zone dans la fenêtre Inspector.
- b. De même, l'automatisation serait rendue plus optimale si chaque bien-fonds disposait initialement d'un attribut correspondant à son zonage. Il serait ainsi directement exploitable.
- c. Il serait intéressant de développer une démarche complète associant l'ensemble des protagonistes associés à un projet de construction : chacun y trouverait son compte. L'architecte aurait la possibilité de savoir en amont comment il peut construire sur un bien-fonds défini. Quant à l'OAC, elle pourrait évoluer vers une procédure d'autorisation de construire numériques et utiliser le gabarit 3D pour valider ou non une autorisation de construire.

II.3.1.4 Menaces

- a. Les fournisseurs de données, le plus souvent des services de l'Etat ou de la Confédération, devront être incités à adapter, certifier et tenir à jour leurs données.

	Positif	Négatif
Origine interne	<p>Forces</p> <ul style="list-style-type: none"> Détermination de la conformité d'un projet à partir du BIM Automatisation de la création d'un gabarit à partir de la LCI Détermination de l'influence de la modification du projet sur la surface constructible Lien de CityEngine avec les SIG Extraction des documents à produire par l'IGO 	<p>Faiblesses</p> <ul style="list-style-type: none"> Automatisation limitée dans le cas de plusieurs alignements côté voie Le Cadastre RDPPF ne comporte pas l'ensemble des restrictions Passage par de nombreux logiciels
Origine externe	<p>Opportunités</p> <ul style="list-style-type: none"> Développement et automatisation de la démarche sur toutes les zones de construction Possibilité d'ajouter un attribut de zone pour chaque bien-fonds Développement d'une démarche associant l'ensemble des acteurs d'un projet de construction 	<p>Menaces</p> <ul style="list-style-type: none"> Incitation des fournisseurs de données des différentes restrictions à adapter, certifier et tenir à jour leurs données

Tableau 1 : Tableau récapitulatif SWOT (Autorisation de construire)

II.3.2 Conclusion

Cette démarche permettrait à l'IGO de s'impliquer davantage dans les processus de construction à partir du BIM. L'IGO ferait ainsi évoluer ses compétences traditionnelles pour les mettre au service du BIM.

Cela pourra ouvrir de nouvelles perspectives, tant au niveau des aménageurs que pour les services de l'aménagement du territoire ainsi que pour l'IGO qui se trouverait au centre des discussions.

III Le BIM au service de la constitution d'une PPE

III.1 Analyse de la situation actuelle

III.1.1 La Propriété Par Étages

III.1.1.1 Bases légales

La notion de Propriété Par Étages (PPE) a été introduite dans le Code Civil Suisse (CCS) par la loi fédérale du 19 décembre 1963 modifiant le livre quatrième du CCS (copropriété et propriété par étages) et est en vigueur depuis le 1^{er} janvier 1965. On doit plutôt parler de « réintroduction » puisque de telles dispositions existaient déjà mais ont été retirées lors de l'entrée en vigueur du CCS en 1912. Des sociétés immobilières d'actionnaires-locataires se sont par la suite développées, faisant pressentir une nécessité de réglementation de PPE (Steinauer, 2012a).

La PPE a été créée dans le but de faciliter l'accès à la propriété au plus grand nombre. En effet, la situation suisse et plus particulièrement celle du canton de Genève demande une réponse sur ce thème. La Suisse est le pays d'Europe où le taux de logements occupés par leur propriétaire est le plus faible : il représente 37.4 % de moyenne sur le territoire et 18.3 % sur le canton de Genève, soit le taux le plus bas du pays (source : Office Fédéral de la Statistique OFS, 2014). En comparaison, la France en compte en moyenne 57.6 % (source : INSEE, 2014). Cette situation s'explique par la forte pression immobilière et des terrains de plus en plus dispendieux. Le canton est particulièrement touché par la pénurie de terrains constructibles, très demandés dans un canton avec une superficie faible (282 km²), une population qui continue de croître (482 545 habitants, avec une progression de + 1.6 % sur une année ; source : OCSTAT 2014) et une densité de population aussi élevée (1711 hab./ km²).

La PPE est une forme de copropriété portant sur un immeuble où chaque copropriétaire possède un « droit exclusif d'utiliser et d'aménager intérieurement des parties déterminées d'un bâtiment » (art. 712a al. 1 du CCS), comme le mentionne Steinauer (2012a). Elle repose sur des dispositions juridiques consacrées dans le CCS : un chapitre entier lui est destiné (art. 712a ss). La PPE se différencie de la copropriété ordinaire par l'octroi des droits exclusifs cités précédemment. Dans une copropriété ordinaire, chaque copropriétaire possède en principe un droit d'utilisation sur tout l'immeuble. La délimitation entre les parties privatives et les parties communes dans une PPE est donc d'un intérêt majeur : ainsi, un immeuble de PPE est divisé en lots privatifs et en lots de parties communes (cf. partie III.1.1.2).

Le droit du copropriétaire, que l'on appelle aussi part d'étage, est composé de deux éléments à la fois distincts et indissociables (Mooser, 2003) :

- un droit de copropriété, portant sur l'ensemble de l'immeuble ;
- un droit de jouissance et d'utilisation exclusif de son unité d'étage. L'unité d'étage est formée de l'ensemble des locaux et des parties de l'immeuble soumis au droit exclusif du propriétaire d'étage (appartement, cave, etc.). Elle doit être clairement déterminée et délimitée dans l'espace.

L'art. 655 al. 2 du CCS confère à la part d'étage la qualité d'immeuble (Steinauer, 2012b).

D'après Félicité-Ivanès (2003), ces dispositions sont complétées par les éléments supplémentaires suivants qui ne seront pas développés dans le présent travail :

- les règles sur la copropriété (art. 646 ss du CCS) ;
- les règles sur la propriété (art. 641 ss du CCS) ;
- les règles sur la propriété immobilière (art. 655 ss du CCS) ;
- certaines dispositions du droit de l'association (par renvoi de l'art. 712m al. 2 du CCS) ;
- l'Ordonnance sur le Registre Foncier (ORF) ;
- le règlement d'administration et d'utilisation (art. 712g al. 3 du CCS).

III.1.1.2 Définition des lots

On distingue dans une PPE les parties privatives (sur lesquelles le propriétaire d'étage exerce un droit exclusif de jouissance et d'administration) et les parties communes (dont les membres de la PPE sont copropriétaires). Les parties privatives comprennent notamment l'intérieur de l'appartement, les murs internes non porteurs et la partie intérieure du balcon. Quant aux parties communes elles englobent la parcelle, la structure du bâtiment, ...

La formation des lots est rattachée aux conditions cumulatives énoncées par l'art. 712b al. 1 du CCS. Ils doivent :

- former un tout ;
- être des locaux ;
- avoir au moins un accès propre.

Concernant leur délimitation, selon les recommandations de l'Association Genevoise des ingénieurs Géomètres officiels et géomaticiens (AGG, 2014a), « la division de la seule surface du sol ne suffit pas » ; la division doit être effectuée par des dispositifs verticaux (murs, treillis, ...). Entre deux lots contigus, l'axe du mur mitoyen est pris en compte pour établir la limite. En revanche, en façade, la totalité de celle-ci est considérée (cf. Figure 24). Cela revêt particulièrement de l'importance pour les places de stationnement : elles ne peuvent donc pas former individuellement des lots si elles ne respectent pas cette condition. Le local parking en son entier pourra alors être considéré comme un lot de partie commune avec l'attribution d'usages exclusifs, grâce à l'établissement d'une convention ou l'inscription d'une servitude.

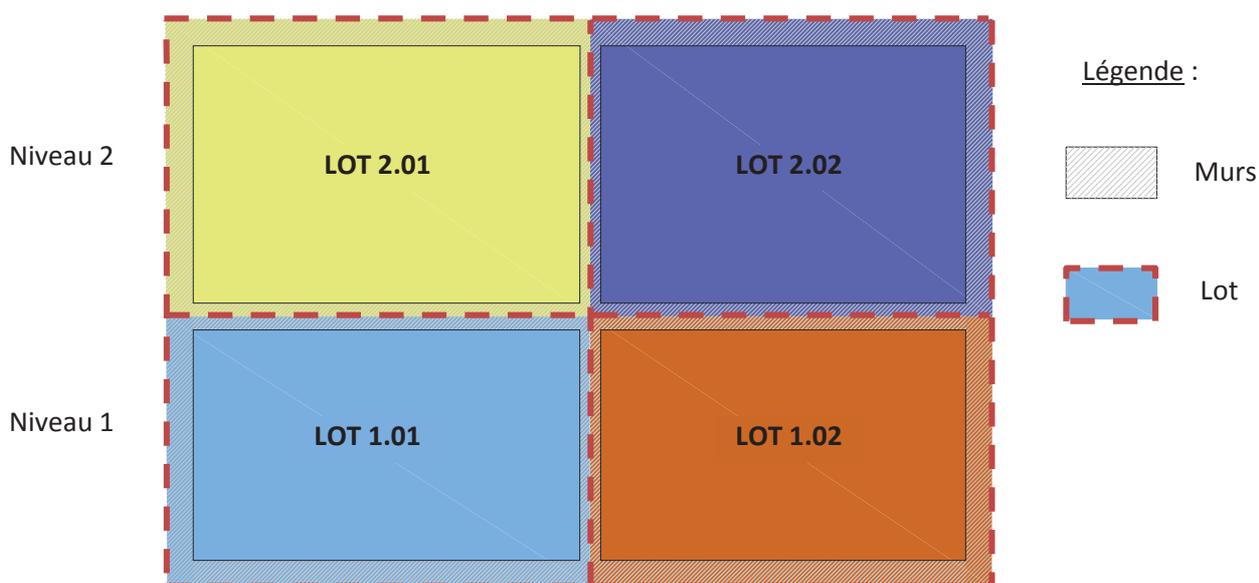


Figure 24 : Coupe verticale de lots contigus

Des millièmes sont calculés pour chaque lot : ils correspondent à la valeur du lot par rapport à l'immeuble entier. Ils servent de base à la répartition des charges de la PPE entre les propriétaires d'étage et à la prise de décision lors de l'assemblée des copropriétaires dans le cadre fixé par la loi. Le calcul s'effectue selon une pondération de la surface des lots en fonction de l'usage effectif qui en est fait : un lot correspondant à un logement n'aura pas la même importance qu'un lot correspondant à une dépendance par exemple. Pour respecter cette pondération, chaque lot est subdivisé en sous-lots selon les catégories présentées dans les tableaux 2 et 3 :

Type de surface	Coefficient de pondération
Logement et bureau	1
Commerce	1 à 2
Cave, box, grenier	0.5
Balcon	0.3

Tableau 2 : Pondération des surfaces PPE selon le type de surface

Valeur de la HSP	Coefficient de pondération
HSP > 2.40 m	1
1.80 m < HSP < 2.40 m	0.5
HSP < 1.80 m	0

Tableau 3 : Pondération des surfaces PPE, en fonction de la hauteur sous plafond (valable uniquement pour les surfaces de logement, bureau et commerce)

III.1.2 Élaboration actuelle d'une PPE dans le canton de Genève

III.1.2.1 PPE avant construction et PPE sur bâtiment existant

Une PPE a la possibilité d'être constituée avant la construction du bâtiment ou sur un bâtiment existant. Ces deux cas se distinguent dans leur procédure.

La PPE avant construction est la plus courante sur le canton de Genève (AGG, 2014b). Les lots sont alors vendus sur la base des plans d'architecte. Dans ce cas, à l'achèvement des travaux, les surfaces doivent être certifiées. Le cahier de répartition des locaux⁹ enregistré avec mention « projet » au RF avant la fin des travaux, doit faire l'objet d'une attestation de conformité par l'IGO ou alors, si besoin, d'une modification suite au relevé d'état des lieux réalisé à la fin des travaux. La différence entre les mesures du cahier de répartition des locaux et les mesures réelles doivent respecter des tolérances définies qui sont :

- de ± 10 cm pour les points-limites des lots ;
- de ± 1 % pour les surfaces.

⁹ Définition donnée à la partie III.1.2.2.1

L'attestation de conformité sera ensuite remise au RF. Ce document permet de lever la mention « projet ».

Quant à la PPE constituée sur un bâtiment existant, elle se démarque par la nécessité d'un relevé d'état des lieux initial. Le calcul des millièmes s'effectue sur la base des surfaces constatées. Elle est enregistrée directement sans mention.

III.1.2.2 Caractéristiques de la démarche suivie

Sur un plan purement technique, le géomètre procède à partir de plans .dwg du bâtiment concerné. Ceux-ci sont, dans la plupart des cas, des plans d'architecte mais ils peuvent parfois être établis par l'IGO lui-même dans le cas de PPE sur bâtiment existant. Si nécessaire, les plans sont nettoyés des informations jugées superflues pour la formation des lots de la PPE. Ils sont ensuite exploités pour créer la PPE.

Le géomètre va, par la suite, établir des documents qui vont être transmis à la Direction de la Mensuration Officielle (DMO) et au Registre Foncier (RF). La DMO impose que la PPE soit élaborée sous forme numérique, dans l'optique de diffuser ces informations sur le SITG et conformément à ses attributions concernant la garantie de la propriété (cf. partie I.1.2). Le RF, quant à lui, demande un cahier de répartition des locaux au format papier qui servira ensuite de base à l'acte notarié établissant la PPE.

III.1.2.2.1 Elaboration du cahier de répartition des locaux

Un acte notarié doit être rédigé pour constituer la PPE et être déposé au RF. Chaque propriétaire aura alors son propre feuillet inscrit au RF, qui peut être constitué d'un ou de plusieurs lots. Pour ce faire, et cela dans le cadre de la législation genevoise, cet acte doit se baser sur un cahier de répartition des locaux¹⁰. Il est établi par un IGO, sur les bases d'un relevé d'état des lieux des locaux ou des plans d'architecte. Selon l'AGG (AGG, 2014a), dans les recommandations techniques qu'elle a établies, le cahier de répartition des locaux doit comporter obligatoirement les éléments suivants :

- une page titre, énonçant les pièces du dossier ainsi que les informations générales de la PPE ;
- un plan de situation ;
- une élévation schématique ;
- un plan de répartition des locaux par niveau, présentant les différents lots (parties privatives et parties communes) ;
- des tableaux de répartition des locaux et des éléments constitutifs (type et désignation des locaux, surfaces, valeurs en millièmes) ;
- des tableaux récapitulatifs, qui constituent les feuillets du RF (valeurs, lots qui les composent) ;
- des annexes (dont les plans de servitude).

L'ensemble des documents destinés au RF est établi sous forme papier.

L'IGO certifie la conformité du cahier de répartition des locaux aux prescriptions de l'art. 712b al. 1 du CCS (cf. partie III.1.1.2). En d'autres termes, l'IGO figure sur le cahier de répartition des locaux le ou les accès propre(s) pour chaque lot privatif et s'assure que l'ensemble des locaux

¹⁰ Annexe 4

mentionnés ci-contre forment un tout, i.e. que le total des millièmes atteint 1000. En outre, les parties communes doivent être clairement distinguées des parties privatives.

III.1.2.2 Construction de la PPE sous forme numérique

La DMO gère ses données grâce à des bases de données Oracle et utilise le logiciel ArcGIS. Elle a ainsi établi des règles de saisie spécifiques à la construction des PPE sous forme numérique¹¹. Elle demande une géodatabase pour chaque PPE et définit des règles topologiques, descriptives et attributives. Sur ce dernier point, différents attributs sont à assigner à chaque lot et sous-lot (numéro de lot, hauteur, destination, ...) ainsi que des informations générales sur le bâtiment (numéro de parcelle, identifiant du bâtiment, etc.).

Ainsi, le géomètre procède en important dans ArcGIS les plans .dwg traités de chaque étage du bâtiment et saisit les données correspondant aux lots, en créant une géodatabase telle que mentionnée ci-dessus. Il pourra ensuite définir les millièmes de chaque lot et les servitudes à disposer dans le bâtiment.

III.1.2.3 Aspect 3D dans la PPE

A l'heure actuelle, la prise en compte de la troisième dimension dans les lots de PPE est déjà amorcée. Un lot est en effet défini dans l'espace tridimensionnel au moyen des attributs de hauteur indicative et d'altitude et situé dans le bâtiment avec l'attribut d'étage.

Sur ces bases, il est possible de visualiser la PPE en volume. Les plans de chaque étage peuvent notamment être disposés dans ArcScene grâce à l'attribut d'altitude et les lots extrudés à l'aide de leur attribut de hauteur. Cette démarche ne permet cependant pas de représenter des lots de formes plus complexes, tels que les mansardes par exemple.

¹¹ Annexe 5

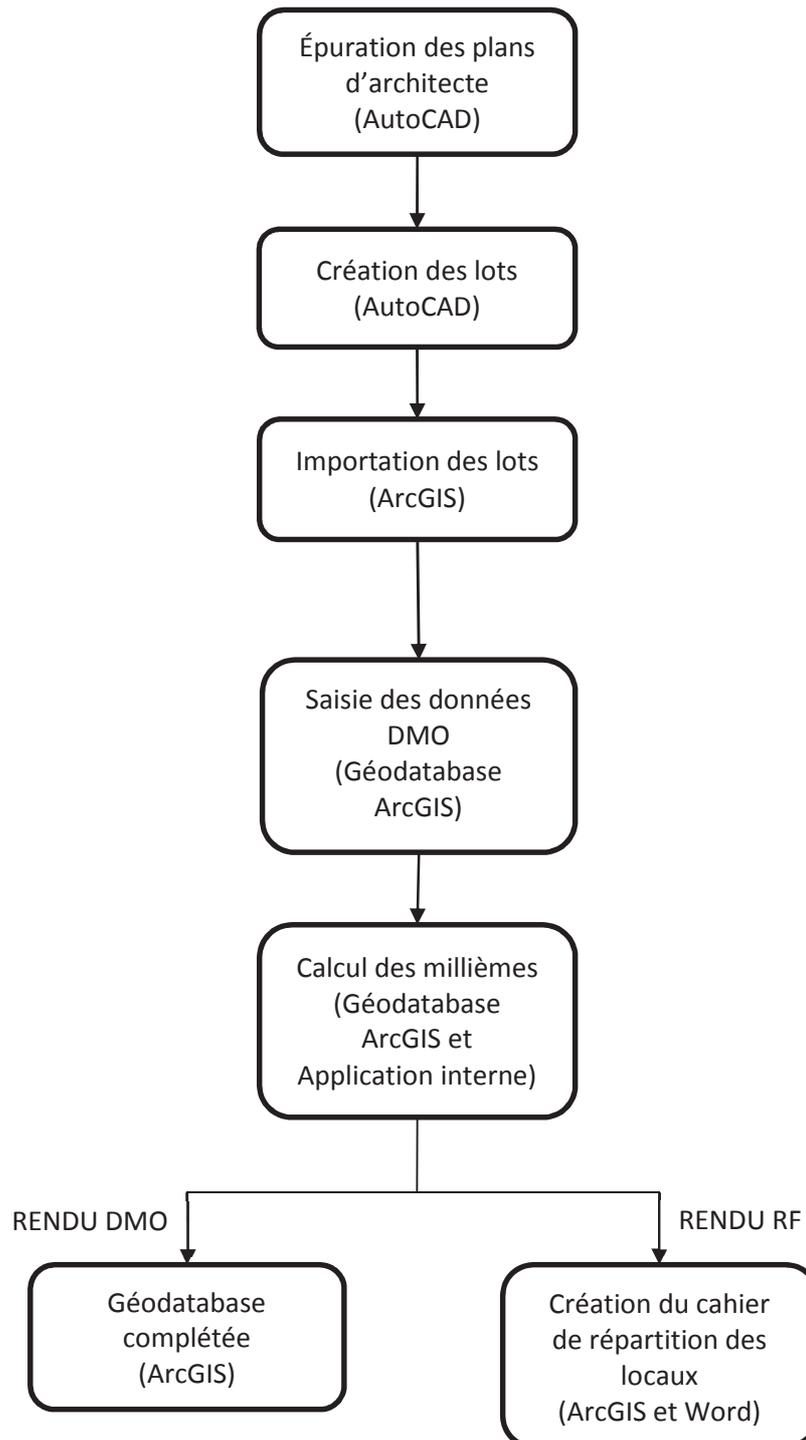


Figure 25 : Diagramme du processus actuel de PPE

III.2 Mise en place d'un processus de travail 3D

III.2.1 Motifs de réalisation

Aujourd'hui, avec le développement croissant du BIM dans les projets de construction de bâtiments, il est intéressant de se pencher sur l'éventualité de mettre en place une PPE par le biais de cet outil.

Le but de cette partie du TFE est de développer une méthode pour constituer une PPE à partir d'une maquette BIM et d'en élaborer son cahier de répartition des locaux. Ce procédé devra respecter les règles actuelles et les rendus attendus, notamment concernant le géoréférencement des données produites. Il devra également offrir une solution fonctionnelle au géomètre et ouvrir de nouvelles opportunités pour celui-ci.

Le géomètre doit adapter sa démarche et travailler différemment. Le processus devra permettre d'établir une PPE à partir d'un modèle 3D, en utilisant des outils 3D et pour aboutir à un résultat 3D. Le géomètre s'intégrerait alors parfaitement dans le principe même du BIM ; cet outil est en effet basé sur la collaboration et son caractère à la fois multi-métiers et multi-usages.

III.2.2 Proposition d'un protocole type

III.2.2.1 Logiciel BIM

Le logiciel BIM se place à la genèse du projet de construction et est ensuite utilisé par une grande partie des professionnels intervenant sur le projet (cf. partie I.2.1.1). Comme nous l'avons vu précédemment, le géomètre travaille à partir des données remises par l'architecte. Les architectes travaillent de plus en plus à l'aide de modèles BIM en lieu et place de plans 2D pour la conception de bâtiments. Quant au géomètre, l'utilisation du logiciel BIM est axée principalement sur les relevés d'existant. Le logiciel BIM est donc un outil idéal de collaboration et d'échange entre les deux professions sur lequel peut se reposer le nouveau processus proposé d'établissement de PPE.

De plus, son utilisation bénéficie de nombreux atouts. Le logiciel BIM a la possibilité d'effectuer des visualisations de qualité, en 3D et en vue en plan du bâtiment et comporte des aspects se rapprochant de la DAO. Il devient également le dispositif central des données puisque toutes les informations nécessaires peuvent y être insérées. Ces informations peuvent provenir de sources différentes et on voit ici le rôle clé d'un BIM Manager. Le choix de ce logiciel est donc crucial : la coordination des différents acteurs implique l'utilisation d'un même logiciel.

III.2.2.1.1 Choix du logiciel

Le marché des logiciels BIM se partage entre différents développeurs. Actuellement, les principaux logiciels utilisés sont Allplan (Nemetschek), ArchiCAD (Graphisoft), Revit (Autodesk) et Vectorworks (Vectorworks Inc.).

Le logiciel Revit d'Autodesk a été choisi dans le cadre du TFE, en raison notamment de sa position prépondérante sur le marché, qui est de surcroît dans une dynamique très positive. En outre, le logiciel est déjà utilisé au sein de HKD Géomatique ainsi que par deux des principales entreprises de construction suisses, à savoir Losinger-Marazzi et Implenia.

Revit, accompagné des autres produits Autodesk, permet d'avoir à disposition des outils interoperables entre eux facilitant l'interaction entre les données produites et en les valorisant. On peut citer A360 la plateforme de stockage « cloud » ainsi que InfraWorks qui permet la création de modèle combinant SIG et BIM.

III.2.2.1.2 Principe de fonctionnement général

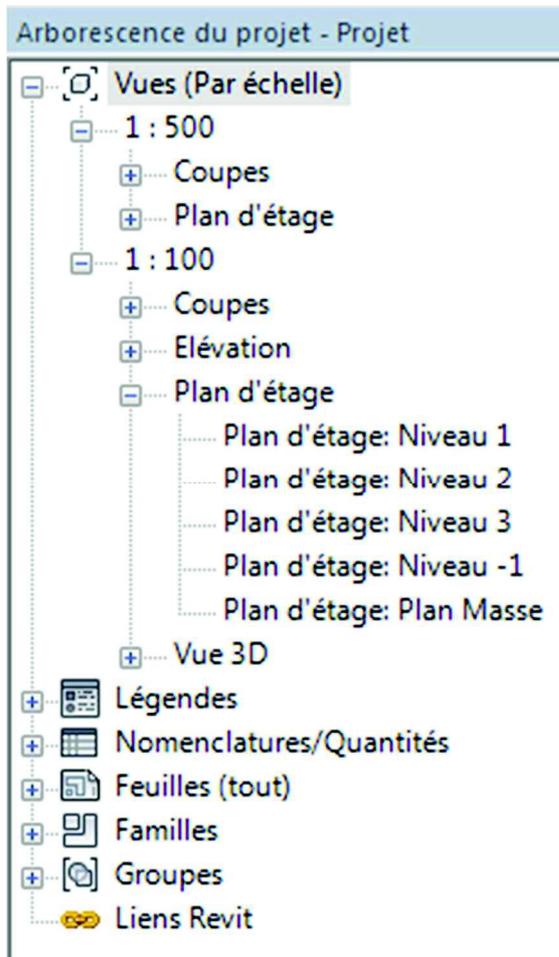


Figure 26 : Arborescence d'un projet dans Revit

Revit fonctionne par projet. Chaque nouveau projet se base sur le choix d'un gabarit. Le gabarit comporte différents réglages prédéfinis portant sur l'organisation du projet, les unités, les types de lignes, de texte, de cotes ainsi que tout ce qui se rapporte aux bibliothèques de murs, de dalles, etc. Son choix est donc particulièrement important ; il permet de gagner un temps précieux.

Le projet se construit suivant chaque niveau du bâtiment. Il est organisé selon l'arborescence du projet (cf. Figure 26). Celle-ci joue un rôle d'explorateur du projet : elle regroupe l'ensemble des vues, qui peuvent être graphiques (plans, coupes, élévations, vues 3D) ou alphanumériques (nomenclatures, relevés de matériaux) ainsi que les feuilles chargées et les familles d'éléments.

Les feuilles sont utilisées pour l'impression du projet. Quant aux familles, elles correspondent aux différents types d'éléments du projet (murs, fenêtres, volumes, etc.). Toutes ces entités sont modifiables et paramétrables.

Les nomenclatures fournissent en quelque sorte la documentation du projet. Ce sont des vues tabulaires qui permettent de lister les éléments utilisés dans le projet (surfaces, pièces, murs, etc.) ainsi que leurs caractéristiques (type, dimensions, superficie, etc.). Lorsqu'une modification portant sur un élément de la nomenclature est apportée au projet, ce dernier est mis à jour automatiquement.

Les vues ont la possibilité d'être paramétrées en créant des gabarits de vue (cf. Figure 27 et Figure 28) : ils permettent de définir notamment l'échelle et les paramètres de visibilité, utilisés pour rendre visible ou non les catégories d'éléments du modèle (murs, topographie, etc.). Ils permettent ainsi d'appliquer des propriétés normalisées à une ou plusieurs vues.

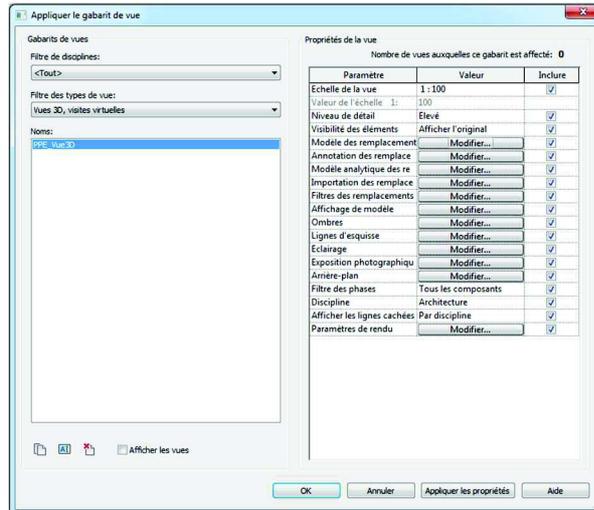


Figure 27 : Création d'un gabarit de vue

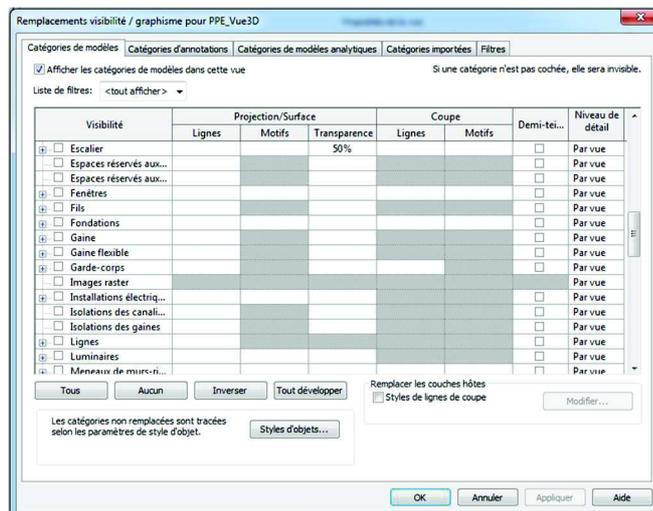


Figure 28 : Modification de la visibilité des éléments dans un gabarit de vue

Il est possible de créer des éléments délimitant des parties du bâtiment : ce sont les surfaces, les pièces, les espaces analytiques et les volumes conceptuels.

- Une surface est définie par des murs et des lignes de séparation. Elle n'est visible et définie qu'en vue en plan d'étage.
- Les pièces et les espaces sont toujours délimités par le nu-intérieur des murs mais peuvent l'être également par des lignes de séparation. Ils sont visibles en vue en plan d'étage, d'élévation et en coupe.
- Les volumes sont quant à eux délimitables manuellement dans les trois dimensions et leur placement n'obéit à aucune contrainte particulière. Ils sont visibles dans l'ensemble des vues (plans, élévations, coupes, 3D).

L'ensemble des éléments cités ci-dessus peut être paramétré dans le gabarit de projet.

Revit offre également la possibilité de télécharger des applications complémentaires au logiciel pour accéder à de nouvelles fonctionnalités telles que l'importation ou l'exportation dans d'autres formats que ceux proposés sur la version d'origine.

III.2.2.2 Paramétrage en vue de la création des lots de PPE

Un paramétrage type a été réalisé à partir d'un cas concret. En effet, Implenia Suisse via M. Christian Tellols, architecte et BIM Manager de cette entreprise, a gracieusement mis à disposition une maquette BIM d'un projet de bâtiment en PPE de quinze logements.

L'idée centrale est de donner des caractéristiques de référence au projet BIM pour servir de base au travail de l'IGO. Il est donc nécessaire de créer un gabarit de projet, spécifique à l'élaboration de PPE. Pour décrire le bâtiment et situer les lots, le géomètre doit établir des coupes ainsi que des plans de répartition des locaux (cf. partie III.1.2.2.1). Des vues ont ainsi été créées et organisées dans le gabarit de projet. Elles doivent ensuite être paramétrées de manière à ce qu'elles soient le plus épurées possibles : des éléments nécessaires sont rendus visibles et à l'inverse ceux qui ne correspondent pas aux besoins du géomètre (mobilier, sprinklers¹², ...) sont retirés. De ce fait, il faut appliquer un gabarit de vue contrôlant la visibilité, les couleurs et la transparence des éléments du projet, pour chaque vue selon l'exigence souhaitée.

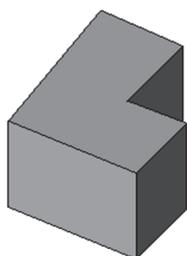


Figure 29 : Volume type
"Lot PPE"

Le cœur de la démarche repose sur la modélisation des lots dans l'environnement BIM. Comme nous l'avons vu, nous disposons d'outils délimitant des parties de bâtiment sur Revit (surfaces, pièces, espaces, volumes). Au vu des caractéristiques de ces derniers (cf. partie III.2.2.1.2), le choix d'une telle modélisation s'est porté sur l'utilisation de volumes. Ils correspondent à nos objectifs de visualisation en 3D et aux exigences de délimitation genevoises (cf. partie III.1.1.2), contrairement aux autres outils.

Un volume type « Lot PPE » a été créé dans le gabarit (cf. Figure 29). Il sera utilisé pour modéliser les lots de la PPE dans la maquette BIM en étant dupliqué. Il est modifiable et peut être adapté à la forme de chaque lot.

Compte-tenu des données attributaires à renseigner pour la DMO, une des problématiques a été de pouvoir intégrer ces éléments relatifs à la DMO à la maquette BIM et aux volumes « Lot PPE ». La réponse à cela fut de créer un fichier de paramètres partagés comportant ces attributs (cf. Figure 30). Les paramètres partagés peuvent être ajoutés aux familles et aux projets. Ils permettent d'ajouter des données spécifiques qui ne sont pas prédéfinies dans la famille ou le gabarit. Ces paramètres ont donc été intégrés aux volumes « Lot PPE » et aux paramètres généraux du projet (commune, parcelle, etc.).

¹² Sprinkler (ou asperseur) : « petit arroseur rotatif fonctionnant à basse pression » (www.larousse.fr)

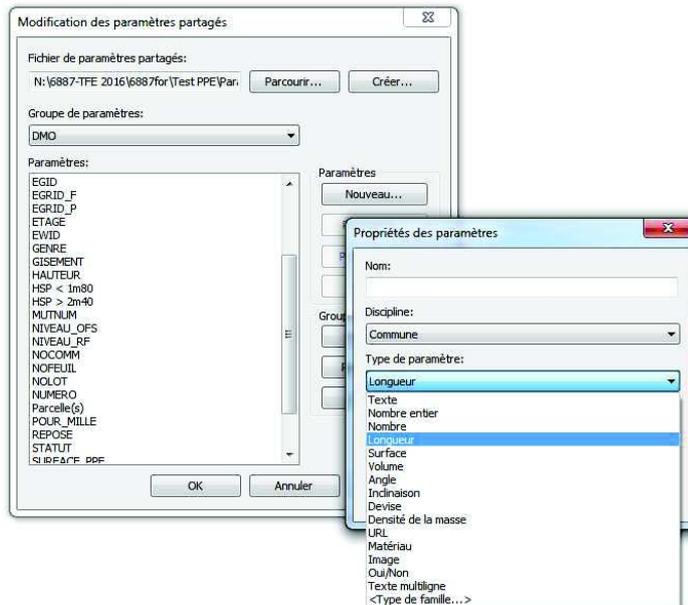


Figure 30 : Création d'un paramètre partagé

Le géomètre délimite les lots, selon les prescriptions de la DMO, à l'aide du type de volume précité en le dupliquant pour chaque lot. Il peut alors pour chaque lot remplir les champs qu'ils lui sont destinés (numéro de lot, destination, ...), comme on peut le voir Figure 31 . Une démarche identique est effectuée en ce qui concerne les parties communes ainsi que les servitudes. Les volumes offrent l'avantage de pouvoir s'imbriquer et se superposer, ce qui s'avère nécessaire pour la modélisation des servitudes.

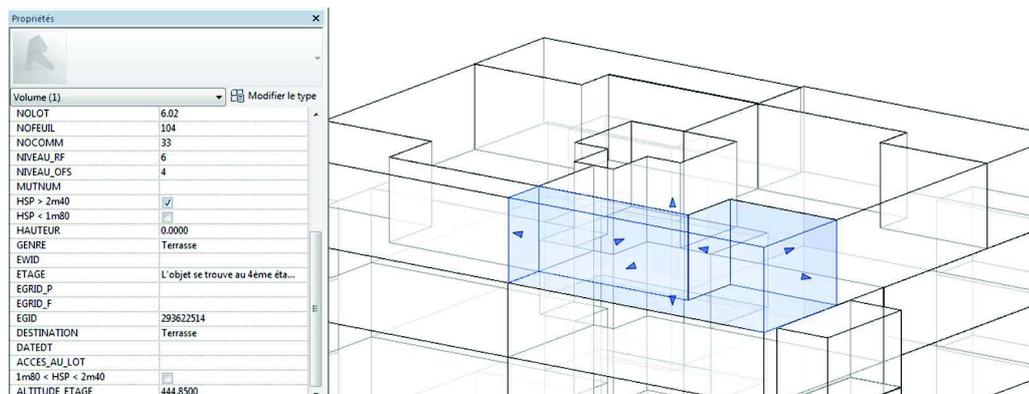


Figure 31 : Visualisation d'un volume et de ses paramètres

La création d'une nomenclature permet de lister ces différentes données établies pour chaque lot, mise à jour continuellement en fonction de l'avancement du géomètre (cf. Figure 33). L'intérêt d'une nomenclature est ici de répertorier les informations d'une PPE directement sur Revit et en relation avec la maquette BIM. Les champs de surface et de volume correspondants sont également remplis. Cependant, pour afficher la surface au sol du volume, il faut activer l'option de « Sols de volume ». Dans le cas contraire, la valeur affichée correspond à la superficie de l'enveloppe du volume.

Il reste à déterminer les millièmes de chaque lot, en commençant par calculer les surfaces pondérées des lots. Le principe utilisé a été d'ajouter des paramètres booléens (Oui/Non) correspondant aux différents types de surface et aux paramètres de Hauteur Sous Plafond (HSP) relatifs à la législation (cf. partie III.1.1.2). La surface pondérée se calcule automatiquement en utilisant une formule. Le principe ci-dessous a été suivi : si <Booléen>, <Résultat si vrai>, <Résultat si faux> (cf. Figure 32).

Figure 32 : Calcul de la surface pondérée à partir des paramètres de HSP

La pondération selon les paramètres de HSP et de surface (balcon, cave, etc.) s'est effectuée séparément. Deux tests ont été réalisés pour chaque lot : un pour la HSP et un autre pour la destination, qui ont donné chacun une surface pondérée. La surface pondérée réelle est ensuite calculée elle-aussi à l'aide d'une formule en testant et en regroupant les deux surfaces pondérées. Il a été donné un caractère supérieur à la surface issue des paramètres de la destination : en effet, si le lot correspond à un type de lot annexe (cave, balcon, etc.), la pondération s'effectuera uniquement sur ce critère et non sur la HSP.

<Nomenclature PPE> (1)							
A	B	C	D	E	F	G	H
NOLOT	GENRE	HSP < 1m80	1m80 < HSP < 2m40	HSP > 2m40	Surface PPE	SURFACE PONDEREE	POUR_MILLE
101							
1.01	Cave	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	13.9 m²	7 m²	3.38
1.02	Cave	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	11.1 m²	5.5 m²	2.65
1.10	Cave	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	18.4 m²	9.2 m²	4.44
1.11	Cave	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	17.2 m²	8.6 m²	4.15
1.14	Cave	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	15.3 m²	7.7 m²	3.71
2.02	Logement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	119.3 m²	119.3 m²	57.55
2.03	Logement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	119.3 m²	119.3 m²	57.55
3.02	Logement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	91.8 m²	91.8 m²	44.28
3.02	Balcon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	11.5 m²	5.8 m²	2.8
3.03	Logement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	91.8 m²	91.8 m²	44.28
3.03	Balcon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	11.4 m²	5.7 m²	2.75
3.04	Logement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	123.9 m²	123.9 m²	59.77
3.04	Balcon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	11.5 m²	5.7 m²	2.75
3.05	Logement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	123.9 m²	123.9 m²	59.77
3.05	Balcon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	11.5 m²	5.7 m²	2.75
101: 15						730.8 m²	
105							
1.07	Cave	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	20.3 m²	10.2 m²	4.92
6.03	Logement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	138.8 m²	138.8 m²	66.96
6.03	Terrasse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	37.7 m²	18.9 m²	9.12
6.03	Terrasse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	42.6 m²	21.3 m²	10.27
105: 4						189.2 m²	
						(2) 2073 m²	Total des surfaces pondérées de l'immeuble

Figure 33 : Extrait d'une nomenclature Revit

En revanche, le calcul final des millièmes ($\text{Valeur} \left(\frac{\text{en}^0}{100} \right) = \frac{\text{Surface pondérée du lot}}{\text{Total des surfaces pondérées}}$) ne peut pas s'effectuer automatiquement. La nomenclature ne permet pas de récupérer le total de ces surfaces pondérées (cf. Figure 33 : (2)) dans une formule. Il faut le récupérer manuellement et le saisir pour pouvoir calculer les millièmes : $\text{POUR_MILLE} = \frac{(1)}{(2)}$ (cf. Figure 33).

Le gabarit de projet détaillé ci-dessus ne peut être utilisé en tant que tel si le projet a été créé en amont par un autre utilisateur. Il est en effet impossible d'ouvrir un projet Revit sous un autre gabarit que celui dans lequel il a été conçu. La marche à suivre consiste alors, pour un projet BIM déjà réalisé, à copier les éléments du gabarit « PPE » vers le fichier Revit du projet considéré. Il s'agit dans un premier temps de transférer les normes du projet (*Onglet Gérer, Paramètres, Transférer les normes du projet*). On peut citer, de manière non-exhaustive : les paramètres du projet, les gabarits de vue, les paramètres des types des éléments (espaces, zones, textes, coupes, ...) et les styles. Dans un second temps, il convient d'insérer au projet les vues, les nomenclatures et les feuilles définies précédemment dans le gabarit (*Onglet Insérer, Importer, Insérer à partir du fichier, Insérer des vues à partir du fichier*). Ces éléments s'ajoutent alors à l'arborescence du projet.

III.2.2.3 Etablissement des rendus

Il convient ensuite de réaliser le cahier de répartition des locaux. Il se constitue à partir des feuilles de Revit. Une fois paramétrées, elles sont un outil d'assistance pour le géomètre. Il est possible de créer un cartouche type, auquel on ajoute ensuite les informations souhaitées (numéro de dossier, parcelle, commune, etc.). Les vues voulues peuvent être insérées et comportent l'échelle et les éléments visibles définis auparavant dans ces vues¹³.

Une fois le cahier de répartition des locaux établi, les données relatives aux lots de PPE complétées dans la maquette BIM doivent être livrées à la DMO. Comme nous l'avons vu précédemment (cf. partie III.1.2.2.2), la DMO demande la remise d'une géodatabase dans le but d'être exploitée sous ArcGIS. Les données de la PPE dans la maquette BIM de Revit doivent donc être exportées dans un format exploitable par ArcGIS. Une démarche interopérable entre ces logiciels a été trouvée :

- Sur Revit, l'extension FME Exporter for Revit a été utilisée. Elle permet d'extraire le modèle Revit au format .rvz, le format d'archive de Revit. L'export doit être paramétré pour permettre de sélectionner les éléments à exporter.
- Sur ArcGIS, l'extension Data Interoperability permet d'importer le fichier .rvz en géodatabase. Les éléments sont alors de type Multipatch.

Cette méthode permet d'importer dans ArcGIS seulement la géométrie des objets de manière correcte. En effet, l'importation des attributs comporte des incohérences : soit ils ne sont pas du tout disponibles, soit ils renvoient des informations erratiques. L'importation des données attributaires doit donc se faire dans un second temps, via la nomenclature du modèle Revit. Elle est exportée en fichier texte délimité puis importé sur ArcGIS après l'avoir triée à l'aide d'un tableur. Ainsi, pour avoir quelque chose de tout à fait complet, les deux tables doivent être jointes à partir du champ de nom de volume qui est le champ commun des deux tables.

Concernant le géoréférencement, pour qu'il soit valide lors de l'exportation du projet, il faut utiliser un exportateur complémentaire à ajouter à Revit (ici il a été utilisé FME Exporter) et cocher la fonction « IFC Site ».

Le diagramme de flux ci-après (cf. Figure 34) reprend les étapes du paramétrage en vue de la création des lots de PPE.

¹³ Annexe 6

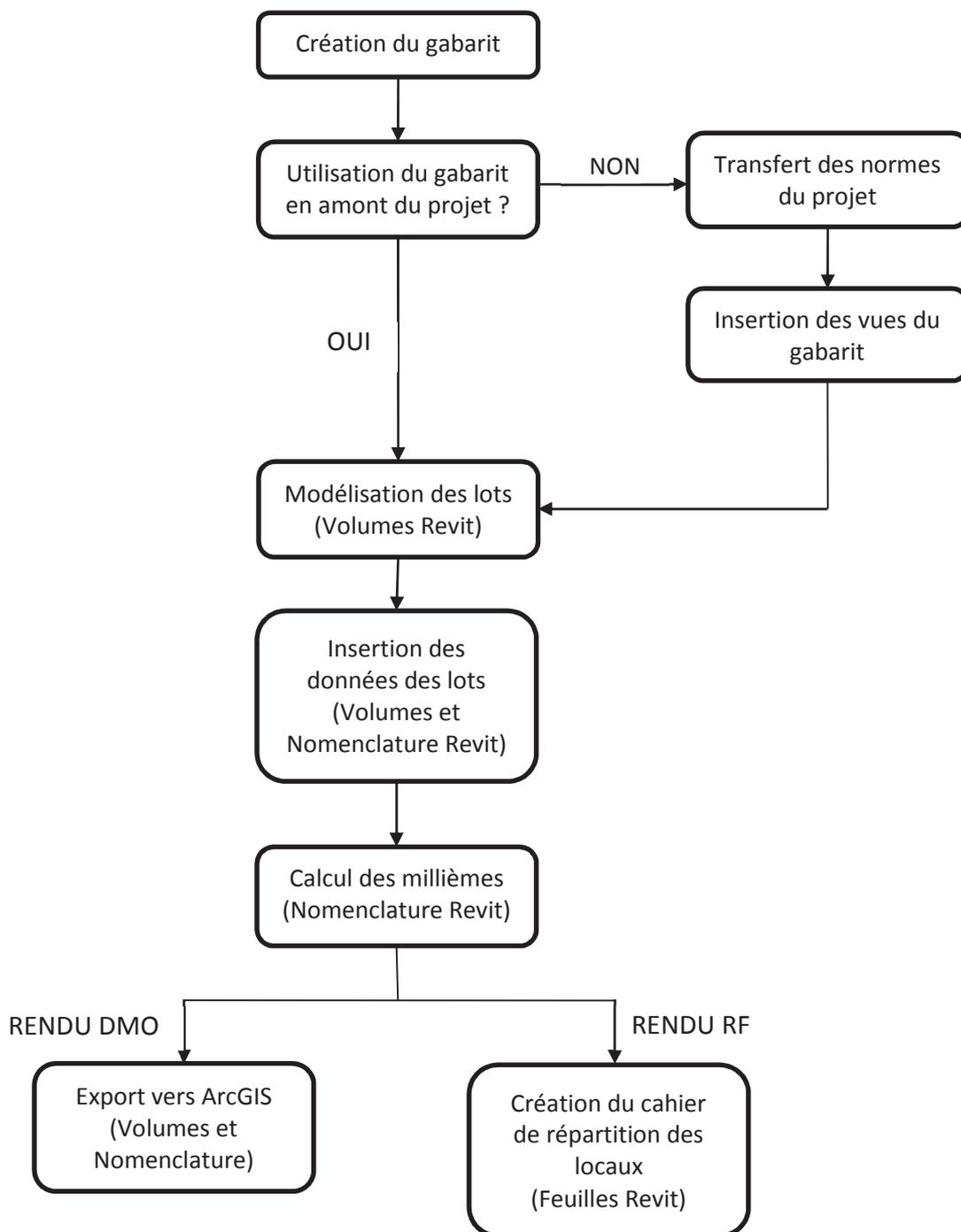


Figure 34 : Diagramme du processus de PPE proposé

III.2.2.4 Interopérabilité des logiciels BIM

Le processus s'est effectué dans un cadre où le géomètre et l'architecte ont travaillé sur la même version de logiciel BIM, à savoir ici Revit 2016. C'est une situation idéale. Cependant, la situation peut s'avérer plus complexe ; les professionnels n'utilisent pas uniquement Revit comme logiciel et pour ceux qui en sont, la version peut varier. Cela peut poser problème : en effet, un projet Revit ne peut pas être enregistré dans une version antérieure du logiciel pour qu'il puisse y être ouvert. De même, si le fichier d'origine est issu d'un logiciel différent, la même difficulté se pose. La solution est donc d'exporter le modèle d'origine au format IFC pour l'ouvrir ensuite dans la version de logiciel BIM souhaitée.

Malgré le caractère « universel » du format IFC, cette méthode peut entraîner des pertes de données parfois importantes et par conséquent des difficultés de mise en œuvre sur le processus étudié. En effet, le format d'échange standard IFC n'est pas géré de la même manière par tous les logiciels et des problèmes de compatibilité apparaissent lors des exportations et importations.

III.3 Pertinence du processus proposé

III.3.1 Comparaison avec le processus technique actuel

A la vue de la démarche présentée, une synthèse de ses avantages et inconvénients a été établie par rapport au processus actuel. Pour cela, une note sur 10 a été attribuée à chaque domaine d'intérêt et a permis de constituer le graphique suivant (cf. Figure 35).

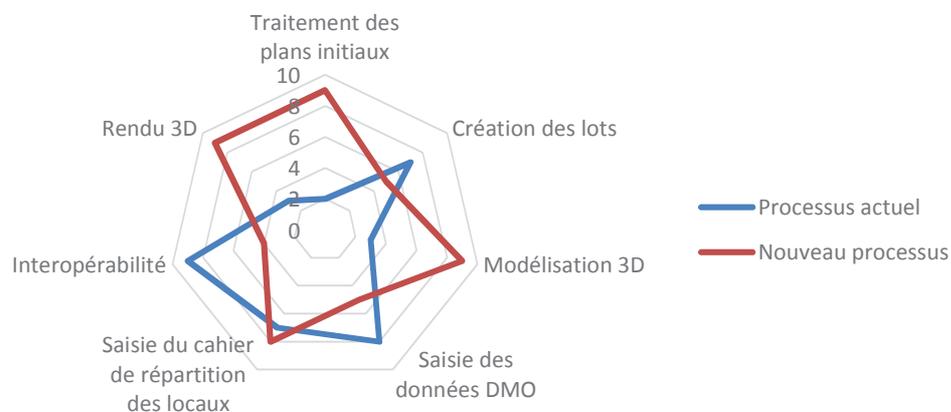


Figure 35 : Comparaison du processus actuel avec le processus proposé

III.3.2 Analyse SWOT du processus

Ce nouveau processus doit être analysé de manière critique pour étudier sa pertinence en vue de le généraliser dans la pratique. Les paragraphes suivants donnent un état des lieux des points forts et des faiblesses.

III.3.2.1 Forces

- a. Actuellement, un laps de temps important est accordé au tri des données du plan d'architecte pour le rendre clair et lisible en vue de l'élaboration de la PPE, et conserver les éléments essentiels à cela : éléments de structure du bâtiment, murs intérieurs et extérieurs, cloisons et d'autres encore utiles à la compréhension. Les gabarits de vue de la démarche proposée permettent donc un gain de temps non négligeable dans cette étape de préparation.
- b. Cette démarche permet une meilleure approche pour la définition d'une PPE : en travaillant directement sur la maquette BIM, l'ensemble des éléments du bâtiment est pris en compte. Elle permet à la fois une clarification des situations, une définition plus précise des lots mais aussi une meilleure visualisation du lot et de ses composantes (lot principal par rapport à ses dépendances, données de référence que sont la surface, l'altitude, les millièmes, etc.). De plus, le cas des unités verticales est pris en compte de manière plus appropriée et peut être plus facilement visualisé et compris. Qui plus est, cela rend la démarche plus viable du point de vue de la 3D : elle offre la possibilité de délimiter la propriété dans le sens vertical. La méthode actuelle permet en effet seulement une visualisation à l'aide d'une extrusion sur ArcScene.
- c. Concernant les servitudes et les parties communes, elles s'imbriquent parfois dans les lots. Une gaine commune peut, par exemple, passer dans un lot privatif ou un lot de partie commune peut contenir plusieurs servitudes d'usage. Le processus 3D offre donc une définition plus avantageuse de ce type de contraintes et une meilleure compréhension que sur un plan 2D.
- d. Quant au cahier de répartition des locaux, l'intérêt du nouveau processus porte sur le fait qu'il puisse être réalisé directement sur le logiciel BIM et disponible en relation avec la maquette BIM. L'ensemble des informations du bâtiment, que ce soit dans sa conception et dans son type de propriété, se trouve intégré dans un même espace de travail.
- e. La visualisation de la PPE en trois dimensions présente un intérêt particulier. Il est intéressant en effet de pouvoir avoir une vision en volume plutôt qu'en plan : elle permet de fournir une meilleure information à l'acheteur et de se rendre compte ainsi de l'espace occupé, de la situation et de l'emplacement. L'utilisation du logiciel Revit est certes intéressante pour une telle visualisation mais reste confinée à un cercle restreint d'utilisateurs. Le notaire, le professionnel de l'immobilier ou bien l'acheteur n'y ont pas accès. L'utilité d'une visualisation de ce type repose sur le fait qu'elle puisse être profitable à l'ensemble de ces individus. De plus Revit est un outil payant et assez

complexe ; des critères aux antipodes de nos objectifs. Une visionneuse IFC¹⁴ peut pallier ce problème. Elle permet d'afficher toutes les informations disponibles, contenues dans le modèle Revit créé et de choisir de les rendre visibles ou non. De plus, il est possible d'effectuer une visite virtuelle du bâtiment. Il est alors intéressant de proposer ce service qui est une réelle plus-value, bénéfique à l'ensemble des protagonistes. Dans le même temps, on peut interroger le modèle 3D aisément pour faire ressortir les éléments souhaités (par lot, par propriétaire, ...) et les liens entre les lots principaux et leurs dépendances (cf. Figure 36). Le format PDF 3D convient également pour une utilisation par tous les acteurs, de par son caractère universel. L'utilisation de celui-ci a déjà été évoquée par Cédric Minery (2011).

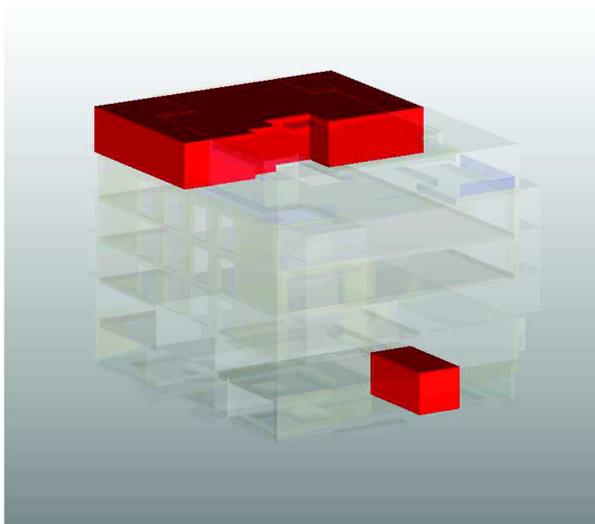


Figure 36 : Visualisation d'un lot principal et d'un lot annexe dans une visionneuse IFC (Simplebim)

- f. La connaissance des outils BIM, dont le logiciel Revit, est maîtrisée au sein de HKD Géomatique. La démarche de PPE en 3D ne poserait donc pas de problème de mise en application.

III.3.2.2 Faiblesses

- a. Le profit de la modélisation 3D engendre une contrepartie : la modélisation des lots s'effectue manuellement dans les trois directions et entraîne un surplus de temps passé, là où, dans les circonstances présentes, elle s'effectue de manière relativement simple (en récupérant directement sur ArcGIS les périmètres dessinés en .dwg).
- b. De même, le rendu des données pour la DMO reste moins direct et plus long à effectuer par rapport à la méthode actuelle. Il nécessite en effet une jointure entre la géométrie des éléments et les données associées (cf. partie III.2.2.2). L'échange et le transfert de données peut en effet poser problème dans le cadre de ce procédé : des incohérences peuvent apparaître et rendre difficile la réalisation du processus, contrairement à la méthode actuelle.
- c. Dans le logiciel Revit, il n'est pas possible de gérer les couleurs des volumes via un gabarit de vue selon un attribut désigné. Pour différencier les lots, il faut donc procéder de façon détournée en appliquant aux volumes un type de matériau avec une couleur unique pour chaque lot.

¹⁴ Visionneuse IFC : solution logicielle permettant de visualiser les modèles créés à partir de logiciels BIM et exportés au format IFC. Elle donne la possibilité d'afficher les propriétés des éléments. On peut citer notamment Solibri Model Viewer, Simplebim et BIM Vision.

- d. De plus, l'un des avantages de la méthode qui est l'établissement numérique de la PPE, est modéré par la demande de documents papiers du RF tandis que la DMO, elle, sollicite des données sous forme numérique. Une coordination devrait être mise en place à ce sujet, en lien avec le projet de « e-gouvernement » de la Confédération suisse. Cela faciliterait les échanges et l'uniformisation des traitements.

III.3.2.3 Opportunités

- a. Lorsque la maquette BIM n'est pas établie directement dans le gabarit créé, il y a un allongement du processus. On pourrait envisager, dans le cas d'une collaboration étroite et fréquente, de fournir dès l'origine du projet un gabarit de ce type à l'architecte pour qu'il puisse travailler directement au moyen de celui-ci et accroître l'efficacité du processus en facilitant les échanges. Le traitement de la maquette BIM serait alors amélioré et renforcerait la collaboration entre les mandataires.
- b. Ce modèle 3D, complété de ces informations, faciliterait le contrôle du notaire pour dresser le cahier de répartition des locaux : un modèle 3D est toujours plus réaliste et compréhensible. Il serait alors utile pour prendre les décisions notamment concernant la création de servitudes portant sur le bâtiment en PPE. De même, des outils de mesure sont à disposition. Cependant, cette solution n'est pas à l'ordre du jour et demeure futuriste.
- c. Ce modèle de visualisation 3D pourrait également devenir une pièce à part entière d'une PPE. Disposant de l'ensemble des informations comprises dans le cahier de répartition des locaux et des données relatives à la DMO, il pourrait devenir un document de référence et ainsi être intégré à ce même cahier en complément des documents déjà présents.
- d. Aussi, un tel modèle 3D pourrait être utilisé pour concevoir un « plan de situation 3D » en l'intégrant dans un environnement 3D ; Google Earth ou Terra Explorer serait à même d'être utilisés dans ce cadre, grâce à une exportation au format .kmz (pour Google Earth et Terra Explorer) ou .dae (pour Google Earth). Il pourrait être utile pour calculer la valeur des millièmes. Une méthode, peu utilisée dans le canton de Genève, consiste en effet à tenir compte de l'exposition, de l'étage, de la vue, de l'ensoleillement, etc. Cette détermination, assez subjective, pourrait simplifier la démarche et gagner en objectivité en ayant sur un même support l'ensemble des données.
- e. Le modèle 3D a également la possibilité d'incorporer des paramètres d'analyse énergétique ; Revit le permet. Ces données serviraient ainsi à fournir un supplément d'informations à l'acheteur et, dans le même temps, pourraient servir de base à une modélisation énergétique des bâtiments dans le SITG.
- f. La DMO, dans le cadre de sa démarche de numérisation et de mise en 3D des bâtiments, pourrait avoir un intérêt dans le développement de ce processus. La géodatabase fournie à partir de la maquette BIM intègre en effet à la fois les données des lots mais aussi l'enveloppe du bâtiment. Elle pourrait ainsi servir à compléter les données de bâtiments 3D du SITG.

- g. Le SITG intègre le cadastre et toutes les informations relatives à la propriété foncière du canton de Genève, mais également celles concernant les bâtiments. Dans le cadre d'un cadastre 3D, qui est en réflexion du côté de la DMO, il serait intéressant d'y insérer les modèles 3D des bâtiments et des PPE. Cela permettrait de présenter et modéliser une des exceptions de l'art. 667 du CCS, à savoir : « La propriété du sol emporte celle du dessus et du dessous, dans toute la hauteur et la profondeur utiles à son exercice. ». Cela rendrait également possible la visualisation de la dissociation de la propriété du sol et celle du bâtiment, i.e. la décomposition de la propriété foncière et immobilière. La propriété individuelle serait alors clairement définie et située dans l'espace.
- h. Le procédé présenté possède une marge de progression en vue de son amélioration en procédant à une automatisation progressive. Une concertation entre les différents acteurs d'un projet – architectes, IGO et DMO – pourrait intervenir dans ce cadre. Les architectes pourraient, dans un premier temps, être sollicités. Des recommandations peuvent être émises pour faciliter la modélisation de la PPE par l'IGO. On peut évoquer notamment le fait d'introduire un paramètre de numéro de lot à chaque pièce, qui permettrait d'automatiser la reconnaissance des pièces pour la définition des lots. Aussi, le paramètre de hauteur sous plafond des pièces peut être récupéré pour compléter les informations sur les lots. De même, ces trois professions devraient s'accorder sur les outils et les formats utilisés et des règles d'échange seront à définir.
- i. Dans la même optique, l'utilisation de FME et de Dynamo favoriserait la fiabilisation et l'automatisation de la démarche. Le premier est un logiciel permettant de manipuler et de convertir des données géographiques sous un grand nombre de formats. Il prend notamment en charge les formats de Revit (.rvz), ArcGIS (.gdb, .shp) et Google Earth (.kml). Son utilisation automatiserait le tri des données lors de l'import de Revit vers ArcGIS. Quant au second, c'est une extension de programmation visuelle pour Revit qui permet de manipuler des données et d'automatiser des processus sur Revit. Il aurait comme utilité principale de développer des liens plus complexes entre les pièces définies par l'architecte et les lots définis par l'IGO.
- j. Une démarche analogue à la procédure de PPE pourrait également être utilisée dans le cadre de la norme SIA 416. Cette norme est utilisée pour définir de manière précise les surfaces et volumes d'un bâtiment. Elle est très utilisée dans le cadre des achats/ventes et permet ainsi de sécuriser l'acheteur. Sur les bases du même principe que le processus proposé, il est possible de déterminer les surfaces et les volumes issus de cette norme via Revit.

III.3.2.4 Menaces

- a. Il faudra veiller à ce que le modèle 3D et les visualisations proposées respectent la charte éthique de la 3D et ainsi à rester objectif dans le choix de la modélisation. Il en va de même dès l'origine du projet pour le concepteur de la maquette et les logiciels utilisés.
- b. La possibilité d'imbrication des volumes utilisés dans Revit est un risque pour garantir la délimitation des lots (cf. partie III.2.2.2). Un contrôle de topologie des volumes serait nécessaire.

- c. Le géomètre, qui se saisit d'une telle maquette et qui la complète, se doit de livrer un travail précis, notamment du fait que ces données touchent à l'aspect de la propriété et sont destinées à établir un acte notarié. Aussi, dans le cas d'une intégration de ces données au SITG, une attention particulière devra également être portée au géoréférencement. En effet, sa mise en œuvre sur le logiciel Revit est particulière et complexe : elle est caractérisée par la définition d'un point en coordonnées (X, Y, Z) et d'un angle entre le Nord du projet et le Nord géographique. Il est préférable d'effectuer le géoréférencement définitif de la maquette en amont du projet. Des difficultés pourraient intervenir s'il s'effectue ultérieurement, dans le cas notamment où des fichiers liés seraient présents.

- d. Si la délimitation d'une PPE repose seulement sur la maquette BIM et l'utilisation d'un gabarit, on peut y voir une menace pour le rôle de l'IGO dans l'établissement d'une PPE. Un architecte, par exemple, pourrait alors facilement faire le travail à sa place, disposant des mêmes outils. A l'heure actuelle, l'intervention de l'IGO est clairement mentionnée dans la loi.

	Positif	Négatif
Origine interne	<p>Forces</p> <ul style="list-style-type: none"> Tri des données du plan d'architecte Définition des parties de la PPE Représentation des servitudes et des parties communes Regroupement des informations du bâtiment sur la maquette BIM Visualisation de la PPE Connaissance des outils BIM au sein de HKD Géomatique 	<p>Faiblesses</p> <ul style="list-style-type: none"> Temps de modélisation des lots Rendu des données DMO Différenciation des lots dans Revit Concertation en vue d'une démarche totalement numérique
Origine externe	<p>Opportunités</p> <ul style="list-style-type: none"> Fourniture d'un gabarit dès le début du projet Le modèle 3D pourrait devenir une pièce maîtresse d'une PPE Création d'un plan de situation 3D Analyse énergétique à partir du modèle 3D Développement du socle 3D du SITG Visualisation de la dissociation de la propriété du sol et celle du bâtiment Concertation des acteurs pour automatiser la démarche Automatisation grâce à FME et Dynamo Développement d'une démarche analogue pour la norme SIA 416 	<p>Menaces</p> <ul style="list-style-type: none"> Garantir une représentation objective Superposition des volumes de lots Géoréférencement Nécessité du rôle de l'IGO dans la procédure de PPE

Tableau 4 : Tableau récapitulatif SWOT (PPE)

III.3.3 Conclusion

L'IGO, en tant que professionnel de la mesure et de par le rôle notable qui lui est confié dans le cadre de la procédure de PPE, a tout intérêt à profiter du développement du BIM et à l'inclure dans sa démarche d'élaboration de PPE

Cette démarche est applicable en l'état aujourd'hui et deviendra de plus en plus nécessaire, avec la multiplication des projets de construction à partir de maquettes BIM. Elle se heurte cependant à des freins qui peuvent l'empêcher de développer entièrement son potentiel. Elle se place en quelque sorte comme précurseur d'une définition 3D de la propriété, bien en amont d'une réelle législation sur le sujet. Une réflexion devra être apportée pour aboutir à un volume de propriété garanti et défini par la loi et représenté dans l'espace. Aussi, à l'heure actuelle, la réalisation de rendus 3D ne peut se substituer aux plans 2D. Ils ne peuvent être qu'un complément et une plus-value.

Le processus proposé pourra être appliqué rapidement dans le cas d'établissement de PPE avant construction. Il peut également être envisagé sur des PPE sur bâtiment existant mais cette méthode reste pour l'heure trop onéreuse du fait du coût de la modélisation.

Conclusion

Ce mémoire a présenté la mise en place de deux processus de travail au service des constructions de bâtiments à partir d'une maquette BIM : dans le cadre d'une autorisation de construire et pour la constitution d'une PPE. Ce sont deux des travaux les plus fréquemment réalisés par un IGO à Genève.

Nous avons vu que ces solutions offrent de multiples opportunités mais restent limitées par la faible interopérabilité des outils ainsi que par le cadre législatif et réglementaire établi. Il va sans dire que cela devra évoluer pour faire une place toujours plus importante au BIM et aboutir à une cohérence avec le progrès en marche. Les démarches proposées atteignent deux degrés de maturité différents : la procédure de PPE est prête à être mise en œuvre et pourra être intégrée rapidement aux méthodes employées au sein du bureau HKD Géomatique, tandis que la procédure « CRDPPF 3D » va nécessiter de poursuivre les travaux de recherche sur la mise en place du CRDPPF 3D.

On peut envisager des démarches entièrement numériques, composées uniquement de documents graphiques et utilisables par les différents acteurs. Ce n'est malheureusement pas réalisable en l'état actuel, tant à cause de la réticence des acteurs face à un si grand changement qu'en raison de la législation actuelle.

La question de la collaboration entre les corps de métiers sera au cœur des discussions à venir : des règles communes devront être établies. Le sujet de la propriété d'une maquette BIM devra également être débattu : à qui appartient-elle, comment peut-elle être utilisée et par qui, etc.

Le BIM et la 3D sont de plus en plus présents dans le métier de géomètre ; ils sont l'avenir de la profession. Le géomètre doit s'adapter aux nouvelles technologies ainsi qu'aux nouvelles opportunités que cela peut engendrer. L'évolution s'effectue en ce moment même : c'est pourquoi il est important de réfléchir maintenant à comment le géomètre va pouvoir s'adapter et quel sera son métier demain. Les plans 2D vont laisser progressivement la place à la 3D.

De même, à la vue de ce qui se passe d'autres pays voisins de la Suisse, on peut s'apercevoir qu'une démarche est enclenchée. La France, par exemple, a prévu dans le cadre des appels d'offres des marchés publics d'inciter les entreprises candidates à concevoir les bâtiments à partir du BIM et cela dès 2017. Cela devrait engager de nombreux acteurs de la construction dans le processus BIM. La Suisse pourrait ainsi suivre le mouvement et il paraît judicieux d'anticiper une telle évolution.

Bibliographie

Ouvrages et revues

ASSOCIATION GENEVOISE DES INGÉNIEURS GÉOMÈTRES OFFICIELS ET GÉOMATICIENS (AGG). La PPE : définitions et recommandations techniques, 2014, 40 p. (AGG, 2014a)

ASSOCIATION GENEVOISE DES INGÉNIEURS GÉOMÈTRES OFFICIELS ET GÉOMATICIENS (AGG). Propriété par étages numérique : règles de saisie et de construction, 2014, 5 p. (AGG, 2014b)

BALANCHE R, NIGGELER L, VIEIRA DE MELO A. *Utilisation des données 3D de la mensuration officielle dans le cadre de projets urbains et comme outils de communication*. Géomatique Suisse, 2008, n°6, p. 328-330

BRASEBIN Mickaël. Projet TerraMagna - Présentation de l'outil de gestion des règles d'urbanisme. In : Laboratoire COGIT - IGN, Journées de la recherche, Saint-Mandé, 11 et 12 mars 2010.

CELNIK O., LEBÈGUE E. BIM et maquette numérique. 2e édition. Lieu d'édition : Eyrolles, 2015, 764 p. (Eyrolles architecture)

Conduire la transformation digitale pour la construction, l'immobilier et l'aménagement urbain. BIM WORLD, 2016, 33 p.

DIRECTION DE LA PROSPECTIVE, DE L'URBANISME ET DE LA MOBILITÉ (DPUM). Maquette numérique 3D de la Principauté de Monaco et de ses abords immédiats, Insertion de données dans la maquette, cahier des clauses techniques particulières, Principauté de Monaco : Direction de la prospective, de l'urbanisme et de la mobilité - Département de l'équipement, de l'environnement et de l'urbanisme, 2012, 22 p.

FÉLICITÉ-IVANES Pierre. La PPE en Suisse, hier, aujourd'hui, demain : le point de vue du praticien. In : HOTTELIER Michel et FOËX Bénédict (éd.), La propriété par étages : fondements théoriques et questions pratiques. Genève : Helbing & Lichtenhahn, 2003, 283 p.

GIVORD Gaëtan. Cadastre 3D des restrictions de droit public à la propriété foncière. Mémoire de travail de fin d'études, ingénieur géomètre et topographe, Le Mans : École Supérieure des Géomètres et Topographes, 2012, 73 p.

HALBOUT Hervé. *SIG & BIM : une alliance nécessaire pour le bien commun*. Géomètre Expert, 2016, n°109, p. 20-26

JAGER Franck Peter. *Futur rôle du BIM dans les études pour la construction*. Tracés, [en ligne], Avril 2016. Disponible sur : <www.sia.ch/uploads/media/sia_traces_4_2016_Swissbau.pdf>

KENSEK Karen. Manuel BIM, Théorie et applications. Paris : Eyrolles (ed.), 2015, 255 p.

LEMMEN C., VAN OOSTEROM P.. The Land Administration Domain Model Standard. In : 5th Land Administration Domain Model Workshop, Kuala Lumpur (Malaisie), 24-25 septembre 2013. FIG, 2013, p. 11-30

MINERY Cédric. Des données 3D pour les architectes, urbanistes et paysagistes. Mémoire de projet de fin d'études, ingénieur spécialité topographie, Strasbourg : Institut National des Sciences Appliquées de Strasbourg, 2011, 69 p.

MOOSER Michel. Les actes de disposition. In : HOTTELIER Michel et FOËX Bénédic (éd.), La propriété par étages : fondements théoriques et questions pratiques. Genève : Helbing & Lichtenhahn, 2003, 283 p.

NIGGELER Laurent. *La 3D comme outil d'expertise, de décision et de communication*. Bulletin e-geo.ch, [en ligne], 2008, n°21, p. 26-27. Disponible sur : <www.e-geo.ch/internet/e-geo/fr/home/publi/archiv.parsys.71924.downloadList.26783.DownloadFile.tmp/newsletter21fr.pdf>

OFFICE FEDERAL DE TOPOGRAPHIE SWISSTOPO. Cadastre RDPPF, Rapport sur l'expérience acquise durant la première étape entre 2012 et 2015. Wabern : Office fédéral de topographie swisstopo - Direction fédérale des mensurations cadastrales, 2015, 43 p. (swisstopo, 2015a)

OFFICE FEDERAL DE TOPOGRAPHIE SWISSTOPO. Stratégie du cadastre des restrictions de droit public à la propriété foncière (cadastre RDPPF) pour les années 2016 à 2019 - Plan de mesures. Wabern : Office fédéral de topographie swisstopo - Direction fédérale des mensurations cadastrales, 2015, 19 p. (swisstopo, 2015b)

OFFICE FEDERAL DE TOPOGRAPHIE SWISSTOPO. Le cadastre des restrictions de droit public à la propriété foncière (cadastre RDPPF). Wabern : Office fédéral de topographie swisstopo - Direction fédérale des mensurations cadastrales, 2015, 8 p. (swisstopo, 2015c)

PROCOT Alexy. Mise en place d'outils de gestion de données du cadastre des restrictions de droit public à la propriété foncière. Mémoire de travail de fin d'études, ingénieur géomètre et topographe, Le Mans : École Supérieure des Géomètres et Topographes, 2015, 195 p.

RABAUD Antoine. *Intégration des données foncières dans la maquette numérique*. Géomètre Expert, 2016, n°109, p. 40-41

RAHMAN A. A., HUA T. C., VAN OOSTEROM P.. Embedding 3D into Multipurpose Cadastre. In : FIG Working Week 2011 : Bridging the Gap between Cultures, Marrakech (Maroc), 18-22 Mai 2011. FIG, 2011, p. 3

STEINAUER Paul-Henri. Les droits réels - Tome I. 5ème édition. Berne : Stämpfli Editions SA, 2012, 565 p. (Précis de droit Stämpfli) (Steinauer, 2012a)

STEINAUER Paul-Henri. Les droits réels - Tome II. 4ème édition. Berne : Stämpfli Editions SA, 2012, 514 p. (Précis de droit Stämpfli) (Steinauer, 2012b)

Conférence

FREDERICQUE B, DI GIACOMO E, SERFATY F, CASTAING C. Convergence des technologies SIG, 3D et BIM : état des lieux et perspectives. In : BIM World, Paris, 6-7 avril 2016.

Sites web

COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA 3D (3DOK). Charte d'éthique de la 3D, [en ligne]. Disponible sur : <www.3dok.info>. (valide en juin 2016)

DIRECTION FÉDÉRALE DES MENSURATIONS CADASTRALES (D+M). Système cadastral suisse, [en ligne]. Disponible sur : <www.cadastre.ch>. (valide en juin 2016)

e-PLU. e-PLU : un projet Quelledeville? / IGN / Oslandia, [en ligne]. Disponible sur : <www.e-plu.fr>. (valide en juin 2016)

Implementation Support Group. In : buildingSMART. Home | buildingSMART, [en ligne]. Disponible sur : <www.buildingsmart-tech.org/implementation/implementations>. (valide en juin 2016)

OBJECTIF BIM. Objectif-BIM.com, [en ligne]. Disponible sur : <www.objectif-bim.com>. (valide en juin 2016)

REPUBLIQUE ET CANTON DE GENEVE. Informations officielles et liens vers les sites de l'administration genevoise, [en ligne]. Disponible sur : <www.ge.ch>. (valide en juin 2016)

Table des annexes

Annexe 1 Extrait dynamique du Cadastre RDPPF	67
Annexe 2 Extrait statique du Cadastre RDPPF : vue d'ensemble.....	68
Annexe 3 Extrait statique du Cadastre RDPPF : zone d'affectation primaire	69
Annexe 4 Modèle AGG de cahier de répartition des locaux d'une PPE avant construction.....	70
Annexe 5 Propriété par étage numérique : règles de saisie et de construction.....	87
Annexe 6 : Extrait d'un cahier de répartition des locaux d'une PPE établi dans Revit	93
Annexe 7 : Résumé du mémoire	94

Annexe 1

Extrait dynamique du Cadastre RDPPF

The screenshot displays the SITG (Système d'Information Territoriale Genève) web application interface. The main map area shows a cadastral plan with various colored zones. A detailed information window titled "Interroger" is open over a specific parcel, displaying the following data:

Parcelles	
1695	
EGRID	CH582865638490
COMMUNE	Grand-Saconnex
NO_COMM	26
NO_PARCELLE	1695
IDEDDP	26:1695
SURFACE	179622
MUTMAI	0252001
MUTORI	0252001
DATEDT	29.10.2015 15:47:22
PROVENANCE	terrestre
VALIDITE	en vigueur
TYPE_PROPRI	privé
PROPRI_PUBLIQUE	Etat de Genève
CODE_PROPRI_PUBLIQUE_RF	1
CODE_IMMEUBLE_RF	B-F
PLAN_RF	17
LIEN_WWW	https://oe.ch/terext...
Surfaces de zones de l'affectation primaire	
Zone 3	
Degrés de sensibilité au bruit	
29869	

The interface includes a sidebar with a legend for "Cadastre RDPPF" and "Surfaces de zones de l'affectation primaire", listing various zones such as Zone 1, Zone 2, Zone 3, Zone 4A, Zone 4B, Zone 4B protégée, Zone 5, Zone de hameau, Zone agricole, Zone industrielle et artisanale IA, Zone d'activités mixtes, Zone aéroportuaire, Zone ferroviaire, Zone de bois et forêts, Zone de verdure, Zone sportive, Zone de jardin familiaux, Zone protection de la nature et du paysage, and Zone des eaux et des rives. The top navigation bar includes "CARTE", "DONNÉES", "OUTILS", and "1695 Grand-Saconnex". The bottom status bar shows "SITG", a scale of 1:5000, and "Résultats".

Annexe 3

Extrait statique du Cadastre RDPPF : zone d'affectation primaire



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



Valais
Canton du Valais



Cadastre RDPPF
Service de l'urbanisme
Département de l'économie

Dispositions juridiques

Date d'adoption par le Grand Conseil
22.04.1977
13.12.2012

Plan
<https://ge.ch/obj/RDPPF/RDPPF-AMENAGEMENT/MZ27109A.pdf>
<https://ge.ch/obj/RDPPF/RDPPF-AMENAGEMENT/MZ209660.pdf>

Loi
<https://ge.ch/obj/RDPPF/RDPPF-AMENAGEMENT/MZ27104AL01.pdf>
<https://ge.ch/obj/RDPPF/RDPPF-AMENAGEMENT/MZ20960L01.pdf>

Règles vigiles

Loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT)
<http://www.admin.ch/opac/fr/look/look/compteur/1975017/lookup.html>

Ordonnance sur l'aménagement du territoire (OAT)
<http://www.admin.ch/opac/fr/look/look/compteur/2000099/index.html>

Loi d'application de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LALAT)
https://www.ge.ch/legislation/obj/leg_1_30.html

Loi générale sur les zones de développement (LGZD)
https://www.ge.ch/legislation/obj/leg_1_35.html

Loi générale sur les zones de développement industriel ou d'activités liées (LZIM)
https://www.ge.ch/legislation/obj/leg_1_40.html

Loi sur les constructions et les installations diverses (LCD)
https://www.ge.ch/legislation/obj/leg_1_05.html

Service compétent

Office de l'urbanisme: <http://ge.ch/urbanisme>



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



Valais
Canton du Valais



Cadastre RDPPF
Service de l'urbanisme
Département de l'économie

Zone d'affectation primaire



Légende des objets touchés	Type	Surface	Part
■	Zone 3	96521 m ²	54,05%
■	Zone de verdure	81301 m ²	45,13%

Autre légende (visible dans le cadre du plan)

- Zone 4B
- Zone 4C prototypé
- Zone 5
- Zone agricole
- Zone aéroportuaire
- Zone de bois et forêts

14.06.2016 15:04:04 3024-8806-C872-486-26-1095

Page 6/10

Annexe 4
Modèle AGG de cahier de répartition des locaux d'une PPE avant construction

DOSSIER DE MUTATION No : 99/2011

Commune : GENEVE (23)

Section: Petit-Saconnex

ORIGINAL RF

VERSION 6

Plan 22
Immeuble 1234
Bâtiment(s) Projeté
Situation Petit-Morillon

PROPRIÉTÉ PAR ÉTAGES

CONSTITUÉE AVANT LA CONSTRUCTION DU BÂTIMENT

Cahier de répartition des locaux

Dont la conformité aux prescriptions de l'art. 712b al. 1 CCS est certifiée
par l'Ingénieur géomètre officiel soussigné

Repose sur fonds voisin oui non

Pièces du dossier :

- | | |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Titre | (1) |
| 2. Plan de situation | (1) |
| 3. Elévation | (1) |
| 4. Plans de répartition des locaux | (4) |
| 5. Tableaux de répartition des locaux et
calcul des éléments constitutifs | (2) |
| 6. Tableau récapitulatif | (2) |
| 7. Annexe (s) | (4) |

L'auteur du dossier :

A G G



ASSOCIATION GÉNEVOISE DES
INGÉNIEURS GÉOMÈTRES OFFICIELS
ET GÉOMATIENS

Dossier n° 3952.0 / CR

Etabli le: 21.10.2011 / CR

Modifié le: 03.07.2012 / CR

Modifié le: 02.12.2011 / CR

Modifié le: 07.12.2012 / CR

Modifié le: 06.02.2012 / CR

Modifié le: 04.06.2012 / CR

Vérifié le:

Acte dressé par :

Maître :

Réf.

Acte accepté le :

SEMO

Service de la Mensuration Officielle

Déposé le

N°

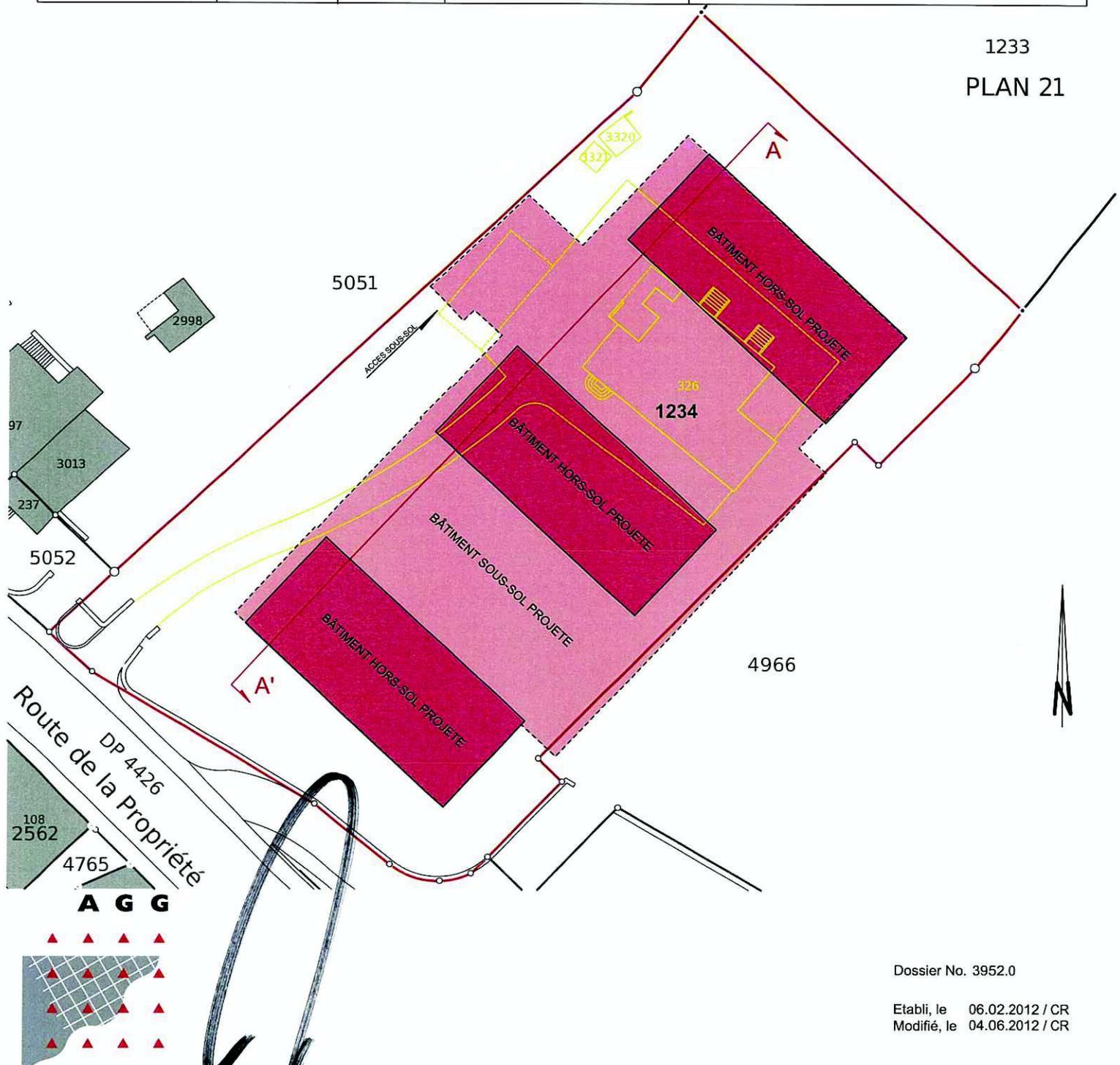
Genève, le

PLAN DE SITUATION

Commune : GENEVE
 Section : Petit-Saconnex
 Plan(s) : 22

Mutation : 99/2011
 Echelle : 1/500
 Parcelle(s) : 1234

	Numéros	Surfaces	Désignations	Observations
Immeuble	1234	3037m ²	Privé	En cours de mutation n°85/2011 Radiation projetée des bâtiments n°326, 3320 et 3321 Radiation projetée des éléments en jaune
Bâtiment	Projeté	-	Habitation à plusieurs logement	
Bâtiment	Projeté	-	Habitation à plusieurs logement	
Bâtiment	Projeté	-	Habitation à plusieurs logement	



1233
 PLAN 21

Dossier No. 3952.0
 Etabli, le 06.02.2012 / CR
 Modifié, le 04.06.2012 / CR

ASSOCIATION GENEVOISE DE
 INGÉNIEURS GÉOMÈTRES OFFICIELS
 ET GÉOMATIENS

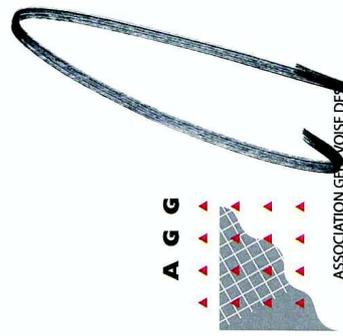
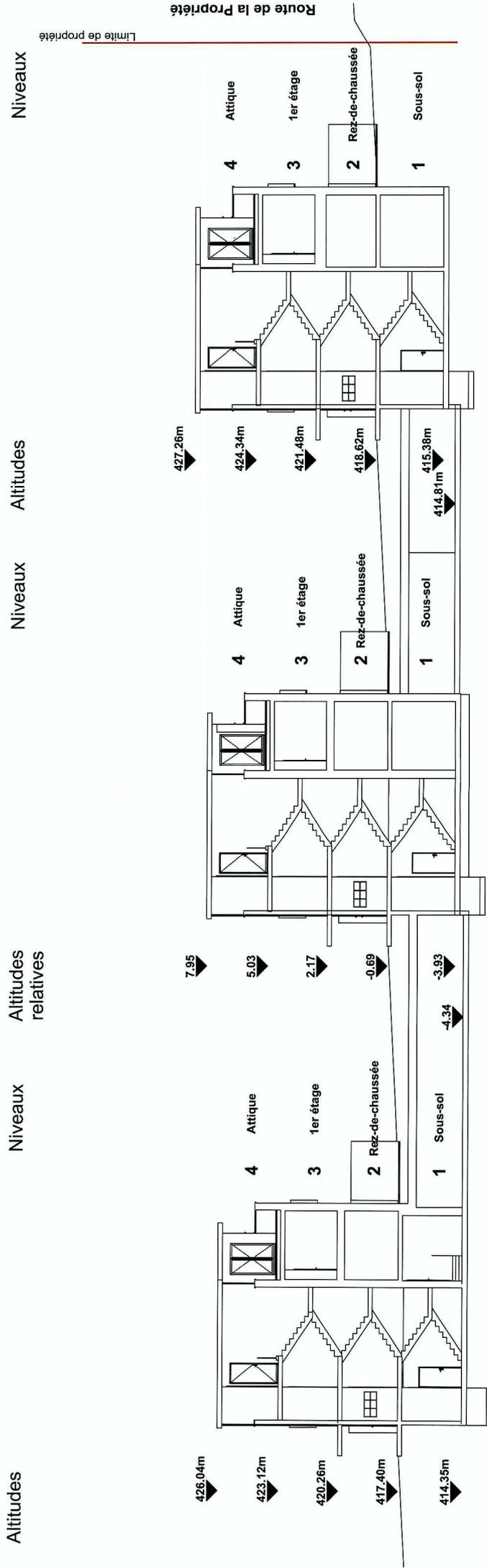
ELEVATION SCHEMATIQUE DU BATIMENT

Commune : GENEVE
 Section : Petit-Saonnex
 Parcelle(s) : 1234

Mutation : 99/2011

Situation

Coupe A-A'



PLAN DE REPARTITION DES LOCAUX

Page n°4

Commune : GENEVE
Section : Petit-Saconnex
Parcelle(s) : 1234

Mutation : 99/2011
Bâtiments : Projétés
Niveau : 1
Etage : Sous-sol
Echelle : 1/250



ASSOCIATION GÉNEVOISE DES
INGÉNIEURS GÉOMÈTRES OFFICIELS
ET GÉOMATICIENS

— Limites parcelaires

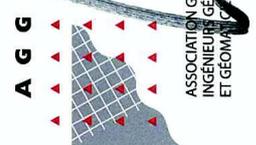
Etébli, le 21.10.2011 / CR
Modifié, le 02.12.2011 / CR
Modifié, le 06.02.2012 / CR
Modifié, le 04.06.2012 / CR
Modifié, le 03.07.2012 / CR
Dossier No. 3952.0
I:\AFFAIRE\000_999\000_249\ID_020.B\AGG-PPE_Etude_Nouveau cahier PPE_2010-2012\PPE New look. AGG_2012\SS_39522.dwg - 20120702

PLAN DE REPARTITION DES LOCAUX

Commune : GENEVE
Section : Petit-Saconnex
Parcelle(s) : 1234

Bâtiments : Projétés
Niveau : 2
Etage : Rez-de-chaussée
Echelle : 1/250

Mutation : 99/2011



ASSOCIATION GENEVOISE DES
INGÉNIEURS GÉOMETRES OFFICIELS
ET GÉOMATICIENS

Limites parcellaires

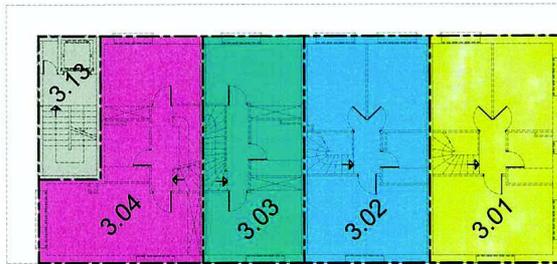
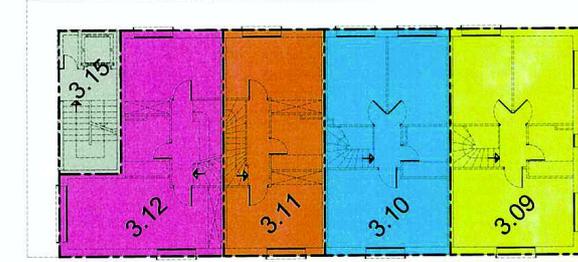
Dossier No. 3952.0
Etabli, le 21.10.2011 / CR
Modifié, le 02.12.2011 / CR
Modifié, le 06.02.2012 / CR
Modifié, le 04.06.2012 / CR

PLAN DE REPARTITION DES LOCAUX

Page n°6

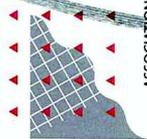
Commune : GENEVE
Section : Petit-Saonnex
Parcelle(s) : 1234

Mutation : 99/2011
Bâtiments : Projétés
Niveau : 3
Etage : 1er ETAGE
Echelle : 1/250



Route da la propriété

AGG



ASSOCIATION GÉNEVOISE DES
INGÉNIEURS GÉOMÈTRES OFFICIELS
ET GÉOMÈTRES

— Limites parcelaires

Dossier No. 3952.0
Etabli, le 21.10.2011 / CR
Modifié, le 02.12.2011 / CR
Modifié, le 06.02.2012 / CR
Modifié, le 04.06.2012 / CR

PLAN DE REPARTITION DES LOCAUX

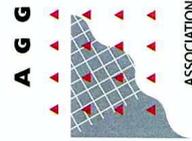
Page n°7

Commune : GENEVE
Section : Petit-Saconnex
Parcelle(s) : 1234

Mutation : 99/2011
Bâtiments : Projétés
Niveau : 4
Etage : ATTIQUE
Echelle : 1/250



Route de la propriété



ASSOCIATION GÉNOISE DES
INGÉNIEURS GÉOMÈTRES OFFICIELS
ET GÉOMATICIENS

— Limites parcellaires

Dossier No. 3952.0
Etabli, le 21.10.2011 / CR
Modifié, le 02.12.2011 / CR
Modifié, le 06.02.2012 / CR
Modifié, le 04.06.2012 / CR

TABLEAU DE RÉPARTITION DES LOCAUX

Commune : GENEVE

Section : Petit-Saconnex

Immeuble/DDP : 1234

Mutation : 99/2011

Plan page	Valeurs en ‰	Désignation		LOCAUX	Surfaces m2	OBSERVATIONS (*)	Vient de	Va à
		Niveau	Partie					
				<u>SOUS-SOL</u>				
4	13	1	01	Partie local commercial	63	U1		
	13	1	02	Partie appartement	61	U2		
	11	1	03	Cave	49			
	8	1	04	Cave	37			
	8	1	05	Partie local commercial	41	U3		
	8	1	06	Partie appartement	40	U4		
	7	1	07	Cave	33			
	6	1	08	Cave	29			
	8	1	09	Partie local commercial	41	U5		
	8	1	10	Partie appartement	39	U6		
	7	1	11	Partie appartement	32	U9		
	7	1	12	Cave	32			
	7	1	13	Box	32			
	7	1	14	Box	33	R= 7m2 sur parcelle 4966		
	5	1	15	Local / dépôt	26			
	8	1	16	Dépendance		DEP de voir récap.		
	-	1	17	Local		LA de voir récap.		
	-	1	18	Locaux tech., accès - etc...	1190	P.C. - R= 14m2 sur parcelle 4966		
					1778			
	131							

(*) Abréviations : DEP = Dépendance - LA = Local Annexe - PC = Partie Commune - R = Repose - U = Unité

A G G



ASSOCIATION GENEVOISE DES
INGÉNIEURS GÉOMÈTRES OFFICIELS
ET GÉOMATIENS

Dossier n° 3952.0 / CR

Etabli, le 06.02.2011 / CR

Modifié, le 05.06.2012 / CR

Modifié, le 03.07.2012 / CR

TABLEAU DE RÉPARTITION DES LOCAUX

Commune : GENEVE

Section : Petit-Saconnex

Immeuble/DDP : 1234

Mutation : 99/2011

Plan page	Valeurs en ‰	Désignation		LOCAUX	Surfaces m2	OBSERVATIONS (*)	Vient de	Va à
		Niveau	Partie					
	131			<u>REZ-DE-CHAUSSEE</u>				
5	35	2	01	Partie local commercial	65	U1 Terrasse 1 de 14m ² en servitude - Terrasse 2 de 20m ² en servitude		
	31	2	02	Partie appartement	63	U2 Terrasse de 17m ² en servitude		
	47 2	2	03	Partie appartement loggia	96 6	U7 - DEP voir récap. Terrasse de 27m ² en servitude		
	36	2	04	Partie local commercial	65	U3 Terrasse de 37m ² en servitude		
	31	2	05	Partie appartement	63	U4 Terrasse de 17m ² en servitude		
	47 2	2	06	Partie appartement loggia	96 6	U8 - DEP voir récap. Terrasse de 27m ² en servitude		
	36	2	07	Partie local commercial	65	U5 Terrasse de 37m ² en servitude		
	31	2	08	Partie appartement	63	U6 Terrasse de 17m ² en servitude		
	47 2	2	09	Partie appartement loggia	96 6	U9 - LA voir récap. Terrasse de 27m ² en servitude		
	-	2	10	Accès, ascenseur, local tech.	32	P.C.		
	-	2	11	Accès, ascenseur, local tech.	32	P.C.		
	-	2	12	Accès, ascenseur, local tech.	32	P.C.		
					491			
	478							

(*) Abréviations : DEP = Dépendance - LA = Local Annexe - PC = Partie Commune - R = Repose - U = Unité


A G G

 ASSOCIATION GENEVOISE DES
INGÉNIEURS GÉOMÈTRES OFFICIELS
ET GÉOMATICIENS

Dossier n° 3952.0 / CR

Etabli, le 06.02.2011 / CR

Modifié, le 05.06.2012 / CR

Modifié, le 03.07.2012 / CR

Modifié, le 07.12.2012 / CR

TABLEAU DE RÉPARTITION DES LOCAUX

Commune : GENEVE

Section : Petit-Saconnex

Immeuble/DDP : 1234

Mutation : 99/2011

Plan page	Valeurs en ‰	Désignation		LOCAUX	Surfaces m2	OBSERVATIONS (*)	Vient de	Va à
		Niveau	Partie					
	478			<u>1er ETAGE</u>				
6	28	3	01	Partie local commercial	65	U1		
	27	3	02	Partie appartement	62	U2		
	21	3	03	Partie appartement	50	U7 - DEP voir récap.		
	26	3	04	Partie appartement	62	U10		
	28	3	05	Partie local commercial	65	U3		
	27	3	06	Partie appartement	62	U4		
	21	3	07	Partie appartement	50	U8 - DEP voir récap.		
	26	3	08	Partie appartement	62	U11		
	28	3	09	Partie local commercial	65	U5		
	27	3	10	Partie appartement	62	U6		
	21	3	11	Partie appartement	50	U9 - LA voir récap.		
	26	3	12	Partie appartement	62	U12		
	-	3	13	Accès, ascenseur, local tech.	20	P.C.		
	-	3	14	Accès, ascenseur, local tech.	20	P.C.		
	-	3	15	Accès, ascenseur, local tech.	20	P.C.		
				463				
				<u>ATTIQUE</u>				
7	72	4	01	Partie appartement	120	U10		
						Terrasse de 99m ² en servitude		
	72	4	02	Partie appartement	120	U11		
						Terrasse de 99m ² en servitude		
	72	4	03	Partie appartement	120	U12		
						Terrasse de 99m ² en servitude		
	-	4	04	Accès, ascenseur.	21	P.C.		
-	4	05	Accès, ascenseur.	21	P.C.			
-	4	06	Accès, ascenseur.	21	P.C.			
				423				
	1000							

(*) Abréviations : DEP = Dépendance - LA = Local Annexe - PC = Partie Commune - R = Repose - U = Unité


AGG

 ASSOCIATION GENEVOISE DES
 INGÉNIEURS GÉOMÈTRES OFFICIELS
 ET GÉOMATICIENS

Etabli, le 06.02.2011 / CR

Modifié, le 05.06.2012 / CR

Modifié, le 03.07.2012 / CR

Dossier n° 3952.0 / CR

Modifié, le 07.12.2012 / CR

TABLEAU RÉCAPITULATIF

Commune : GENEVE

Section : Petit-Saconnex

Immeuble/DDP : 1234

Mutation : 99/2011

Feuillet R.F.	Valeurs en ‰	Lots	LOCAUX	ETAGE	OBSERVATIONS (*)	Vient de	Va à
101	76	1.01	Partie Local commercial	SOUS-SOL	U1 Terrasse 1 en servitude - Terrasse 2 en servitude		
		2.01	Partie Local commercial	RDC			
		3.01	Partie Local commercial	1er ETAGE			
102	71	1.02	Partie appartement	SOUS-SOL	U2 Terrasse en servitude		
		2.02	Partie appartement	RDC			
		3.02	Partie appartement	1er ETAGE			
103	11	1.03	Cave	SOUS-SOL			
104	8	1.04	Cave	SOUS-SOL			
105	72	1.05	Partie Local commercial	SOUS-SOL	U3 Terrasse en servitude		
		2.04	Partie Local commercial	RDC			
		3.05	Partie Local commercial	1er ETAGE			
106	66	1.06	Partie appartement	SOUS-SOL	U4 Terrasse en servitude		
		2.05	Partie appartement	RDC			
		3.06	Partie appartement	1er ETAGE			
107	7	1.07	Cave	SOUS-SOL			
108	6	1.08	Cave	SOUS-SOL			
109	72	1.09	Partie Local commercial	SOUS-SOL	U5 Terrasse en servitude		
		2.07	Partie Local commercial	RDC			
		3.09	Partie Local commercial	1er ETAGE			
110	66	1.10	Partie appartement	SOUS-SOL	U6		
		2.08	Partie appartement	RDC			
		3.10	Partie appartement	1er ETAGE			
111	77	1.11	Partie appartement	SOUS-SOL	U9 Terrasse en servitude		
		2.09	Partie appartement	RDC			
		3.11	Loggia				
			Partie appartement	1er ETAGE			
	1.17	Local	SOUS-SOL				
112	7	1.12	Cave	SOUS-SOL			
113	7	1.13	Box	SOUS-SOL			
114	7	1.14	Box	SOUS-SOL	Repose sur parcelle 4966		
115	5	1.15	Local / dépôt	SOUS-SOL			
116	8	1.16	Dépendance	SOUS-SOL	DEP des fts 117 et 118		
	566						

Dossier n° 3952.0 / CR



Etabli, le 06.02.2011 / CR
 Modifié, le 05.06.2012 / CR
 Modifié, le 03.07.2012 / CR

Modifié, le 07.12.2012 / CR

Nota : Le calcul des millièmes de copropriété sont calculés par l'ingénieur géomètre officiel

TABLEAU RÉCAPITULATIF

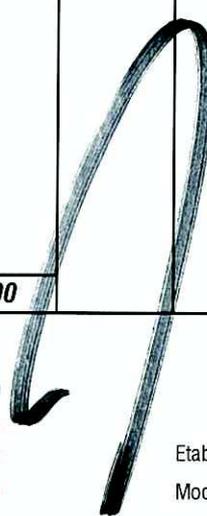
Commune : GENEVE

Section : Petit-Saconnex

Immeuble/DDP : 1234

Mutation : 99/2011

Feuillet R.F.	Valeurs <small>en ‰</small>	Lots	LOCAUX	ETAGE	OBSERVATIONS (*)	Vient de	Va à
	566						
117	70	2.03	Partie appartement Loggia	RDC	U7 - DEP Ft 116 Terrasse en servitude		
		3.03	Partie appartement	1er ETAGE			
118	70	2.06	Partie appartement Loggia	RDC	U8 - DEP Ft 117 Terrasse en servitude		
		3.07	Partie appartement	1er ETAGE			
119	98	3.04	Partie appartement	1er ETAGE	U10		
		4.01	Partie appartement	ATTIQUE	Terrasse en servitude		
120	98	3.08	Partie appartement	1er ETAGE	U11		
		4.02	Partie appartement	ATTIQUE	Terrasse en servitude		
121	98	3.12	Partie appartement	1er ETAGE	U12		
		4.03	Partie appartement	ATTIQUE	Terrasse en servitude		
	1000						



Dossier n° 3952.0 / CR

Etabli, le 06.02.2011 / CR
Modifié, le 05.06.2012 / CR
Modifié, le 03.07.2012 / CR

Modifié, le 07.12.2012 / CR

Nota : Le calcul des millièmes de copropriété sont calculés par l'ingénieur géomètre officiel

PLAN DE SERVITUDE

Annexe n°1

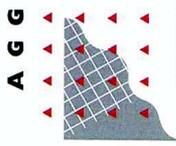
Commune : GENEVE
Section : Petit-Saconnex
Parcelle(s) : 1234
ORIGINAL RF

Mutation : 99/2011

Bâtiments : Projétés
Niveau : 1
Etage : Sous-sol
Echelle : 1/250



F02 Servitude d'usage de places de stationnements (1 à 20)



ASSOCIATION GENEVOISE D'
INGENIEURS GEOMETRES OFFICIELS
ET GEOMETRICIENS

Dossier établi sous forme numérique
— Limites parcelaires

Dossier No. 3952.0
Etabli, le 21.10.2011 / CR
Modifié, le 06.02.2012 / CR
Modifié, le 05.06.2012 / CR
Modifié, le 03.07.2012 / CR

I:\AFFAIRE\000_999\000_249\0_020\8\AGG-PPE_Etude_Nouveau cahier PPE_2010-2012\PPE New lock AGG_2012\39522A.dwg - 20120702

PLAN DE SERVITUDE

Annexe n°2

Commune : GENEVE
Section : Petit-Saonnex
Parcelle(s) : 1234
ORIGINAL RF

Mutation : 99/2011

Bâtiments : Projétés
Niveau : 2
Etage : Rez-de-chaussée
Echelle : 1/250

F01 Servitude d'usage de jardins (A à I)



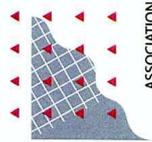
Route de la Propriété

Dossier établi sous forme numérique

— Limites parcellaires

Dossier No. 3952.0
Etabli, le 21.10.2011 / CR
Modifié, le 06.02.2012 / CR
Modifié, le 05.06.2012 / CR

AGG



ASSOCIATION GENEVOISE DES
INGÉNIEURS GÉOMETRES OFFICIELS
ET GÉOMATICIENS

PLAN DE SERVITUDE

Annexe n°3

Commune : GENEVE Mutation : 99/2011

Bâtiments : Projétés

Section : Petit-Saconnex

Niveau : 2

Parcelle(s) : 1234

Etage : Rez-de-chaussée

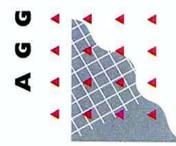
ORIGINAL RF

Echelle : 1/250

F01 Servitude d'usage de terrasses (A à I)



Route de la Propriété



ASSOCIATION GENEVOISE DES
INGÉNIEURS GÉOMÈTRES OFFICIELS
ET GÉOMATICIENS

Dossier No. 3952.0
Établi, le 21.10.2011 / CR
Modifié, le 06.02.2012 / CR
Modifié, le 05.06.2012 / CR
Modifié, le 03.07.2012 / CR

Dossier établi sous forme numérique

— Limites parcellaires

PLAN DE SERVITUDE

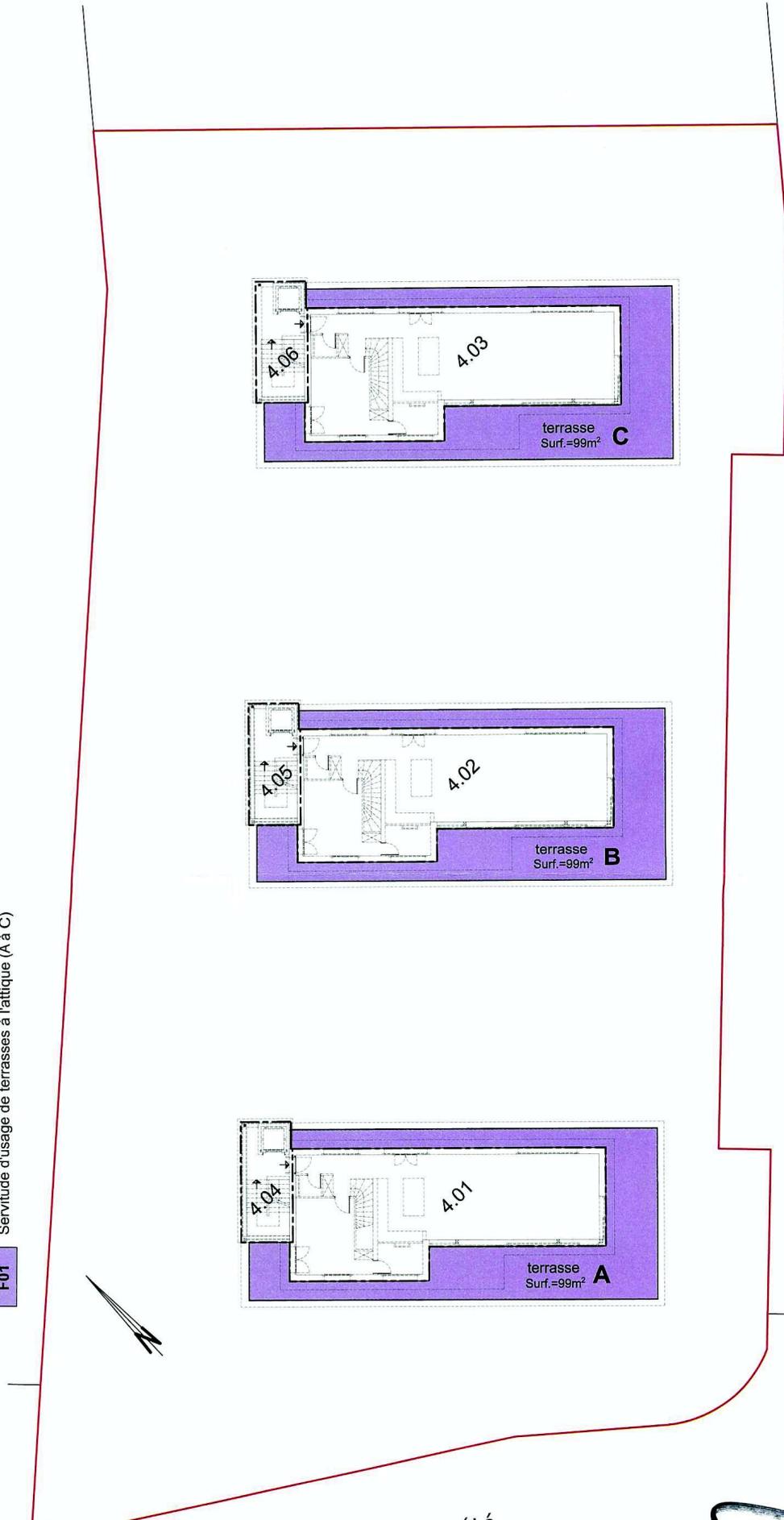
Annexe n°4

Commune : GENEVE
Section : Petit-Saonnex
Parcelle(s) : 1234
ORIGINAL RF

Mutation : 99/2011

Bâtiments : Projétés
Niveau : 4
Etage : Attique
Echelle : 1/250

F01 Servitude d'usage de terrasses à l'attique (A à C)



Dossier établi sous forme numérique

— Limites parcelaires

Dossier No. 3952.0
Établi, le 21.10.2011 / CR
Modifié, le 06.02.2012 / CR
Modifié, le 05.06.2012 / CR
Modifié, le 03.07.2012 / CR



ASSOCIATION GENEVOISE
DES
INGÉNIEURS GÉOMETRES
ET GÉOMATICIENS

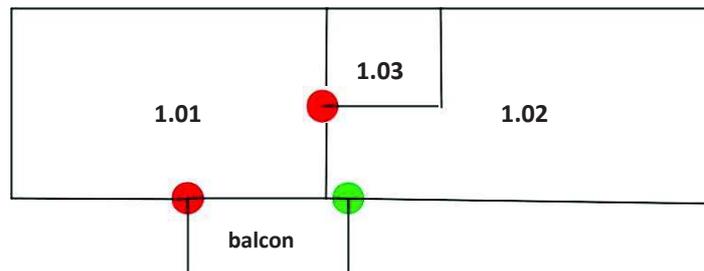
Annexe 5
Propriété par étage numérique : règles de saisie et de construction

Préambule

Ce document décrit les règles de saisie spécifiques à la construction des propriétés par étage sous forme numérique selon le modèle genevois. Il complète les documents de référence suivants :

- "La PPE - définitions et recommandations techniques" qui régit les principes généraux de l'AGG
- Cahier modèle de l'AGG
- Modèle de données du DMO
- « PPE GENEVOISE – Proposition de modification du modèle de données ... »

1.1. Règles topologiques



Il doit y avoir un contrôle topologique sur chaque étage,
La partition des lots, sous-lots doit in fine être comme celle des parcelles, soit avec une topologie parfaite.

Dans l'exemple illustré ci-dessus, les points rouges doivent être inclus dans la définition du contour du lot 1.01 et le point vert dans la définition du contour du lot 1.02.

Un contrôle topologique est indispensable avant la livraison par niveau.

1.2. Superposition des étages

Les points homologues superposés doivent avoir les mêmes coordonnées.

1.3. Règles descriptives

"Lot" et "Partie de lot":

Les lots de PPE sont souvent composés de plusieurs parties. Chaque partie de lot est décrite de manière indépendante et en respectant les règles topologiques décrites au paragraphe précédent. Ces parties sont unies par le même numéro de lot (attribut NOLOT).

Exemple : si le lot 1.01 est composé d'un logement avec 2 balcons, nous retrouverons dans la géodatabase 3 objets surfaciques de classe CAD_PPE_PARTIE avec chacun la valeur 1.01 pour l'attribut NOLOT.

Les 2 lots balcons seront identifiables par les attributs DESTINATION et GENRE qui seront égaux à « Balcon ».

Flèches d'accès

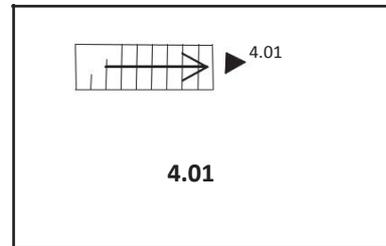
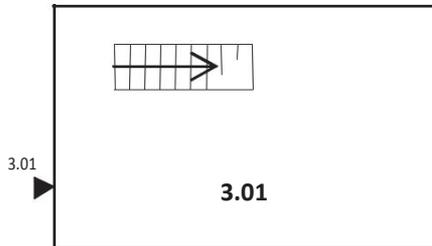
Il peut y avoir plusieurs flèches d'accès au même lot ou partie de lot.

Chaque lot a au minimum une flèche d'accès, y compris les lots faisant partie d'unités verticales à l'exception des lots correspondant aux gaines techniques, vides sur étage...

Pour les parties communes, la flèche d'accès n'est indiquée que pour l'accès principal aux bâtiments.

A chaque flèche d'accès représentée sur le plan de répartition des locaux doit correspondre un objet flèche d'accès dans la géodatabase livrée.

Si pour des questions de lisibilité du plan, d'autres flèches sont dessinées, celles-ci doivent avoir un graphisme différent. Elles ne sont pas dessinées dans une couche du modèle de PPE).



Exemple illustré : Dans le cas d'unité d'étage, la flèche d'accès lot 4.01 n'est placée qu'une seule fois et au niveau 4 (attribut NIVEAU_RF = 4). La flèche indiquant le sens de l'escalier n'est pas livrée et son aspect est différente de la flèche d'accès.

Attique et hauteur de plafond variable

En attique, les différentes hauteurs se décrivent en découpant le lot concerné en lot maître et autant de sous-lots que de hauteurs différentes.

Exemple : Le lot 15.01 a 3 hauteurs : 1.80m, 2.40m et 3.10 m. Nous retrouvons dans la géodatabase 3 surfaciques, classe CAD_PPE_PARTIES, avec la valeur 15.01 pour l'attribut NOLOT et 3 fois la valeur Logement attributs DESTINATION et GENRE. Les valeurs à indiquer pour l'attribut HAUTEUR doivent correspondre aux hauteurs prises en compte pour la détermination planimétrique des assiettes utilisées pour le calcul des millièmes, soit en général 1.80m, 2.40m et la hauteur maximum mesurée.

Les parties communes dans les attiques pourront éventuellement être découpées selon la hauteur sous plafond malgré une pondération systématiquement nulle.

Vide sur étage

Les vides sur étage sont décrits par une partie de lot de genre "vide sur étage".

Un lot « Vide sur étage » est à numéroter comme les autres lots, mais ni son numéro ni sa surface n'apparaissent sur les plans PPE. Le lot « Vide sur étage » est transmis à la DMO. La valeur de l'attribut SURFACE_PPE = 0.

Repose

Si un lot repose partiellement sur la parcelle voisine, le lot est à découper en lot principal (maître) et la repose est traitée en sous-lot. L'attribut REPOSE du lot principal reçoit la valeur non, celui du sous-lot bascule à oui. Pour le reste des attributs, les valeurs sont identiques à celles du lot principal sauf la valeur pour mille et les surfaces.

 <p>AGG ASSOCIATION GENEVOISE DES INGENIEURS GEOMETRES OFFICIELS ET GEOMATICIENS</p>	<h2>Propriété par étage numérique</h2> <h3>Règles de saisie et de construction</h3>
Version: 1.00	Page 3 sur 5

1.4. Règles attributives

Attribut	EGID
Description	Identifiant fédéral unique pour les bâtiments (hors-sol et sous-sol)
Table	CAD_PPE_PARTIES, CAD_PPE_ACCES, CAD_PPE_MURS, CAD_PPE_ESCALIERS
Règles de saisie	<p>Chaque partie doit avoir l'EGID du bâtiment qui l'inclue.</p> <p>En cas de chevauchement d'un objet sur plusieurs bâtiments, il est admis de privilégier la situation de l'accès au lot. La flèche d'accès reçoit l'EGID du lot auquel elle est rattachée.</p> <p>L'EGID pour une PPE projet est à récupérer sur le bâtiment projet hors-sol et sous-sol. Si le bâtiment projet n'existe pas, il faut demander à la DMO de le mettre en place sur la base de l'emprunte PPE projet.</p> <p>Lorsqu'une PPE contient plusieurs bâtiments avec imbrication, l'ingénieur Géomètre attribue l'EGID à chaque lot, sous-lot et flèche d'accès, en fonction d'une logique de construction, sans découper artificiellement le/les bâtiments par un plan vertical fictif.</p>
Attribut	NOCOMM
Description	Commune de la PPE
Table	CAD_PPE_PARTIES, CAD_PPE_ACCES, CAD_PPE_MURS, CAD_PPE_ESCALIERS
Règles de saisie	La liste des valeurs possibles est définie dans le domaine de valeur de l'attribut.
Attribut	NUMERO
Description:	N° de la parcelle (identifiant unique 46:4768)
Table	CAD_PPE_PARTIES, CAD_PPE_ACCES, CAD_PPE_MURS, CAD_PPE_ESCALIERS
Règles de saisie	Le numéro de parcelle doit correspondre à la parcelle concernée par la PPE
Attribut	NOFEUIL
Description:	N° du feuillet inscrit RF
Table	CAD_PPE_PARTIES, CAD_PPE_ACCES, CAD_PPE_MURS, CAD_PPE_ESCALIERS
Règles de saisie	<p>Le numéro de feuillet doit correspondre au numéro inscrit dans le cahier de PPE.</p> <p>Pour une flèche d'entrée, l'attribut NOFEUIL reste vide (<Nul>) si l'accès concerne une partie commune. De même, pour les parties communes, l'attribut NOFEUIL reste vide (<Nul>).</p>
Attribut	NIVEAU_RF
Description:	Niveau Registre Foncier du cahier de PPE
Table	CAD_PPE_PARTIES, CAD_PPE_ACCES, CAD_PPE_MURS, CAD_PPE_ESCALIERS
Règles de saisie	Le niveau RF doit correspondre au niveau indiqué sur la coupe correspondant à l'étage où se trouve l'objet traité.
Attribut	NOLOT
Description:	N° du lot inscrit au RF (ex: 1.01, 1.02, 2.03)
Table	CAD_PPE_PARTIES, CAD_PPE_MURS
Règles de saisie	Le numéro de lot doit correspondre au numéro inscrit dans le cahier de PPE
Attribut	DESTINATION
Description:	Destination de la partie
Table	CAD_PPE_PARTIES
Règles de saisie	La liste des valeurs possibles est définie dans le domaine de valeur de l'attribut. La valeur des attributs DESTINATION et GENRE doit être coordonnée.
Attribut	GENRE
Description:	Genre de la partie
Table	CAD_PPE_PARTIES
Règles de saisie	<p>La liste des valeurs possibles est définie dans le domaine de valeur de l'attribut.</p> <p>Un Ingénieur Géomètre a la possibilité en tout temps de rajouter dans le cahier de PPE une valeur attribut « GENRE » manquante : il se conformera néanmoins à la norme en vigueur au moment de la livraison informatique à la DMO. Cette nouvelle valeur sera étudiée et éventuellement proposée par le comité PPE AGG à la DMO pour validation officielle et une intégration au domaine de valeurs admises.</p>
Attribut	TYPE
Description:	Type juridique de la partie
Table	CAD_PPE_PARTIES
Règles de saisie	La liste des valeurs possibles est définie dans le domaine de valeur de l'attribut.
Attribut	ETAGE
Description:	Etage usuel de la PPE
Table	CAD_PPE_PARTIES
Règles de saisie	La liste des valeurs possibles est définie dans le domaine de valeur de l'attribut.
Attribut	NIVEAU_OFS
Description:	Niveau selon l'office fédéral des statistiques
Table	CAD_PPE_PARTIES
Règles de saisie	La valeur 0 correspond au niveau où se situe l'entrée principale.

Attribut	STATUT
Description:	Statut de la PPE (construit, projet)
Table	CAD_PPE_PARTIES
Règles de saisie	L'ensemble des parties d'une PPE possède la même valeur (soit projet, soit construit).
Attribut	POUR_MILLE
Description:	Répartition en pour mille de la partie
Table	CAD_PPE_PARTIES
Règles de saisie	Le nombre de décimales après la virgule pour les millièmes est libre. Pour les parties sans millièmes (PC, vide...) inscrire la valeur 0 et non vide <nul>. Les locaux annexes ont toujours une valeur de millième égale à 0. La valeur des millièmes renseignés dans la géodatabase livrée doit strictement correspondre à la valeur indiquée dans le cahier de PPE (un millième inscrit à 2 décimales dans le cahier de répartition des locaux doit comporter 2 décimales dans l'attribut POUR_MILLE). Si possible, chaque partie de lot est renseignée avec la valeur POUR_MILLE qui lui est attribuée (balcon, loggia, partie d'un lot mansardé...). Toutefois, si seule la valeur totale du lot est définie, celle-ci est inscrite sur la partie principale et la valeur 0 est attribuée aux autres parties composant le lot. Pour les lots mansardés, la somme des millièmes des diverses parties qui composent un lot doit correspondre à la valeur inscrite dans le cahier de répartition des locaux.
Attribut	REPOSE
Description:	Pour savoir si une partie repose sur une autre parcelle.
Table	CAD_PPE_PARTIES
Règles de saisie	La liste des valeurs possibles est définie dans le domaine de valeur de l'attribut.
Attribut	ALTITUDE_ETAGE
Description:	Altitude moyenne au sol de la partie (altitude absolue)
Table	CAD_PPE_PARTIES
Règles de saisie	La DMO autorise de déduire du MNT cantonal, l'altitude d'un niveau pour une PPE ancien bâtiment existant, pour autant que le dit-bâtiment ne soit pas construit dans une pente forte et qu'il soit impossible sans mesure in situ, d'indiquer une altitude significative. L'altitude reste dans tous les cas, sous la responsabilité de l'Ingénieur Géomètre Officiel.
Attribut	HAUTEUR
Description:	Hauteur indicative de la partie
Table	CAD_PPE_PARTIES
Règles de saisie	La hauteur d'un lot est indicative et correspond à la hauteur mesurable par le client, sans l'épaisseur de dalle.
Attribut	DATEDT
Description:	Date de la saisie ou de la modification de la partie
Table	CAD_PPE_PARTIES, CAD_PPE_ACCES, CAD_PPE_MURS, CAD_PPE_ESCALIERS
Règles de saisie	Le champ DATEDT est mis à jour par la DMO au moment de la validation de la PPE dans la base cantonale.
Attribut	MUTNUM
Description:	Mutation de création ou de modification de la partie
Table	CAD_PPE_PARTIES, CAD_PPE_ACCES, CAD_PPE_MURS, CAD_PPE_ESCALIERS
Règles de saisie	Le numéro de mutation doit correspondre à la mutation qui crée ou modifie un objet.
Attribut	SURFACE_PPE
Description:	Surface PPE de la partie (arrondie au m2)
Règles de saisie	La surface de la partie de lot qui est saisie dans l'attribut SURFACE_PPE doit être strictement celle figurant dans le cahier de PPE (page "tableau de répartition des locaux"). Elle peut être différente de la surface technique due aux pondérations de lots en attique, par exemple. Les surfaces des lots et sous-lots, attribut SURFACE_PPE, peuvent être arrondies et compensées pour respecter une logique de construction de la PPE. Une balance des surfaces techniques (attribut SURFACE_TECHNIQUE) pour un même niveau fermant à 1mm2 par exemple est acceptée par la DMO, pour un même niveau. La valeur de l'attribut SURFACE_TECHNIQUE est dans tous les cas arrondie au m2 pour la DMO. La surface de partie « vide sur étage » doit être égale à 0.
Attribut	SURFACE_TECHNIQUE
Description:	Surface technique de la partie
Table	CAD_PPE_PARTIES
Règles de saisie	L'attribut SURFACE_TECHNIQUE garde la valeur de calcul CAO sans exception.

Attribut	SURFACE_UTILE
Description:	Surface de la partie moins la surface des murs
Table	CAD_PPE_PARTIES
Règles de saisie	L'attribut SURFACE_UTILE est à transmettre vide (<Nul>) : attention de ne pas injecter la valeur 0.
Attribut	EWID
Description:	Identifiant fédéral unique pour les logements
Table	CAD_PPE_PARTIES
Règles de saisie	L'attribut EWID est à transmettre vide (<Nul>) : attention de ne pas injecter la valeur 0.
Attribut	EGRID_P
Description:	Identifiant fédéral unique pour la parcelle de base
Table	CAD_PPE_PARTIES
Règles de saisie	L'attribut EGRID_P est à transmettre vide (<Nul>) : attention de ne pas injecter la valeur 0.
Attribut	EGRID_F
Description:	Identifiant fédéral unique pour chaque feuillet de PPE
Table	CAD_PPE_PARTIES, CAD_PPE_ACCES
Règles de saisie	L'attribut EGRID_F est à transmettre vide (<Nul>) : attention de ne pas injecter la valeur 0.
Attribut	ACCES_AU_LOT
Description:	A quel lot accède-t-on (ex: 1.01, 1.02, 2.03)
Table	CAD_PPE_ACCES
Règles de saisie	Saisir le numéro du lot auquel on accède.
Attribut	GISEMENT
Description:	Orientation de la flèche d'entrée (en degrés)
Table	CAD_PPE_ACCES
Règles de saisie	Angle décrit en degrés, dans le sens des aiguilles d'une montre, origine 0.00 à l'est
Attribut	TYPE String
Description:	Type de murs
Table	CAD_PPE_MURS
Règles de saisie	La liste des valeurs possibles est définie dans le domaine de valeur de l'attribut.

Annexe 7 :

Résumé du mémoire



Potentiel d'utilisation d'une maquette BIM dans le cadre de la constitution d'une PPE et dans les procédures d'autorisation de construire à Genève

Soutenu par Sylvain MAGNARD, le 7 juillet 2016



Introduction

Le BIM (de l'anglais Building Information Modeling, modélisation des données du bâtiment), nouvel outil et technologie en expansion dans les procédures de construction, se développe progressivement à Genève. Il offre de nombreux avantages mais demande des compétences nouvelles. Une approche de travail différente et repensée est nécessaire. Chaque profession, intervenant dans le domaine de la construction, doit se l'approprier. Pour sa part, le géomètre doit pouvoir l'intégrer dans ses démarches et proposer des services en adéquation avec cette nouvelle pratique. De même, il est intéressant de se pencher sur la propension du BIM à interagir avec d'autres outils et de nouvelles démarches. Le climat est en tout cas propice à cette réflexion, au regard de l'effervescence entourant le BIM aujourd'hui.

La question centrale de cette étude est de savoir comment le géomètre peut exploiter une maquette BIM dans les projets de construction. Le géomètre se trouve face à un profond changement de son métier. Comme quelques années auparavant, avec le passage du dessin au crayon à la DAO, les méthodes de travail s'en trouveront entièrement modifiées. Le passage de la 2D vers la 3D sera nécessaire et est déjà en marche.

Le canton de Genève possède un fort potentiel pour développer une telle démarche. Il possède en effet un portail, le SITG (Système d'Information du Territoire à Genève), qui référence et publie les données géographiques du canton. Il contient notamment un Cadastre des Restrictions de Droit Public à la Propriété Foncière (Cadastre RDPPF) qui permet de connaître, pour chaque parcelle, les contraintes légales d'urbanisme auxquelles celle-ci est soumise. Des réflexions ont été établies pour faire évoluer le Cadastre RDPPF en trois dimensions. Cela permettrait d'améliorer la visualisation de la potentialité de construire d'une parcelle, bénéfique à la fois pour l'acquéreur et le porteur du projet mais aussi pour les services instructeurs et les services de planification urbaine. De même, le Cadastre RDPPF 3D, couplé avec une maquette BIM du projet, pourrait être utilisé comme contrôle pour l'obtention d'une autorisation de construire.

Du fait de l'importante densification de la ville de Genève, les cas de superposition de la propriété se multiplient. Ainsi, les situations s'inscrivant dans un espace tridimensionnel sont de plus en plus complexes juridiquement. L'essor des Propriétés Par Étages (PPE), forme de

copropriété particulière, en est l'exemple le plus flagrant ; elles sont en effet très présentes sur le territoire de Genève. Pour les acquéreurs et surtout dans le cas d'une vente sur plan, il est difficile de se représenter le bien futur et particulièrement son volume et sa situation. L'avènement du BIM dans ce domaine est une opportunité pour remplacer les plans 2D actuels par un modèle 3D. La maquette BIM pourrait alors être intégrée à un processus officiel de dossier de PPE en trois dimensions.

La présente étude vise à étudier le potentiel d'utilisation du BIM dans les démarches relatives aux constructions de bâtiments à Genève : dans un premier temps, son utilisation dans une procédure d'autorisation de construire avec la confrontation de la maquette BIM et du Cadastre RDPPF 3D puis dans un second temps, pour l'établissement d'une PPE. Le travail consistera à définir le rôle du géomètre dans ces démarches et à proposer de nouvelles approches. La méthode posera la question de l'utilisation de la maquette BIM au cœur des procédures du droit de la propriété et comme référence unique.

Le BIM au service de la procédure d'autorisation de construire

Un propriétaire doit se faire délivrer une autorisation de construire, pour tout travail de construction énoncé à l'art. 1 de la Loi sur les Constructions et Installations diverses (LCI). La LCI définit, pour chaque zone de construction, un gabarit de hauteur des constructions ainsi que des distances minimums entre alignements et par rapport aux limites de propriété. Elle régit également la fourniture de documents à établir par un Ingénieur Géomètre Officiel (IGO), dont notamment un plan cadastral avec la représentation de la nouvelle construction cotée et l'indication du gabarit théorique.

Le Cadastre RDPPF devra être complété pour aboutir à une connaissance entière de la situation juridique d'un bien-fonds. De même, les restrictions de droit privé telles que les servitudes sont à prendre en compte pour avoir une vision complète du droit de construire sur un bien-fonds.

Actuellement, aucune des couches du cadastre RDPPF ne possède de renseignement altimétrique. L'ensemble de ces couches est défini en 2D. Il n'est pas nécessaire, pour la plupart d'entre elles, d'indiquer une telle information ; cette information n'existe pas réellement dans la majeure partie des cas. L'exemple des plans des distances à respecter par rapport à la forêt est explicite : en effet, la restriction s'applique sur toute la verticalité de la parcelle. En revanche, le cas des plans d'affectation montre un intérêt à leur mise en 3D : on peut citer les dispositions de la LCI ainsi que les Plans Localisés de Quartier (instruments d'aménagement du territoire permettant de préciser les conditions de réalisation de nouvelles constructions et définissant des formes urbaines), qui définissent tous deux des hauteurs à respecter.

De même, la représentation 2D ne permet pas de figurer convenablement la situation de l'assiette des servitudes ; des informations font défaut pour les définir convenablement. Il faut en effet tenir compte du type d'installation, de sa situation (planimétrique et altimétrique) et des réglementations relatives aux distances à respecter entre l'installation et le bâtiment. Autant de paramètres à définir et à représenter, qui apporteraient une plus-value et une meilleure compréhension dans une représentation 3D.

L'IGO pourrait tirer profit de l'utilisation du BIM afin de faciliter les démarches et proposer de nouveaux services aux professionnels : livraison d'un socle numérique 3D du site du projet (MNT, orthophotographie, limites parcellaires ; bâtiments environnants 3D, végétation 3D) ; inventaire des restrictions et constitution d'un gabarit 3D représentant le volume constructible réel du bien-fonds ; vérification de la conformité d'un projet de construction en confrontant une maquette BIM avec le gabarit de constructibilité 3D ; études sur le potentiel de surélévation des bâtiments.

Dans le but de créer un gabarit de constructibilité en trois dimensions sur un bien-fonds, le logiciel CityEngine (ESRI) a été utilisé. Son intérêt réside dans sa capacité à créer des modèles « types » en 3D, paramétrables et de manière automatisée, à partir de données SIG. Un paramétrage a donc été effectué à partir d'un bien-fonds ciblé, en fonction des dispositions de la LCI. Les autres restrictions sont ensuite à prendre en compte, pour aboutir à un gabarit réel complet de constructibilité. Une fois le gabarit entièrement réalisé, le contrôle du respect des restrictions par la maquette BIM doit être effectué. Cela peut s'effectuer à l'aide du logiciel 3DReshaper, qui permet de confronter la maquette BIM avec le gabarit 3D. Il permet également d'extraire les coupes s'y référant (cf. Figure 37).



Figure 37 : Coupe du bâtiment projet et du gabarit de constructibilité dans AutoCAD

Le BIM au service de la constitution d'une PPE

La PPE est une forme de copropriété qui porte sur un immeuble où chaque copropriétaire possède un « droit exclusif d'utiliser et d'aménager intérieurement des parties déterminées d'un bâtiment », comme le stipule l'art. 712a al. 1 du Code Civil suisse. On distingue dans une PPE les parties privatives (sur lesquelles le copropriétaire exerce un droit exclusif de jouissance et d'administration) et les parties communes (dont les membres de la PPE sont copropriétaires). Dans ce cadre, l'Ingénieur Géomètre Officiel (IGO) doit établir la PPE sous forme numérique avec une géodatabase pour la Direction de la Mensuration Officielle et sous forme papier avec un cahier de répartition des locaux pour le Registre Foncier.

Une méthode permettant de constituer une PPE à partir d'une maquette BIM a été créée, à partir du logiciel Revit. L'idée centrale est de donner des caractéristiques de référence au projet BIM pour servir de base au travail de l'IGO. Pour cela, un gabarit de projet, spécifique à l'élaboration d'une PPE, a été créé : le projet BIM peut ainsi être organisé et pré-paramétré selon les besoins de l'IGO. Les lots de PPE sont modélisés à partir d'un élément de volume type créé dans le gabarit et qui comporte les attributs utiles à la formation de la PPE (numéro de lot, destination, étage, etc.). Ces informations sont regroupées dans une nomenclature (vue tabulaire de Revit) et les millièmes des lots peuvent être calculés, en pondérant leurs surfaces en fonction de la hauteur sous plafond et de la destination (logement, commerce, balcon, etc.).

La réalisation du cahier de répartition des locaux s'effectue à partir des feuilles de Revit. Quant à la géodatabase est réalisée en exportant la maquette BIM et ses lots de PPE à l'aide de l'extension FME Exporter for Revit (export en .rvz). Elle est ensuite importée sur ArcGIS grâce à son extension Data Interoperability (import en Multipatch). Cependant, cette méthode permet d'importer seulement la géométrie des objets. Il faut donc, dans un second temps, importer les données attributaires : la nomenclature Revit est exportée en fichier de texte délimité puis importée dans ArcGIS après l'avoir triée à l'aide d'un tableur. Ainsi, pour avoir quelque chose de tout à fait complet, les deux tables doivent être jointes à partir du champ de nom de volume qui est le champ commun des deux tables.

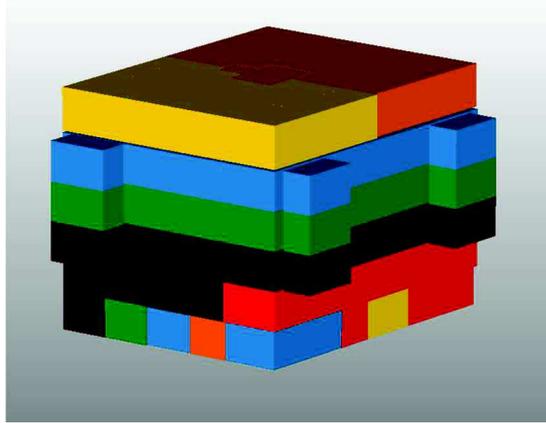


Figure 38 : Visualisation des lots de PPE selon le propriétaire (simplebim)

Conclusion

Les solutions présentées offrent de multiples opportunités mais restent limitées par la faible interopérabilité des outils ainsi que par le cadre législatif et réglementaire établi. Il va sans dire que cela devra évoluer pour faire une place toujours plus importante au BIM et aboutir à une cohérence avec le progrès en marche. Les démarches proposées atteignent deux degrés de maturité différents : la procédure de PPE est prête à être mise en œuvre et pourra être intégrée rapidement aux méthodes employées au sein du bureau HKD Géomatique, tandis que la procédure « CRDPPF 3D » va nécessiter de poursuivre les travaux de recherche sur la mise en place du CRDPPF 3D.

La question de la collaboration entre les corps de métiers sera au cœur des discussions à venir : des règles communes devront être établies.

Le BIM et la 3D sont de plus en plus présents dans le métier de géomètre ; ils sont l'avenir de la profession. Le géomètre doit s'adapter aux nouvelles technologies ainsi qu'aux nouvelles opportunités que cela peut engendrer. L'évolution s'effectue en ce moment même : c'est pourquoi il est important de réfléchir maintenant à comment il va pouvoir s'adapter et quel sera son métier demain.

Liste des figures

Figure 1 : Les onze couches d'information de la Mensuration Officielle (cadastre.ch, 2016).....	9
Figure 2 : Organisation de la collaboration public/privé (cadastre.ch, 2016).....	9
Figure 3 : Les différents niveaux de développement (BIM World, 2016)	13
Figure 4 : Logo de buildingSMART et de l'IFC.....	13
Figure 5 : Visualisation du socle 3D de Genève, sur TerraExplorer.....	14
Figure 6 : Marqueur 3DOK	15
Figure 7 : Maquette numérique 3D de Monaco, complétée par l'insertion d'un projet de construction (DPUM, 2012).....	16
Figure 8 : Visualisation du projet TerraMagna sur un quartier (Brasebin, 2010)	17
Figure 9 : Implantation d'un bâtiment sur la plateforme e-PLU (e-PLU.fr, 2016).....	17
Figure 10 : Utilisation de la norme LADM dans le cadastre 3D malaisien (Rahman, 2011).....	18
Figure 11 : Les niveaux de détails de CityGML (Celnik & Lebègue, 2015).....	19
Figure 12 : Organisation des restrictions entre le Registre Foncier et le Cadastre RDPPF (cadastre.ch, 2016).....	23
Figure 13 : Environnement de travail CityEngine.....	27
Figure 14 : Les formats pris en charge par CityEngine (cehelp.esri.com)	28
Figure 15 : Définition des attributs du fichier de règles CGA dans CityEngine	29
Figure 16 : Définition de la règle n°1 du fichier de règles CGA dans CityEngine	30
Figure 17 : Définition de la règle n°2 du fichier de règles CGA dans CityEngine	30
Figure 18 : Caractéristiques de l'opération "enveloppe" de CityEngine (cehelp.esri.com)	31
Figure 19 : Schéma de principe du gabarit créé.....	32
Figure 20 : Gabarit de constructibilité visualisé dans CityEngine	32
Figure 21 : Fenêtre "Inspector" relative au gabarit créé, dans CityEngine	33
Figure 22 : Confrontation entre le gabarit 3D et la maquette BIM dans 3DReshaper	34
Figure 23 : Coupe de la maquette BIM et du gabarit dans 3DReshaper.....	34
Figure 24 : Coupe verticale de lots contigus	39
Figure 25 : Diagramme du processus actuel de PPE	43
Figure 26 : Arborescence d'un projet dans Revit.....	45

Figure 27 : Création d'un gabarit de vue.....	46
Figure 28 : Modification de la visibilité des éléments dans un gabarit de vue	46
Figure 29 : Volume type "Lot PPE"	47
Figure 30 : Création d'un paramètre partagé	48
Figure 31 : Visualisation d'un volume et de ses paramètres	48
Figure 32 : Calcul de la surface pondérée à partir des paramètres de HSP	49
Figure 33 : Extrait d'une nomenclature Revit	49
Figure 34 : Diagramme du processus de PPE proposé.....	51
Figure 35 : Comparaison du processus actuel avec le processus proposé	52
Figure 36 : Visualisation d'un lot principal et d'un lot annexe dans une visionneuse IFC (Simplebim)	54
Figure 37 : Coupe du bâtiment projet et du gabarit de constructibilité dans AutoCAD.....	96
Figure 38 : Visualisation des lots de PPE selon le propriétaire (simplebim)	97

Liste des tableaux

Tableau 1 : Tableau récapitulatif SWOT (Autorisation de construire)	37
Tableau 2 : Pondération des surfaces PPE selon le type de surface	40
Tableau 3 : Pondération des surfaces PPE, en fonction de la hauteur sous plafond (valable uniquement pour les surfaces de logement, bureau et commerce).....	40
Tableau 4 : Tableau récapitulatif SWOT (PPE)	58

Potentiel d'utilisation d'une maquette BIM dans le cadre de la constitution d'une PPE et dans les procédures d'autorisation de construire à Genève.

Mémoire d'Ingénieur ESGT, Le Mans 2016

RÉSUMÉ

Le développement du BIM dans le milieu de la construction incite à réfléchir à son utilisation dans les travaux réalisés par l'Ingénieur Géomètre Officiel, notamment dans le cadre des procédures d'autorisation de construire et d'établissement de Propriétés Par Etages (PPE).

Le contexte genevois est propice à ce type de démarche. Un Cadastre des Restrictions à la Propriété Foncière (Cadastre RDPPF) est d'ores et déjà à disposition et sa mise en 3D est à l'étude. La confrontation entre un Cadastre RDPPF 3D et une maquette BIM possède un potentiel notable pour contrôler la conformité d'un projet aux restrictions à la propriété foncière. Aussi, la maquette BIM peut servir de support à l'établissement 3D d'une PPE. Cette étude vise à proposer des processus de travail dans ce sens et à en démontrer la faisabilité et la pertinence.

Mots-clés : BIM, autorisations de construire, Cadastre RDPPF, 3D, restrictions à la propriété foncière, PPE, Genève.

SUMMARY

The increasing use of BIM in the field of construction induces to think about its use in works carried out by official surveyor engineer: especially building authorisation's procedures and co-ownership's files creation.

Genevan context is particularly suitable for this kind of initiative. Public-law restrictions on Landownership (PLR-cadastre) is already available and its three-dimensional implementation has been studied. Confrontation between a PLR-cadastre and a BIM model has a great potential to check project's conformity to law restrictions on landownership. Furthermore, the BIM model can be used as a base for a co-ownership's 3D creation. This study aims at putting forward work processes in this regard and demonstrating their feasibility and relevance.

Key words: BIM, building authorisations, PLR-cadastre, 3D, law restrictions on landownership, co-ownership, Geneva.