



**HAL**  
open science

# L'intégration des données complémentaires (données foncières, division en volume, environnement) au sein de maquettes numériques au format Revit

Maud Laurencin

## ► To cite this version:

Maud Laurencin. L'intégration des données complémentaires (données foncières, division en volume, environnement) au sein de maquettes numériques au format Revit. Sciences de l'environnement. 2017. dumas-01657137

**HAL Id: dumas-01657137**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01657137>**

Submitted on 6 Dec 2017

**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 NATIONAL DE MASTER**  
**« Sciences, Technologies, Santé »**

**Mention « Identification, Aménagement et gestion du Foncier »**

**par**

**Maud LAURENCIN**

---

L'intégration des données complémentaires  
(données foncières, division en volume, environnement)  
au sein de maquettes numériques au format Revit

**Soutenu le 13 juin 2017**

---

**JURY**

**PRESIDENT :** M. Jérémie ROBERT

**MEMBRES :** M. Hervé CRANCE  
M. Christophe CHARLET  
M. Ghyslain FERRÉ

**Maitre de stage**  
**Professeur référent**



## Remerciements

Je remercie en premier lieu M. Hervé CRANCE qui a dirigé ce travail de fin d'étude et m'a donné l'opportunité d'effectuer ce stage dans son cabinet.

J'associe également MM. Philippe RENFER et Bruno VENANT, dont les conseils avisés ont été précieux.

Je remercie également toute l'équipe du cabinet Renfer & Venant pour leur accueil et leur aide durant ces quelques semaines, et en particulier Violaine GRAFFIN et Rémy FAYET.

Un grand merci aux professeurs de l'ESGT pour leur professionnalisme, dont M. Christophe CHARLET qui m'a suivi durant la rédaction de ce mémoire.

Enfin, je remercie toutes les personnes ayant participées de près ou de loin à mon étude et qui m'ont soutenue durant ces deux années à l'ESGT. Leur présence m'a été indispensable.

## Information

Toutes les illustrations dont la source n'est pas indiquée proviennent de maquettes numériques réalisées par l'auteur de ce mémoire avec le logiciel Autodesk Revit®.

## Liste des abréviations

<b>AFNOR</b>	Association Française de Normalisation
<b>AIMCC</b>	Association française des industries des produits de construction
<b>ALUR</b>	Loi pour l'Accès au Logement et un Urbanisme Rénové
<b>ASL</b>	Association Syndicale Libre
<b>BIM</b>	Building Information Modeling
<b>CCS</b>	Cahier des Charges et des Servitudes
<b>DAO</b>	Dessin Assisté par Ordinateur
<b>DOE</b>	Dossier d'Ouvrage Exécuté
<b>EDDV</b>	Etat Descriptif de Division en Volumes
<b>ETL</b>	Extract, Transformation, Load
<b>FME</b>	Feature Manipulation Engine
<b>IAI</b>	International Alliance for Interoperability
<b>IDS</b>	Infrastructure de Données Spatiales
<b>IFC</b>	Industry Foundation Classes
<b>IGN</b>	Institut Géographique National
<b>LOD</b>	Level of Detail Level of Development
<b>MNT</b>	Modèle Numérique de Terrain
<b>MNU</b>	Maquette Numérique Urbaine
<b>NGF</b>	Nivellement Général de la France
<b>OGE</b>	Ordre des Géomètres Experts
<b>PPBIM</b>	Propriétés des Produits BIM
<b>RDPPF</b>	Restrictions du Droit Public à la Propriété Foncière
<b>SIG</b>	Système d'Information Géographique
<b>SUP</b>	Servitude d'Utilité Publique
<b>UE</b>	Union Européenne
<b>VJC</b>	Volume Juridique Capable

## Table des matières

<b>Remerciements</b> .....	<b>3</b>
<b>Liste des abréviations</b> .....	<b>5</b>
<b>Table des matières</b> .....	<b>6</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>9</b>
<b>I. L'implication du géomètre expert dans le processus BIM</b> .....	<b>10</b>
I.1. Développement du processus BIM : usages et fiabilité de la maquette numérique .....	10
I.1.1. Définitions .....	10
I.1.2. BIM : niveaux, normes et protocoles .....	11
I.1.2.1. Niveaux et LOD .....	11
I.1.2.2. Convention BIM.....	13
I.1.2.3. Normes .....	14
I.1.3. Politiques de mise en œuvre .....	14
I.1.4. Retour sur investissement : quel gain de productivité ?.....	15
I.2. Le rôle du géomètre dans l'établissement d'un gabarit de constructibilité .....	18
I.2.1. L'impact du BIM dans la profession .....	18
I.2.2. Le volume juridique capable .....	18
I.2.3. Visualiser la contrainte .....	19
I.2.4. Valeur qualitative et juridique des données .....	20
I.2.4.1. Des données fiables.....	20
I.2.4.2. La protection des données personnelles.....	21
I.2.4.3. Le statut juridique de la maquette numérique .....	22
I.3. Du BIM au SIG.....	23
I.3.1. Différences, convergence et complémentarité.....	23
I.3.2. La maquette numérique urbaine .....	24
<b>II. Renseigner la maquette numérique dans le cadre d'une division en volume</b> .....	<b>26</b>
II.1. Utilisation actuelle de la division en volume.....	26
II.1.1. Définition.....	26
II.1.2. En pratique .....	26
II.1.3. Processus actuel .....	27
II.2. Modélisation géométrique et sémantique .....	28
II.2.1. Création d'un volume .....	28
II.2.1.1. Les familles Revit .....	28
II.2.1.2. Modéliser un volume.....	28
II.2.1.3. Géoréférencement du volume .....	29
II.2.2. Renseignement sémantique.....	32
II.2.2.1. Définition des paramètres nécessaires .....	33
II.2.2.2. Intégration des paramètres dans les volumes .....	33
II.2.2.3. Interpréter les données sémantiques .....	34
II.2.3. Processus proposé.....	34
II.3. Interprétation des résultats .....	35
II.3.1. Analyse des résultats.....	35
II.3.2. Analyse de la plus-value commerciale .....	36

II.3.2.1.	Pour le géomètre .....	36
II.3.2.2.	Pour le client.....	37
<b>III.</b>	<b>Renseigner la maquette numérique dans le cadre d'un gabarit de constructibilité .....</b>	<b>38</b>
III.1.	Analyse des contraintes.....	38
III.1.1.	Contraintes d'urbanisme.....	38
III.1.1.1.	Les servitudes d'utilité publiques .....	38
III.1.1.2.	Les contraintes liées au PLU .....	39
III.1.2.	Les servitudes .....	40
III.1.2.1.	Le rôle du géomètre-expert dans l'établissement des servitudes .....	40
III.1.2.2.	Servitudes de passage .....	41
III.1.2.3.	Les contraintes de vue et de jour .....	41
III.1.3.	Les limites de propriété.....	43
III.1.3.1.	Le bornage et la procédure d'alignement .....	43
III.1.3.2.	Le mur mitoyen .....	43
III.2.	Modélisation.....	44
III.2.1.	Le gabarit de constructibilité.....	44
III.2.2.	Les servitudes .....	47
III.2.2.1.	De passage.....	47
III.2.2.2.	De vue et de jour .....	48
III.2.3.	Les limites de propriétés .....	49
III.3.	Interprétation des résultats .....	50
III.3.1.	Le contrôle de la maquette .....	50
III.3.2.	L'ouverture d'un nouveau créneau commercial .....	51
	<b>Conclusion .....</b>	<b>53</b>
	<b>Bibliographie.....</b>	<b>54</b>
	<b>Table des annexes .....</b>	<b>56</b>
	<b>Liste des figures.....</b>	<b>64</b>



## Introduction

Depuis quelques années, le BIM est à l'honneur. Le secteur de la construction a pris le train de la modélisation 3D et du travail collaboratif autour de maquettes numériques représentant la réalité au plus près. En France comme à l'étranger, cette révolution a entraîné le développement de nouveaux outils pour ces nouveaux usages. Tous les professionnels de ce secteur doivent désormais s'adapter à un travail non plus en 2D mais dans un environnement tridimensionnel. Si la maquette numérique fait figure d'outil innovant, la réalité à mesurer et quantifier n'a, quant à elle, pas changé.

Les atouts de la maquette numérique sont multiples : visuellement attractive, elle possède la capacité de rassembler dans un même objet toutes les caractéristiques d'un bâtiment (géométrie, attribut, dimension temps, coût, etc.). Son usage tout au long de la vie de la construction, depuis l'avant-projet jusqu'à la gestion et la démolition, en fait un outil manipulé par tous les corps de métier. Pour le géomètre, garant de la mesure et du droit de la propriété, l'enjeu est double : son travail consiste à générer des avatars numériques justes et précis, et à y intégrer toutes les informations complémentaires relatives aux bâtiments, notamment juridiques et fonciers, pour concevoir une maquette intégrée dans son environnement.

Conscient des profonds changements induits par ces nouvelles pratiques, le cabinet Renfer & Venant (92) développe depuis plusieurs années son pôle BIM. En 2015 l'acquisition de données par scanner laser 3D est accompagnée la création de maquette numérique et du contrôle de leur exactitude, avec l'utilisation du logiciel de modélisation Autodesk Revit. Aujourd'hui, les demandes des clients évoluent et les professionnels doivent de plus en plus renseigner ces maquettes numériques. Il s'agit pour l'équipe de confirmer la pertinence de l'outil 3D face aux prérogatives du géomètre-expert, et d'anticiper le développement de son activité dans le BIM.

Dès lors, deux axes de lecture se dégagent. Premièrement, comment automatiser le renseignement des maquettes numériques dans le cadre des missions foncières du géomètre-expert ? Qui dit nouvel outil implique perte de temps lors de la période d'adaptation aux nouvelles méthodes de travail. Afin de minimiser cette perte, le géomètre doit renseigner rapidement et efficacement sa maquette.

Le deuxième axe de lecture est la question de l'augmentation et du renforcement le potentiel d'utilisation du BIM pour les travaux du géomètre. Une fois renseignée, la maquette doit devenir source de données que le géomètre peut utiliser à sa guise, non pas simplement une liste d'informations destinées à son client.

Cette étude se divise en trois étapes. Une première partie présente un état de l'art sur la convergence entre le BIM et le rôle du géomètre expert. Dans un second temps, le renseignement de la maquette numérique dans le cadre d'une division en volumes est abordé. Enfin dans un troisième temps, la définition d'un volume de constructibilité au sein de la maquette numérique est décrite.

## I. L'IMPLICATION DU GEOMETRE EXPERT DANS LE PROCESSUS BIM

Perçu comme un enjeu majeur de l'aménagement de demain, le BIM (Building Information Modeling) s'impose progressivement dans le secteur de la construction. L'effervescence de toutes les professions autour de ce processus s'explique par les avantages apportés par cette nouvelle pratique, mais également par les évolutions nécessaires pour chaque métier. Quelle sera la place du géomètre, responsable de la mesure et garant du droit de propriété, dans cette nouvelle organisation du travail ?

### I.1. DEVELOPPEMENT DU PROCESSUS BIM : USAGES ET FIABILITE DE LA MAQUETTE NUMERIQUE

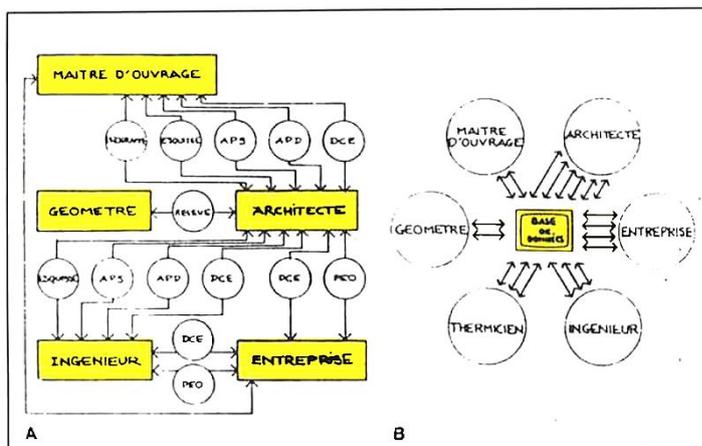
#### I.1.1. Définitions

Avant toute chose, il est nécessaire de comprendre les distinctions entre les différents éléments constitutifs du BIM.

Les définitions suivantes sont tirées du rapport de la Mission Numérique du Bâtiment, rédigé par Bertrand DELCAMBRE en 2014 :

On appelle maquette numérique une maquette 3D, qui comprend des caractéristiques géométriques (coupes, plans, élévations, etc.) et des renseignements sur la nature de tous les objets utilisés (composition, propriétés physiques, mécaniques, comportement, etc.). Par exemple, une porte est représentée battante ou coulissante, elle est en aluminium avec un double vitrage (attribut) et elle s'ouvre (comportement).

Le BIM (Building Information Modeling) est une méthode de travail basée sur la collaboration autour d'une maquette numérique. Dans un processus de conception BIM, chaque acteur de la construction utilise cette maquette et en tire les informations dont il a besoin pour son métier. En retour, il alimente la maquette de nouvelles informations pour aboutir au final à un objet virtuel, parfaitement représentatif de la construction<sup>1</sup>, tel qu'illustré par la figure 1.



Les schémas A et B caricaturent le processus de conception sans et avec un outil informatique.

Figure 1 : Une vision anticipée du BIM en 1986  
(source : Le Journal des Architectes)

Le BIM s'appuie sur un ou plusieurs modèles multidimensionnels (3D, 4D [temps], et 5D [coût]) dans lesquels une multitude d'informations peuvent être affectées à chaque objet constitutif de la maquette numérique en tant qu'une collection d'attributs. La maquette numérique est évolutive non seulement en termes d'ampleur et de complexité mais aussi par l'étendue de ses applications et de ses utilisations durant toutes les phases

<sup>1</sup> DELCAMBRE B., 2014, rapport de la Mission Numérique du Bâtiment (p.12)

de la vie du projet, de l'étude à la maintenance et à la démolition<sup>2</sup>.

Simuler virtuellement l'édification d'un bâtiment permet d'optimiser sa construction, en validant très en amont sa gestion et en minimisant les risques. Le BIM se différencie de la 3D classique grâce à l'utilisation d'éléments paramétriques ayant des attributs. Il ne s'agit plus de simples lignes géométriques, mais bien d'objets intelligents.

Experts comme profanes intervertissent souvent les notions de maquette numérique et de BIM. Le simple fait de modéliser un bâtiment en 3 dimensions ne signifie pas s'investir dans un processus BIM tant qu'aucune collaboration entre les différents acteurs de la construction n'est mise en place. Le terme « maquette numérique » ne peut définir à lui seul le BIM, si ce n'est pour désigner le modèle numérique, c'est à dire la base de données<sup>3</sup>.

Le sigle même de BIM est révélateur de l'ambivalence de cette notion, puisqu'il peut se décliner sur plusieurs significations<sup>4</sup> :

- Building Information Model : fichier créé avec un logiciel métier spécifique, alliant objets, géolocalisation, géométrie, informations, sémantiques, etc.
- Building Information Modeling : processus de travail de ceux qui utilisent ces outils, dans un esprit de constitution de base de données du projet et d'échange entre les acteurs.
- Building Information Management : processus de gestion de projet, à travers des outils tels que la maquette numérique, le management de l'information et des acteurs.

Quant à la maquette numérique, elle se divise en deux types :

- La maquette « telle que conçue » : utilisée pour la construction neuve, elle est modélisée à partir du projet de bâtiment.
- La maquette « telle que construite » : plutôt utilisée dans le cadre de la réhabilitation ou de la maintenance et gestion d'un bâtiment existant, elle est souvent modélisée à partir d'un relevé par scanner 3D.

## I.1.2. BIM : niveaux, normes et protocoles

### I.1.2.1. Niveaux et LOD

Les trois significations de BIM vues ci-dessus s'adaptent aux différents niveaux de BIM<sup>5</sup> :

- Le BIM niveau 1 coïncide avec la matérialisation tridimensionnelle d'une maquette numérique. Les échanges entre les acteurs et la maquette se font à sens unique.
- Le BIM niveau 2 coïncide à une collaboration autour de la maquette. Les échanges entre les différents acteurs se font à double sens. Les informations sont intégrées et exportées à partir de la maquette.
- Le BIM niveau 3 coïncide avec l'utilisation réelle de la maquette et son partage entre les acteurs autour d'un modèle central collaboratif.

---

<sup>2</sup> Convention BIM Execution, Vinci Immobilier

<sup>3</sup> Le Moniteur, *BIM (Building Information Modeling)*, 21 mars 2014 (p.6)

<sup>4</sup> CELNIK O., LEBEGUE E., *BIM & Maquette numérique*, 2014 (p.37)

<sup>5</sup> DELCAMBRE B., 2014

La qualité et la fiabilité de l'information contenue dans la maquette se caractérisent par le niveau de détail (en anglais Level of Detail) et le niveau de développement (Level of Development) de cette dernière. Ces deux notions, bien que différentes, sont souvent confondues du fait de leur acronyme (LOD). Le niveau de détail mesure la représentation graphique ainsi que la quantité d'information disponible, tandis que le niveau de développement indique la certitude de l'information et sa précision<sup>6</sup>.

Le LOD, que ce soit au niveau du détail ou du développement, décompose la maquette selon l'usage souhaité et précise le type d'information qui doit s'y trouver. Il peut varier en fonction de l'étape du cycle de vie du projet, ainsi que selon le type de métier qui exploite la maquette numérique. Par exemple, le LOD sera moindre en phase avant-projet par rapport à la phase d'exécution. Concernant les vues métiers, un architecte s'attachera en priorité à l'aspect extérieur d'un élément, tandis qu'un ingénieur structure s'intéressera à son aspect interne et structurel<sup>7</sup>. La juste définition du niveau de détail doit intervenir en amont du projet, afin de restreindre le nombre de renseignements non-nécessaires selon l'étape du cycle et ainsi limiter le poids et la complexité de la maquette.

Si plusieurs pays ont développé leurs propres versions du LOD (niveau de développement) fondées seulement sur l'aspect graphique des objets du BIM ou en y ajoutant un aspect non-graphique, la France utilise les catégories issues du LOD américain définies dans la figure 2, à savoir<sup>8</sup> :

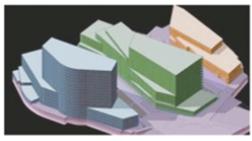
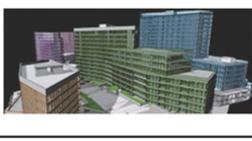
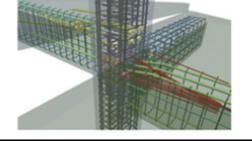
	<p style="text-align: center;"><b>LOD 100</b></p> <p>Un modèle BIM consiste à modéliser la volumétrie globale du bâtiment, les exploitants de ce dernier sont autorisés à effectuer tout type d'analyse (volume, orientation du bâtiment, coût au m<sup>2</sup>, etc.)</p>
	<p style="text-align: center;"><b>LOD 200</b></p> <p>Similaire à la phase APS ou APD, le modèle consiste en systèmes ou assemblages avec des quantités, taille, emplacement et orientation approximatifs. Les usages autorisés incluront l'analyse des systèmes choisis par l'application de critères de performance généralisés.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>LOD 300</b></p> <p>Les éléments du modèle BIM sont appropriés pour la génération des documents de construction traditionnels ainsi que les plans d'exécution. L'analyse et la simulation sont autorisées pour les éléments et systèmes détaillés.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>LOD 400</b></p> <p>Ce niveau de développement est considéré comme adéquat pour la fabrication et l'assemblage. L'auteur du modèle est plus susceptible d'être le sous-traitant ou le fabricant comme il est généralement en dehors du champ d'application des services de l'architecte ou de l'ingénieur. Il constitue une exposition sévère au risque.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>LOD 500</b></p> <p>Le niveau final de développement représente le projet tel qu'il a été construit (l'état de recollement). Le modèle est adapté à la maintenance et l'exploitation de l'ouvrage.</p>

Figure 2 : Définition des 5 niveaux de développement (d'après le Moniteur)

<sup>6</sup> McPHEE, 2013

<sup>7</sup> CELNIK O., LEBEGUE E., *BIM & Maquette numérique*, 2014 (p.45)

<sup>8</sup> Le Moniteur, *BIM (Building Information Modeling)*, 21 mars 2014 (p.20)

### I.1.2.2. Convention BIM

Le BIM s'appuie avant tout sur la collaboration entre les acteurs, ce qui implique de définir en amont de chaque projet une structure de travail, le rôle, les obligations et les responsabilités de chacun, la propriété de la maquette et des informations qu'elle contient. La rédaction d'un « protocole » ou d'une « convention » BIM précise devient ainsi indispensable<sup>9</sup>. Cette dernière met en place une organisation et des procédures à respecter afin que les objectifs fixés dans le projet et par l'utilisation du BIM soit atteints. Ce document est nécessaire à tous les intervenants du projet, depuis la conception jusqu'au DOE (Dossier d'Ouvrage Exécuté), permettant ainsi d'assurer une uniformisation de la maquette et une unité dans l'utilisation du BIM. Des guides ou des normes de description de projet ou de classement, telle que la norme ASTM E1557 – Unifomat II (utilisée dans le cadre de projet de construction ou rénovation de bâtiment), peuvent être indiqués comme constitutif de la convention BIM et structurer le process dans une volonté de standardisation de la maquette numérique. L'objectif est ainsi de s'assurer que la maquette et le processus BIM soient maîtrisés<sup>10</sup>.

Les référentiels présents dans la convention s'articulent autour des thèmes suivants<sup>11</sup> :

- Définitions des termes essentiels du contrat : Logiciel BIM, maquette numérique etc.,
- Obligation des acteurs de la maquette : répartition des rôles entre acteurs sans oublier la répercussion des obligations et responsabilités de l'éditeur de logiciel,
- Gestion des données : accès aux données, intégration de nouvelles données, modifications des données, suppression des données,
- Propriété de la maquette : en fonction du niveau de BIM utilisé (voir chapitre 1 complet du rapport),
- Utilisation de la maquette : utilisation dans la phase d'amont et dans la phase d'aval : utilisation et diffusion par les acteurs de la maquette dans le temps et éventuellement prévoir l'entrée de nouveaux acteurs,
- Propriété intellectuelle de la maquette et les licences d'utilisation. Il convient également de réfléchir à la possibilité de concéder des licences d'utilisation à des tiers non parti au contrat,
- Responsabilité : répartir la responsabilité des acteurs en fonction de leur contribution et prévoir également des plafonds de responsabilité,
- Garantie : chaque acteur doit garantir que sa contribution et que le contenu intégré dans la maquette sont originaux et n'enfreignent pas les droits de tiers, et doit assurer une utilisation paisible de sa contribution et du contenu aux autres acteurs de la maquette,
- Assurance : revoir les clauses d'assurance contractuelle, obligation de souscrire une police d'assurance adaptée, de conférer un accès à l'assureur et à l'expert,
- Données personnelles : respect de la Loi informatique et libertés et des obligations CNIL par chaque acteur.

Tous les acteurs travaillant en mode collaboratif, le schéma « commanditaire/exécutant » s'estompe au profit d'un mélange de responsabilités et d'actions partagées sur l'ensemble du processus de mise en œuvre. Finalement, chaque acteur est à la fois fournisseur et utilisateur de données<sup>12</sup>.

<sup>9</sup> BELLENGER, A.M., BLANDIN, A. (2016)

<sup>10</sup> DEMOUVEAU M. (2016) in Médi@construct

<sup>11</sup> PICAN X. (2016)

### I.1.2.3. Normes

La diversité des acteurs et le développement empirique du BIM ralentissent son intégration dans l'ensemble des métiers de la construction, et renforce le besoin d'établissement d'une norme dans l'échange des données et dans la structure des maquettes numériques. Les associations de professionnels du bâtiment telles que BuildingSMART et l'AFNOR se sont saisies de ces questions et ont développé des normes de standards favorisant l'interopérabilité.

Le format IFC (Industrie Foundation Classes) a été lancé dès 1994 par l'Alliance Internationale pour l'interopérabilité (en anglais IAI pour International Alliance for Interoperability), aujourd'hui rebaptisée BuildingSMART. L'IFC est un standard d'échange de données ouvert et compréhensible de tous les acteurs de la construction, défini sous la norme ISO 16739. Ce format est capable de décrire la géométrie, les propriétés et les relations entre les objets dans une maquette, ainsi que leurs métadonnées. Ouvert, il sert de pierre angulaire à l'Open BIM, à l'inverse des formats propriétaires développés par les éditeurs de logiciels (Closed BIM)<sup>13</sup>. Cependant, malgré les récentes évolutions de l'IFC, l'export de données n'est pas parfait et la compatibilité avec certains logiciels laisse à désirer.

Outre l'échange de données, la multiplicité des acteurs impose une structuration du projet définie à l'avance. L'AFNOR, accompagnée de l'AIMCC (Association française des industries des produits de construction) et de Mediaconstruct (BuildingSMART), a publié en 2014 la norme française XP P07-150, portée par le comité de normalisation PPBIM, qui définit une méthode de gestion normalisée d'un dictionnaire de propriétés des produits de la construction. Aujourd'hui à l'étude au niveau européen, elle permet de structurer l'information et d'assurer la fiabilité du projet.

Concernant les données foncières contenues dans la maquette, aucune norme ni recommandation n'existe pour accompagner leur intégration dans le projet. La profession de géomètre commence à se lancer dans le processus BIM en intégrant progressivement la modélisation 3D comme outil de représentation du réel, mais peu de cabinets peuvent aujourd'hui se targuer de collaborer sur des projets en BIM, même si la croissance de cette demande est nette. L'OGE (Ordre des Géomètres Expert) entame à l'heure actuelle une réflexion autour de ce sujet, au travers de ses commissions BIM et Foncier, même si aucun calendrier n'est clairement défini. L'idée de mettre en œuvre des recommandations, à l'image des règles de l'art, fait son chemin dans l'optique d'unifier la représentation de la donnée foncière dans la maquette numérique et la rendre lisible par des tiers. De manière informelle, plusieurs cabinets de Géomètres-Experts en région Ile-de-France se sont regroupés pour former le « Club BIM GE », afin de travailler de manière transversale sur la question du développement du BIM dans la profession et de faire avancer cette réflexion en dehors du cadre de l'OGE.

### I.1.3. Politiques de mise en œuvre

L'arrivée du BIM dans le secteur du bâtiment s'est faite à différentes vitesses selon les pays, dans un cadre dépendant des mentalités et de la volonté des pouvoirs publics.

---

<sup>12</sup> GENTHON M. (2017) in Médi@construct

<sup>13</sup> LEBEGUE E., VERVANDIER B. (2014)

L'Union Européenne s'est investie dans cette dynamique au travers d'une Directive liée à la passation des marchés publics (EUPPD) votée en début 2014<sup>14</sup>, qui recommande l'utilisation des processus numériques, à l'image du BIM, pour les contrats publics afin d'améliorer l'efficacité et la qualité des échanges dans les phases d'appels d'offres et les concours des projets publics.

La transposition de cette directive par les Etats membres leur laisse la liberté de rendre obligatoire la mise en œuvre du BIM dans les projets de constructions financés par les fonds publics, ou de simplement l'encourager.

En Europe, la Scandinavie fait office de précurseur en rendant obligatoire l'utilisation du BIM pour la gestion du patrimoine de l'Etat par la Finlande depuis 2007 et la Norvège depuis 2010. Le Royaume-Uni a renforcé cette tendance en 2016 avec l'obligation de mise en œuvre du BIM pour les marchés publics d'investissement supérieurs à cinq millions de livres sterling. L'Allemagne et l'Italie se sont récemment engagées dans la même voie, en actant l'obligation d'utiliser le BIM pour les projets publics d'infrastructures d'ici 2020 (Allemagne)<sup>15</sup> et pour les projets supérieurs à 100 000 euros à partir de 2019 avec une mise en place progressive jusqu'en 2020 où l'obligation sera totalement opérationnelle pour tous les travaux avec des contraintes de sécurité particulières (Italie)<sup>16</sup>.

En France, malgré la mobilisation des acteurs pour la diffusion du BIM et des outils numériques et l'attente d'un engagement de l'Etat<sup>17</sup>, aucune obligation n'existe sur la mise en œuvre de ce processus. Début 2017 devait marquer un tournant dans le développement du BIM, puisqu'en mars 2014 Cécile DUFLOT, alors Ministre du Logement et de l'Egalité des Territoires, avait déclaré que l'Etat et les régions devaient mettre en place « *un calendrier prévoyant l'attachement du BIM et de la maquette numérique dans les marchés publics mettant en œuvre des bâtiments neufs ou rénovés de plus de 2 000 m<sup>2</sup> [dès 2017]* »<sup>18</sup>. Six mois après cette date butoir, seule l'incitation de mise en œuvre existe, alors que d'autres pays européens s'engagent dans la voie du BIM. Cette transition assez lente préoccupe les acteurs de la construction, comme le note dès 2014 M. DELCAMBRE dans son rapport de la Mission Numérique du Bâtiment « *[Les initiatives internationales visant à développer le BIM] invitent également à agir sans tarder pour éviter d'accentuer le retard par rapport aux concurrents et pour faire en sorte que les entreprises françaises en bénéficient dans la compétition internationale.* »

#### I.1.4. Retour sur investissement : quel gain de productivité ?

L'intérêt du BIM se conçoit sur la durée, puisque ce process accompagne la vie du bâtiment depuis sa conception jusqu'à sa démolition. La dimension coût (5D, cf. *section I.1.1*) fait ressortir l'importance d'une utilisation raisonnée de la construction. Les deux graphiques ci-dessous (figure 3 et figure 4) tirés de l'étude *Ouvrages publics et coût global* de la Mission Interministérielle pour la Qualité des Constructions Publiques illustrent la valeur ajoutée du BIM, notamment en phase d'exploitation et de maintenance du bâtiment.

---

<sup>14</sup> Directive 2014/24/UE du Parlement européen et du Conseil du 26 février 2014 sur la passation des marchés publics et abrogeant la directive 2004/18/CE

<sup>15</sup> DI GIACOMO A., 2016

<sup>16</sup> DI GIACOMO A., 2017

<sup>17</sup> DELCAMBRE B., 2014

<sup>18</sup> Objectifs 500 000, Ministère du Logement et de l'Habitat durable

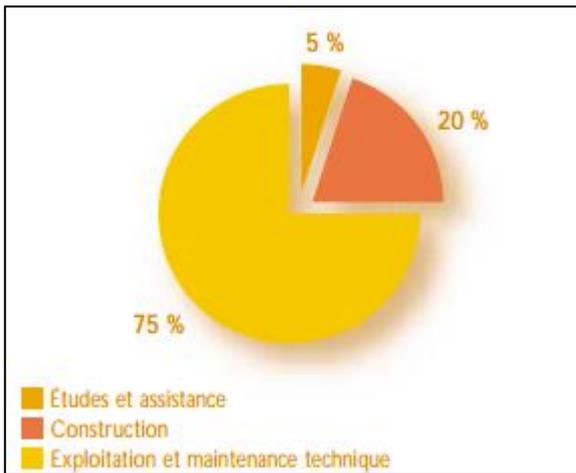


Figure 3 : Répartition moyenne de types de coûts sur le cycle de vie d'un bâtiment tertiaire, hors foncier et frais financier

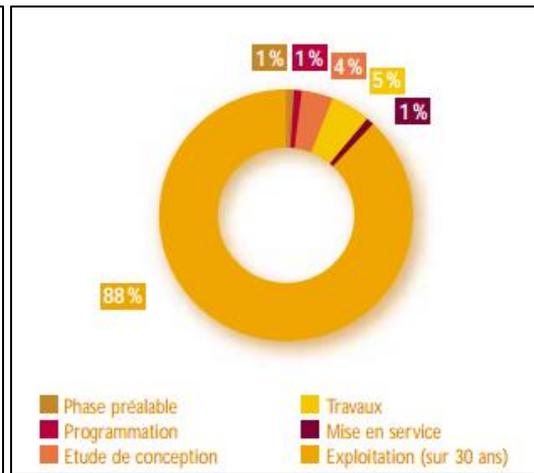


Figure 4 : Cycle de vie immobilier, durées relatives des phases

De plus en plus de maitres d'ouvrage et de gestionnaires de patrimoine s'intéressent à cette méthode pour gérer leur parc immobilier, confiants en les gains substantiels que leur font gagner le BIM.

Pour les entreprises travaillant déjà avec des maquettes numériques, le coup de la transition vers le BIM est quasi-nul en termes d'investissement. Il s'agit essentiellement d'apprendre à mieux structurer l'information induite dans la maquette et d'établir des processus de collaboration multi-acteurs. Pour les entreprises qui n'ont pas encore passé le cap, l'investissement principal consiste en l'achat des logiciels de modélisation tridimensionnelle et de collaboration, et la formation qui en découle.

Lors de la phase de conception, le BIM permet d'optimiser et d'anticiper les choix, et de mieux gérer les interfaces techniques et organisationnelles. D'après l'étude de l'Association pour l'analyse de la valeur, la phase de conception est primordiale pour un objectif de réduction des coûts. 65% des économies réalisables sur le projet global ne sont possibles que si les bonnes décisions sont prises à ce niveau-là. Le BIM apporte une plus-value importante en organisant en amont la collaboration entre les différents acteurs.

Le tableau suivant (figure 5) est issu du projet de recherche mené par Julien COLOMBE en 2016 et illustre l'intérêt économique pour un maitre d'ouvrage selon différents types de projets traités en BIM.

Type de projet	Coûts		Economies	
	Poste impacté	Valeur	Poste impacté	Valeur
Conception/construction	Aucun <i>Si les entreprises considèrent les dépenses liées à leur transition BIM comme des investissements.</i>		20 % <i>Si les entreprises répercutent la baisse de leurs charges sur leurs prix de vente.</i>	
	Modélisation	1,5 à 4 €/m <sup>2</sup> <i>En fonction du niveau de détail.</i>	20 % <i>Si les entreprises répercutent la baisse de leurs charges sur leurs prix de vente.</i>	
Gestion	Analyse/Audit	3 à 5 €/m <sup>2</sup>	Temps passé gestionnaire	2,3 €/m <sup>2</sup> /an
	Modélisation	1,5 à 4 €/m <sup>2</sup>		
	Acquisition	0,5 à 2 €/m <sup>2</sup>	Entretien / Maintenance	15 %
	Logiciel	0,2 à 0,5 €/m <sup>2</sup>		
	Moyenne globale	7 €/m <sup>2</sup>	Economies d'énergie	10 %/an

Figure 5 : Rapport coûts/économies pour un maître d'ouvrage avec la mise en œuvre d'un processus BIM

Pour le maître d'ouvrage, le procédé BIM permet de réaliser environ 20% d'économie<sup>19</sup> par rapport à un projet classique. Cependant, la réduction des coûts se fait en aval du projet, surtout lors de la phase d'exploitation et de maintenance. Au contraire, les premières phases de faisabilité et de conception sont plus longues, du fait de la complexité des maquettes BIM et des nouveaux processus à mettre en œuvre.

Le prix de la mise en place de la maquette se répercute en priorité sur les premiers acteurs. Le géomètre, dans le cas de la réalisation d'une maquette « telle que construite », s'occupe du levé 3D, du calage et de la modélisation qui constitue la première étape dans l'élaboration de l'avatar numérique du bâtiment. L'investissement en termes de matériel, logiciel et formation s'avère élevé, et se ressent dans le prix de revient d'une maquette numérique. Celui-ci varie d'un cabinet de géomètre à l'autre, avec une moyenne autour de 2,5€/m<sup>2</sup> pour une structure simple et 4,5€/m<sup>2</sup> pour une modélisation plus fine avec réseaux<sup>20</sup>.

A priori, l'économie pour le géomètre n'est alors pas flagrante. Cependant, de plus en plus de projets de construction sont menés en BIM et il est indispensable pour la profession de se positionner sur ce marché. Le géomètre n'est pas seulement le garant de la mesure, mais « dit » également le droit lié à la propriété. C'est cet apport qu'il s'agit de valoriser dans une maquette numérique afin de confirmer le potentiel du géomètre dans le BIM.

<sup>19</sup> Ce chiffre est tiré de l'étude de COLOMBE J. et est confirmé par les projections de la Building Construction Authority de Singapour.

<sup>20</sup> Colloque « Le BIM : aux confluences de la technique et du droit », ESGT, 2017

### I.2.1. L'impact du BIM dans la profession

La profession de géomètre a récemment commencé à se préparer à l'avènement du BIM et les transformations qu'il induit. M. DELCAMBRE note dans son rapport de 2014 que « *ces transitions sont parfois vécues par certains professionnels comme un risque pour leurs activités* »<sup>21</sup>, même si la filière s'adapte peu à peu à cette évolution. Acquisition des données par lasergrammétrie, photogrammétrie et modélisation 3D font désormais partie des enseignements dès le Brevet de Technicien, témoignant de la progression des usages du numérique dans le métier. Le thème du 43<sup>ème</sup> congrès des géomètres-experts en 2016, « *Dessignons le monde à l'ère du numérique* », indique l'intérêt et l'implication de l'Ordre pour ces problématiques porteuses.

Plutôt qu'une révolution, l'arrivée de la maquette numérique marque une transformation dans la représentation de la réalité. A l'instar du passage du plan papier à la DAO, l'utilisation de l'outil 3D apporte une dimension nouvelle à la profession de géomètre, capable de rassembler en un seul objet l'essentiel des données relatives à un bâtiment et nécessaires dans toutes ses phases de vie, de la conception à la démolition. Le rédacteur du rapport de la Mission Numérique du Bâtiment traduit cette réflexion ainsi : « *La maquette sera le support de la conception, de l'aménagement, de la rénovation sur un bien foncier grevé de servitudes de droit public et privée, qu'il convient d'identifier précisément au regard de la densification urbaine et du caractère inviolable du droit de propriété. Elle servira également de base pour la création de biens fonciers, parcelles, lots de copropriété, volumes, que le géomètre-expert devra décrire et garantir, si possible en tant qu'acteur du BIM.* »

À terme, les référentiels fonciers et juridiques seront intégrés dans la maquette numérique. Celle-ci permettra de visualiser les règles à respecter et se comportera comme un outil pédagogique pour les différents acteurs du projet. Outre la visualisation directe, la possibilité d'extraire des informations et des rendus statiques sur l'actualité des contraintes, ainsi que leur respect, participe à la valeur ajoutée de l'outil. Cette évolution permettra d'alléger la mission et le coût des audits externes du projet. Cette supervision des contraintes en amont du projet rentre totalement dans le cadre de la garantie des performances promise par le BIM<sup>22</sup>.

### I.2.2. Le volume juridique capable

Le Volume Juridique Capable (VJC), défini par le groupe Gexpertise, traduit l'idée de l'identification d'un périmètre de travail dans l'espace capable et délimite une « boîte » dans laquelle s'inscrit le projet. Toutes les caractéristiques inhérentes à celui-ci et à son environnement y sont incluses, telles que :

- Topographie : dimension exacte, localisation précise, relief et éléments remarquables,
- Limite de propriété : bornage et mitoyenneté,
- Servitudes : publiques et privées.

<sup>21</sup> DELCAMBRE B., 2014, rapport de la Mission Numérique du Bâtiment (p.9)

<sup>22</sup> PELEGRIN F., 2016

Éric MALENFER, vice-président de BIM-France et responsable de la cellule BIM chez Gexpertise, exprime ainsi l'importance de la définition du Volume Juridique Capable, à la fois pour le projet et les acteurs :

*« La notion de délimitation. Les projets, quelle que soit leur granulométrie (du territoire jusqu'à la pièce d'un étage d'un immeuble), requièrent l'identification d'un périmètre de travail dans l'espace (Volume Juridique Capable). L'observation a toujours été le préalable des projets. Ce qui par le passé était noyé dans l'épaisseur du trait est aujourd'hui confronté à des précisions de conception initiale, qui requièrent plus que jamais de savoir dépenser le temps et l'argent suffisant à la connaissance de la « boîte » dans laquelle s'inscrit le projet. Les caractéristiques de l'objet volume ainsi identifiées seront autant d'attributs qui se prêteront à une exploitation numérique (attributs géométrique, physiques, réglementaires, contractuels, sociaux, etc.).*

*La constitution de ce VJC impose un peu d'investissement de départ au maître d'ouvrage mais constitue une condition sine qua non de facteur clé de succès pour la baisse en coût global. »<sup>23</sup>*

L'intérêt de définir ce volume se justifie par le gain de temps et en termes de coûts pour les concepteurs et les décideurs. Il s'agit de structurer une information pour la rendre compréhensible par un tiers non-initié. Cette information doit être ensuite qualifiée, certifiée et garantie<sup>24</sup>, ce qui permet de vérifier le respect de l'ensemble des réglementations en vigueur.

### 1.2.3. Visualiser la contrainte

Différentes études sur la faisabilité et la pertinence de la création d'un cadastre 3D ont été effectuées ces dernières années<sup>25</sup>. Elles mettent l'accent sur les bénéfices liés à la visualisation 3D des bâtiments et de leur environnement dans le cadre des démarches d'autorisation à construire. Pour l'instant en France, le cadastre ne reflète que la réalité fiscale des propriétés et ne possède aucune valeur juridique. La précision des limites qui y sont matérialisées n'est en aucun cas garantie.

En France, le premier permis de construire 3D a été délivré en 2016. L'idée d'un permis de construire en 3D rejoint l'un des objectifs primordiaux du BIM : la compréhension renforcée du bâtiment et de son environnement. La transparence de l'information mène à une plus grande confiance entre les acteurs. Les deux conjuguées garantissent des performances tout au long de la vie du projet. L'acte essentiel du permis de construire en 3D est de montrer à chaque acteur les données essentielles, afin qu'il comprenne le projet et qu'il puisse exercer en confiance sa mission<sup>26</sup>. Les distances séparant les bâtiments sont modélisées sous forme de volume, comme l'illustre la figure 6 ci-dessous, fournie par François PELEGRIN.

Cette modélisation de la contrainte dans un volume de constructibilité peut prendre plusieurs formes, selon des échelles différentes :

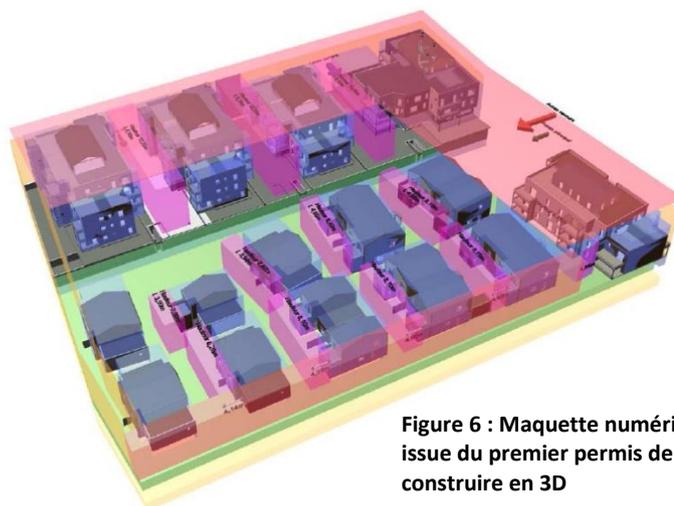


Figure 6 : Maquette numérique issue du premier permis de construire en 3D

<sup>23</sup> MALENFER E., 2016

<sup>24</sup> WAECKERLE B., 2016

<sup>25</sup> GIVORD, 2012

<sup>26</sup> PELEGRIN F., 2016

- La modélisation directement sur le bâtiment des contraintes comme les servitudes de vues ou de passages, qui sont directement reliés à la structure de l'édifice. Ce sont essentiellement les restrictions de droit privé qui sont concernées.
- La création d'un gabarit représentant le volume constructible réel du fonds, comprenant les restrictions de droit privé et public (les contraintes d'urbanisme par exemple)
- La création d'un environnement numérique tridimensionnel autour du projet, avec les éléments tels que le MNT, les limites parcellaires, les bâtiments environnants, la végétation, etc. En représentant une zone complète, le géomètre participe à la réflexion sur l'implantation du projet dans son environnement et l'appréhende dans une échelle globale.

Cependant, l'intérêt de modéliser en 3D toutes les données foncières relatives à l'établissement d'un volume de constructibilité est discutable. Certaines données foncières ne possèdent pas de caractéristiques altimétriques définies. Par exemple, une distance minimale d'implantation par rapport à un monument historique ne possède pas de hauteur limite et s'applique à l'ensemble des parcelles concernées. Certaines contraintes, notamment issues du droit privé, ne caractérisent pas l'assiette volumétrique de leur emprise, comme certaines servitudes de passage. Sans définition préalable, la modélisation de cette restriction par un volume est problématique. Une simple matérialisation de l'assiette de ces contraintes en 2D peut s'avérer à la fois plus simple à effectuer pour le géomètre, et plus simple à comprendre pour un tiers.

Ainsi le terme même de « volume » juridique capable ou « volume » de constructibilité est sujet à caution. On préférera le terme de gabarit de constructibilité.

#### **I.2.4. Valeur qualitative et juridique des données**

##### **I.2.4.1. Des données fiables**

La valeur ajoutée d'une maquette numérique réside dans son renseignement sémantique et attributaire. Le géomètre est l'un des premiers acteurs à intervenir sur ce type de chantier, son rôle dans l'ajout d'information est primordial. Les données incluses dans la maquette doivent être pertinentes, lisibles et fiables afin de bénéficier au plus grand nombre et d'amener aux meilleures décisions.

- Pertinence : Lors de l'ajout des données dans la maquette, le choix de ces dernières est important. Le professionnel qui renseigne le modèle BIM doit trouver un optimum entre une information exhaustive et une information nécessaire. Sachant que la maquette est accessible à tous les acteurs du projet, certaines informations sensibles ne doivent et ne peuvent pas être libre d'accès. Le protocole BIM signé en amont doit prendre en compte ces spécificités.

- Lisibilité : Plus d'informations peut gêner la compréhension. Bien structurer les données ajoutées, imaginer qu'elles seront lues par des tiers non-initiés et donc les rendre les plus clairs et lisibles possible s'avère indispensable pour travailler de manière intégrée. La question de la norme ou des recommandations vue en *section 1.2* quant à la représentation des données juridiques ou foncières trouve ici un écho : chaque cabinet de Géomètre-Expert commence à modéliser ces informations d'une manière qui leur est propre, sans uniformisation.
- Fiabilité : Il est important de dater les données et d'indiquer leurs sources, afin de pouvoir s'appuyer dessus en toute connaissance de cause, et ce en particulier lorsqu'il s'agit de données à valeur juridique, qui ont un véritable impact sur la notion et la définition de la propriété.

#### I.2.4.2. La protection des données personnelles

Le Règlement européen 2016/679 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données, en vigueur depuis le 27 avril 2016, sera applicable au 25 mai 2018. Il implique un changement majeur dans la définition des données personnelles, en les identifiant comme « *toute information se rapportant à une personne physique identifiée ou identifiable* »<sup>27</sup>. Le qualificatif « *identifiable* » se réfère à une personne physique qui peut être identifiée directement ou indirectement.

La création d'une maquette numérique renseignée implique à terme l'ajout d'informations à caractère personnel, dans un objet collaboratif susceptible d'être utilisé par tous les corps de métier de la construction participant à son élaboration, et ce sur la totalité du cycle de vie du bâtiment. Ces informations peuvent provenir de deux sources :

- D'une part, l'utilisation du scanner 3D et la création d'un nuage de points pour la matérialisation du bâtiment révèlent des informations personnelles sur les habitants, qui accueillent les géomètres dans l'intimité de leurs domiciles. Ces informations, figées dans le nuage de points, peuvent renseigner sur leur âge ou leur genre, leur appartenance religieuse, etc.
- D'autre part, des indications sensibles sont délivrées par leur intégration dans la maquette en tant que données complémentaires, notamment dans le cas des divisions en volumes et copropriété. Les informations sémantiques liées à chaque volume ou surface renseignée, comme par exemple le nom du propriétaire du lot, son adresse ou son contact, restent accessibles.

La définition en amont de l'usage fait des informations renseignées dans la maquette doit être incluse dans le document contractuel du BIM, et en particulier concernant les données sensibles et personnelles. Une réflexion sur les restrictions d'accès aux données doit être menée en parallèle.

---

<sup>27</sup> Article 4 du Règlement européen 2016/679

### I.2.4.3. Le statut juridique de la maquette numérique

Le développement de la 3D pose inévitablement la question l'interprétation de la loi. Bien que celle-ci soit immatérielle, considère-t-elle son application dans un environnement 2D ou 3D ? Ce sujet a été développé par M. PERINET-MARQUET lors du 43<sup>ème</sup> Congrès de l'OGE en 2016, et entre en résonnance avec les transformations que vit la profession.

D'après les textes de loi, et notamment le Code civil, la propriété est analysée implicitement en 3D. Si l'article 518 considère que « *les fonds de terre et les bâtiments sont immeubles par nature* », donnant à penser une différence entre les biens en 2D (les fonds de terre) et ceux en 3D (les bâtiments), l'article 552 dispose que « *la propriété du sol emporte la propriété du dessus et du dessous.* », englobant de ce fait la propriété dans un volume allant du centre de la Terre à l'infini (en théorie).

Cette notion de propriété tridimensionnelle a trouvé un écho dans la mise en œuvre de la division en volumes. Le début d'une visualisation explicite du volume apparaît dans le droit avec l'article 28 de la loi de 1965, modifié par la loi ALUR, qui prend en compte la division en volume des immeubles (cf. section II). Dès lors, le géomètre fait face à la difficulté de faire vivre une réalité 3D dans des documents en 2D. Lors des divisions en volume, le professionnel se voit dans l'obligation de multiplier les documents graphiques, plans et coupes, afin d'illustrer le découpage volumétrique souvent incompris par les néophytes.

La convergence entre précision de la mesure spatiale et modélisation 3D induit un gros potentiel de développement pour la profession, qui a tout intérêt à participer à une définition du droit en 3D, de manière explicite, afin d'éviter tout conflit d'interprétation.

La maquette numérique est un outil pour représenter la réalité, au même titre que le plan topographique ou le croquis. A ce jour, rien n'empêche le géomètre de l'utiliser comme support pour matérialiser les limites de propriétés, tant que les sommets et interprétations des points sont exacts. On note cependant des restrictions pour certains travaux, notamment dans la définition de la copropriété. La loi du 10 juillet 1965 dispose à son article 5 que « *Dans le silence ou la contradiction des titres, la quote-part des parties communes afférente à chaque lot est proportionnelle à la valeur relative de chaque partie privative par rapport à l'ensemble des valeurs desdites parties, telles que ces valeurs résultent lors de l'établissement de la copropriété, de la consistance, de la superficie et de la situation des lots, sans égard à leur utilisation.* » Dans la maquette le professionnel devra prendre garde de travailler en 2D pour la définition des lots, et non pas avec la notion de volume.

La traçabilité des informations présentes reste essentielle pour garantir la responsabilité du professionnel. Leur origine, leur auteur et la date effective de chaque donnée doit être garantie. En aucun cas le géomètre ne saurait être responsable d'élément ajouté ou modifié a posteriori.

### I.3. DU BIM AU SIG

Le BIM et le SIG (Système d'Informations Géographiques) possèdent de nombreuses caractéristiques communes, en particulier leur objectif de matérialiser à leur échelle toutes les données relatives à leurs structures (bâtiment et/ou territoire). La volonté de renseigner ces deux systèmes d'informations implique à terme une rencontre et une complémentarité entre eux. L'un comme l'autre cherche à modéliser des informations autour d'un projet ou d'un territoire, permettant à terme d'analyses poussées autour des problématiques liés à ces projets.

#### I.3.1. Différences, convergence et complémentarité

Le développement du BIM et du SIG se font en parallèle, même si l'arrivée du BIM dans la construction fut plus récente. La croissance des performances informatiques et les nouveaux procédés de géoréférencement des objets ont permis de satisfaire le besoin de rassembler un nombre important d'informations, que ce soit à l'échelle d'un bâtiment (BIM) ou celle d'un territoire (SIG)

Ces deux procédés s'appuient sur le même type de données, appelées géodonnées ou géoinformations. Elles se composent :

- d'une composante géographique : géométrie (ligne - point - surface), position géographique (coordonnées, adresses, etc.), relations entre objets (topologie), représentation cartographique,
- d'une composante attributaire : description sémantique des objets, légende, base de données.

Malgré tout, de nombreuses divergences apparaissent entre BIM et SIG, mises en avant par Pascal OEHRLI et Laurent NIGGELER<sup>28</sup> :

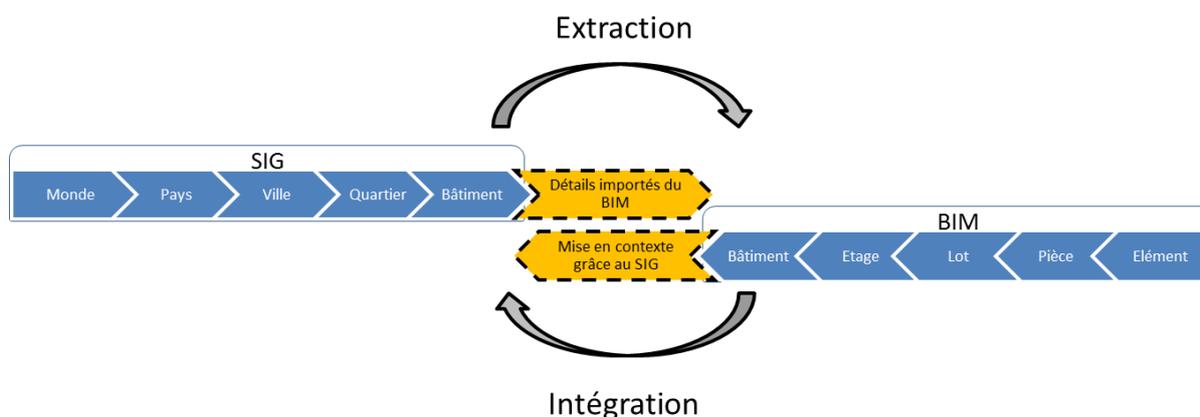
SIG	BIM
- Orientation territoire	- Orientation locale – projet
- Vue générale ou globale	- Vue précise et détaillée
- Horizon temporel permanent	- Horizon temporel limité
- Relations spatiales	- Cycle de vie du projet ou du bâtiment
- Croisement multi-thèmes	- Nombreuses versions disponibles
- Analyses et représentations thématiques	- Coordination multi-métiers
- Diffusion et visualisation	

Figure 7 : Divergences entre les systèmes SIG et BIM

Le tableau ci-dessus (figure 7) offre un panel des différences entre ces deux systèmes, qui tournent en particulier autour de l'échelle sur laquelle ils s'appuient, la question temporelle et la coordination de ces informations.

<sup>28</sup> Système d'Information du Territoire de Genève (SITG), *Journée dédiée à la convergence entre SIG et BIM*, Quinzaine de l'Urbanisme, 2016

Néanmoins, la complémentarité entre ces deux systèmes d'informations est pertinente. L'extraction des données issues d'un SIG permet de mettre en contexte des informations détaillées modélisées dans un projet BIM, comme l'illustre la figure 8.



**Figure 8 : Convergence entre le BIM et le SIG (d'après SITG)**

A l'instar de cette convergence, la volonté de modéliser dans une maquette numérique des informations liées à l'environnement du projet, qu'elles soient topographiques, juridiques ou foncières, s'inscrit dans le processus de visualisation de la maquette dans une échelle territorialisée, en y intégrant des données relatives à des éléments externes, pour des fins de d'analyses et de visualisation plus fines. Cette complémentarité entre en résonance avec les demandes du secteur du BTP. Le SIG peut apporter un contexte géographique et environnemental au projet, notamment dans les phases d'avant-projet. A l'inverse, les données présentées dans les modèles BIM sont détaillées et structurées. Outre le secteur de la construction, les gestionnaires de biens sont également friands d'une telle interopérabilité, qui permet d'obtenir un modèle à l'échelle d'un macro-espace<sup>29</sup>.

### 1.3.2. La maquette numérique urbaine

Afin de capitaliser sur ces complémentarités et d'intégrer encore plus d'informations dans ces deux systèmes, la tentation est forte de vouloir les coupler afin de fonder une seule et unique maquette possédant toutes les caractéristiques inhérentes à un projets, dans un territoire donné.

La maquette numérique urbaine est née de cette volonté. L'opportunité d'une connaissance renforcée des territoires est portée par l'interaction entre les données géographiques et les renseignements liés à l'occupation du sol. Plusieurs essais de modélisation de maquette numérique urbaine ont vu le jour en France et à l'étranger, notamment les projets Terra Magna (IGN), Santiago Des3aDo (Chili) ou encore la maquette numérique urbaine (MNU) du canton de Genève.

En l'espèce, et même si les pouvoirs publics français s'intéressent de plus en plus à la question, persuadés de l'avantage procuré par une telle modélisation, la Suisse possède plusieurs longueurs

<sup>29</sup> FODOR X. (2016)

d'avance sur les autres pays européens en termes de MNU. Outre la modélisation complète du canton de Genève, les pouvoirs publics helvètes ont développé un cadastre 3D possédant toutes les informations liées aux restrictions d'ordre public (Cadastre RDPPF – Restrictions du Droit Public à la Propriété Foncière). Cet outil permet de visualiser ces contraintes directement sur le territoire et de les anticiper lors de l'élaboration d'un projet de construction.

Concernant les maquettes numériques urbaines, le format de données privilégié par les exploitants s'intitule CityGML, développé en open source. De nombreux liens peuvent être faits entre ce format, le SIG et le BIM, même si les développeurs de logiciels propriétaires ne permettent pas encore d'intégrer facilement des données d'un système vers un autre. Par exemple, le logiciel Revit ne propose pas d'insérer des données SIG dans une maquette. Il faut modéliser au fur et à mesure, à la main, les informations nécessaires à intégrer. En contrepartie, certains logiciels développés par Autodesk, comme InfraWorks, supportent l'apport d'une modélisation numérique effectuée sous Revit dans leur MNT (Modèle Numérique de Terrain).

Actuellement, les rivalités entre développeurs, le manque d'interopérabilité entre les formats et le poids de telles maquettes freinent le développement de modèles numériques urbains détaillés, qui intégreraient toutes les données relatives aux bâtiments et à leur environnement. La question de l'interopérabilité entre les deux systèmes pose problème. Actuellement, l'intégration d'un système vers un autre ne se fait pas sans heurts, et implique de passer par plusieurs logiciels, augmentant ainsi la possibilité d'une perte d'information. Le processus d'assimilation d'une maquette BIM dans un environnement SIG décrit par S. MAGNARD dans son étude de 2016 illustre ces difficultés, avec notamment l'obligation de transformer le modèle numérique via une application ETL spatiale (Extract, Transformation, Load) comme par exemple FME (Feature Manipulation Engine). La fusion du BIM et du SIG est un sujet complexe, d'autant que l'interopérabilité entre les différentes solutions BIM est loin d'être acquise.

Quand bien même une telle synthèse arriverait, la notion de précision de la donnée dans la MNU serait primordiale, en particulier pour le géomètre.

Pour conclure cette première partie, le cabinet Renfer & Venant s'est lancé en 2015 dans la modélisation 3D et la création de maquettes numériques en ouvrant un pôle dédié au BIM. Jusqu'à présent, l'utilisation de la méthode dite du « scan to BIM » (relevé des bâtiments au scanner, assemblage des nuages de points et modélisation dans Revit) est privilégiée, mais la modélisation est également possible à partir de plans en 2D. Les premiers retours clients ainsi que le travail enrichissant avec les autres intervenants sur les projets ont permis de pérenniser ce pôle.

Face à l'intérêt croissant des clients pour le BIM, le cabinet Renfer & Venant a décidé de former plusieurs techniciens à l'utilisation du logiciel Revit afin d'être en capacité de répondre rapidement et efficacement aux futurs projets. Dans cette optique, l'idée d'apporter une plus-value aux maquettes numériques en y incluant des données juridiques et foncières afin d'anticiper les demandes est pertinente.

## II. RENSEIGNER LA MAQUETTE NUMERIQUE DANS LE CADRE D'UNE DIVISION EN VOLUME

Les géomètres-experts sont les professionnels qui rédigent les États Descriptifs de Division en Volumes (EDDV) dans le cadre d'une division en volumes. Leur double compétence, entre science de la mesure et droit, les rend indispensables pour ces travaux. Le travail en trois dimensions semble particulièrement pertinent dans le cadre d'une division volumétrique. Le cabinet Renfer & Venant souhaite automatiser le processus de renseignement de ses maquettes numériques. Cette modélisation concerne essentiellement la création de volumes possédant des qualités sémantiques suffisantes pour rédiger un EDDV. Il ne s'agit pas de modéliser la division en volumes dans la maquette, mais d'utiliser cette dernière pour générer tous les documents nécessaires à la création de volumes dédiés.

### II.1. UTILISATION ACTUELLE DE LA DIVISION EN VOLUME

#### II.1.1. Définition

La division en volumes fait référence à la loi n° 65-557 du 10 juillet 1965, qui concerne la copropriété, et à l'article 553 du Code civil. La loi ALUR<sup>30</sup> est venue modifier l'article 28 de la loi du 10 juillet 1965 en permettant la scission de copropriété en volumes. Le développement de la division en volumes est intervenu principalement pour permettre les imbrications dans le cadre de la construction d'ensembles immobiliers complexes, ainsi que dans le cadre du rejet des contraintes inhérentes au statut de la copropriété.<sup>31</sup>

La division en volumes intervient lorsqu'il n'existe pas de parties communes entre les lots, ou lorsque des espaces publics et privés cohabitent. De ce fait, la division en volumes permet d'associer des immeubles ayant des régimes juridiques ou des affectations différentes sur une même assiette foncière. Elle organise conventionnellement la séparation entre la propriété du dessus du sol (superficie) et celle du dessous (tréfonds). Ainsi, l'unité foncière est appréhendée dans sa verticalité, en trois dimensions. L'unité de mesure utilisée est donc le mètre cube (m<sup>3</sup>).

Dans la division volumétrique, le droit de propriété s'exerce non sur le sol, mais sur un volume défini selon des cotes planimétriques et altimétriques. Ce volume identifié par des coordonnées immuables est un immeuble par nature, lequel fait l'objet d'une appropriation et peut être cédé, hypothéqué, grevé de servitudes ou donné à bail à construction. Chaque volume constitue ainsi une propriété distincte, laquelle peut, le cas échéant, inclure une copropriété.

#### II.1.2. En pratique

La division en volumes trouve son origine avec le développement du quartier de La Défense en région parisienne. La multiplication des ouvrages de grande hauteur, ainsi que l'imbrication des différents propriétaires (privés, publics) ont mis en exergue le besoin d'adapter la pratique à la notion de propriété du sol. L'idée de diviser la propriété en volume s'explique par la densification de la ville et la multiplication des usages. Ainsi une même parcelle peut accueillir du public en souterrain

<sup>30</sup> Loi pour l'Accès au Logement et un Urbanisme Rénové

<sup>31</sup> VALARD O. (2016)

(exemple du métro), en surface (exemple d'une rue) et en hauteur (exemple de l'Arche de la Défense)

Une division en volumes impose la rédaction d'un État Descriptif de Division en Volumes, d'un Cahier des Charges et des Servitudes (CCS), ainsi que l'établissement d'un organe de gestion.

Chaque volume ainsi défini doit posséder les qualités permettant une parfaite identification des biens concernés : une adresse topographique, une cote NGF – IGN 69 (Nivellement Général de la France), la nature de l'utilisation, et un numéro de volume.

L'EDDV contient une description des volumes et de leurs factions, une définition de leur emprise horizontale et verticale, ainsi que leur affectation, et un rappel des servitudes qui s'appliquent à l'ensemble immobilier (servitudes générales et particulières)

Le CCS fixe les règles de fonctionnement de l'ensemble immobilier, qui s'impose de fait à tous les propriétaires. Il contient à la fois les obligations en matière d'entretien, de réparation et de reconstruction, celles en matière de sécurité, les obligations de destination des lots, mais également les règles liées à la répartition des charges d'entretien des équipements appartenant à l'organe de gestion.

### **II.1.3. Processus actuel**

Actuellement, le processus d'établissement d'une division en volumes au sein du cabinet Renfer & Venant est le suivant :

1. Réflexion et justification de l'établissement d'une division en volumes au détriment de la copropriété,
2. Devis et commande,
3. Relevé et/ou récupération des plans du projet d'architecte,
4. Etablissement de plans topographiques, altimétriques et de coupes,
5. Définition des volumes et des sous-volumes,
6. Contrôle des surfaces,
7. Rédaction de l'EDDV et du CCS.

Si ce processus est pertinent au regard des techniques actuelles, toutes les opérations doivent être recommencées dans le cas où la demande du client change, ou si la division en volumes évolue (création de nouveaux sous-volumes plus adaptés à la réalité du terrain). Une automatisation de cette division et sa modélisation en 3D permettrait de gagner un temps précieux pour sa visualisation et l'établissement de l'EDDV.

## II.2. MODELISATION GEOMETRIQUE ET SEMANTIQUE

### II.2.1. Création d'un volume

#### II.2.1.1. Les familles Revit

Le logiciel Revit, développé par Autodesk, est le leader du marché des programmes de modélisation 3D en France<sup>32</sup>. Largement utilisé par les professionnels de la construction, son interopérabilité avec les autres logiciels Autodesk<sup>33</sup> a décidé les responsables de Renfer & Venant à le privilégier face à ses concurrents<sup>34</sup>. Le processus de modélisation décrit dans les sections II et III est donc entièrement basé sur Revit®.

La puissance de Revit réside dans les familles d'objets disponibles (mur, porte, toit, annotation, etc.) et la possibilité de modifier ou créer celles-ci à l'infini. Une fois créées, elles peuvent être enregistrées, chargées et réutilisées dans n'importe quel projet. Les familles permettent également de contrôler les éléments présentant une utilisation et un comportement semblables, ce qui facilite les modifications de la conception et simplifie la gestion des projets<sup>35</sup>.

#### II.2.1.2. Modéliser un volume

Modéliser une division en volume implique de fabriquer un volume qui prendra la forme et la contenance de l'espace à matérialiser. Dans Revit, la famille correspondant au volume s'intitule *Volume in situ*. Elle permet créer des éléments originaux, et de modifier le contour de la forme de base, son élévation et de transformer les arêtes de l'objet. Les formes peuvent être pleines ou vides, ce qui permet d'effectuer des extrusions au sein même d'un volume. L'outil volume est à l'origine utilisé pour modéliser des formes de bâtiments afin de calculer des études volumiques et en particulier dans les phases d'avant-projet, ou pour la création de famille d'objets conceptuels.

La difficulté principale réside dans le fait que cet outil n'est fondamentalement pas prévu pour l'utilisation que l'on veut en faire pour la modélisation d'une division en volume. Même s'il offre une grande liberté dans la modélisation, celle-ci s'avère difficile à maîtriser, en particulier pour les volumes ayant des formes complexes. Leur création peut être laborieuse et chronophage, loin de l'automatisation souhaitée. Dans l'idéal, il faudrait pouvoir sélectionner les pièces et éléments à inclure dans un volume, quitte à préciser *a posteriori* les limites exactes de celui-ci, et non pas modéliser le volume sur les éléments de la maquette. L'annexe 1 décrit en détail le procédé de création des volumes.

La figure 9 illustre une division en volume matérialisée sous Revit, avec par exemple en vert la partie dédiée au logement et en rose celle allouée au commerce dans le cadre de cet immeuble mixte. L'imbrication des deux volumes est particulièrement visible sur l'image de droite.

---

<sup>32</sup> Environ 90% du marché

<sup>33</sup> En particulier Autocad®

<sup>34</sup> On peut citer Allplan® et Archicad®

<sup>35</sup> D'après Autodesk

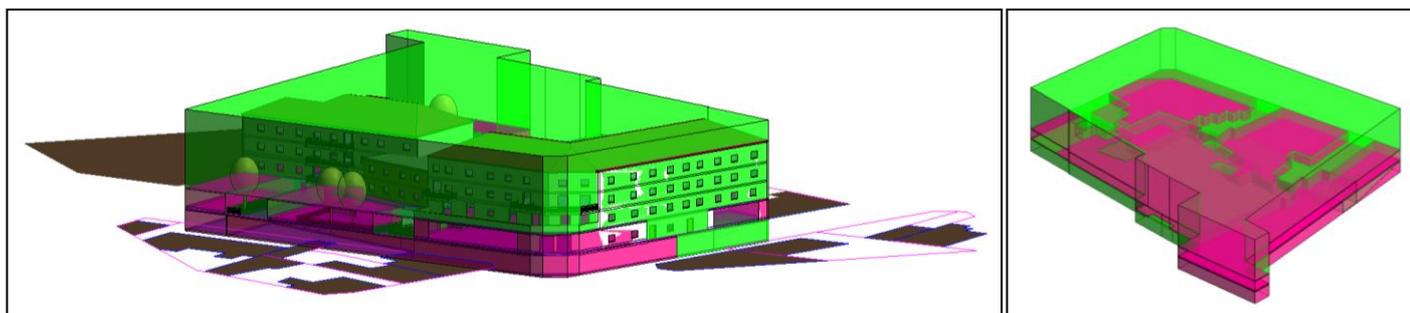


Figure 9 : Exemple de modélisation d'une division en volumes

### II.2.1.3. Géoréférencement du volume

Comme indiqué en ci-dessus, le géoréférencement est une étape essentielle de la division en volumes, qui précise la position tridimensionnelle de chaque volume. Plus largement, la Directive européenne INSPIRE a instauré en 2007 un cadre qui « vise [...] à établir une infrastructure d'information géographique dans la communauté européenne [...] »<sup>36</sup>. L'objectif de mettre à disposition de grand public les données géographiques des territoires de l'Union Européenne (UE) a été transposé en droit français par l'adoption du décret n°2006-272 du 3 mars 2006, qui impose la transmission de ces données dans le système de géoréférencement légal aux services de l'État, aux collectivités territoriales et aux entreprises chargées de l'exécution de services et leur accès public.

Dans le cadre de charte d'engagement des géomètres-experts en faveur du développement et de l'aménagement durable signée par l'OGE en 2008, l'idée d'un référencement automatique des travaux fonciers<sup>37</sup> a émergé, pour se concrétiser par l'ouverture du portail Géofoncier le 1<sup>er</sup> juillet 2010. Géofoncier compte comme la première Infrastructure nationale de Données Spatiales (IDS) mise en place par une profession libérale en France, les géomètres-experts faisant figure de précurseurs dans ce domaine.

Dès lors, deux possibilités ont émergé pour géoréférencer les volumes dans Revit :

- **L'usage des niveaux**

Le logiciel Revit permet de géoréférencer facilement des points précis de la maquette grâce à sa fonction « coordonnées ». Les points peuvent être renseignés à plusieurs étapes de la création de la maquette, soit dès l'insertion d'un semis de points topographiques pour générer un Modèle Numérique de Terrain (MNT), soit par l'ajout *a posteriori* de coordonnées planimétriques et/ou altimétriques à un point sélectionné. La fonction « Site » du logiciel permet de renseigner un point de base du projet ainsi qu'un point topographique, qui géoréférence la maquette. Des contrôles et récolements sur le terrain sont nécessaires afin d'assurer un géoréférencement précis.

<sup>36</sup> Article 1<sup>er</sup> de la Directive 2007/2/CE du 14 mars 2007 établissant une infrastructure d'information géographique dans la Communauté européenne (INSPIRE)

<sup>37</sup> Engagement n°6 de la Charte d'engagement des géomètres experts en faveur du développement et de l'aménagement durables

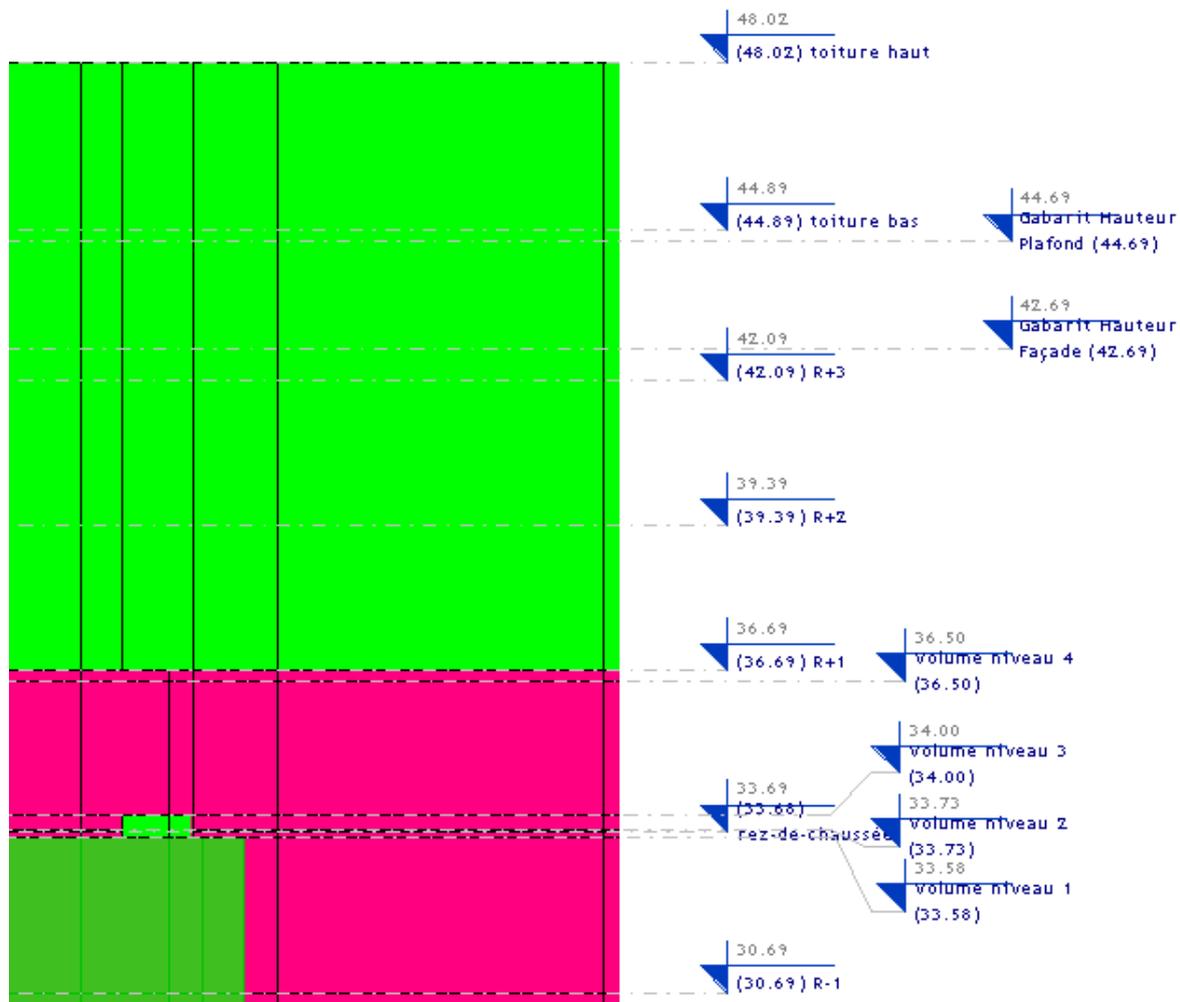


Figure 10 : Volumes géoréférencés grâce à leur niveau

Une fois les points de géoréférencement connus, il est possible de caler la maquette et l'ensemble du projet sur ceux-ci. Ainsi les niveaux du bâtiment s'ajusteront automatiquement avec leur altitude NGF, comme le montre la figure 10.

Cependant, le logiciel Revit ne permet pas d'afficher automatiquement les altitudes des volumes, ni leur hauteur depuis leur base. Si leurs coordonnées altimétriques peuvent être déduites depuis la vue en élévation, elles n'apparaissent pas d'office dans les propriétés du volume. Il est possible de les renseigner en utilisant les outils d'annotation « cote de coordonnée » et « cote d'élévation » pour connaître ces informations, mais celles-ci ne sont pas prise en compte dans les nomenclatures Revit. Ainsi il faut entrer ces données une par une comme attribut sémantique de chaque item.

#### ○ Le programme Dynamo

Dynamo est un logiciel de programmation visuel gratuit et open source qui peut être rajouté à Revit. Plutôt simple d'utilisation, il permet de développer des applicatifs qui apportent une plus-value au logiciel Autodesk et d'automatiser certains processus non pris en compte par Revit. Afin de pallier les problèmes de géoréférencement des volumes, un programme permettant d'automatiser cette action

et d'afficher les altitudes inférieures et supérieures directement dans les propriétés des volumes, exportable ensuite dans une nomenclature peut être développé.

La mise en œuvre de ce petit programme, illustré ci-dessous par la figure 11, se traduit par les étapes suivantes :

1/ Créer les paramètres Cote NGF inférieure et Cote NGF supérieure dans les paramètres de projet Revit, en les ajoutant à la famille Volume

2/ Dans Dynamo, créer un applicatif en reliant :

- Tous les éléments de la catégorie volume,
- Les nouveaux paramètres de cotation altimétrique créés précédemment,
- Les paramètres géométriques des volumes :
  - o Les coordonnées du point de base du projet (Base Point) sont soustraits (-) aux coordonnées du point topographique (Survey Point),
  - o Ils sont ensuite ajoutés (+) aux points maximum et minimum de la forme volumique,
  - o Ces deux actions définissent les valeurs altimétriques du volume et sont ajoutés aux nouveaux paramètres.

3/ Lancer l'applicatif après avoir renseigné le point de base topographique et le point de base du projet et après avoir créé les volumes.

Les cotes NGF inférieures et supérieures seront alors automatiquement renseignées directement dans les paramètres des volumes, et pourront dès lors être extraites dans une nomenclature, qui peut ensuite s'exporter sous format Excel pour définir la division en volume.

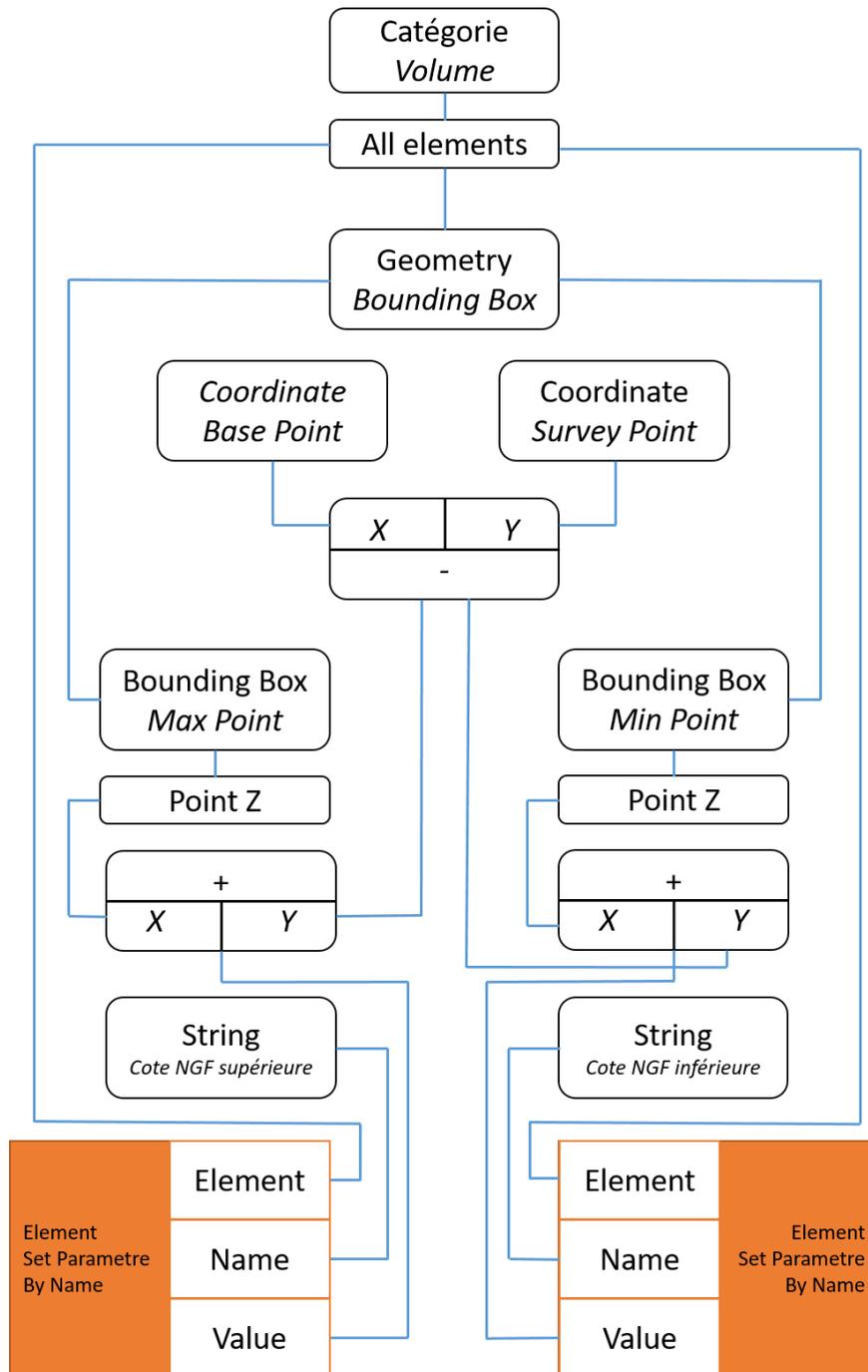


Figure 11 : Structure de l'applicatif Dynamo pour géoréférencer un volume sous Revit

### II.2.2. Renseignement sémantique

Outre la modélisation tridimensionnelle et l'aspect visuel qu'elle apporte, la plus-value d'une maquette BIM réside dans l'information sémantique qu'elle contient. Chaque propriété renseignée apporte des informations accessibles pour tous les intervenants dans le projet.

### II.2.2.1. Définition des paramètres nécessaires

A l'instar de la rédaction d'un EDDV classique, il convient de définir les paramètres nécessaires à la création de volumes renseignés dans une maquette. Ceux-ci seront ajoutés directement dans les propriétés des volumes, afin que toutes les informations inhérentes à la division soient disponibles en un seul et même endroit. A partir des EDDV réalisés par le cabinet, les éléments suivants sont utilisés :

- Numéro de volume (ex. volume 1, volume B, etc.),
- Fraction du volume (ex. 1a, 1b, B1, etc.),
- Destination (ex. logement, commerce, etc.),
- Niveaux (étage),
- Servitudes pouvant grever le volume : n° de servitude, type de servitude, fonds dominant, fonds servant (ex. *servitude A de passage grevant le volume 1 au profit du volume 2*),
- Surface au sol,
- Cote NGF inférieure,
- Cote NGF supérieure.

Contrairement aux autres paramètres, la surface est déjà incluse dans les propriétés des volumes, il n'y a pas lieu de créer un item original pour la calculer. Cependant, il faut faire attention car la propriété « superficie brute » que l'on trouve dans Revit correspondant à la superficie totale de toutes les faces du volume. Il convient de prendre en compte uniquement la propriété « surface au sol brute » qui correspond à l'emprise au sol du volume. Il est possible de moduler cette emprise en sélectionnant les différents niveaux disponibles dans la propriété « sols de volumes ».

### II.2.2.2. Intégration des paramètres dans les volumes

L'outil *volume in situ* de Revit permet de modéliser facilement en 3D, mais n'est pas dédié à la création de volumes renseignés. Le plus simple est de créer une famille de volume spécifique, comprenant tous les paramètres voulus, et de l'intégrer par la suite dans le projet. Le logiciel Revit ne permet pas de créer une famille de volume qui soit ensuite modifiable une fois chargée dans le projet. Cependant, la définition des *paramètres du projet* autorise l'ajout de paramètres personnalisés pour les familles système de Revit. Ils se retrouveront automatiquement dans les propriétés des volumes créés in situ dans le projet, et pourront être renseignés directement item par item. L'annexe 1 précise les modalités de cette manœuvre. Ainsi, les paramètres nécessaires à la constitution d'un EDDV peuvent être rajoutés aux volumes de la maquette, et apparaîtront dans les nomenclatures.

Si l'objectif d'automatisation concernant la création des volumes renseignés n'est pas totalement atteint, la valeur ajoutée de Revit réside dans l'utilisation et l'assemblage des données contenues dans la maquette.

### II.2.2.3. Interpréter les données sémantiques

Revit est considéré comme un logiciel de modélisation 3D mais surtout comme un gestionnaire de bases de données. Chaque élément renseigné est susceptible d’être filtré, trié et mis en relation avec d’autres objets, afin de créer une maquette intelligente. Les nomenclatures générées par l’interface fournissent des vues tabulaires regroupant l’ensemble des éléments utilisés dans la maquette en temps réel. Toute modification sur un objet sera automatiquement mise à jour dans la nomenclature.

Pour une division en volume, les nomenclatures sont capables de croiser les informations et de créer des tableaux rassemblant l’ensemble des données contenues dans les volumes, et de les importer directement dans l’EDDV sous format Excel, ainsi que l’illustre la figure 12 suivante.

<Volumes division>							
A	B	C	D	E	F	G	H
N° de Volume	Fraction de volume	Destination	Niveau/Etage	Servitude	Surface au sol brute	Cote NGF inférieure (en m)	Cote NGF supérieure (en m)
1	1a	Commerce	sous-sol	oui	1560.11 m <sup>2</sup>	sans limite de profondeur	33.58
2	2a	Logement	sous-sol	non	1085.04 m <sup>2</sup>	sans limite de profondeur	33.58
sous-sol					2645.15 m <sup>2</sup>		
1	1b	Commerce	rez-de-chaussée	oui	2277.40 m <sup>2</sup>	33.58	33.68
1	1c	Commerce	rez-de-chaussée	non	2241.83 m <sup>2</sup>	33.68	33.73
1	1d	Commerce	rez-de-chaussée	non	2304.09 m <sup>2</sup>	33.73	34.00
1	1e	Commerce	rez-de-chaussée	non	2311.55 m <sup>2</sup>	34.00	36.50
1	1f	Commerce	rez-de-chaussée	non	2130.39 m <sup>2</sup>	36.50	36.69
2	2b	Logement	rez-de-chaussée	non	117.65 m <sup>2</sup>	33.58	33.68
2	2c	Logement	rez-de-chaussée	non	96.77 m <sup>2</sup>	33.58	36.50
2	2d	Logement	rez-de-chaussée	non	145.78 m <sup>2</sup>	33.58	36.69
2	2e	Logement	rez-de-chaussée	non	7.46 m <sup>2</sup>	33.58	34.00
2	2f	Logement	rez-de-chaussée	non	153.22 m <sup>2</sup>	33.68	33.73
2	2g	Logement	rez-de-chaussée	non	90.96 m <sup>2</sup>	33.73	36.69
2	2h	Logement	rez-de-chaussée	non	171.48 m <sup>2</sup>	36.50	36.69
2	2i	Logement	rez-de-chaussée	non	43.94 m <sup>2</sup>	36.50	36.69
2	2j	Logement	rez-de-chaussée	non	37.02 m <sup>2</sup>	36.50	36.69
2	2k	Logement	rez-de-chaussée	non	15.27 m <sup>2</sup>	36.50	36.69
2	2l	Logement	rez-de-chaussée	non	10.23 m <sup>2</sup>	36.50	36.69
rez-de-chaussée					12155.03 m <sup>2</sup>		
2	2m	Logement	Etage 1 + étages supérieurs	non	2645.04 m <sup>2</sup>	36.69	sans limite de hauteur
Etage 1 + étages supérieurs					2645.04 m <sup>2</sup>		
Total général: 19					17445.21 m <sup>2</sup>		

Figure 12 : Extrait d'une nomenclature résumant les données nécessaires pour établir un EDDV

Le calcul des tantièmes directement dans Revit® est également possible en prenant en compte les surfaces des volumes renseignés.

### II.2.3. Processus proposé

L’automatisation du processus de division en volume dans une maquette permet de proposer un processus d’établissement, illustré par la figure 13. Les relevés, qu’ils soient effectués grâce à un scanner laser 3 ou par les méthodes de levé au tachéomètre, sont la base de la création d’une maquette numérique géoréférencée. Sur celle-ci, le géomètre vient modéliser les différents volumes issus de la division. Revit permet de choisir exactement où viennent se positionner ces volumes (altimétrie, niveau sur les dalles, nu intérieur, nu extérieur ou à l’axe pour les murs, etc.) selon les choix fait par le géomètre. Celui-ci les renseigne sémantiquement et peut ainsi créer une nomenclature reprenant tous les éléments pertinents relatifs à la division. Un contrôle permet de s’assurer de l’exactitude du partage volumique. L’export de la nomenclature accélère leur intégration

dans l'EDDV. De plus, les volumes ainsi modélisés dans la maquette numérique sont un atout pour mieux visualiser la division, en particulier dans les cas complexes.

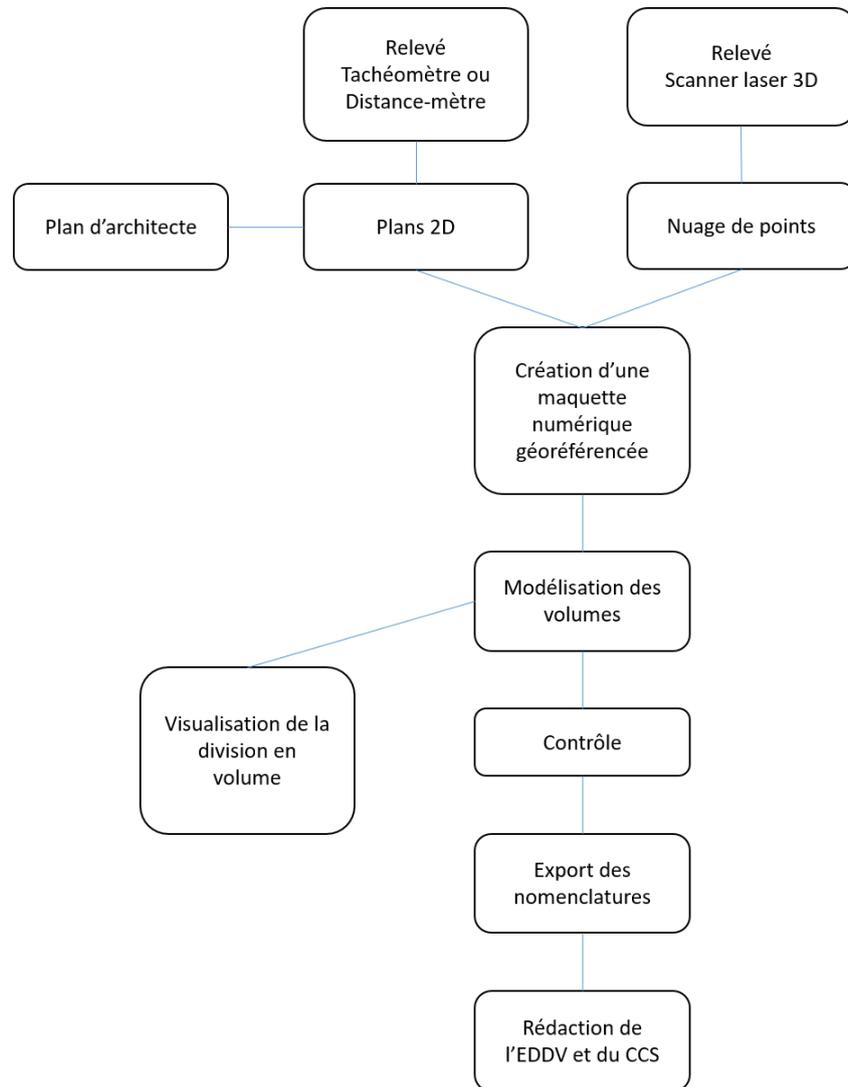


Figure 13 : Proposition de processus pour modéliser la division en volume dans une maquette numérique

## II.3. INTERPRETATION DES RESULTATS

### II.3.1. Analyse des résultats

Les avantages de la modélisation d'une division en volume dans une maquette numérique sont multiples :

- o Gain de temps : L'utilisation des nomenclatures et leur export dans l'EDDV apporte un gain de temps considérable pour le géomètre, en particulier si la division en volume évolue. La possibilité d'extraire des plans et coupe à la demande, sur toute partie du bâtiment, est un avantage considérable.

- Contrôle : Modéliser directement en 3D permet d'approfondir la réflexion autour du processus de division et de visualiser dès le début les possibles sources d'erreur, et d'ainsi les corriger.
- Visualisation : Le concept de la division en volume n'est pas toujours naturel à comprendre. Visualiser cette division et le bâtiment est une plus-value pour le géomètre et son client en permettant de mieux appréhender les enjeux inhérents à ce type de travaux.
- Rassemblement des informations : Dans le cas d'une maquette numérique utilisée en BIM, les informations relatives à la division volumique sont intéressantes à partager, et seront particulièrement utiles pour la partie gestion/maintenance du bâtiment.

En contrepartie, les inconvénients interviennent à d'autres niveaux :

- La maîtrise de Revit, qui peut s'avérer difficile. Comme vu ci-dessus, l'outil volume du logiciel n'est pas conçu pour cette tâche spécifique, qui peut devenir chronophage. Le géomètre doit apprendre au préalable à gérer Revit, et bien se contrôler afin d'éviter toute erreur.
- La charge de travail supplémentaire que la création d'une maquette rajoute si celle-ci n'est pas nécessaire au client. Il convient de bien définir en amont le type de maquette souhaité pour limiter le temps de modélisation. La division en volume ne nécessite pas forcément un niveau de détail et de développement élevé, la position précise des murs et des équipements communs étant l'élément le plus intéressant.  
Une maquette « telle que conçue » avec uniquement la structure du bâtiment, avec un LOD 200, peut être rapidement modélisée. Le temps varie selon le modélisateur mais ne devrait pas prendre plus de quelques heures. Au contraire, une maquette « telle que construite », modélisée à partir de nuage de points et donc avec un niveau de détail plus élevé, peut prendre plusieurs jours voire plusieurs semaines selon la taille du bâtiment.

Ainsi, modéliser la division en volume en 3D s'avère intéressante dans plusieurs cas :

- Le géomètre possède déjà une maquette numérique du bâtiment.
- La division en volume se fait dans un cadre BIM.
- La division en volumes est complexe, et nécessite des contrôles importants.
- La division en volumes est susceptible d'évoluer selon les demandes du client et la réalité du terrain.

## II.3.2. Analyse de la plus-value commerciale

### II.3.2.1. Pour le géomètre

S'il est encore difficile de chiffrer exactement le gain de temps induit par le passage de la division en volumes via une maquette numérique, les avantages en termes d'export de plans et de coupes sont considérables. Alors qu'auparavant il était nécessaire de redessiner entièrement chaque coupe,

L'utilisation de Revit permet d'exporter en quelques secondes toutes celles utiles pour visualiser la division. L'utilisation des nomenclatures pour exporter les données relatives à la division s'avère très pertinente dans le cas où le géomètre modifie les volumes au cours de l'établissement de l'EDDV. Comme les nomenclatures se mettent automatiquement à jour, elles prennent en compte les transformations effectuées sans avoir besoin de recalculer ou reconstruire la position des volumes. Les erreurs de report sont quant à elles évitées.

Une première estimation de temps nécessaire pour modéliser une division en volumes selon sa complexité et le type de maquette utilisé (maquette fournie par le client ou réalisée par le géomètre, complexité de cette dernière) est illustrée par le tableau suivant (figure 14) :

<b>Modélisation</b>	<b>Simple</b>	<b>Complexe</b>
<b>Division en volumes</b>	1h	4h
<b>Maquette numérique</b>	4h	Dépend de la complexité et du type de relevé

Figure 14 : Estimation du temps nécessaire pour modéliser une division en volumes dans une maquette numérique

En termes de coût, le temps indiqué est à prendre en compte considérant le taux horaire facturé au client, qui varie selon les entreprises.

### **II.3.2.2. Pour le client**

Obtenir une division en volumes sous une forme tridimensionnelle intégrée dans une maquette numérique peut s'avérer intéressant pour le client.

En premier lieu, elle offre une visualisation renforcée du découpage volumique. Cette notion est souvent mal appréhendée par les tiers non-initiés, qui ne font pas la différence avec une copropriété ou ont des difficultés à passer d'une information 2D à une réalité 3D. Voir les différents volumes, leur imbrication les uns dans les autres et les servitudes qui en découlent améliore cette compréhension et permet d'éviter les erreurs d'appréciation des clients.

Dans un second temps, dans le cas de bâtiments modélisés sur le type « tel que conçu », elle permet de donner une vision préalable du découpage volumique avant la construction. Elle devient alors une aide précieuse pour le Maître d'Ouvrage et également pour les ASL (Association Syndicale Libre) qui s'occupe de gérer ce type de division.

### III. RENSEIGNER LA MAQUETTE NUMERIQUE DANS LE CADRE D'UN GABARIT DE CONSTRUCTIBILITE

Le Volume Juridique Capable (cf. *infra*) reprend l'idée d'un volume de constructibilité enveloppant le projet pour définir toutes les contraintes susceptibles de l'impacter. A la fois responsable de la mesure et du droit entourant la propriété, le géomètre possède la capacité de renseigner ce volume. L'intérêt d'intégrer ces informations dans la maquette numérique, en sus de la modélisation du bâtiment, est triple :

- Intérêt informatif : pour les intervenants
- Intérêt de contrôle : par rapport à la validité du projet face aux contraintes d'urbanisme
- Intérêt visuel : afin de vendre le projet aux décideurs et élus

Il existe de nombreuses contraintes, qu'elles soient d'origine publique ou privée. L'étendue du champ du droit de l'urbanisme, de l'aménagement, du droit civil des biens implique de multiples facteurs à prendre en compte pour l'établissement du volume de constructibilité.

Toutes ces contraintes ne sont pas intéressantes pour le géomètre et l'aménageur. Certaines d'entre elles sont marginales, d'autres rarement utilisées. Il est important de les connaître pour les identifier le cas échéant, mais cette étude met l'accent sur les contraintes les plus répandues.

#### III.1. ANALYSE DES CONTRAINTES

##### III.1.1. Contraintes d'urbanisme

Les servitudes administratives grèvent un fonds dans l'intérêt général et non au profit d'un autre fonds. Elles se subdivisent en deux classes : les servitudes d'utilité publique et les contraintes d'urbanisme.

###### III.1.1.1. Les servitudes d'utilité publiques

Une servitude est un droit attaché à une parcelle, qu'elle soit bâtie ou non. Quand elle concerne des particuliers, elle lie le fonds « dominant », à qui profite la servitude et le fonds « servant », qui la subit<sup>38</sup>. La notion de fonds dominant et servant disparaît dans le cas d'une servitude administrative impliquant le domaine public.

Ces Servitudes d'Utilité Publique (SUP) sont listées dans l'annexe du livre I<sup>er</sup> du Code de l'urbanisme. Elles se distinguent en quatre catégories :

- Les servitudes relatives à la conservation du patrimoine (naturel, culturel, sportif)
- Les servitudes relatives à l'utilisation de certaines ressources et équipement (énergie, mines, canalisations, communications)
- Les servitudes relatives à la défense nationale
- Les servitudes relatives à la salubrité et à la sécurité publique

La modélisation de toutes ses contraintes n'est pas forcément pertinente dans une maquette et doit se faire au cas par cas.

---

<sup>38</sup> Article 637 du Code civil : « Une servitude est une charge imposée sur un héritage pour l'usage et l'utilité d'un héritage appartenant à un autre propriétaire. »

Par exemple, les servitudes ayant trait à une zone de protection (aérienne, autour d'un bâtiment, dans le cadre dans plan de prévention des risques, etc.) sont susceptibles d'être matérialisées par des surfaces ou des volumes dans la maquette, à l'instar des « buffers » ou « zones tampon » dans un SIG.

La principale SUP à modéliser reste les canalisations souterraines qui traversent les propriétés. En effet, l'article L. 152-1 du Code rural<sup>39</sup> prévoit une servitude pour la pose de canalisations enterrées pour l'adduction d'eau potable ou l'évacuation des eaux usées ou pluviales, ainsi que pour le passage des conduites d'irrigation sur les terrains bâtis (exception faite des cours et des jardins attenants aux habitations). Cette servitude se fait au profit de la personne publique et entraîne l'ouverture d'un droit à indemnité pour le fonds servant.<sup>40</sup> Concernant ces canalisations, leur modélisation en volume dans une maquette numérique est également susceptible de se faire grâce à un volume entourant les réseaux et une surface matérialisant leur emprise sur le terrain, comme illustré ci-dessous (figure 15). Outre le fait de rassembler toutes les informations sur les servitudes liées au terrain, cette modélisation favorise les futurs levers de réseaux souterrains et contribue à réduire les possibles endommagements des canalisations (problème récurrent lors de travaux pour les réseaux non géoréférencés)

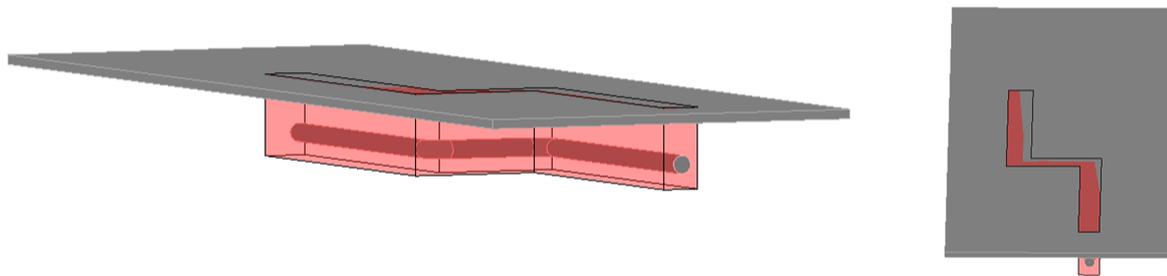


Figure 15 : Modélisation de l'emprise d'une canalisation en volume (à gauche) et en surface (à droite)

### III.1.1.2. Les contraintes liées au PLU

Depuis la loi relative à la Solidarité et au Renouveau Urbain (SRU) de 2010, le Plan Local d'Urbanisme (PLU) remplace le Plan d'Occupation des Sols (POS) au niveau communal et intercommunal. Il s'agit du principal document d'urbanisme, qui s'appuie sur le Livre I<sup>er</sup> Titre V du Code de l'urbanisme, chargé d'organiser l'aménagement du territoire. Il confirme les directives pour

<sup>39</sup> Article L152-1 du Code rural : « Il est institué au profit des collectivités publiques, des établissements publics ou des concessionnaires de services publics qui entreprennent des travaux d'établissement de canalisations d'eau potable ou d'évacuation d'eaux usées ou pluviales une servitude leur conférant le droit d'établir à demeure des canalisations souterraines dans les terrains privés non bâtis, excepté les cours et jardins attenants aux habitations. »

<sup>40</sup> Association des Maires de l'Isère [http://www.maires-isere.fr/Dossiers\\_juridiques/Dossiers%20conseils%20aux%20C3%A9lus/Urbanisme%20-%20les%20servitudes.htm](http://www.maires-isere.fr/Dossiers_juridiques/Dossiers%20conseils%20aux%20C3%A9lus/Urbanisme%20-%20les%20servitudes.htm)

une ville plus dense et plus intégrée dans son territoire. Récemment, le droit de l'urbanisme a pris une valeur tridimensionnelle, avec la prise en compte de l'aspect volumétrique dans la nouvelle version du PLUi (Plan Local d'urbanisme Intercommunal), notamment en son article 3, qui définit un de ses objectifs par « *alléger la partie écrite du règlement en sécurisant l'utilisation des termes définissant principalement la volumétrie* » ainsi que par son article 5 qui « *[propose] une traduction volumétrique de l'objectif de densité* ».

Les parties 1 et 2 du règlement du PLU (ou PLUi) présentent les restrictions d'urbanisme qui s'appliquent aux différentes zones des communes ou intercommunalités. Sont présentes les contraintes liées la destination des constructions, l'usage des sols et les natures des activités et celles concernant la volumétrie et l'implantation des constructions.

### III.1.2. Les servitudes

La servitude présente un caractère réel puisqu'attachée à la propriété dont elle constitue un accessoire. Son objet ne peut pas être un droit personnel pour le propriétaire, comme par exemple passer, voir, etc. Elle est attachée à la chose, et non à la personne. En conséquence, elle crée des obligations entre propriétaires et s'impose également aux propriétaires successifs.

#### III.1.2.1. Le rôle du géomètre-expert dans l'établissement des servitudes

L'étude, l'identification et la désignation des servitudes attachées à une propriété fait partie intégrante des missions du géomètre-expert. L'ordre régissant la profession indique que celle-ci doit « *[analyser] les servitudes existantes ou celles devant être créées. Le géomètre-expert peut également être mandé pour fournir un conseil juridique sur l'existence d'une servitude et/ou sur les modalités d'exercice de celle-ci* »<sup>41</sup>. Cette mission chronophage et lourde implique l'examen des titres existants et publiés, ainsi que la vérification des fonds d'origine de la propriété et les servitudes non publiées qui pourraient éventuellement être considérées comme des servitudes par destination du père de famille. S'ajoute également l'identification des servitudes ayant pu faire l'objet de prescription acquisitive ou extinctive. Cette triple analyse s'achève par la rédaction d'un état descriptif des servitudes existantes sur la propriété, qui s'accompagne d'un plan récapitulatif.<sup>42</sup>

Dans le cadre de la constitution d'une maquette numérique, ce plan récapitulatif peut prendre la forme d'éléments en deux dimensions et/ou en trois dimensions qui modélisent les différents aspects de la servitude. Intégrés directement dans la maquette, ces éléments se réfèrent au bâtiment lui-même et à son environnement, modélisant les liens entre les deux. L'intérêt de modéliser une servitude en trois dimensions n'est a priori pas flagrant. Les représentations en deux dimensions qu'utilisent les géomètres semblent suffisantes pour définir l'assiette des servitudes, surtout que celles-ci s'accompagnent d'une description littérale qui fournit tous les détails attenants.

Cette matérialisation ne doit être systématique : la diversité des types des servitudes, leurs origines, la multiplicité des situations en découlant ne sauraient être traduites par une seule charte graphique.

---

<sup>41</sup> Ordre des Géomètres-Expert, *Recueil des prestations* (Juin 2014), p8-9

<sup>42</sup> *Ibid.*

Ces singularités exigent une adaptabilité de l'outil de modélisation, au même titre que la représentation graphique.

### III.1.2.2. Servitudes de passage

La servitude de passage s'exprime par un droit de « passer » que possède un propriétaire du fonds dominant sur le bien immobilier du fonds servant pour accéder à sa propriété. En règle générale, la propriété du fonds dominant doit être en situation d'enclave, c'est-à-dire qu'il n'a sur la voie publique aucun issue ou une issue insuffisante pour les besoins de son utilisation normale<sup>43</sup>. Le passage concédé doit être situé dans l'endroit le moins dommageable pour le fonds servant, sans être contraint par les dispositions d'urbanisme applicables et favoriser le trajet le plus court<sup>44</sup>. La création d'une servitude de passage prévoit une indemnisation du fonds servant proportionnée au dommage causé par celle-ci<sup>45</sup>. La servitude de passage peut être conventionnelle (établies par titre) ou légale (issue du droit au désenclavement d'un fonds). Elles peuvent également dériver d'une destination de père de famille, lorsque les deux fonds ont une origine commune.

Si l'emprise planimétrique d'une servitude de passage est bien définie, son étendue en altimétrie est actuellement peu prise en compte. La Cour de cassation dispose dans le cas d'un titre conventionnel qu'« *une servitude de passage ne confère le droit de faire passer une des canalisations dans le sous-sol de l'assiette de la servitude que si le titre instituant cette servitude le prévoit.*<sup>46</sup> ». Le rédacteur du titre doit donc préciser l'altimétrie de la servitude, afin d'éviter tout malentendu.

### III.1.2.3. Les contraintes de vue et de jour

Que ce soit en milieu rural ou urbain, les ouvertures pratiquées dans les bâtiments des fonds contigus constituent des contraintes fortes. Ces ouvertures sont de deux sortes : les vues et les jours. La question de ces contraintes ne se pose pas pour les murs mitoyens, sur lequel l'un des propriétaires ne peut, sans le consentement de l'autre, pratiquer ni jour, ni vue<sup>47</sup>. Nous aborderons ici le cas des murs non-mitoyens.

Les servitudes de vues et de jours s'appliquent d'office sur tous les fonds. A partir du moment où un fonds est grevé d'une servitude de vue, il est impossible d'ériger des bâtiments sans une zone de distance d'1,90 mètre pour les vues droites et de 60 centimètres pour les vues obliques. Ces contraintes de distance permettent de fixer les conditions de vues et d'enseillement d'un fonds.

---

<sup>43</sup> Article 682 du Code civil : « *Le propriétaire dont les fonds sont enclavés et qui n'a sur la voie publique aucune issue, ou qu'une issue insuffisante, soit pour l'exploitation agricole, industrielle ou commerciale de sa propriété, soit pour la réalisation d'opérations de construction ou de lotissement, est fondé à réclamer sur les fonds de ses voisins un passage suffisant pour assurer la desserte complète de ses fonds, à charge d'une indemnité proportionnée au dommage qu'il peut occasionner.* »

<sup>44</sup> Article 683 du Code civil : « *Le passage doit régulièrement être pris du côté où le trajet est le plus court du fonds enclavé à la voie publique. Néanmoins, il doit être fixé dans l'endroit le moins dommageable à celui sur le fonds duquel il est accordé.* »

<sup>45</sup> Article 682 du Code civil. Cf. *supra*

<sup>46</sup> Cour de cassation, chambre civile 3<sup>ème</sup>, 8 avril 2010, n°09-68.261

<sup>47</sup> Article 675 du Code civil : « *L'un des voisins ne peut, sans le consentement de l'autre, pratiquer dans le mur mitoyen aucune fenêtre ou ouverture, en quelque manière que ce soit, même à verre dormant.* »

Les sanctions à l'encontre des jours et des vues pratiqués irrégulièrement sont dures : la réglementation impose la suppression des ouvertures non-conformes, ou dans certains cas, leur transformation. En effet, la Cour de cassation sanctionne rigoureusement les violations de servitudes, en partant du principe que la démolition est la sanction d'un droit réel transgressé.<sup>48</sup>

### o Les vues

Une vue se définit comme une ouverture qui permet de voir à l'extérieur, comme par exemple une fenêtre, porte-fenêtre, baies vitrées, un velux (s'il donne directement sur le terrain voisin), un balcon, une terrasse, etc. Elle laisse passer l'air, la lumière et le regard. Le Code civil introduit la distinction entre la vue droite, qui permet de voir directement le fonds contigu sans tourner la tête, et la vue oblique. La distance entre les ouvertures et la limite séparative de deux propriétés est de 1,90 mètre pour une vue droite<sup>49</sup>, et 60 centimètres pour une vue oblique<sup>50</sup>, comme l'illustre la figure 16. Une limite de hauteur est également stipulée pour les vues, qui ne doivent pas se situer sous 2,60 mètres au rez-de-chaussée et 1,90 mètre pour les autres étages<sup>51</sup>. Ces distances pour les vues se calculent « depuis le parement extérieur du mur où l'ouverture se fait, [...] jusqu'à la ligne de séparation des deux propriétés »<sup>52</sup>, sans tenir compte des saillies, ventres<sup>53</sup> ou bow-window<sup>54</sup>.

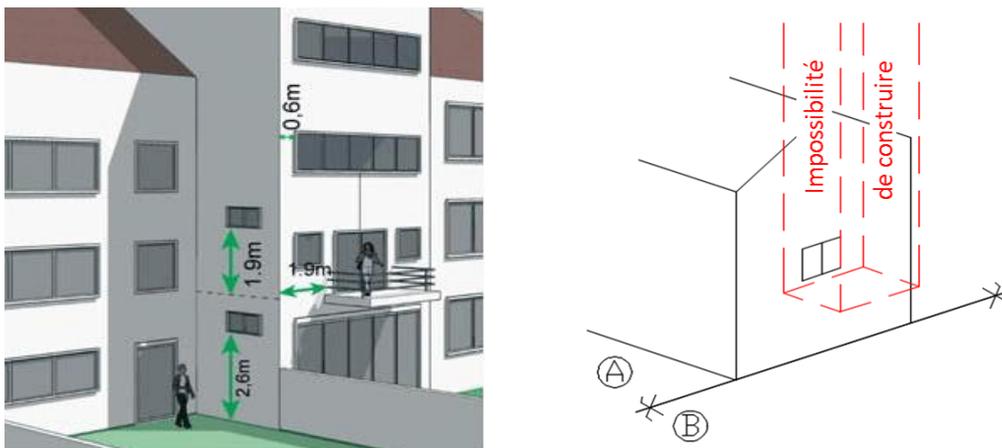


Figure 16 : Distances pour les contraintes de vue conformes (Source : Région Bruxelles-capitale et WikiArchex)

<sup>48</sup> LAURENT J., *Les servitudes dans la jurisprudence récente de la Cour de cassation*, Rapport annuel 2014 de la Cour de cassation

<sup>49</sup> Article 678 du Code civil : « On ne peut avoir des vues droites ou fenêtres d'aspect, ni balcons ou autres semblables saillies sur l'héritage clos ou non clos de son voisin, s'il n'y a dix-neuf décimètres de distance entre le mur où on les pratique et ledit héritage, à moins que le fonds ou la partie du fonds sur lequel s'exerce la vue ne soit déjà grevé, au profit du fonds qui en bénéficie, d'une servitude de passage faisant obstacle à l'édification de constructions. »

<sup>50</sup> Article 679 du Code civil : « On ne peut, sous la même réserve, avoir des vues par côté ou obliques sur le même héritage, s'il n'y a six décimètres de distance. »

<sup>51</sup> Article 677 du Code civil : « Ces fenêtres ou jours ne peuvent être établis qu'à vingt-six décimètres (huit pieds) au-dessus du plancher ou sol de la chambre qu'on veut éclairer, si c'est à rez-de-chaussée, et à dix-neuf décimètres (six pieds) au-dessus du plancher pour les étages supérieurs. »

<sup>52</sup> Article 680 du Code civil

<sup>53</sup> CA Nîmes, 5 nov. 1979 : JurisData n° 1979-070168

<sup>54</sup> Cass. 3e civ., 14 janv. 2004, n° 02-18.564

## o Les jours

Un jour se définit comme une ouverture qui ne laisse passer que la lumière, mais qui ne permet pas, en principe, l'aération du fonds bénéficiaire ni le regard sur le fonds voisin. Le Code civil dispose que si le mur est situé à moins de 1,90 mètre de la limite séparative, les jours peuvent être réalisés mais doivent respecter les conditions techniques établies aux articles 676 alinéa 2 (pour les matériaux)<sup>55</sup> et 677 (pour les hauteurs limites)<sup>56</sup>.

### III.1.3. Les limites de propriété

#### III.1.3.1. Le bornage et la procédure d'alignement

La définition des limites d'une propriété est une prérogative du géomètre-expert. Depuis 1946, lui seul est à même de mener et signer un procès-verbal de bornage et ainsi à définir l'étendue physique et les limites d'une propriété privée. D'après l'OGE, le bornage est « l'opération qui a pour effet de définir juridiquement et de matérialiser sur le terrain les limites des propriétés privées contigües, appartenant ou destinées à appartenir à des propriétaires différents ». Effectuée contradictoirement, cette opération peut être faite à l'amiable ou, si ce dernier n'est pas reconnu par les intéressés, dans le cadre d'un processus juridictionnel. La matérialisation des limites séparative se fait par l'apposition de bornes, marques extérieures apparentes et durables nécessaire pour définir les fonds concernés.

Le bornage ne s'applique que pour les biens appartenant à des personnes privées. Dans le cas de ceux appartenant au domaine public de personnes publiques, le géomètre fera appel à la procédure d'alignement. En l'espèce, le géomètre-expert assiste la puissance publique pour les opérations d'analyse, de matérialisation et de rédaction du procès-verbal mais l'opération de délimitation incombe uniquement à cette dernière, qui fixe la limite unilatéralement.

#### III.1.3.2. Le mur mitoyen

Un mur est considéré comme mitoyen s'il répond à certains critères, tant que la preuve du contraire n'a pas été apportée. Est mitoyen un mur qui sert de séparation entre deux bâtiments jusqu'à l'héberge, ou entre une cour et un jardin. Des exceptions s'appliquent toutefois s'il existe une pente unique à son sommet, ou s'il y a présence de tuiles ou de corniches d'un seul côté. En l'espèce, le mur n'est plus mitoyen mais appartient en l'intégralité au propriétaire du côté duquel se situe la pente, les tuiles ou les corniches.

Outre ces critères, la preuve de la non mitoyenneté peut également être apportée par un titre de propriété ou par prescription (si une personne se comporte comme le propriétaire d'un mur pendant 30 ans, voire 10 ans si elle est de bonne foi et si elle détient un juste titre). La mitoyenneté peut être

---

<sup>55</sup> Article 676 du code civil : « Le propriétaire d'un mur non mitoyen, joignant immédiatement l'héritage d'autrui, peut pratiquer dans ce mur des jours ou fenêtres à fer maillé et verre dormant.

Ces fenêtres doivent être garnies d'un treillis de fer dont les mailles auront un décimètre (environ trois pouces huit lignes) d'ouverture au plus et d'un châssis à verre dormant. »

<sup>56</sup> Cf. *Infra*

acquise ou abandonnée par voie amiable ou judiciaire. Elle entraîne des droits et des obligations pour les deux propriétaires, notamment en ce qui concerne l'entretien du mur.

## III.2. MODELISATION

### III.2.1. Le gabarit de constructibilité

La modélisation d'un gabarit de constructibilité sur une parcelle implique de vérifier l'existence de contraintes et servitudes s'appliquant sur la zone, en se référant aux SUP et au PLU. Le processus de création du volume se déroule en plusieurs étapes :

1. Définir les zones du PLU applicables sur le terrain en s'appuyant sur les documents d'urbanisme
2. Voir si des SUP s'appliquent sur la zone
3. Retenir les contraintes d'implantation et de volumétrie indiquées dans les chapitres 1 et 2 du PLU :

#### a. Implantation en alignement ou en recul

Pour cette partie, la modélisation dans le gabarit n'est pas nécessaire. Cependant, il est possible de rajouter les délimitations cadastrales en guise de « fond de plan » dans la maquette, afin de visualiser le parcellaire et son bâti et de créer un environnement dans Revit. Une méthode simple consiste à insérer un fichier en \*.dwg contenant un extrait cadastral mis à l'échelle directement dans la maquette, comme l'illustre la figure 17.

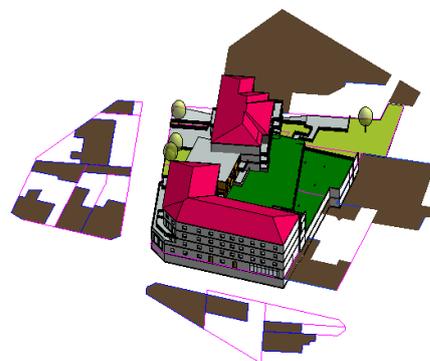


Figure 17 : Bâtiment et extrait cadastral

#### b. Implantation par rapport aux limites séparatives

Afin de vérifier que les linéaires entrent bien dans les normes fixées par le PLU, le géomètre peut coter les limites séparatives.

#### c. Implantation des bâtiments les uns par rapport aux autres

Si une servitude de cour commune s'applique, le géomètre peut la modéliser par une surface qui indique les différentes caractéristiques.

#### d. Emprise au sol des constructions

<Emprise au sol>			
A	B	C	D
Nom	Type de surface	Surface	Coefficient d'emprise au sol
Emprise du bâti	Surface au sol	1559.42 m <sup>2</sup>	58.96%
Surface résiduelle	Zone extérieure	316.37 m <sup>2</sup>	11.96%
Surface résiduelle	Zone extérieure	5.46 m <sup>2</sup>	0.21%
Surface résiduelle	Zone extérieure	2.64 m <sup>2</sup>	0.10%
Surface résiduelle	Partie commune	761.19 m <sup>2</sup>	28.78%

Le calcul du coefficient d'emprise au sol du bâtiment s'effectue via la nomenclature des surfaces. Il convient de modéliser en amont la surface du bâtiment au niveau 0 (rez-de-chaussée) en prenant le nu extérieur des murs, ainsi que la surface totale du terrain d'implantation. La fonction Calcul dans la

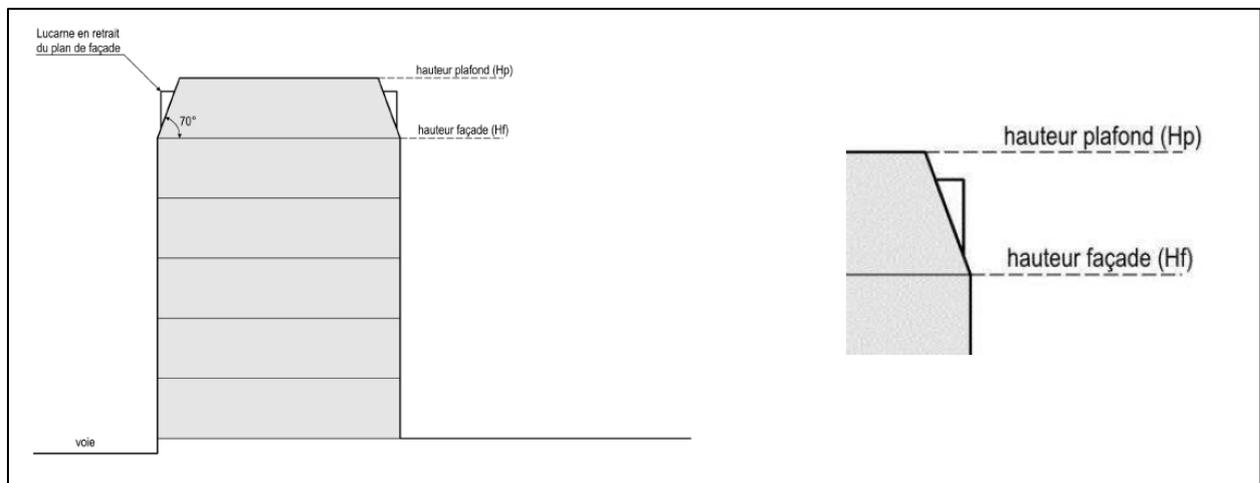
Figure 18 : Calcul de l'emprise au sol dans une nomenclature Revit

nomenclature permet de générer le pourcentage d'emprise au sol par rapport au total des surfaces, et ainsi de vérifier ce coefficient par rapport aux valeurs indiquées dans le règlement du PLU.

La figure 18 illustre un exemple de bâtiment dont l'emprise au sol ne doit pas dépasser 60% selon le PLU. On remarque que le projet respecte ces normes et a été calculé pour remplir exactement ce coefficient.

#### e. Hauteur des constructions

La volumétrie des futures constructions est contrainte par une hauteur absolue, définie par trois dispositions appliquées simultanément : une hauteur plafond, une hauteur de façade et une oblique inclinée selon un angle prédéfini. Aucune partie des constructions ne doit s'inscrire à l'extérieur de cette oblique, à l'exception des lucarnes qui doivent être en retrait du plan de façade. L'exemple ci-dessous (figure 19) extrait du PLU de la commune d'Alfortville dans le Val-de-Marne explicite les caractéristiques de volumétrie imposée dans la ville.



#### 4. Modéliser un gabarit de constructibilité

Une fois ces informations analysées, le géomètre peut créer un gabarit de constructibilité qui enveloppe la parcelle, donnant toutes les indications nécessaires sur les contraintes qui s'appliquent sur le terrain. L'utilisation de l'outil Volume in situ est recommandée pour cette étape. Sa flexibilité permet de modéliser les angles comme défini dans le PLU.

Le gabarit de constructibilité en bleu dans les figures 20 et 21 ci-dessous illustre les différentes hauteurs limites indiquées par le document d'urbanisme. On remarque que le bâtiment dépasse largement du cadre réglementaire, et n'est donc pas viable.

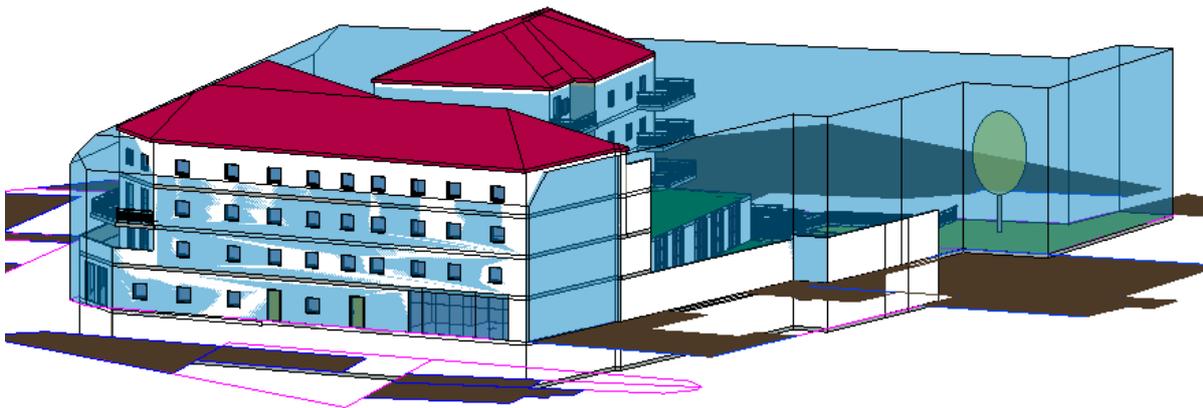


Figure 20 : Gabarit de constructibilité autour d'un bâtiment

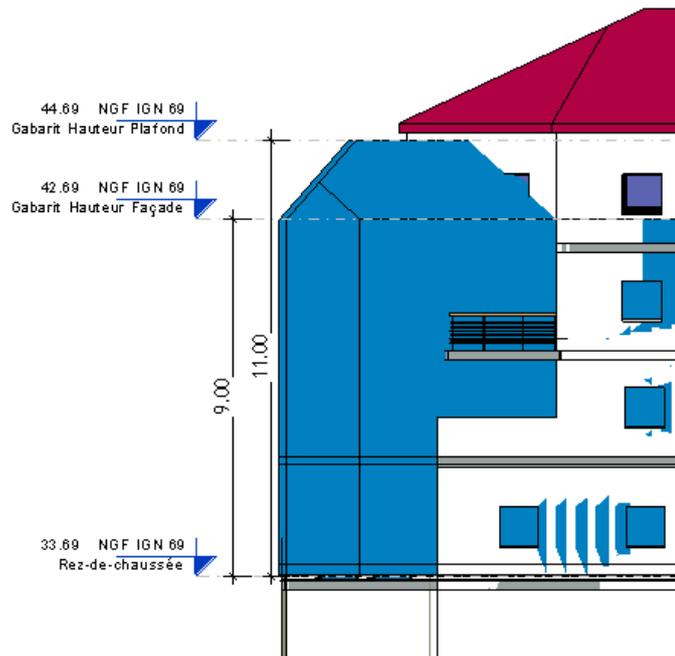


Figure 21 : Gabarit de constructibilité et hauteurs limites

##### 5. Ajouter les références sémantiques dans le gabarit

A l'instar du renseignement sémantique des volumes de la division (cf. *infra*), le géomètre peut rajouter des paramètres projet pour les volumes et toutes les données qu'il juge nécessaire, en rappelant si nécessaire les règles du PLU. Ainsi, en sélectionnant simplement le volume, le client pourra retrouver toutes les informations liées aux contraintes d'urbanisme.

## 6. Analyser les conflits éventuels entre le gabarit et la maquette

Comme vu ci-dessus, l'analyse des conflits entre le gabarit et la maquette se fait visuellement. Pour être viable, tous les éléments de la maquette doivent se trouver à l'intérieur de celui-ci. Le moindre dépassement est révélateur d'un projet qui sort du cadre réglementaire et doit donc être modifié.

### III.2.2. Les servitudes

#### III.2.2.1. De passage

Traditionnellement, une servitude de passage est matérialisée en deux dimensions sur un plan, à l'aide de hachures ou d'aplats colorés. Ajouter une troisième dimension à la servitude dans la maquette est intéressant car cela peut modéliser les changements d'états entre différents niveaux ou étages, ainsi que son emprise verticale. La figure 22 illustre une servitude de passage dans une rampe d'accès à un parking sous-terrain. La modélisation 3D met en exergue la modulation de la servitude dans sa verticalité entre les deux niveaux, et précise son emprise sur le fonds servant. Matérialisée en vert avec des motifs, elle se différencie du bâti, mais également des autres volumes de la maquette.

Les propriétés sémantiques des volumes de servitudes peuvent être rajoutées selon le modus operandi décrit ci-dessus et dans l'annexe 1. Par exemple, les paramètres type de servitude, n°, niveaux, fonds servant et fonds dominant ont été indexés pour la servitude de la figure 22. Ces informations permettent de créer des nomenclatures regroupant l'ensemble des données relatives à toutes les servitudes dans le projet.

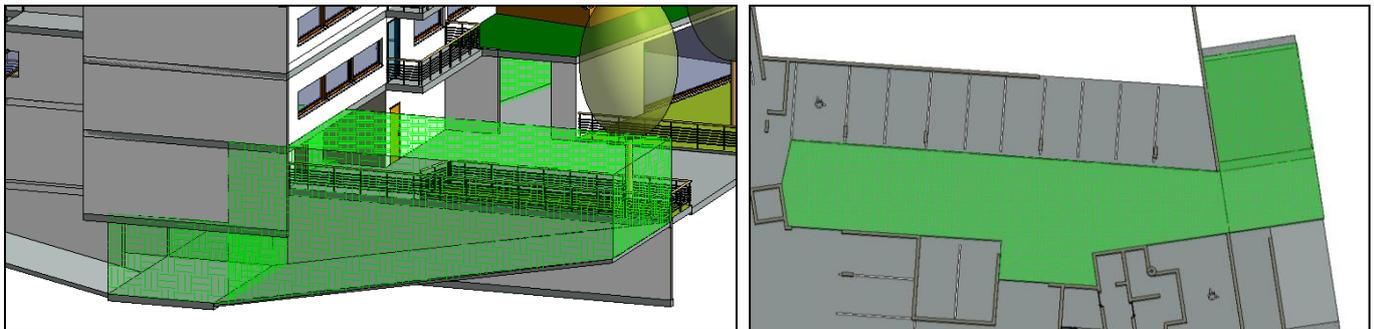


Figure 22 : Modélisation d'une servitude de passage dans une rampe d'accès à un parking

Selon le même mode opératoire qu'énoncé ci-dessus, le géomètre peut renseigner sa servitude en ajoutant tous les paramètres qui lui semble nécessaires.

Propriétés	
Volume (1) <span>Modifier le type</span>	
Texte	
N° de Volume	
Fraction de volume	
Destination	
Niveau/Etage	sous-sol + rez-de-chaussée
Servitude	oui
Cote NGF inférieure (en m)	
Cote NGF supérieure (en m)	
Fonds dominant	volume 2
Fonds servant	volume 1
Type de servitude	passage
N° de servitude	A

Dans cet exemple (figure 23), les renseignements pertinents pour cette servitude de passage sont :

- Type de servitude
- Niveau
- Fonds dominant
- Fonds servant

D'autres paramètres peuvent être ajoutés, comme par exemple si la servitude ouvre le droit à indemnisation.

Figure 23 : Paramètres sémantiques pour une servitude de passage

### III.2.2.2. De vue et de jour

L'outil volume de Revit® permet de matérialiser un bloc coloré autour des fenêtres, balcons et autres ouvertures afin de visualiser l'emprise de ces contraintes dans le volume entourant le bâtiment. Cette modélisation s'effectue selon le mode opératoire vu en *supra* et développé dans l'annexe 1.

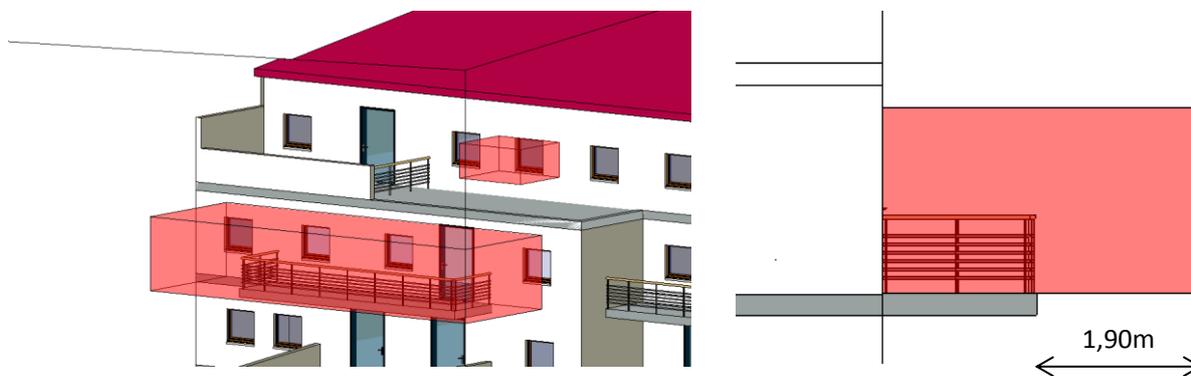


Figure 24 : Modélisation de l'emprise d'une contrainte de vue autour d'un balcon et d'une fenêtre

La figure 24 présente un exemple de contrainte de vue autour d'un balcon et d'une fenêtre. La principale difficulté résulte dans la matérialisation des délimitations haute et basse des contraintes de vue, qui selon le droit civil n'ont pas de limite de plafond ni de tréfonds. En l'espèce, la contrainte est modélisée par un bloc plein ne prenant pas en compte ces deux limites.

La modélisation des contraintes de vue et de jour est facilitée si le bâtiment possède des ouvertures identiques, car le volume « contrainte » peut aisément être copié. Cependant, il n'est pas nécessaire de matérialiser les contraintes devant toutes les ouvertures, au risque de rendre illisible la maquette.

Le géomètre doit choisir en toute connaissance de cause les ouvertures les plus susceptibles d'être concernées par une servitude de vue ou de jour, soit celles disposées en limite de propriété, face à des bâtiments, concernées par des servitudes de passage, etc. D'un point de vue sémantique, chaque volume peut contenir des paramètres spécifiques, comme le type de servitude, ainsi qu'un rappel à la loi et/ou une explication concernant les limites haute et basse à destination de l'utilisateur profane.

Tout comme pour les servitudes de passages, le renseignement sémantique des servitudes de vue se fait via les paramètres de projet, comme le montre la figure 25.

Volume (1) <span>Modifier le type</span>	
Texte	
N° de Volume	
Fraction de volume	
Destination	servitude de vue
Niveau/Etage	
Servitude	
Cote NGF inférieure (en m)	
Cote NGF supérieure (en m)	
Fonds dominant	
Fonds servant	
Type de servitude	vue droite
N° de servitude	

Figure 25 : Paramètres sémantiques pour une servitude de vue

### III.2.3. Les limites de propriétés

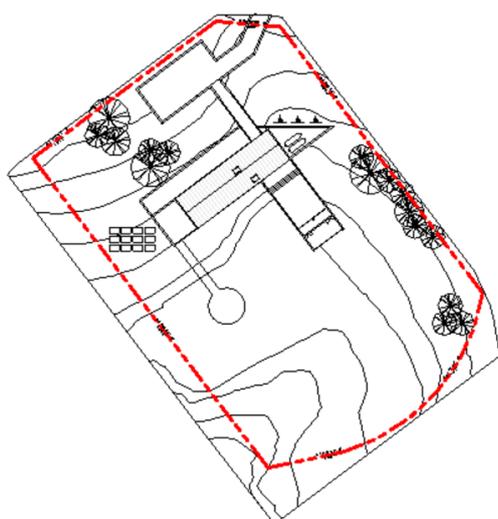


Figure 26 : Matérialisation d'une limite de propriété sous Revit (source : Autodesk)

L'onglet *Site* de Revit offre un panel d'outils utiles pour modéliser les limites de propriété dans la maquette, que ce soit par esquisse ou par insertion d'un tableau de coordonnées définissant les limites d'un fonds. La figure 26 ci-contre illustre l'usage de cet outil par la matérialisation d'une ligne rouge.

Le géomètre peut également rajouter un objet « borne » à placer sur les sommets des limites de la propriété (cet objet est disponible dans la bibliothèque des familles de Revit) pour une visualisation plus réaliste de cette délimitation.

Comme pour toutes les familles de Revit, le géomètre peut ajouter des propriétés personnalisées aux limites de propriété. Ces dernières apparaîtront dans les nomenclatures ou dans des étiquettes, permettant ainsi d'afficher ces dernières sur les plans.

Dans l'exemple de la figure 26, différentes propriétés ont été rajoutées, selon les besoins définis :

- Propriétaire
- Types de limites : bornage, alignement, etc.
- RFU : il est possible d'insérer un lien URL directement dans les propriétés Revit, pouvant donner un accès direct au portail Geofoncier et au RFU associé au bornage de la propriété (non visible sur la figure 27)
- Commune où se situe le fonds
- Parcelle

Limite de propriété (1) <span>⌵</span> <span>⌘</span> Modifier le type	
Cotes <span>⌵</span>	
Surface	1259.631 m <sup>2</sup>
Données d'identification <span>⌵</span>	
Sous-catégorie	Limite de propriété
Image	
Commentaires	
Nom	
Identifiant	
Visible dans les nomen...	<input checked="" type="checkbox"/>
Propriétaire	Maud Laurencin
Type de limite	Bornage
RFU	
Commune	Le Mans
Parcelle	A0045

**Figure 27 : Exemple de propriétés personnalisées pour une limite de fonds sur Revit**

Concernant les murs mitoyens, il est tout à fait possible de rajouter un paramètre de projet qualifiant le type de mur, ainsi que son propriétaire.

Ainsi le géomètre peut indiquer toutes les données liées aux délimitations des limites de propriété dans une maquette. La possibilité d'entrer directement les coordonnées des points garantit la précision nécessaire pour ce type d'opération.

### III.3. INTERPRETATION DES RESULTATS

#### III.3.1. Le contrôle de la maquette

Générer un volume de constructibilité permet de vérifier l'adéquation du projet face aux contraintes identifiées en amont par le géomètre ou d'autres acteurs. Sur l'exemple développé dans cette partie, cette vérification se fait visuellement, le professionnel devant analyser les contraintes et leur interaction avec la maquette numérique. Si le bâtiment s'intègre dans le gabarit de constructibilité défini, le projet a pris en compte toutes les contraintes liées au terrain. Au contraire, si ces dernières ont un impact sur le bâtiment qui n'a pas été intégré lors de l'avant-projet, elles seront visibles et notifiables.

L'automatisation de ce processus à travers un « volume checker » tel que proposé dans d'autres cadres par des logiciels comme NavisWorks, qui offre la possibilité de vérifier la compatibilité entre deux projets, serait une véritable avancée. Cependant, l'intérêt de modéliser au fur et à mesure les contraintes dans un gabarit de constructibilité n'en est pas moindre. En effet, il permet de renseigner chaque contrainte dans des volumes aux propriétés sémantiques, qui sont autant de données accessibles pour les autres collaborateurs, leur permettant de mieux comprendre les interactions entre le bâtiment et son environnement. Une simple enveloppe « volume checker » n'offrirait pas cette finesse de détails, et donc serait un manque à gagner pour le modèle BIM.

### III.3.2. L'ouverture d'un nouveau créneau commercial

Les possibilités de modélisation sous Revit d'un gabarit de constructibilité sont multiples et répondent à un besoin exprimé par deux types d'acteur :

- D'une part, dans le secteur de la construction, l'accompagnement à la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre peut être un axe de développement. En œuvrant sur ce créneau, le géomètre met en avant son devoir de conseil et s'implique au niveau de la conception du projet. Le géomètre est l'acteur privilégié pour ce travail, et doit se positionner en amont de la chaîne des collaborateurs. Pour un rendu d'architecture et dans le cas d'une maquette « telle que conçue », il peut fournir un environnement renseigné afin que les architectes créent leur projet en l'utilisant.
- D'autre part, dans le cadre de la gestion des biens immobiliers et de la vie du bâtiment lors de la phase « maintenance », les gestionnaires de biens rencontrés dans le cadre de cette étude ont indiqué leur intérêt pour une centralisation des données liées aux contraintes touchant l'immeuble. La perte de temps liée à la recherche de ces restrictions et leur interprétation s'avère importante et a un impact négatif pour la rentabilité de cette profession. En les intégrant dans un modèle central, renseigné et visuellement attractif, le géomètre crée un produit commercialisable auprès de cette profession.

L'équilibre entre exhaustivité des renseignements modélisés et lisibilité de la maquette numérique peut être un facteur limitant. Si une simple définition sur papier des servitudes pouvait être utile, la modélisation de toutes les contraintes de vues sur un bâtiment par exemple peut s'avérer trop complexe, chronophage et nuire à la compréhension du client. Le professionnel préférera alors ne modéliser que les contraintes utiles, comme celles présentées en limite de fonds (toujours dans le cadre des servitudes de vue ou de jour). Les choix de modélisation fait par le géomètre sont donc primordiaux et doivent être explicités au client afin d'éviter toute incompréhension ou erreur d'appréciation. L'extraction d'une nomenclature rassemblant toutes les servitudes ou contraintes liées à la maquette peut servir de récapitulatif pour le client et l'aider à les gérer au mieux.

Vendre ce service pose la question du format de livraison de la maquette numérique. Si le secteur de la construction adopte progressivement le BIM et est en mesure de travailler directement sur des maquettes, il en va différemment pour les entreprises de gestion de patrimoine. Outre la possibilité de leur fournir l'objet au format Revit, il est également opportun de leur indiquer la marche à suivre pour profiter des informations contenues dans celle-ci en utilisant un viewer gratuit (par exemple A 360) ou encore de leur fournir la maquette au format PDF 3D. La question de la diffusion des informations prime dans la relation avec le client et doit être prise en compte par le géomètre.

Le rendu test, effectué sur une maquette d'un bâtiment mixte (commerces et logement, bénéficiant d'une division en volume, pour un projet de construction neuve) de 5 niveaux avec une surface au sol de 2500m<sup>2</sup> environ, nécessite 4h de travail au modélisateur pour fournir un gabarit de constructibilité.

Dans le cadre de cette étude, les architectes et les gestionnaires de biens immobiliers rencontrés ont fait part de leur intérêt pour ce type de rendu, certains essayant même travailler sur le lien entre maquette numérique et SIG. L'idée de rassembler les contraintes dans la maquette est un premier pas vers l'établissement d'une MNU à l'échelle d'un territoire (cf. section I). Cette étude montre la possibilité d'un créneau commercial pour le géomètre expert. Les demandes concernant les gabarits de constructibilités sont réelles, tant au niveau du secteur de la construction que sur celui de la gestion. L'évolution et la complexification du droit de l'urbanisme et de l'aménagement ouvre la voie au développement de nouveaux outils pour améliorer leur compréhension, la maquette numérique pouvant faire office d'un entre eux.

## Conclusion

L'arrivée de la 3D et l'intérêt croissant des clients pour la modélisation des bâtiments poussent la profession de géomètre à modifier ses habitudes de travail et à s'adapter aux nouveaux outils. La maquette numérique est de plus en plus prisée pour les constructions en neuf ou les réhabilitations, tandis que le travail collaboratif s'impose pour les plus gros projets. Les géomètres n'ont alors d'autre choix que de prendre le train du BIM et de la modélisation tridimensionnelle.

Afin de conserver les avantages liés aux prérogatives de la profession, les géomètres doivent se positionner sur le secteur d'une mesure de précision et du droit de la propriété. Dès lors, il est nécessaire qu'ils développent des outils renseignant les attributs fonciers et juridiques dans la maquette numérique, et qu'ils soient en mesure de communiquer sur la plus-value qu'apportent ses informations. En automatisant ce processus, le géomètre-expert augmente sa marge commerciale et participe au renforcement de l'aspect global de la maquette numérique et de sa qualité.

Cette étude a confirmé le potentiel de l'automatisation de la modélisation des renseignements environnementaux, juridiques et fonciers relatifs à un fonds. Le logiciel Revit, privilégié dans le secteur de la construction, propose des outils intéressants pour une telle opération, même si ces derniers n'y sont pas originellement dédiés et la limitent dans une certaine mesure. Un effort d'adaptation est nécessaire pour les utiliser à bon escient et de nouvelles pratiques doivent naître. Cette automatisation rencontre également ses limites dans le caractère d'occurrence des informations à renseigner. Chaque situation dispose de contraintes qui lui sont propres, et le professionnel doit être attentif à l'exhaustivité des données qu'il utilise et intègre dans la maquette.

La structuration et l'unification de ces informations restent un enjeu majeur de cette nouvelle pratique. Sans aucune recommandation de l'OGE, le développement des aspects juridiques et fonciers dans la maquette numérique s'effectue de manière anarchique, selon le bon vouloir des cabinets de géomètres-experts qui s'intéressent à la question. Afin d'atteindre un optimum dans la diffusion de ces informations, leur compréhension et leur utilisation par un tiers non-initié, les géomètres doivent tendre vers une représentation standardisée, et ce dans un contexte où le dépôt du premier permis de construire 3D français en 2016 ouvre la voie à des maquette mêlant renseignements sur la construction, son environnement direct et les relations entre les deux.

Les interactions entre BIM et SIG ainsi que la tentation toujours plus forte de créer un modèle global unique rassemblant toutes les informations dans une maquette participent au développement des maquettes numériques urbaines, cartographiant ainsi les territoires dans leurs moindres détails. Les données foncières et juridiques ne sont plus intégrées dans la maquette, mais bien dans son environnement direct, à l'instar du cadastre 3D développé par le Canton de Genève. La création de MNU à l'échelle de territoire favoriserait l'analyse des problématiques territoriales mais demande un vrai investissement technique. Pour le géomètre, la question de la précision de l'information contenue à une telle échelle resterait primordiale.

## Bibliographie

### Textes de loi

- Loi n° 46-942 du 7 mai 1946 instituant l'Ordre des géomètres experts
- Loi n° 65-557 du 10 juillet 1965 fixant le statut de la copropriété des immeubles bâtis
- Loi n° 2014-366 du 24 mars 2014 pour l'accès au logement et un urbanisme rénové
- Code civil
- Code rural et de la pêche maritime
- Règlement européen 2016/679 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données

### Rapports

- **Conseil Supérieur de la Construction et de l'Efficacité Energétique, Plan Transition Numérique dans le bâtiment**  
PICAN X., *Mission « Droit du numérique & bâtiment »*, 2016
- **Ministère du Logement, de l'égalité des Territoires et de la Ruralité**  
DELCAMBRE B., *Mission numérique Bâtiment*, 2014

### Ouvrages imprimés

- BELLENGER, A.M., BLANDIN, A., 2016. Le BIM sous l'angle du droit. Eyrolles/CSTB, Paris, 115p.
- CELNICK O., LEBEGUE E., 2014. *BIM & Maquette numérique*. Eyrolles/CSTB, Paris, 619 p.
- MISSION INTERMINISTERIELLE POUR LA QUALITE DES CONSTRUCTIONS PUBLIQUES, 2006. *Ouvrages publics et coût global*. Arche Sud, La Défense, p. 100.

### Travaux universitaires

- COLOMBE J., *Le BIM appliqué aux domaines d'intervention privilégiés du géomètre-expert : un outil déclinable pour répondre aux exigences de demain*. Mémoire présenté en vue d'obtenir le diplôme de Master CNAM, Le Mans : ESGT, 2016, p.70
- FAYET R., *Intégration et représentation des données foncières et juridiques du géomètre-expert dans une approche BIM*. Mémoire présenté en vue d'obtenir le diplôme de Master CNAM, Le Mans : ESGT, 2016, p.49
- GIVORD G., *Cadastre 3D des restrictions de droit public à la propriété foncière*. Mémoire présenté en vue d'obtenir le diplôme d'ingénieur CNAM, Le Mans : ESGT, 2012, p.73
- MAGNARD S., *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 présenté en vue d'obtenir le diplôme d'ingénieur CNAM, Le Mans : ESGT, 2016, p.101

### Articles de périodiques

- BOTREL E., CHARLET C., FERRE G., FOLLIN J-M., ROBERT J., SIMONETTO E. *Process BIM – Le défi collaboratif*. Géomètre, 2017, n°2146, p. 24-48
- *BIM (Building Information Modeling)*. Cahier Pratique LE MONITEUR, 2014, n°5756, p.1-34
- *Maquettes 3D et ville numérique*. Cahier Pratique LE MONITEUR, 2014, n°5759, p.1-18

## Site internet

- BIM: un trait d'union entre infrastructure et bâtiment, In : LE BLOG DU BIM, MEDI@CONSTRUCT, [en ligne]. Disponible sur : <http://www.mediaconstruct.fr/sinformer/blog-du-bim/post/5349/bim-un-trait-d-union-entre-infrastructure-et-batiment> (consulté le 18/04/2017)
- L'Allemagne passe la France et annonce le BIM obligatoire pour les projets publics d'ici 2020, In : ABCD Blog, [en ligne]. Disponible sur : <http://abcdblog.typepad.com/abcd/2016/01/l-allemande-passe-la-france-et-annonce-le-bim-obligatoire-pour-les-projets-publics-d-ici-2020.html> (consulté le 13/02/2017)
- L'apparition de la norme PPBIM, In : goBIM, [en ligne]. Disponible sur : <http://gobim.fr/la-norme-xp-p07-150-en-france/> (consulté le 03/04/2017)
- L'Etat rend le BIM obligatoire en Italie des 2019, In : ABCD Blog, [en ligne]. Disponible sur : <http://abcdblog.typepad.com/abcd/2017/01/l-etat-rend-le-bim-obligatoire-en-italie-des-2019-feuille-de-route.html> (consulté le 13/02/2017)
- Les spécificités françaises de la politique du BIM, au regard de l'Europe, In : LE BLOG DU BIM, MEDI@CONSTRUCT, [en ligne]. Disponible sur : <http://www.mediaconstruct.fr/sinformer/blog-du-bim/post/5397/les-specificites-francaises-de-la-politique-du-bim-au-regard-de-l-europe> (consulté le 03/04/2017)
- Les avantages du BIM urbain, une thèse mise en application. In : LE BLOG DU BIM, MEDI@CONSTRUCT, [en ligne]. Disponible sur : <http://www.mediaconstruct.fr/sinformer/blog-du-bim/post/5392/les-avantages-du-bim-urbain-une-these-mise-en-application> (consulté le 18/04/2017)
- Objectifs 500 000 : simplifier et gagner en qualité. In Ministère du Logement et de l'Habitat durable, [en ligne]. Disponible sur : <http://www.logement.gouv.fr/objectifs-500-000-simplifier-et-gagner-en-qualite> (consulté le 20/04/2017)
- Servitudes d'Urbanisme, In : Association des Maires de l'Isère, [en ligne]. Disponible sur : [http://www.mairesisere.fr/Dossiers\\_juridiques/Dossiers%20conseils%20aux%20C3%A9lus/Urbanisme%20-%20les%20servitudes.htm](http://www.mairesisere.fr/Dossiers_juridiques/Dossiers%20conseils%20aux%20C3%A9lus/Urbanisme%20-%20les%20servitudes.htm) (Consulté le 07/02/2017)
- Le BIM, simple source de données pour le SIG, in SIGMAG, [en ligne]. Disponible sur : [http://www.sigtv.fr/Le-BIM-simple-source-de-donnees-pour-le-SIG\\_a482.html](http://www.sigtv.fr/Le-BIM-simple-source-de-donnees-pour-le-SIG_a482.html) (consulté le 24/05/2017)
- What is this thing called LOD, In : Pratical BIM, [en ligne]. Disponible sur : <http://practicalbim.blogspot.fr/2013/03/what-is-this-thing-called-lod.html?m=1> (consulté le 13/02/2017)

## Communications dans un congrès

- MALENFER E., Un univers que les géomètres-experts animent déjà en grande partie. *Dessignons le monde à l'ère numérique*, Nancy, 2016.
- PELEGRIN F., BIM et permis de construire. Quinzaine de l'Urbanisme, Genève, 2016.
- PERINET-MARQUET H., Le Code civil est-il en 3D ?. *Dessignons le monde à l'ère numérique*, Nancy, 2016.
- WAECKERLE B., Un monde urbain. *Dessignons le monde à l'ère numérique*, Nancy, 2016.
- Convergence entre le SIG et le BIM, Quinzaine de l'urbanisme, Genève : SITG, 2016
- Le BIM : aux confluences de la technique et du droit, Le Mans : ESGT, 2017

## Table des annexes

- Annexe 1 : Fiche pratique pour la modélisation d'une division en volume dans une maquette Revit
- Annexe 2 : Environnement de travail sous Dynamo

## Annexe 1

### Fiche pratique pour la modélisation d'une division en volume dans une maquette Revit

#### Etape 1. Monter une maquette Revit (à partir de plans 2D)

2 possibilités :

- A partir d'un nuage de points
- A partir de plans 2D en \*.dwg :

1. Définir le nombre de niveaux voulus sur Revit dans la vue *Élévation* et les renommer.

- > Architecture > Référence > Niveaux

Pour le moment, on ne se préoccupe pas de l'altitude des niveaux.

2. Insérer les plans \*.dwg dans le projet.

- > Insérer > Importer > CAO

Afin que les plans se superposent parfaitement dans Revit, il faut au préalable les avoir enregistrés avec un même point de base, à une même origine. Par exemple, on peut copier le plan d'un étage dans une nouvelle feuille Autocad avec un point de base défini, et au moment de le coller on spécifie une origine à 0,0. Puis on importe ce plan dans Revit.

Au moment de l'importation, on choisit le positionnement « Automatique – origine à origine », ainsi que le niveau sur lequel le plan sera placé.

3. Pour visualiser les plans importés, les rendre actifs ou les geler, il suffit d'aller dans

- > Vue > Visibilité/graphismes (raccourci vv) > catégories importées

On peut sélectionner/geler les calques des plans \*.dwg directement dans ce menu.

Plus le plan est « propre », plus il est facile de modéliser dessus.

4. Modéliser la maquette niveau par niveau (sol, murs, ouvertures principales).

A noter que selon la commande du client, la maquette n'a pas besoin d'être très précise. Pour une division en volume, un niveau LOD 200 ou 300 est suffisant.

5. Définir une altitude

Sélectionner un point connu en coordonnées (quelle que soit la vue) et indiquer ses coordonnées (X,Y,Z ou seulement Z si le projet n'est pas géoréférencé).

- > Gérer > Emplacement du projet >  Spécifier les coordonnées du point

Dans la vue *Élévation*, sélectionner un niveau puis :

- > Propriété > Modifier le type > Base de l'élévation = Point de topographie

D'office, le niveau sur lequel se situe le point renseigné en coordonnées ajuste son altitude. Il ne reste plus qu'à rentrer manuellement les altitudes des autres niveaux (indiquées sur les plans \*.dwg) ou à géoréférencer d'autres points par niveau.

## Etape 2. Matérialiser les volumes de la division

On utilise l'outil *Volume in situ*

### 1. Créer un volume

La précision est primordiale lors de la modélisation de la forme du volume, et l'outil *Volume in situ* est un peu capricieux...

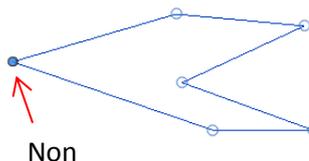
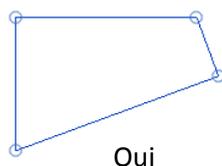
Dans la vue en *plan d'étages*, sélectionner l'étage où va se situer le volume. Puis :

> **Volume et site** > **Volume in situ** > indiquer le nom du volume (ex. 1a)

*N.B.* Cela n'a aucune incidence sur le volume mais permet de ne pas se perdre lors de la modélisation, car une fois ce nom rentré il ne sera plus possible de l'utiliser pour un autre volume.

Dans le menu > **Dessiner** utiliser **les lignes de modèle**  **Modèle** 

- Ne pas hésiter à geler des calques ou éléments dans **Visibilité/Graphismes** afin de ne garder que les éléments pertinents pour la modélisation des volumes.
- Comme sur Autocad, on peut gérer les accrochages avec la touche tabulation. Cela permet de s'accrocher au bon point lors de la modélisation de la forme du volume.
  - Pour sélectionner et gérer les accrochages > **Gérer** > **Accrochages**
- Avant de créer la forme du volume (pleine ou vide), bien vérifier que les points de contour sont correctement liés (ronds blancs). Un rond bleu indique une mauvaise liaison, le volume ne pourra pas se matérialiser en 3D.



- Il est possible de façonner le volume, en jouant avec les formes pleines et les formes vides. Il est nécessaire de bien définir le plan de construction sur lequel les modifications du volume vont intervenir.



Plan de construction

- Pour modéliser une forme vide dans un volume, il faut au préalable créer un volume plein, puis le sélectionner > **Modifier in situ** > **Dessiner** et enfin sélectionner le dessin et > **créer une forme vide**

## 2. Intégrer des paramètres spécifiques pour chaque volume

L'intérêt de Revit est de permettre le renseignement de tous les éléments de la maquette. Pour renseigner les volumes, on utilise des paramètres partagés et les paramètres du projet.

On utilise un fichier de paramètres partagés existant (disponible sur le serveur) ou on en crée un.



- Avec un fichier existant :

> Gérer > Paramètres du projet, sélectionner Paramètres partagés, puis cocher la catégorie dans laquelle on veut rajouter ce paramètre (ici Volume). Ces paramètres seront dès lors définis par défaut pour chaque volume créé dans le projet.

Il suffira ensuite de remplir les champs directement dans les propriétés de chaque volume.

Volume (1)	
<b>Contraintes</b>	
Elévation	0.0000
Se déplace avec les éléments voisins	<input type="checkbox"/>
<b>Texte</b>	
N° de Volume	2
Fraction de volume	2m
Destination	Logement
Niveau/Etage	Etage 1 + étages supérieurs
Servitude	non
Cote NGF inférieure (en m)	36.69
Cote NGF supérieure (en m)	sans limite de hauteur
Fonds dominant	
Fonds servant	
Type de servitude	
N° de servitude	

- Pour créer un fichier de paramètres partagés

> Gérer > Paramètres partagés > Créer un fichier \*.txt et choisir un emplacement sur le réseau  
Créer un nouveau groupe (ex. description, volume, etc.)

Ajouter des paramètres : On peut ici rajouter tous les paramètres souhaités. La *discipline* restera « commune », et le *type de paramètre* peut être choisi en fonction des besoins (texte, nombre, longueur, etc.)

*N.B.* Cette étape est nécessaire pour renseigner la maquette, mais laborieuse, chronophage et répétitive.



### 3. Colorer le volume

Créer des couleurs spécifiques pour les différents types de lots

> **Gérer** > **Matériaux**, choisir le matériau **Par défaut**, puis le dupliquer (clic droit), le renommer et modifier ses attributs (couleur, texture)

Colorer les volumes

> **Modifier** > **Peindre** 

Cet outil permet de peindre les faces des volumes une à une. Ne pas oublier d'utiliser la touche tabulation du clavier pour accéder à toutes les faces d'un volume.

Le plus simple est de le colorer depuis la vue *en 3D*.

OU

> **Sélectionner le volume** > **Modifie** > **Propriété** > **matériaux**

### 4. Ajuster le volume

Dans la vue *en élévation*, on peut facilement sélectionner le volume et modifier les limites minimales et maximales, et les positionner sur les niveaux préalablement créés (cf. étape 1) à l'aide de la double flèche.

Pour l'instant, Revit ne permet pas de définir à l'avance les cotes supérieures et inférieures du volume.

### 5. Surface au sol

Attention, la superficie brute correspond à la somme des surfaces de toutes les faces d'un volume. La surface de sol brute correspond à la surface du sol du volume.

Pour afficher la surface de sol brute, sélectionner le volume > **propriété** > **sol de volume** puis cocher le niveau sur lequel le volume est posé.

On gère la visibilité des sols de volume dans > **volume et site** > **Aicher en volume/paramètres de vue**.

## Etape 3. Modéliser une servitude de passage

La servitude peut se modéliser par un volume imbriqué dans un autre volume, matérialisant ainsi la relation fonds dominant/fonds servant

- Créer un volume
- Ajouter des paramètres spécifiques aux servitudes

Paramètre	Valeur
<b>Texte</b>	
Type de servitude (par défaut)	passage
N° de servitude (par défaut)	A
Niveau/Etage (par défaut)	sous-sol + rez-de-chaussée
Fonds servant (par défaut)	volume 1
Fonds dominant (par défaut)	volume 2

- Colorer le volume (créer une couleur spécifique cf. Etape 2.3)



On peut choisir la même couleur de fond que celle du fonds servant, mais avec une transparence moindre (ex. 25%), et ajouter des motifs (hachures ou autres).

#### Etape 4. Visualiser la division en volume

- Afin d'aider à la visualisation, on peut créer des vues :
  - o spécifiques aux volumes (3D, élévation, plans) en dupliquant les vues existantes et en modifiant les caractéristiques de visibilité dans [Visibilité/graphismes](#)
  - o sans les volumes (idem)
  - o avec les volumes et le bâti
- Pour faire apparaître les couleurs des volumes, quelle que soit la vue, choisir [couleurs uniformes](#) dans [Options d'affichage des graphismes](#) (barre d'outils sous la fenêtre principale).
- Si les volumes s'affichent dans une vue malgré le fait que leur visibilité soit décochée dans [Visibilité/graphismes](#), il faut aller dans [> Volume et site > Volume conceptuel > Afficher en volume](#), ce qui permet d'enlever la vue de volume en Forme et sols.
- 
- On peut créer des filtres, afin de ne visualiser qu'un certain type de volume.  
[> Visibilité/graphismes > Filtres > Nouveau](#)

Créer un nouveau filtre, cocher [volume](#) dans [catégorie](#). Dans [filtrer par](#), choisir [plus de paramètres](#) ce qui renvoie aux paramètres partagés. Choisir un paramètre (ex. destination), puis [égal à](#) la valeur voulue (ex. logement).

Une fois le filtre sélectionné, seuls les volumes en faisant partie apparaîtront.

## Etape 5. Nomenclatures

Créer une nomenclature

> **Vue** > **Nomenclature/Quantité** puis sélectionner **Volume** en conservant **Création de table de composants**.

La fenêtre des propriétés de la nomenclature s'ouvre.

Par défaut, tous les volumes sont indexés dans la nomenclature. L'onglet **Filtre** permet de sélectionner les volumes souhaités (ex. que les servitudes).

L'onglet **Tri/Regroupement** permet de hiérarchiser les données. Cocher **Ligner vierge** permet de séparer les catégories. Rajouter un **Pied de page** permet d'indiquer des sous-totaux.

Trier par: Niveau/Etage  Croissant  Décroissant

En-tête  Pied de page: Titre et totaux  Ligne vierge

<Volumes>							
A	B	C	D	E	F	G	H
N° de Volume	Fraction de volume	Destination	Niveau/Etage	Servitude	Surface au sol brute	Cote NGF inférieure (en m)	Cote NGF supérieure (en m)
1	1a	Commerce	sous-sol	oui	1560.11 m²	sans limite de profondeur	33.58
2	2a	Logement	sous-sol	non	1085.04 m²	sans limite de profondeur	33.58
sous-sol					2645.15 m²		
1	1b	Commerce	rez-de-chaussée	oui	2277.40 m²	33.58	33.68
1	1c	Commerce	rez-de-chaussée	non	2241.83 m²	33.68	33.73
1	1d	Commerce	rez-de-chaussée	non	2304.09 m²	33.73	34.00
1	1e	Commerce	rez-de-chaussée	non	2311.55 m²	34.00	36.50
1	1f	Commerce	rez-de-chaussée	non	2130.39 m²	36.50	36.69
2	2b	Logement	rez-de-chaussée	non	117.65 m²	33.58	33.68
2	2c	Logement	rez-de-chaussée	non	96.77 m²	33.58	36.50
2	2d	Logement	rez-de-chaussée	non	145.78 m²	33.58	36.69
2	2e	Logement	rez-de-chaussée	non	7.46 m²	33.58	34.00
2	2f	Logement	rez-de-chaussée	non	153.22 m²	33.68	33.73
2	2g	Logement	rez-de-chaussée	non	90.96 m²	33.73	36.69
2	2h	Logement	rez-de-chaussée	non	171.48 m²	36.50	36.69
2	2i	Logement	rez-de-chaussée	non	43.94 m²	36.50	36.69
2	2j	Logement	rez-de-chaussée	non	37.02 m²	36.50	36.69
2	2k	Logement	rez-de-chaussée	non	15.27 m²	36.50	36.69
2	2l	Logement	rez-de-chaussée	non	10.23 m²	36.50	36.69
rez-de-chaussée					12155.03 m²		
2	2m	Logement	Etage 1 + étages supérieurs	non	2645.04 m²	36.69	sans limite de hauteur
Etage 1 + étages supérieurs					2645.04 m²		
Total général: 19					17445.21 m²		

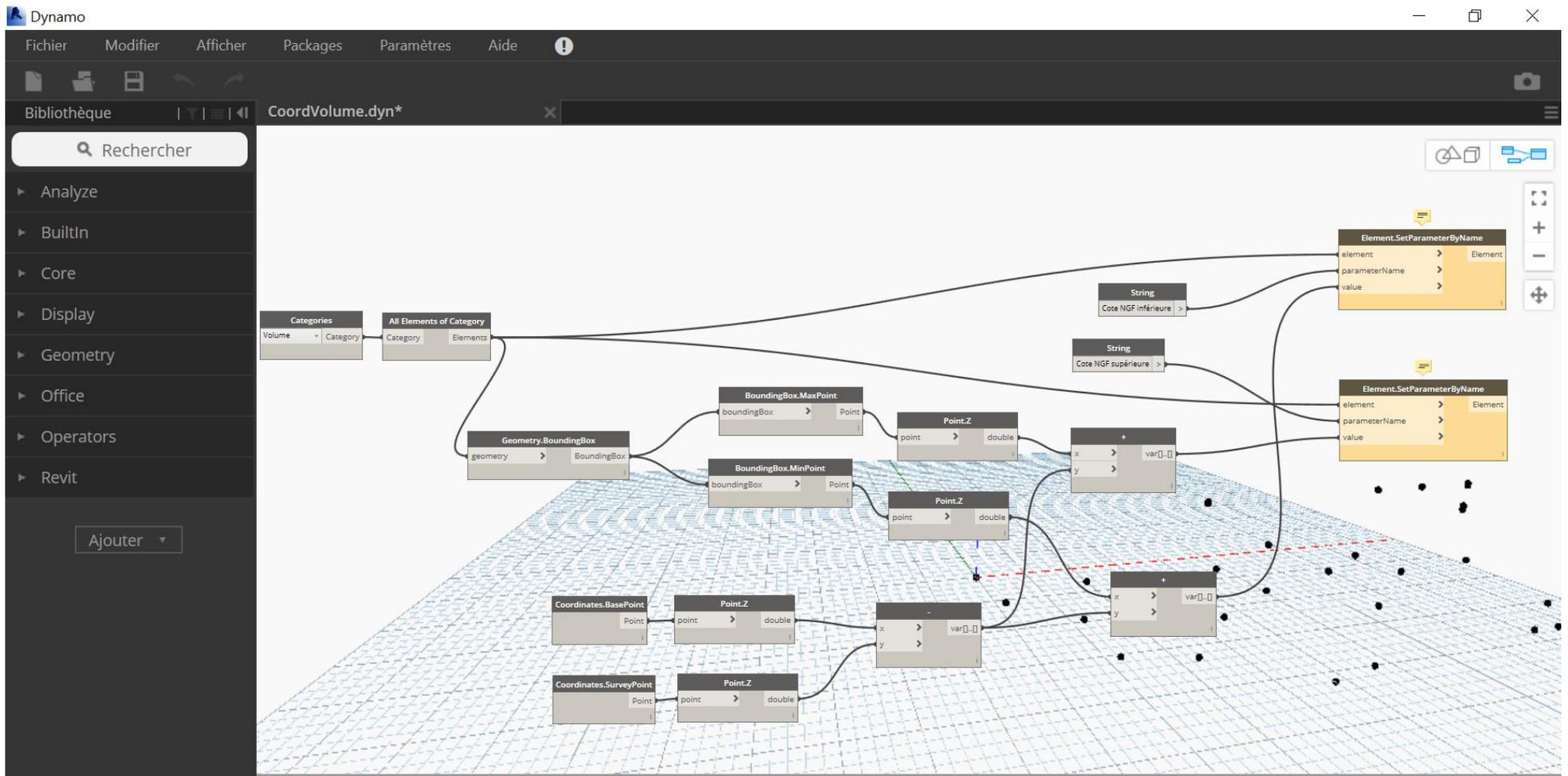
Exemple de nomenclature pour les volumes d'une division

<Servitudes>				
A	B	C	D	E
Type de servitude	N° de servitude	Fonds dominant	Fonds servant	Niveau/Etage
passage	A	volume 2	volume 1	sous-sol + rez-de-chaussée
passage	B	volume 1	volume 2	Etage 2
vue	C	volume 1	volume 2	Etage 2

Exemple de nomenclature pour des servitudes

## Annexe 2

### Environnement de travail sous Dynamo



## Liste des figures

Figure 1 : Une vision anticipée du BIM en 1986.....	10
Figure 2 : Définition des 5 niveaux de développement.....	12
Figure 3 : Répartition moyenne de types de coûts sur le cycle de vie d'un bâtiment tertiaire, hors foncier et frais financier .....	16
Figure 4 : Cycle de vie immobilier, durées relatives des phases .....	16
Figure 5 : Rapport coûts/économies pour un maître d'ouvrage avec la mise en œuvre d'un processus BIM .....	17
Figure 6 : Maquette numérique issue du premier permis de construire en 3D .....	19
Figure 7 : Divergences entre les systèmes SIG et BIM .....	23
Figure 8 : Convergence entre le BIM et le SIG.....	24
Figure 9 : Exemple de modélisation d'une division en volumes .....	29
Figure 10 : Volumes géoréférencés grâce à leur niveau .....	30
Figure 11 : Structure de l'appliquet Dynamo pour géoréférencer un volume sous Revit.....	32
Figure 12 : Extrait d'une nomenclature résumant les données nécessaires pour établir un EDDV .....	34
Figure 13 : Proposition de processus pour modéliser la division en volume dans une maquette numérique .....	35
Figure 14 : Estimation du temps nécessaire pour modéliser une division en volumes dans une maquette numérique .....	37
Figure 15 : Modélisation de l'emprise d'une canalisation en volume et en surface.....	39
Figure 16 : Distances pour les contraintes de vue conformes .....	42
Figure 17 : Bâtiment et extrait cadastral.....	44
Figure 18 : Calcul de l'emprise au sol dans une nomenclature Revit.....	44
Figure 19 : Règles concernant la hauteur des constructions .....	45
Figure 20 : Gabarit de constructibilité autour d'un bâtiment .....	46
Figure 21 : Gabarit de constructibilité et hauteurs limites .....	46
Figure 22 : Modélisation d'une servitude de passage dans une rampe d'accès à un parking .....	47
Figure 23 : Paramètres sémantiques pour une servitude de passage .....	48
Figure 24 : Modélisation de l'emprise d'une contrainte de vue autour d'un balcon et d'une fenêtre. ....	48
Figure 25 : Paramètres sémantiques pour une servitude de vue .....	49
Figure 26 : Matérialisation d'une limite de propriété sous Revit .....	49
Figure 27 : Exemple de propriétés personnalisées pour une limite de fonds sur Revit.....	50

# **L'intégration des données complémentaires (données foncières, division en volume, environnement, etc.) au sein de maquettes numériques au format Revit**

**Mémoire de Master C.N.A.M., 2017**

---

## **RESUME**

Le développement des maquettes numériques dans le secteur de la construction pousse les géomètres à utiliser ce nouvel outil de représentation de la réalité en 3D. Les informations juridiques et foncières apportées par le géomètre doivent désormais s'intégrer dans le BIM.

Cette étude propose des processus d'automatisation de cette opération, notamment dans la modélisation des divisions en volumes et d'un gabarit de constructibilité, afin de renforcer la rentabilité du géomètre pour ses nouvelles missions.

**Mots clés : Revit, maquette numérique, 3D, BIM, gabarit de constructibilité, division en volumes, automatisation**

---

## **SUMMARY**

Chartered-surveyors are driven to use 3D virtual models to represent reality by the development of BIM in the construction sector. From now on the profession needs to integrate all the property rights into this model.

This study presents automating processes used to get this information into the virtual model, especially for the construction gauge and division in volumes, aiming at increasing the surveyor's profitability.

**Key words: Revit, virtual model, 3D, BIM, construction gauge, division in volumes, automated process**