



HAL
open science

L'intégration du BIM dans le processus de gestion du patrimoine immobilier des collectivités

Maxime Lacombe

► **To cite this version:**

Maxime Lacombe. L'intégration du BIM dans le processus de gestion du patrimoine immobilier des collectivités. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2021. dumas-03563164

HAL Id: dumas-03563164

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03563164v1>

Submitted on 9 Feb 2022

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

ECOLE SUPERIEURE DES GEOMETRES ET TOPOGRAPHES

MEMOIRE

présenté en vue d'obtenir

le DIPLOME D'INGENIEUR CNAM

SPECIALITE : Géomètre et Topographe

par

Maxime LACOMBE

L'intégration du BIM dans le processus de gestion du patrimoine
immobilier des collectivités.

Soutenu le 10 septembre 2021

JURY

Madame Nathalie THOMMERET

Présidente du jury

Monsieur Noé FILOSA

Maître de stage

Monsieur Jean-Michel FOLLIN

Enseignant référent

Remerciements

Ce mémoire marque la fin d'un parcours riche d'enseignements et de rencontres. Je remercie toutes les personnes qui m'ont accompagné tout au long de ce chemin, notamment celles et ceux ayant permis le bon déroulement de ce travail de fin d'études.

Tout d'abord je tiens à remercier Noé FILOSA, mon maître de stage, pour son accueil au sein du pôle BIM et tous ses précieux conseils. Je le remercie également pour ses contacts, son écoute, le temps qu'il m'a accordé et pour tous les échanges, qui ont permis l'aboutissement de ce mémoire.

Je remercie également Maxime JORÉ pour son soutien, ses conseils, son apprentissage et tout le partage de connaissances pendant toute la durée de ce stage.

De plus, je souhaite remercier l'ensemble de l'équipe de dGema qui m'a accueilli dans la bonne humeur et a fait de ce stage une expérience mémorable.

J'adresse mes remerciements à mon professeur référent, Jean-Michel FOLLIN, pour m'avoir guidé dans les recherches et conseillé pour la rédaction de ce mémoire.

Un grand merci aux interlocuteurs extérieurs mentionnés dans ce mémoire, avec qui j'ai pu m'entretenir afin de mener à bien mes recherches.

Je tiens à remercier mes camarades de l'ESGT avec qui nous avons pu partager nos problématiques et avancer sur nos travaux respectifs. Plus globalement, je les remercie pour avoir fait de ces années d'études, une période de ma vie inoubliable.

Mes remerciements vont également à mes professeurs de l'ESGT qui ont toujours été disponibles et porteurs de bons conseils durant toutes ces années d'études.

Enfin, je tiens à remercier ma famille, mes parents, qui m'ont toujours soutenu et accompagné tout au long de mes études.

Liste des abréviations

AMO : Assistance à la Maîtrise d’Ouvrage

ARAC : Agence Régionale Aménagement et Construction

BDD : Base De Données

BIM : Building Information Modeling (Modélisation des informations du bâtiment) / Building Information Management (Gestion des informations du bâtiment) / Building Information Model (Modèle des informations du bâtiment)

CCAG : Cahier des Clauses Administratives Générales

CCP : Code de la Commande Publique

CIM : City Information Modeling (Modélisation de l’information de la ville)

DOE : Dossier des Ouvrage Exécutés

EPCI : Établissement Public de Coopération Intercommunale

FME : Feature Manipulation Engine (Instrument de manipulation de fonctionnalités)

GED : Gestion Électronique des Documents

GMAO : Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur

LOD : Level Of Detail (Niveau de détail)

PTNB : Plan de Transition Numérique du Bâtiment

MOA : Maîtrise d’Ouvrage

MOE : Maîtrise d’Œuvre

MOP : Maîtrise d’Ouvrage Publique

SIG : Système d’Information Géographique

WFS : Web Feature Service (Service de Fonctionnalité Web)

2D : Deux dimensions (x, y)

3D : Trois dimensions (x, y, z)

Glossaire

BIM : Processus collaboratif se basant sur une maquette numérique autour de laquelle les acteurs d'un projet se réunissent pour travailler sur les bâtiments concernés.

DOE : Document contractuel remis au maître d'ouvrage à l'issue de travaux permettant de retracer les réalisations effectuées. Pour les marchés publics, le DOE est rendu obligatoire par l'article 40 du CCAG Travaux du Code des marchés publics.

Format natif : Format associé au logiciel, également appelé « format propriétaire », il est généralement opposé au « format ouvert ».

Format ouvert : Format interopérable avec des spécifications ouvertes et sans restriction d'accès pouvant être manipulé par tous les logiciels associés à ce type de fichiers.

Interopérabilité : L'interopérabilité, c'est la capacité à échanger des informations sans pertes de données et sans limitation d'accès que cela soit entre plusieurs personnes ou logiciels différents.

Logiciels de GMAO : Ces outils sont destinés à la gestion en permettant la manipulation de données. Ils sont utilisés dans la cadre d'une démarche de *facility management* qui a pour objectif d'assurer la gestion et le bon fonctionnement d'un organisme.

Maître d'œuvre : Personne physique ou morale constituant la maîtrise d'œuvre en charge de conduire la réalisation d'un projet pour le compte du maître d'ouvrage.

Maître d'ouvrage : Personne physique ou morale constituant la maîtrise d'ouvrage pour qui le projet est réalisé.

Mappage : Association de données d'ensembles distincts.

Maquette numérique : Modèle tridimensionnel permettant de représenter de manière numérique toutes les informations graphiques et sémantiques liées à une construction.

Table des matières

Remerciements	2
Liste des abréviations	3
Glossaire.....	4
Introduction	8
I LA GESTION DU PATRIMOINE IMMOBILIER DES COLLECTIVITÉS : UN PROCESSUS BRIDÉ PAR LE DÉFAUT D'INTEROPÉRABILITÉ	10
I.1 LES PRATIQUES ACTUELLES DES COLLECTIVITÉS	10
I.1.1 Les méthodes mises en place dans les collectivités pour la gestion de leur patrimoine immobilier 11	
I.1.1.1 Les méthodes utilisées selon l'étude réalisée	11
I.1.1.2 Le cas de collectivités ayant engagé un processus BIM.....	12
I.1.2 Les perspectives d'évolution des collectivités pour la gestion de leur patrimoine immobilier	14
I.1.2.1 Le cas d'étude de diverses collectivités	14
I.1.2.2 L'état d'avancement des collectivités dans la mutation de leurs pratiques	15
I.1.3 Les outils utiles à la gestion du patrimoine immobilier	15
I.1.3.1 Les outils SIG	16
I.1.3.2 Les logiciels de GMAO	16
I.2 LE DÉFAUT D'INTEROPÉRABILITÉ DANS LE PROCESSUS DE GESTION	18
I.2.1 L'hétérogénéité des données engendrée par la diversité des pratiques	18
I.2.1.1 La diversité des intervenants	18
I.2.1.2 La diversité des pratiques.....	19
I.2.2 La perte d'informations au cours du processus de gestion	20
I.2.2.1 Le cas d'étude du département de l'Hérault.....	20
I.2.2.2 L'obsolescence des données	21
I.2.3 Les besoins des collectivités en matière d'interopérabilité.....	22
I.2.3.1 L'articulation de la gestion du patrimoine immobilier entre les différents intervenants	22
I.2.3.2 L'accessibilité des données nécessaires à la gestion du patrimoine immobilier	22
I.2.3.3 La connaissance permanente du patrimoine immobilier	23
II LA TRANSITION NUMÉRIQUE DU BÂTIMENT : L'INTÉGRATION DU BIM DANS LE PROCESSUS DE GESTION DU PATRIMOINE IMMOBILIER.....	24
II.1 LE PROCESSUS BIM AU CŒUR DE LA TRANSITION NUMÉRIQUE DU BÂTIMENT	24

II.1.1	Les grands principes du processus BIM	24
II.1.1.1	La maquette numérique.....	24
II.1.1.2	L'interopérabilité	25
II.1.1.3	Le format IFC.....	26
II.1.2	L'intérêt du BIM pour les collectivités au cours du cycle de vie d'un bâtiment.....	27
II.1.2.1	La conception et réalisation	27
II.1.2.2	L'exploitation, la maintenance et la réhabilitation.....	27
II.1.2.3	La déconstruction.....	28
II.1.3	La transition numérique du bâtiment accompagnée par le Plan BIM 2022	28
II.1.3.1	Le Plan de Transition Numérique du Bâtiment.....	28
II.1.3.2	Le Plan BIM 2022.....	29
II.2	LA PLACE DU BIM DANS LES MARCHÉS PUBLICS	30
II.2.1	La mise en place d'un processus BIM dans le cadre du Code de la Commande Publique .	30
II.2.1.1	De la loi MOP au CCP, la compatibilité avec le processus BIM.....	30
II.2.1.2	L'introduction de l'AMO BIM par le CCP.....	31
II.2.1.3	L'articulation entre la maîtrise d'œuvre et les entrepreneurs lors de l'utilisation d'un processus BIM selon le CCP	31
II.2.2	L'intégration du BIM dans le CCAG.....	32
II.2.2.1	Le cahier des charges BIM.....	32
II.2.2.2	La convention BIM	33
II.2.3	L'avenir du BIM concernant les marchés publics.....	34
II.3	L'ÉVOLUTION DES PRATIQUES ACTUELLES DE GESTION DU PATRIMOINE IMMOBILIER : L'INTÉGRATION D'UN PROCESSUS BIM	35
II.3.1	L'intégration du BIM dans la continuité des pratiques actuelles	35
II.3.1.1	La convergence vers un processus BIM.....	35
II.3.1.2	La création d'un lien entre la maquette numérique et les pratiques actuelles	37
II.3.1.3	La mise à jour des documents contractuels	38
II.3.2	Les besoins organisationnels de la collectivité liés au processus BIM	38
II.3.2.1	Les documents contractuels liés à la pratique du BIM.....	38
II.3.2.2	Les besoins humains pour encadrer les pratiques	39
II.3.2.3	Les outils à mettre en place dans le cadre du processus BIM	40

III L'OPTIMISATION DE LA GESTION DU PATRIMOINE IMMOBILIER APPLIQUÉ AUX LYCÉES DE LA RÉGION OCCITANIE : LA MAQUETTE NUMÉRIQUE COMME SUPPORT DE CENTRALISATION DES DONNÉES . 41

III.1 LA GESTION DU PATRIMOINE IMMOBILIER DES LYCÉES DE LA RÉGION OCCITANIE	41
III.1.1 L'interaction entre les acteurs de la gestion du patrimoine immobilier	41
III.1.1.1 Présentation des intervenants au processus de gestion	41
III.1.1.2 Les problématiques d'interopérabilité entre les acteurs de la gestion	42
III.1.2 Présentation du processus de gestion	43
III.1.2.1 Les outils utilisés pour la gestion du patrimoine bâti	43
III.1.2.2 Les problématiques liées aux méthodes employées	44
III.2 LA MODÉLISATION NUMÉRIQUE EN VUE DE LA GESTION DU PATRIMOINE IMMOBILIER	45
III.2.1 La définition des informations à intégrer dans la maquette numérique	45
III.2.1.1 Les données permettant de faire le lien avec les pratiques actuelles	45
III.2.1.2 L'optimisation des données à intégrer dans le processus de gestion orienté BIM	46
III.2.2 Le processus de modélisation	47
III.2.2.1 Réalisation de la maquette numérique en fonction des besoins pour la gestion.	47
III.2.2.2 Export de la maquette au format IFC	49
III.3 LA TRANSFORMATION DES DONNÉES DANS LE CADRE DE L'INTÉGRATION DU BIM DANS LE PROCESSUS DE GESTION.....	51
III.3.1 L'articulation entre les données issues des pratiques actuelles et celles provenant du processus BIM.....	51
III.3.2 L'extraction de plans dwg à partir de la maquette numérique	53
III.3.2.1 Les potentielles solutions pour l'export des plans dwg	53
III.3.2.2 L'extraction de plans dwg via le plugin « Export DWG premium pour Revit »	54
III.3.3 La mise en relation entre la maquette IFC et les logiciels de GMAO.....	55
III.3.3.1 La production de nomenclatures Excel à partir de la maquette IFC.....	55
III.3.3.2 La mise à jour de la maquette IFC.....	56
Conclusion.....	57
Bibliographie	59
Table des annexes.....	62
Liste des figures.....	101
Liste des tableaux	103
Résumé	104

Introduction

Depuis plusieurs années les collectivités territoriales sont contraintes de mutualiser et de transférer des compétences afin de faire face à un contexte budgétaire de plus en plus difficile. Pour son bon fonctionnement, une gestion optimisée du patrimoine est donc de rigueur. Parmi les biens gérés par les collectivités, les constructions représentent 40% de la valeur brute comptable du patrimoine (Duchene et al., 2016), soit un montant de plus de 387 Mds €. En ce qui concerne le cas des régions, les constructions qui sont principalement des lycées, représentent 80% de la valeur brute comptable. Face à ces enjeux économiques et organisationnels, la bonne connaissance du patrimoine immobilier est essentielle. En effet, c'est à partir de ces données utiles à la gestion que nous pourrions faire évoluer les bâtiments, mettre en œuvre des actions, ou fixer une meilleure stratégie de gestion du parc immobilier de la collectivité.

Cependant, le processus actuel de gestion du patrimoine immobilier permettant l'accès à l'information est confronté à des difficultés principalement liées au défaut d'interopérabilité : en effet, du fait de la diversité des pratiques, des offres techniques et des intervenants, les défauts d'interopérabilité provoquent des dysfonctionnements dans le cycle de gestion.

Parallèlement à cela, le secteur du bâtiment est en pleine évolution de par la transition numérique du bâtiment (Valente, 2015). Dans le cadre de la transformation des pratiques, les méthodes de gestion évoluent afin de connaître davantage le patrimoine, de limiter le défaut d'interopérabilité et ainsi mieux gérer les biens de la collectivité.

Le BIM est un processus au cœur de la transition numérique du bâtiment, son utilisation est notamment encouragée par l'État dans le cadre du Plan BIM 2022. En effet, le processus offre de nombreux avantages, tels qu'une approche collaborative du travail et la possibilité d'appréhender son patrimoine de manière tridimensionnelle à partir de données graphiques et alphanumériques.

Même si le BIM est de plus en plus utilisé dans le secteur du bâtiment, les pratiques sont bien éloignées du potentiel qu'offre l'utilisation d'un tel processus. En effet, actuellement le BIM est majoritairement mis en place dans la phase de conception et réalisation (PTNB, 2018). Cependant, l'enjeu est ailleurs puisque la phase de maintenance

et d'exploitation représente près de 75% des coûts globaux lors du cycle de vie d'un bâtiment (Sia partners, 2018).

L'un des objectifs de ce projet est donc de guider les collectivités dans leurs démarches visant à intégrer le BIM dans leur processus de gestion du patrimoine immobilier existant. D'autre part, l'intégration implique une phase de transition de longue durée, pendant laquelle il est nécessaire de faire cohabiter les différents supports de données tout en améliorant l'interaction entre les intervenants. À l'issue de cette intégration, il est nécessaire que la charge liée au défaut d'interopérabilité soit diminuée, malgré les problèmes que le processus BIM risque d'ajouter.

La transition vers un processus BIM pour la gestion du patrimoine bâti doit se faire en lien avec les pratiques actuelles des collectivités, tout en améliorant l'interopérabilité entre les données et les acteurs pendant toute cette phase d'évolution.

Afin de répondre à cette problématique, nous dresserons dans un premier temps, un état des lieux des pratiques en matière de gestion du patrimoine immobilier dans les collectivités. Cet inventaire présentera également le défaut d'interopérabilité qui peut perturber le processus actuel de gestion. Cette étude des pratiques permettra de mettre en avant les besoins des collectivités afin de rendre plus interopérable le processus de gestion.

Ensuite, nous aborderons la transition numérique en cours dans le secteur du bâtiment. Cet état de l'art présentera la place du processus BIM dans cette évolution des pratiques et comment celui-ci est encadré lors de marchés publics passés par les collectivités.

Nous aborderons dans un troisième temps le cas d'étude de la gestion du patrimoine immobilier affecté aux établissements du secondaire (lycées) de la Région Occitanie. Cette proposition d'intégration du BIM dans un processus de gestion exposera comment la maquette numérique pourrait devenir le support principal des données associées au patrimoine immobilier. Nous développerons ainsi des passerelles entre les différents systèmes utilisés afin d'atteindre cet objectif de gestion à partir de la maquette numérique.

Enfin, nous conclurons sur les perspectives d'évolution permettant de rendre plus performante la gestion du patrimoine immobilier en se basant sur un processus BIM plus abouti.

I La gestion du patrimoine immobilier des collectivités : un processus bridé par le défaut d'interopérabilité

I.1 Les pratiques actuelles des collectivités

Afin d'intégrer le processus BIM en lien avec les méthodes de gestion actuelles, il est important de connaître les pratiques des collectivités. Pour cela plusieurs entretiens ont eu lieu et une étude via un questionnaire en ligne a été réalisée¹. Cette enquête permet notamment de recenser :

- Les opérations dirigées par les collectivités ;
- Les méthodes de travaux et les outils employés ;
- Les perspectives d'évolution dans le cadre de la transition numérique ;
- Les problématiques rencontrées lors de la gestion du patrimoine.

En vue de réaliser ces entretiens et partager le questionnaire, 159 gestionnaires du patrimoine, collectivités territoriales et établissements publics ont été contactés². Le choix des collectivités contactées, notamment pour les communes et EPCI (Établissements Publics de Coopération Intercommunale), s'est effectué selon l'accessibilité des moyens de contacts ainsi que l'importance quantitative du parc immobilier. Nous comptons parmi eux :

- 94 Départements français ;
- 12 Régions de France métropolitaine ;
- 11 Communes françaises ;
- 39 Métropoles, communautés d'agglomération, communautés urbaines et autres établissements publics.

Après plusieurs mois de démarchages, nous avons obtenu 40 retours dont 21 ont répondu au questionnaire et 5 ont abouti à des entretiens. Cet échantillon demeure peu représentatif pour juger précisément les pratiques employées à l'échelle nationale. Néanmoins, cette enquête permet d'observer des tendances sur les méthodes de gestion utilisées, les problématiques ainsi que sur les perspectives d'évolution des collectivités.

¹ Annexe 1 : Questionnaire pour l'étude des pratiques des collectivités pour la gestion de leur patrimoine immobilier

² Annexe 2 : Tableau récapitulatif des personnes contactées

I.1.1 Les méthodes mises en place dans les collectivités pour la gestion de leur patrimoine immobilier

Si le processus BIM ne fait pas partie des démarches les plus utilisées par les collectivités, nous constatons une volonté de l'intégrer dans la plupart des services de gestion du patrimoine. L'étude réalisée a permis de mettre en avant certaines pratiques, tout en montrant l'hétérogénéité dans les outils employés³.

I.1.1.1 Les méthodes utilisées selon l'étude réalisée

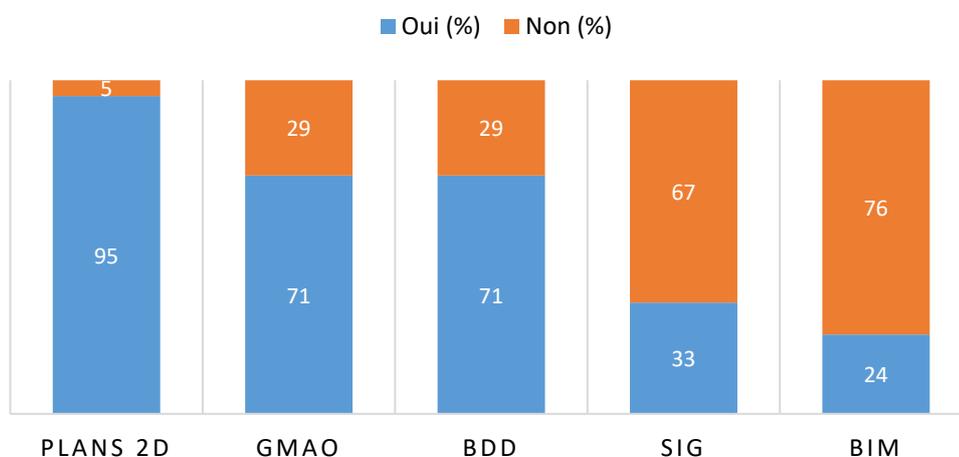


Figure 1: Les outils utilisés par les collectivités pour la gestion de leur patrimoine immobilier

D'après le recensement des pratiques actuelles des collectivités pour la gestion de leur patrimoine immobilier, 95% utilisent des plans 2D. Ceux-ci se basent sur le format *dwg* qui est le standard pour ce type de support. Par la suite nous parlerons donc indifféremment de « plans 2D » et « plans *dwg* ».

Comme l'illustre la Figure 1, 71% des collectivités sondées utilisent des bases de données (BDD). Il faut toutefois être prudent avec ce que recouvre réellement la notion de base de données, qui sont le plus souvent de simples tableurs de type *Excel*. C'est le cas pour 60% des bases de données utilisées par notre échantillon.

Les plans 2D et les BDD figurent comme étant la combinaison de prédilection. Cette association représente 67% des cas.

³ Annexe 3 : Synthèse des résultats de l'étude des pratiques des collectivités en matière de gestion du patrimoine immobilier

Afin de faciliter la manipulation des données pour la gestion du patrimoine immobilier, 71% des collectivités ont mis en place un logiciel de GMAO⁴. Parmi ces collectivités, 67% n'ont pas recours à un processus BIM. En revanche, lorsque le BIM est employé, 100% des collectivités utilisent une GMAO pour traiter, manipuler, exploiter leurs données.

D'après les réponses obtenues et les entretiens réalisés avec les collectivités, nous observons une nette tendance vers l'acquisition des outils de GMAO. Ceux-ci permettent l'exploitation des informations issues de diverses sources de données, telles que les bases de données et les plans *dwg*. Cette dernière association représente 67% des cas des collectivités.

Pour 33% des collectivités, un SIG est utilisé pour la gestion du patrimoine immobilier. Comme pour le BIM qui est mis en place dans 24% des cas recensés, les SIG sont des outils nécessitant davantage de compétences techniques par rapport aux autres outils actuellement préférés par les collectivités. Cette barrière liée aux compétences figure comme l'un des trois principaux freins à l'utilisation d'outils numériques et d'une démarche BIM (PTNB, 2018).

Malgré une faible utilisation du BIM dans les collectivités, certaines ont tout de même commencé à intégrer un processus BIM pour leur gestion du patrimoine immobilier. Cependant l'étude de plusieurs cas a révélé un faible niveau de maturité⁵ de cette démarche. En effet, lorsque le BIM est mis en place dans les collectivités, celui-ci se cantonne à l'utilisation d'une maquette numérique, bien loin du processus collaboratif qui le définit⁶.

I.1.1.2 Le cas de collectivités ayant engagé un processus BIM

Parmi les collectivités ayant intégré un processus BIM, nous trouvons par exemple le département de l'Hérault et la Région Grand-Est.

Concernant la gestion du patrimoine immobilier du **département de l'Hérault** (Sarrat, 2021), bien qu'une démarche BIM ait été engagée depuis plusieurs années maintenant, actuellement le service du conseil départemental utilise conjointement des maquettes numériques, des plans *dwg*, des bases de données et un logiciel de GMAO. La

⁴ I.1.3.2 Les logiciels de GMAO

⁵ Annexe 4 : Les différents niveaux de maturité d'un processus BIM

⁶ II.1.1 Les grands principes du processus BIM

base de données sur laquelle se base *GIMA*, le logiciel de GMAO, est alimentée à partir des informations contenues dans les plans *dwg*. Concrètement, les plans sont déposés dans un fichier dédié, l'opérateur exécute un script FME qui va permettre d'extraire les données et enfin le logiciel de GMAO est actualisé. À partir de là, les données sont mises à jour et disponibles à l'exploitation. Quant à la maquette numérique, elle ne dispose d'aucune interaction avec le logiciel de GMAO. Elle est utilisée pour extraire les plans *dwg* nécessaires au processus de traitement. De plus, lorsque des études sont à mener ou lorsque des renseignements sont insuffisants sur les plans *dwg*, alors la maquette numérique est employée. Malgré l'utilisation d'un modèle 3D et d'une plateforme collaborative (Autodesk BIM 360) le niveau de maturité du processus BIM demeure limité (niveau 2). En effet, la plateforme collaborative est uniquement employée pour déposer les livrables une fois qu'ils ont été traités en local par les différents intervenants.

Concernant la **Région Grand-Est** (Rodenberger, 2021), celle-ci a récemment engagé un processus BIM avec une vision différente de celle du département

Département de l'Hérault. Cependant, nous retrouvons également l'emploi d'un processus BIM, un logiciel de GMAO (Active 3D), des plans *dwg* et une base de données. La Région a fait le choix de simplifier la mise en BIM des bâtiments face à l'ampleur de son patrimoine immobilier (5 300 000m², soit 2800 bâtiments). Cette collectivité a axé davantage sa stratégie de modélisation sur les données sémantiques, que sur les données géométriques. Contrairement au département de l'Hérault qui dispose d'une intégration BIM au gré des interventions, la Région Grand-Est a choisi une transition différente, sans priorité de modélisation. Afin d'avoir un processus de mise en BIM plus rapide et simplifié, les bâtiments sont modélisés à partir de plans 2D. Comme pour les plans, les informations de la maquette numérique sont extraites pour ensuite être exploitées avec le logiciel de GMAO pour la gestion du patrimoine. Dans ce cas, les plans 2D et les données associées restent donc les principales sources d'informations. Le processus BIM quant à lui, reste limité à l'utilisation d'un modèle 3D simplifié, contenant les strictes données utiles à la gestion du patrimoine, sans grand aspect collaboratif.

Comme nous l'observons, avec ces deux collectivités, chacune dispose d'une vision différente sur la façon d'intégrer le BIM dans le processus de gestion du patrimoine immobilier. Cependant, nous remarquons une volonté identique d'utiliser une démarche BIM avec pour objectif l'exploitation des données via un logiciel de GMAO.

I.1.2 Les perspectives d'évolution des collectivités pour la gestion de leur patrimoine immobilier

Parmi les collectivités contactées dans le cadre de cette étude des pratiques, les perspectives d'évolution ne sont pas homogènes. Cependant, la centralisation et la structuration des données restent des objectifs communs, peu importe les outils employés.

I.1.2.1 Le cas d'étude de diverses collectivités

Comme nous l'observons dans le tableau ci-dessous, malgré la diversité des types de collectivités territoriales, les perspectives d'évolution s'orientent vers la mise en place d'un processus BIM et l'utilisation d'un logiciel de GMAO.

Collectivités	Les perspectives d'évolution concernant la gestion du patrimoine immobilier
Région Normandie	Poursuivre le passage au BIM, l'informatisation des données et la gestion de projet partagée.
Région Grand-Est	Disposer de maquettes numériques contenant des données structurées selon la charte BIM.
Département du Loir-et-Cher	Engager une démarche BIM pour tous les projets supérieurs à 500 000 € à partir de ce jour.
Département de la Creuse	Mise en place d'un outil de type SIG.
Collectivité Européenne d'Alsace	Mise en place d'un seul référentiel patrimoine unique, permettant de gérer la maintenance curative de nos bâtiments.
Métropole du Grand Nancy	Développement actuel d'un logiciel de GMAO qui n'est encore pas opérationnel.
Tours Métropole Val de Loire	Mise en place d'un logiciel de GMAO afin de constituer une base de données fiable.
Ville d'Agde	Acquisition prochaine d'un logiciel de GMAO dans le but d'organiser le référencement des bâtiments.

Tableau 1 : Présentation des objectifs concernant les pratiques des collectivités en matière de gestion du patrimoine immobilier

Que la solution soit orientée BIM ou SIG, les collectivités souhaitent associer les données sémantiques aux données graphiques tout en informatisant leurs pratiques. Bien que les objectifs concernant les changements de méthode de travail soient similaires, l'état d'avancement des collectivités demeure hétérogène.

I.1.2.2 L'état d'avancement des collectivités dans la mutation de leurs pratiques

Certaines collectivités ont déjà engagé une démarche BIM, c'est le cas par exemple du département de l'Hérault, de la collectivité Européenne d'Alsace, de la Région Grand-Est ou du département de l'Oise. Dans l'étude réalisée, cela représente 24% des collectivités, qui utilisent un processus BIM.

Comme nous l'observons pour la plupart des collectivités, celles n'ayant pas encore mis en place un outil de GMAO, souhaitent le faire. Dans l'étude, parmi les 6 collectivités n'ayant pas de logiciel de GMAO, 3 ont lancées des prospections pour en acquérir un. Parmi ces trois, une seule souhaite l'adjoindre à un processus BIM.

Malgré l'évolution des pratiques de certaines collectivités, d'autres n'ont aucune perspective d'évolution. La principale raison à cela, c'est le coût d'investissement nécessaire à la mise en place de nouvelles pratiques. En effet, certaines collectivités sont contraintes de conserver leurs méthodes de travail à cause de la contrainte budgétaire qui pèse sur ces collectivités. Le coût d'investissement couplé à celui des logiciels constitue le premier frein à l'utilisation d'outils numériques et d'une démarche BIM (PTNB, 2018).

Bien que les collectivités n'aient pas suivi la même évolution, les pratiques convergent vers l'utilisation d'un logiciel de GMAO, qu'une démarche BIM soit mise en place ou non. Cependant, concernant la manipulation et l'exploitation des données, la gestion du patrimoine immobilier ne se cantonne pas à l'emploi de cet outil.

I.1.3 Les outils utiles à la gestion du patrimoine immobilier

Lors de cette étude des pratiques actuelles des collectivités, deux principaux outils permettant la gestion du patrimoine immobilier se sont démarqués, il s'agit des SIG et des logiciels de GMAO.

I.1.3.1 Les outils SIG

Ces outils, utilisés par 33% des collectivités interrogées, peuvent présenter des avantages, notamment pour le traitement des données. En effet, les collectivités possèdent déjà les compétences et les infrastructures en interne pour un type d'utilisation donnée (par exemple, le patrimoine foncier). Le recours au SIG pour la gestion du patrimoine bâti pourrait donc se faire assez facilement. De plus, les mises en relation et la manipulation de l'information entre les SIG et les bases de données peuvent se faire de manière aisée. Les SIG permettent également d'avoir une vision d'ensemble sur le parc immobilier de la collectivité. De plus, grâce à la mise en place d'un service web de type WFS, les SIG offrent la possibilité d'interroger et de manipuler les données à distance, ce qui permet de renforcer l'interopérabilité entre les acteurs de la gestion du patrimoine. Sans compter le coût de déploiement de la base de données, certains logiciels de SIG, tels que *QGIS*, présentent l'avantage d'être gratuits.

Cependant, dans une perspective d'intégration du BIM dans le processus de gestion du patrimoine immobilier, les SIG peuvent être confrontés à certaines limites. En effet, les SIG sont davantage destinés à être utilisés à l'échelle d'un quartier, d'une ville ou d'une région, plutôt qu'à l'échelle d'un bâtiment, d'un local ou d'un équipement. De plus, d'un point de vue graphique, même si certains formats permettent un rendu tridimensionnel, ceux-ci restent limités par rapport aux informations contenues dans les maquettes numériques. La conversion graphique d'une maquette BIM en modèle 3D adapté au SIG engendrerait alors une perte d'informations.

Cependant le SIG pourrait venir en complément du processus BIM lorsque l'on souhaite former un CIM. Ce rapprochement entre ces deux systèmes se manifeste également par la collaboration depuis 2018 entre deux des leaders des logiciels de BIM et de SIG, il s'agit respectivement d'Autodesk et d'Esri (Autodesk, 2018). En effet les deux outils ne sont pas incompatibles et peuvent tous les deux converger vers un modèle de « ville intelligente » (Lafioune et St-Jacques, 2020).

I.1.3.2 Les logiciels de GMAO

Les logiciels de GMAO sont employés par 71% des collectivités interrogées. Il en existe une grande diversité, parmi les collectivités sondées, nous en recensons 6 différents : Active 3D, AS-Tech, CARL Software, GIMA, Infor EAM, SamFM.

Ces différents logiciels de GMAO permettent la manipulation de données et facilitent la gestion en se basant sur une multitude d'informations stockées dans des bases de données. Dans le cadre de l'utilisation d'un processus BIM, les outils de GMAO semblent être essentiels pour traiter la masse de données. Ces outils peuvent notamment être employés pour la gestion des équipements, des locaux, du personnel, des coûts de fonctionnement. L'exploitation des données dans un objectif de gestion fait la particularité des logiciels de GMAO, qui contrairement aux outils SIG ont des fonctionnalités plus généralistes.

Certains outils de GMAO peuvent également proposer une interface graphique et intégrer des données 2D ou 3D. Dans ce cas, le logiciel de gestion met en lien la base de données avec les plans ou maquettes numériques. Cette relation est permise par le mappage et la structuration des données contenues dans les plans, les maquettes et les bases de données. La mise à jour des informations peut se faire directement via le logiciel qui actualisera les supports de données associés. Le logiciel de GMAO joue un rôle de pivot entre ces différents outils et offre une vue d'ensemble des données nécessaires à la gestion du patrimoine immobilier.

Dans l'objectif d'intégrer le BIM dans le processus de gestion du patrimoine immobilier, il est donc intéressant de mettre en place un logiciel de GMAO permettant la visualisation 3D. Cela permet de visualiser l'emplacement associé aux données ou d'interagir directement avec la maquette numérique en ayant un visuel plus proche de la réalité. Le département de la Meuse (Marchand, 2021) a fait le choix d'anticiper les futurs modes de rendus en choisissant une GMAO compatible avec les maquettes numériques (*CARL Source*).

Certains logiciels de GMAO disposent d'une version mobile permettant d'interagir à distance avec la base de données. Cette fonctionnalité est très intéressante dans le cadre d'un processus collaboratif, car cela permet de faire le lien entre les personnes en charge de la gestion et les collaborateurs directement sur le terrain. L'échange entre les différents acteurs du processus de gestion est décisif dans la mise en place d'un processus collaboratif.

Quels que soient les outils mis en place, lorsque l'on souhaite faire évoluer les pratiques en facilitant les échanges et en améliorant les démarches, il est essentiel d'améliorer l'interopérabilité qui pèse sur le processus de gestion.

I.2 Le défaut d'interopérabilité dans le processus de gestion

L'interopérabilité, c'est la capacité à échanger des informations sans pertes de données et sans limitation d'accès, que cela soit entre plusieurs personnes ou logiciels différents. Le processus de gestion se base sur une multitude de données, provenant de diverses sources, de différents lieux, et faisant appel à plusieurs intervenants. De fait, la gestion du patrimoine est soumise à de nombreuses interactions. L'amélioration de l'interopérabilité est donc essentielle pour limiter la perte d'informations dans un tel processus.

I.2.1 L'hétérogénéité des données engendrée par la diversité des pratiques

La gestion du patrimoine se base sur des données pouvant provenir de diverses sources, telles que des relevés d'état des lieux, des DOE⁷, des plans d'archives ou des bases de données. Pour réaliser ces supports d'informations, il existe là encore une diversité de pratiques impliquant des logiciels et des formats différents.

Afin d'avoir un aperçu de la problématique d'interopérabilité causée par la diversité des acteurs au sein d'un projet, nous avons réalisé une étude afin de mettre en avant le nombre d'intervenants et la diversité des logiciels employés. Celle-ci se base sur le site « Alco 2 » du département de l'Hérault. Il s'agit d'une construction de près de 18000m² comportant principalement des bureaux et salles de réunion.

Ces recherches s'appuient sur un projet en phase de construction où le nombre d'intervenants et d'outils sont généralement plus importants qu'en phase de gestion. Cependant, il faut tenir compte d'éventuels travaux qui peuvent survenir sur des bâtiments existants intégrés à un processus de gestion du patrimoine. Dans ce cas, la diversité des intervenants et des pratiques employées peut être semblable à la phase de construction.

I.2.1.1 La diversité des intervenants

Comme l'illustre la Figure 2, ce projet de construction est scindé en 19 lots représentant des portions de travaux en fonction des corps d'états du bâtiment. Ces lots

⁷ Documents contractuels remis au maître d'ouvrage à l'issue de travaux permettant de connaître l'ouvrage en cas de travaux ou maintenance ultérieure à la réalisation. Ces documents peuvent notamment être sous forme de plans, de notices ou de fiches techniques.

comportent plusieurs sous-catégories pouvant être associées à différentes entreprises. En plus de ces différents lots et sous-catégories, le projet de construction comprend des acteurs intervenants de manière transversale. Lorsque nous comptabilisons l'ensemble des intervenants du projet, cela nous renvoie à 36 entités différentes entre lesquelles peuvent exister des interactions.

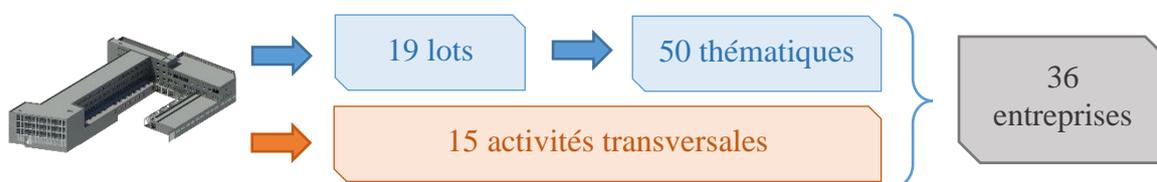


Figure 2 : Schéma présentant la diversité des intervenants sur un projet de construction

Lorsque tous les acteurs du projet utilisent les mêmes méthodes de travail, l'interopérabilité est améliorée. En revanche, lorsque les pratiques, les logiciels et les formats sont différents, cela amplifie le défaut d'interopérabilité.

I.2.1.2 La diversité des pratiques

Lorsque l'utilisation d'outils n'est pas encadrée par les règles propres aux marchés publics, la pluralité des intervenants sur un même projet engendre une diversité des pratiques. À propos du projet « Alco 2 », nous observons l'utilisation d'une multitude de méthodes de travail, impliquant l'utilisation de différents logiciels. Afin de dresser un état des lieux des pratiques et logiciels utilisés, nous avons étudié les DOE et contacté l'ensemble des acteurs ayant travaillé sur ce projet⁸.

Comme nous l'observons sur la Figure 3, parmi les 23 logiciels recensés sur ce projet, nous trouvons une grande diversité d'outils dédiés à la réalisation de plans, de maquettes numériques et de calculs. Certains de ces outils sont utilisés par plusieurs entreprises, c'est le cas d'AutoCAD qui est le logiciel majoritairement utilisé pour l'exploitation et la création de plans 2D.

Cette diversité de logiciels engendre l'utilisation de plusieurs formats qui ne sont pas nécessairement compatibles, pouvant alors provoquer de la perte d'informations.

⁸ Annexe 5 : Tableau récapitulatif des intervenants et des logiciels utilisés dans le projet de construction

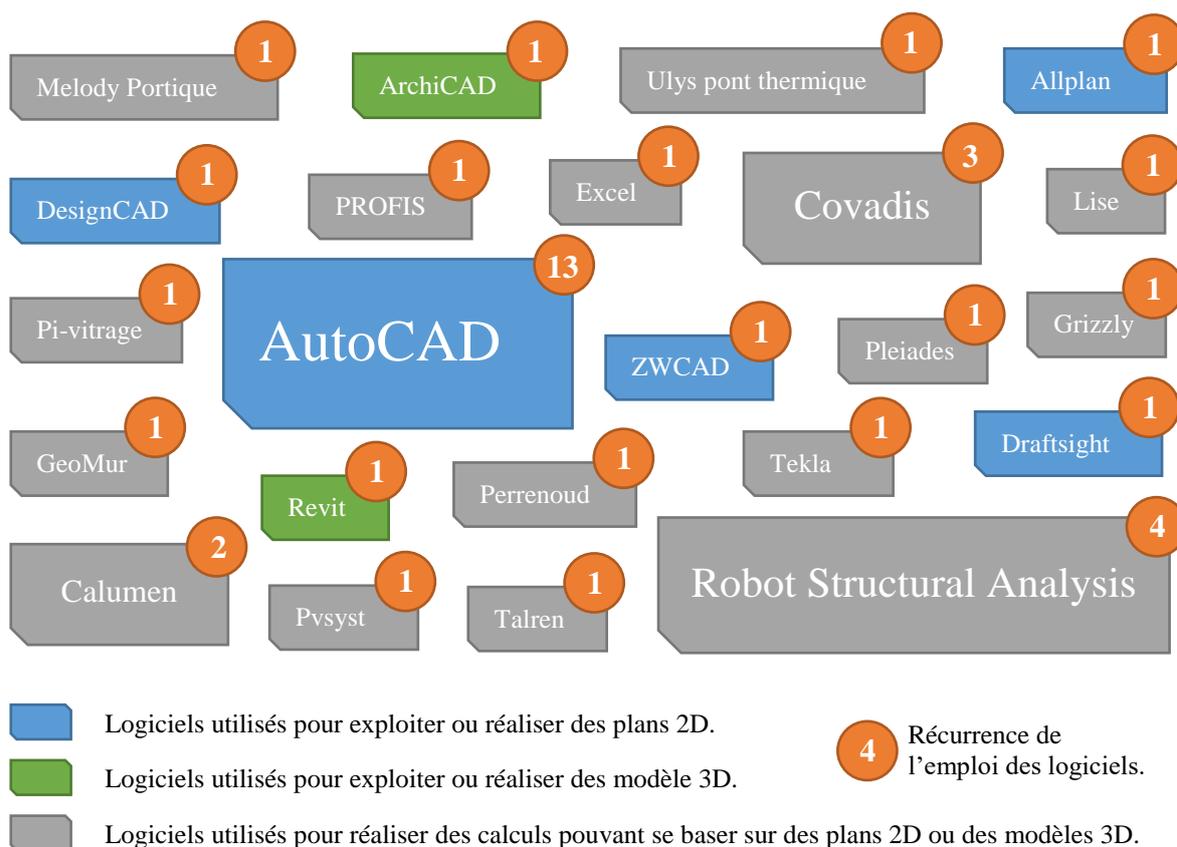


Figure 3 : Schéma présentant la diversité des logiciels utilisés sur un projet de construction

I.2.2 La perte d'informations au cours du processus de gestion

D'un point de vue des données, la perte d'information est la principale conséquence du manque d'interopérabilité. Lors du processus de gestion, plusieurs étapes se passent entre l'acquisition des données et l'utilisation de celles-ci pour la gestion du patrimoine immobilier. Lors de ces étapes, différents logiciels et formats vont se succéder et donner lieu à des pertes d'informations.

I.2.2.1 Le cas d'étude du département de l'Hérault

Si nous prenons l'exemple de la direction du patrimoine immobilier du Conseil départemental de l'Hérault, l'interopérabilité concerne 4 principaux outils :

- Les bases de données : *Excel* ;
- Les plans 2D : *AutoCAD* ;
- Les maquettes numériques : *Revit* ;
- La GMAO : *GIMA*.

D'après l'entretien réalisé avec le référent BIM du service de gestion du patrimoine, la principale problématique d'interopérabilité, à ce jour, réside dans la conversion des maquettes numériques vers des plans *dwg* utiles à leur logiciel de GMAO⁹. En effet, pour intégrer les plans 2D dans l'outil de GMAO, le script se base sur des informations alphanumériques contenues dans des étiquettes permettant de faire le lien entre le plan et la base de données. Cependant, lorsque les plans sont extraits de la maquette numérique *Revit*, le processus actuel ne permet pas d'extraire ces informations de manière à ce qu'il soit possible de les traiter directement. Nous constatons donc une perte d'informations pourtant essentielles à la gestion du patrimoine de cette collectivité. Afin de limiter cette perte de données, le service en charge de la gestion doit reprendre manuellement ces données afin qu'elles soient adaptées au script permettant de les intégrer dans le logiciel de GMAO.

I.2.2.2 L'obsolescence des données

Au-delà de la perte d'informations, le défaut d'interopérabilité peut freiner la mise à jour des documents et ainsi les rendre rapidement obsolètes. Cela n'est pas systématiquement lié aux formats de documents utilisés, mais peut également être la conséquence d'un manque d'échanges entre les intervenants concernés de près ou de loin par le processus de gestion.

La Région Occitanie rencontre cette problématique lorsqu'il y a des travaux sur les bâtiments dont elle est propriétaire. En effet, les plans sur lesquels se base le service de gestion du patrimoine bâti ne sont pas systématiquement mis à jour après modification des lieux. Les informations utilisées ne sont donc plus cohérentes avec la réalité du site et les données graphiques et sémantiques deviennent obsolètes. De ce fait, lorsqu'une intervention est de nouveau nécessaire sur le bâtiment, un nouvel état des lieux doit être réalisé.

En plus du défaut d'interopérabilité dont il faut minimiser les conséquences, les collectivités sont confrontées à plusieurs contraintes empêchant la bonne exécution du processus de gestion du patrimoine immobilier. Cela a pour conséquence de générer un certain nombre de besoins pour collectivités afin d'améliorer leurs pratiques. C'est ce que nous allons voir dans la partie suivante.

⁹ I.1.2.1 Le cas d'étude de diverses collectivités

I.2.3 Les besoins des collectivités en matière d'interopérabilité

D'après les entretiens réalisés et les différentes prises de contact avec les collectivités, certains besoins permettant d'améliorer la gestion du patrimoine immobilier ont été mis en avant. Ces besoins font également partie des principales problématiques et des points d'amélioration à apporter dans les collectivités afin de renforcer l'interopérabilité au sein du processus de gestion.

I.2.3.1 L'articulation de la gestion du patrimoine immobilier entre les différents intervenants

Le processus de gestion du patrimoine fait appel à de nombreux intervenants ayant des compétences inégales. Cette problématique peut être amplifiée par la taille des collectivités, qui peut engendrer mécaniquement un nombre et une diversité d'acteurs plus conséquents.

En plus de cela, ces acteurs en charge de la gestion du patrimoine peuvent se trouver physiquement à des endroits différents :

- Sur un des sites gérés par la collectivité ;
- Au niveau de l'administration centrale, au service de gestion du patrimoine bâti ;
- Sur une antenne du service de gestion ;
- Dans un établissement public dédié, en lien avec le patrimoine de la collectivité.

Malgré ces contraintes, il faut pouvoir faire circuler les informations entre ces différents acteurs et ainsi conserver une homogénéité des données quelles que soient les circonstances. De ce fait, les données nécessaires à la gestion du patrimoine immobilier doivent être accessibles et utilisables pour les intervenants.

I.2.3.2 L'accessibilité des données nécessaires à la gestion du patrimoine immobilier

Que ces personnes soient sur le terrain ou dans divers bureaux, le processus doit permettre de faire remonter l'information du bâtiment vers les gestionnaires et réciproquement.

Cependant, tous ces intervenants n'ont pas forcément les mêmes compétences et rôles dans la gestion du patrimoine. C'est pourquoi l'accès des données peut varier en

fonction des besoins et des tâches. Par exemple, le gestionnaire d'un collège peut avoir accès aux données concernant son établissement, mais pas à celles d'autres sites.

Afin de rendre les données accessibles aux intervenants à la gestion du patrimoine, il faut que les informations soient centralisées pour être ensuite partagées. Le fait de centraliser les données permet d'avoir des informations homogènes entre les différents acteurs.

I.2.3.3 La connaissance permanente du patrimoine immobilier

Afin d'avoir une gestion optimisée du patrimoine immobilier de la collectivité, celle-ci doit pouvoir se baser sur des données fiables. Pour cela il faut que les données soient mises à jour afin d'avoir la certitude que les informations utilisées sont celles qui correspondent à l'état actuel des locaux.

La mise en place d'un processus collaboratif permet ainsi de favoriser les échanges entre les intervenants à la gestion du patrimoine immobilier. Grâce à cela, les informations circulent en limitant les intermédiaires et sont directement accessibles à l'ensemble des acteurs concernés.

Conclusion de la partie I : L'étude réalisée auprès de diverses collectivités présente une nette tendance pour l'utilisation de plans 2D, d'outils de GMAO et de bases de données pour la gestion de leur patrimoine immobilier. Malgré une mise en place dans certaines collectivités, le BIM reste un outil très peu utilisé pour des besoins d'exploitation. Toutefois, une telle démarche collaborative permettrait de répondre à de nombreuses problématiques notamment celles relatives au défaut d'interopérabilité. En effet, la gestion du patrimoine immobilier est soumise à plusieurs contraintes liées à la diversité des pratiques engendrée par les nombreux intervenants. À cette difficulté s'ajoute les besoins des collectivités afin de renforcer la performance leur processus de gestion.

II La transition numérique du bâtiment : l'intégration du BIM dans le processus de gestion du patrimoine immobilier

II.1 Le processus BIM au cœur de la transition numérique du bâtiment

II.1.1 Les grands principes du processus BIM

Le BIM, n'est pas simplement l'utilisation d'une maquette numérique centralisant l'ensemble des données d'une construction. C'est un véritable processus collaboratif, c'est là qu'intervient la problématique de l'interopérabilité.

II.1.1.1 La maquette numérique

Si le BIM ne se résume pas à la maquette numérique, elle en est cependant l'élément central. En effet, la maquette numérique va servir de support autour duquel les collaborateurs d'un projet vont travailler en interagissant de manière ordonnée (Lamour et Romon, 2016).

Par rapport à d'autres supports, numériques ou non, la maquette présente l'avantage d'exister et d'être consultable en trois dimensions. Cela va ainsi permettre d'apporter des informations supplémentaires que ce soit, trivialement, au niveau des volumes et dimensions mais aussi et surtout du point de vue de la compréhension des lieux représentés. Comme nous l'observons dans la Figure 4, un plan de façade « classique » ne permet pas toujours de bien rendre compte de la complexité du bâtiment, contrairement à la maquette numérique.

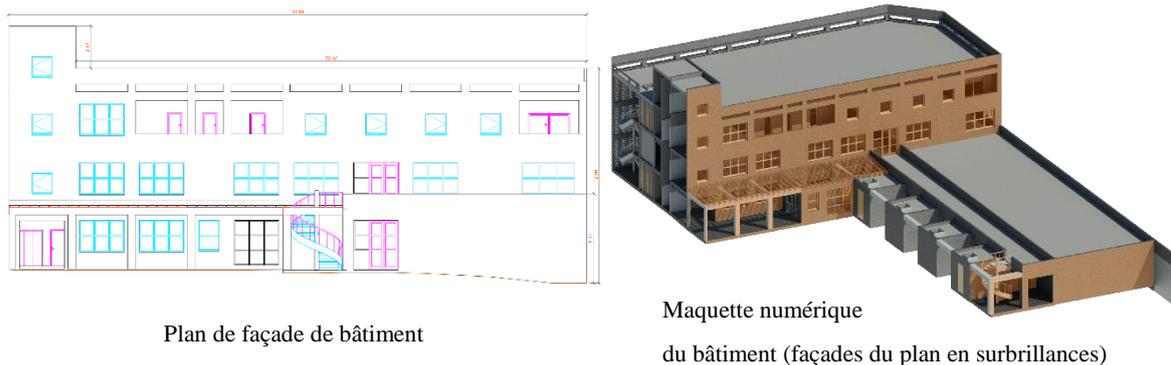


Figure 4 : Illustration de l'apport de la maquette concernant l'aide à la compréhension des lieux (Source : opération réalisée par dGema pour le compte de l'ARAC Occitanie)

Au-delà de cet aspect tridimensionnel, la maquette peut contenir d'autres dimensions temporelles, financières ou de développement durable. Nous parlons alors de maquette numérique 4D, 5D ou 6D.

La maquette numérique, peut-être plus ou moins fidèle à la réalité géométrique du bâtiment, nous parlerons de LOD ou de niveaux de détails. Lors de la modélisation d'un objet, il existe 6 niveaux de détails avec un LOD équivalent à 100, 200, 300, 400 ou 500. Plus le LOD est grand, plus fidèle sera la modélisation aussi bien d'un point de vue graphique que sémantique (Valente, 2015). En effet, la modélisation ne se cantonne pas à une représentation graphique et permet d'associer à chaque objet une multitude d'informations.

Dans le cadre de la modélisation de bâtiments existants ces deux notions de détails graphiques et sémantiques peuvent avoir un niveau d'évolution qui diffère. Afin de juger de la qualité de la maquette, au-delà de la précision graphique, il est important de prendre en compte la précision géométrique.

Cette maquette numérique peut être réalisée via divers logiciels dédiés tels que Revit, ArchiCAD ou Allplan. Tous les logiciels de modélisation ont leur particularité, par exemple Tekla est plus adapté pour les structures, alors que Revit concerne la modélisation générale.

Concrètement, lorsqu'un architecte conçoit un projet via ArchiCAD, si le géomètre en charge de la mise à jour de la maquette utilise Revit, alors ce dernier ne pourra pas exploiter directement le modèle numérique réalisé par l'architecte. En effet, Revit ne permet pas la lecture de fichiers issus d'ArchiCAD.

Cette diversité des logiciels va engendrer une hétérogénéité des pratiques au sein d'un même projet ce qui implique l'utilisation de plusieurs formats et aura pour conséquence une amplification du défaut d'interopérabilité.

II.1.1.2 L'interopérabilité

Pour rappel (partie I.2), l'interopérabilité, c'est la capacité à échanger des informations sans pertes de données et sans limitation d'accès que ce soit entre plusieurs personnes ou logiciels. Dans le BIM, l'interopérabilité est donc au cœur des problématiques puisqu'il est par définition un processus collaboratif.

En ce qui concerne les échanges entre les acteurs d'un projet, nous observons quatre niveaux d'interopérabilité, ou niveaux de maturité d'un processus BIM¹⁰. Plus le niveau de maturité est élevé, moins il y a de problèmes d'interopérabilité et plus le projet est

¹⁰ Annexe 4 : Les différents niveaux de maturité d'un processus BIM.

collaboratif. Pour faciliter les échanges d'informations, il existe un grand nombre de plateformes collaboratives¹¹.

Malgré le recours à des plateformes collaboratives, il subsiste des problèmes importants de formats lors des échanges de données. En effet, du fait de la diversité des logiciels de modélisation, la maquette numérique peut être stockée sous plusieurs formats. Afin de répondre à ce problème, il existe des formats ouverts qui permettent d'être modifiés et lus par divers logiciels. Par opposition, nous trouvons les formats natifs qui quant à eux sont propres aux logiciels auxquels ils sont associés et très peu accessibles sur d'autres. Concernant les formats ouverts de maquettes numériques, nous retrouvons principalement le format IFC qui est aujourd'hui le standard international pour l'échange de fichiers BIM (ACCA Software, 2020).

II.1.1.3 Le format IFC

Le format IFC est un format d'échange simple dans lequel nous trouvons différentes classes en fonction des types d'objets (par exemple la classe « *IfcWall* » pour les murs). Il existe différentes versions de l'IFC, aujourd'hui la version couramment utilisée est celle de l'IFC 2x3. La version IFC4, validée officiellement par certains logiciels, est intégrée petit à petit dans les pratiques. Cependant, elle ne constitue pas encore la norme, puisqu'elle n'a pas été intégrée par tous les logiciels (BuildingSMART, 2019b).

Bien que le format IFC soit dédié à l'amélioration de l'interopérabilité, il subsiste encore de nombreuses anomalies lors des exports dans le format. En plus de cela, s'il est possible de modifier certains éléments de la maquette IFC, il est difficile d'avoir la même souplesse de modélisation que l'on peut avoir avec un format natif. En effet, le format IFC est dédié à l'échange de données et non à l'édition. Donc, lorsque nous exportons une maquette Revit en IFC, il est ensuite plus difficile de modifier la géométrie de celle-ci en l'utilisant directement dans Revit ou avec un autre logiciel de modélisation, ce qui présente des limites avec ce format.

Malgré ces quelques difficultés avec le format IFC, son utilisation permet de faciliter le partage de la maquette numérique en la rendant plus accessible et lisible à tous.

¹¹ II.3.2.3 Les outils à mettre en place dans le cadre du processus BIM

II.1.2 L'intérêt du BIM pour les collectivités au cours du cycle de vie d'un bâtiment

Le BIM est un processus qui va accompagner le bâtiment durant tout son cycle de vie. Lors des différentes phases illustrées en Figure 5, le BIM va notamment permettre de réduire les coûts et les délais, de faire des simulations précises, de favoriser les échanges, d'avoir un projet de meilleure qualité en minimisant les erreurs (Valente, 2015).

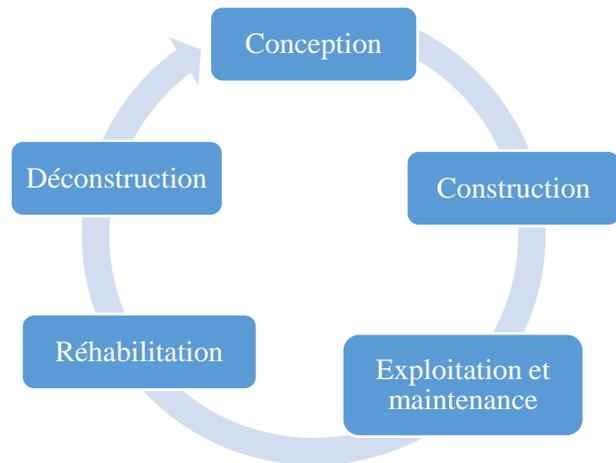


Figure 5 : Cycle de vie d'un bâtiment

II.1.2.1 La conception et réalisation

D'après une étude du PTNB de 2018, 49% des opérations utilisant le BIM, concernent uniquement la réalisation ou la conception. En effet, lors de ces phases, la maîtrise d'ouvrage dont font partie les collectivités, peuvent y trouver de nombreux avantages :

- La réduction des délais ;
- La diminution des coûts de construction ;
- Une meilleure communication ;
- La réduction de l'impact environnemental ;
- Une conception plus aboutie ;
- Une meilleure compréhension du projet.

D'après l'étude du PTNB, l'argument financier ne fait pas partie des premiers avantages recensés. Cependant, il pourrait le devenir si le BIM était plus utilisé en phase d'exploitation et de maintenance.

II.1.2.2 L'exploitation, la maintenance et la réhabilitation

Cette phase représente 75% du coût global sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment (Sia partners, 2018), ce qui offre une plus grande marge de réduction des coûts.

Lors de cette période de vie du bâtiment, les collectivités peuvent y trouver d'autres intérêts :

- Une meilleure connaissance du patrimoine ;
- L'entretien des équipements facilité et optimisé ;
- La gestion plus adaptée du bâtiment ;
- Le contrôle du budget et l'abaissement des coûts ;
- L'amélioration des performances énergétiques ;
- Le contrôle du respect de la réglementation.

II.1.2.3 La déconstruction

Enfin, dans la dernière phase du cycle de vie d'un bâtiment, lors de la déconstruction du bâtiment, le BIM présente là encore des avantages :

- Une meilleure gestion des déchets ;
- La sécurité renforcée de l'opération ;
- Une méthodologie de déconstruction optimisée ;
- Le contrôle du budget.

Lors de ces différentes phases du cycle de vie d'un bâtiment, le BIM peut contribuer à l'amélioration et à l'optimisation des pratiques. Conscient des opportunités qu'offre l'utilisation d'outils numériques, le gouvernement français décide d'intervenir auprès des acteurs du bâtiment. Bien que l'évolution des pratiques ait déjà débuté, notamment pour les plus grosses entreprises sur des projets d'envergure, l'objectif de l'État est d'intégrer tout le monde dans cette mutation. En 2015, la transition numérique du bâtiment est officiellement lancée en France.

II.1.3 La transition numérique du bâtiment accompagnée par le Plan BIM 2022

Le secteur du bâtiment est en pleine évolution dans ces pratiques, laissant de plus en plus de place aux outils numériques. En France, afin d'accompagner cette transition numérique, l'État a lancé un programme en 2015 : Le plan de transition numérique du bâtiment ou PTNB.

II.1.3.1 Le Plan de Transition Numérique du Bâtiment

Ce programme a pour objectif de généraliser l'utilisation d'outils numériques dans le secteur du bâtiment. Le PTNB a été mis-en place pendant 3 années consécutives, de 2015 à 2018.

À l'issue de la réalisation de ce programme via ses 3 axes¹², selon le Baromètre 3 du PTNB, l'utilisation d'outils numériques dont le BIM, est passé de 27% en 2016 à 51% en 2018 (PTNB, 2018). Afin de continuer cette progression dans la transition numérique, un nouveau programme d'État a vu le jour, il s'agit du Plan BIM 2022.

II.1.3.2 Le Plan BIM 2022

C'est en 2019 que le Plan BIM 2022 succède au PTNB. Alors que ce dernier concernait l'utilisation d'outils numériques au sens large, malgré une prédominance pour le BIM, le Plan BIM 2022 se concentre sur la généralisation de l'utilisation de ce processus collaboratif. Le programme qui court depuis 2019 jusqu'en 2022, montre la volonté de généraliser le BIM dans les pratiques.

Ce plan s'accompagne d'aides financières pour soutenir l'investissement des entreprises dans les technologies nécessaires au processus BIM. L'aspect financier est essentiel, puisqu'à l'issue du PTNB, le surcoût se révèle être le principal frein à l'utilisation d'une démarche BIM, pour 52% des personnes n'ayant pas recours aux BIM (PTNB 2018).

La généralisation de l'utilisation BIM via ce programme est principalement axée sur les TPE et PME qui du fait de leurs plus petites tailles et de leurs plus petits moyens ne prennent pas le risque d'investir dans le BIM. Ce constat a été fait par le PTNB en 2018, ce qui explique l'intérêt porté par le plan BIM 2022 pour ces entreprises.

Années	Moins de 10 salariés	De 10 à 49 salariés	Plus de 50 salariés
2016	1 %	0 %	25 %
2018	13 %	46 %	72 %

Tableau 2 : Proportion des entreprises utilisant le BIM dans les projets de construction en fonction du nombre de salariés (Source : Baromètre 3 du PTNB).

Malgré une augmentation entre 2016 et 2018, notamment pour les entreprises de plus de 50 salariés, l'utilisation du BIM reste relativement faible pour les entreprises de moins de 50 salariés. L'adoption du BIM dans les pratiques est essentielle pour l'État. En effet, dans le cadre des marchés publics qui constituent 44% des opérations en BIM (PTNB 2018), il est important de ne pas favoriser uniquement les grosses entreprises et ainsi laisser les plus petites manquer la transition numérique.

¹² Annexe 7 : Les 3 axes du Plan de Transition Numérique du Bâtiment.

II.2 La place du BIM dans les marchés publics

II.2.1 La mise en place d'un processus BIM dans le cadre du Code de la Commande Publique

Le Code de la commande publique , également appelé CCP, est entré en vigueur le 1^{er} avril 2019. Ce texte remplace le Code des marchés publics abrogé le 1^{er} avril 2016.

Le CCP regroupe l'ensemble des règles régissant la commande publique qui jusque-là se trouvaient dans des textes épars. Parmi ces textes intégrés dans le Code de la commande publique nous retrouvons, la transposition de la directive européenne UE/2014/24 ainsi que l'un des piliers encadrant la maîtrise d'ouvrage publique : la loi MOP.

II.2.1.1 De la loi MOP au CCP, la compatibilité avec le processus BIM

La loi relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée du 12 juillet 1985, dite loi MOP, régit les relations entre la maîtrise d'œuvre et la maîtrise d'ouvrage lors de marchés publics. À l'exception de l'Article 1, l'ensemble des autres articles ont été abrogés puis intégrés dans le Code de la commande publique. Indirectement, la loi MOP intervient toujours en matière de maîtrise d'ouvrage dans le cadre de marchés publics.

Actuellement, le CCP n'impose en aucun cas l'utilisation d'un processus BIM pour la réalisation de certains marchés publics. Cependant, il n'existe aucune incompatibilité pour la mise en place d'un processus BIM lors d'une commande publique.

Selon l'Article R2132-10 du CCP, prévoit que « *l'acheteur peut, si nécessaire, exiger l'utilisation [...] des outils de modélisation électronique des données du bâtiment ou des outils similaires.* ». En l'espèce, il est alors possible pour les collectivités d'imposer un processus BIM lors de la passation de marchés publics.

En revanche, afin de ne pas défavoriser les entreprises n'ayant pas recours à ces pratiques, selon l'Article R2132-14 du CCP, lorsque l'acheteur impose l'utilisation du BIM, plusieurs conditions lui sont imputées :

- Offrir la possibilité de mettre en place d'autres moyens lorsque les outils ne sont pas communément disponibles ;
- Assurer l'égalité d'accès et de traitement des candidats lors de la commande publique.

Le gouvernement a choisi d'encourager l'utilisation du BIM sans mesures incitatives. Il s'agit de la mesure la moins contraignante parmi les 3 possibilités de transposition offertes par la directive européenne 2014/24/UE.

II.2.1.2 L'introduction de l'AMO BIM par le CCP

Selon l'Article L2422-1 et l'Article L2422-2 du Code de la commande publique, initialement Article 6 de la loi MOP, le maître d'ouvrage peut recourir à l'intervention de tiers, tel qu'un assistant à la maîtrise d'ouvrage.

L'AMO n'est pas mandataire du maître d'ouvrage, il s'agit d'un prestataire de service qui ne peut pas passer de contrat au nom et pour le compte du maître d'ouvrage. Dans le cadre de son contrat de louage d'ouvrage, l'assistant à la maîtrise d'ouvrage apporte un soutien, parfois technique, au MOA lorsque celui-ci ne dispose pas des compétences requises pour exercer certaines tâches.

Dans un marché public, lorsqu'un processus BIM est utilisé, les collectivités peuvent donc faire appel à un « AMO BIM ». Cet assistant à la maîtrise d'ouvrage spécialisé en BIM, va accompagner la collectivité dans ses démarches, lorsque celles-ci deviennent trop techniques.

II.2.1.3 L'articulation entre la maîtrise d'œuvre et les entrepreneurs lors de l'utilisation d'un processus BIM selon le CCP

Bien que le Code de la commande publique n'impose pas l'utilisation du BIM, lorsqu'il est mis en place dans un marché public, le texte doit être respecté.

Selon l'article L. 2431-1 du CCP (anciennement Article 7 de la loi MOP), le maître d'ouvrage doit dissocier la mission du maître d'œuvre qui gère la conception, de celle de l'entrepreneur qui gère la réalisation de la construction. Lors d'un marché public, le maître d'ouvrage doit commencer par faire appel à un maître d'œuvre. Ensuite, il peut conclure un contrat avec un entrepreneur en veillant qu'il n'y ait pas de cumul des missions.

En l'espèce, lorsqu'un processus BIM est engagé, cela implique que la maquette numérique doit changer de main entre la phase de conception et celle de réalisation d'un ouvrage.

Comme nous l'observons dans ces différents points relatifs à un processus BIM, la loi MOP est encore très présente en matière de marchés publics. Elle constitue l'un des

fondements du droit français dans le secteur de construction publique qui a également un impact sur le droit privé. Aujourd'hui intégrée dans le Code de la commande publique, elle régit, avec d'autres textes tel que le CCAG, l'utilisation du BIM lors des marchés publics en France.

II.2.2 L'intégration du BIM dans le CCAG

Le Cahier de Clauses Administratives Générales (CCAG), permet de fixer les principaux aspects contractuels des marchés publics, il en existe 6 différents en fonction des types de marchés. En ce qui concerne l'utilisation d'un processus BIM, il s'agit du CCAG Travaux et du CCAG Maîtrise d'œuvre. Ces textes ont été mis à jour et publiés selon l'Arrêté du 30 mars 2021 portant approbation du cahier des clauses administratives générales des marchés publics de maîtrise d'œuvre. Ces nouveaux CCAG sont les premiers textes liés à la commande publique en France, intégrant le mot « BIM ».

Cette nouvelle intégration dans le CCAG maîtrise d'œuvre et travaux, permet via son Article 2, de définir les caractéristiques d'un processus BIM ainsi que certains documents réglementaires : Le cahier des charges BIM et la convention BIM.

II.2.2.1 Le cahier des charges BIM

D'après l'Article 2 de l'Arrêté du 30 mars 2021, le cahier des charges BIM est un « *document élaboré par le maître d'ouvrage précisant les exigences et les objectifs des intervenants successifs du projet. Il constitue le volet BIM du programme du maître d'ouvrage* ».

Concrètement, lors de l'utilisation d'une démarche BIM, le cahier des charges permet d'encadrer la mise en place du BIM. Dans ce document contractuel entre le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre, nous trouvons divers éléments tels que (Miklasz, 2018) :

- Les besoins du maître d'ouvrage ;
- Le niveau de détail requis pour la modélisation ;
- Le contenu de la maquette numérique en fonction des étapes du projet ;
- Les méthodes de travail employées dans le cadre du processus BIM ;
- Les droits d'accès, en ce qui concerne l'utilisation et l'écriture de la maquette ;
- Le niveau de sécurité et de protection des données ;
- Les règles de mise à jour de la maquette ;
- Les livrables attendus.

Pour la rédaction de ce cahier des charges BIM, le CCAG précise qu'il s'agit d'une tâche réalisée par le maître d'ouvrage. Or dans les faits, les collectivités n'étant pas suffisamment compétentes pour élaborer ce document, elles font souvent appel à un AMO BIM. Le recours à ce genre de prestation de service s'observe également lorsqu'il s'agit de réaliser une convention BIM.

II.2.2.2 La convention BIM

Selon l'Article 2 de l'Arrêté du 30 mars 2021 portant approbation du cahier des clauses administratives générales des marchés publics de travaux, la convention BIM est définie comme étant « *le document décrivant les méthodes organisationnelles, de représentation graphique, la gestion et le transfert des données du projet, ainsi que les processus, les modèles, les utilisations, le rôle de chaque intervenant et l'environnement collaboratif du BIM. À chaque étape du cycle de vie du projet, la convention évolue et s'adapte aux nouveaux acteurs, à des usages nouveaux ou à des nécessités du projet.* ».

Ce document contractuel permet de lier les acteurs du processus BIM afin de définir le rôle et les responsabilités de chacun des intervenants, tout en définissant les détails du processus opérationnel et technique. Cette convention peut évoluer, ce qui lui permet de s'adapter aux différentes phases d'un projet ou en fonction des avancées techniques.

Le PTNB, dans le cadre de son axe C, a mis à disposition une « convention BIM type » (Plan BIM 2022, 2020) ainsi que des informations pour la rédaction de celle-ci. Cette convention permet de faciliter les démarches des plus petites entreprises (TPE, PME), en s'appuyant sur des standards sans pour autant imposer des normes ou règlements.

Le fait de faciliter la contractualisation des pratiques n'est pas anodin. En effet, le baromètre 3 du PTNB a montré que seulement 40% des personnes ayant mis en place un processus BIM, utilisent une convention BIM (PTNB 2018). Or, celle-ci est très utile pour définir les méthodes de travail, les outils employés, les rôles, afin d'avoir une certaine homogénéité des pratiques et ainsi faciliter les interactions entre les différents intervenants au projet.

Comme l'illustre cette mise à disposition de convention type, l'État cherche à accompagner et à faciliter la transition des acteurs du bâtiment. Ces démarches s'inscrivent dans un objectif clair : intégrer le BIM dans les marchés publics sans pénaliser les acteurs du bâtiment.

II.2.3 L'avenir du BIM concernant les marchés publics

Bien qu'aujourd'hui aucun texte n'impose l'utilisation du BIM lors de certains marchés publics, cela pourrait changer dans les années à venir. En effet, comme l'évoque le programme national du Plan BIM 2022, l'objectif est de généraliser l'utilisation d'une démarche BIM en 2022.

Suite à la transposition de la directive européenne UE/2014/24 par l'ordonnance n°2015-899 du 23 juillet 2015 relative aux marchés publics, puis par l'intégration de celle-ci dans le Code de de la commande publique, le gouvernement avait déjà eu le choix d'imposer le BIM lors de marchés publics. Cependant l'État français a préféré engager la transition numérique du bâtiment en évitant la contrainte, ce qui n'est pas le cas de tous les pays Européens.

Pour certains, cela s'est fait bien avant la directive européenne de 2014, alors que d'autres ont entamé la transition après. Comme nous l'observons sur la Figure 6 , parmi les pays ayant obligé l'utilisation BIM pour tout ou partie des commandes publiques, nous retrouvons 8 pays européens (BibLus, 2019).

Europe		Monde	
Allemagne	Autriche	Corée du Sud	Brésil
Danemark	Espagne	États-Unis	Mexique
Finlande	Italie	Norvège	Singapour
Luxembourg	Royaume-Uni	...	

Figure 6 : Illustration des pays ayant obligé l'utilisation d'un processus BIM

Face à ce contexte international, l'obligation d'utiliser le BIM dans les marchés publics tend à se généraliser en France. Dès 2014, lors du lancement des premiers de projets BIM par l'État, les acteurs français du bâtiment se tournent vers l'échéance de 2017 pour une éventuelle obligation du BIM. Finalement, cette date n'est pas respectée (BIM Manager 2020). Le gouvernement préfère alors entamer un second programme dans le cadre de l'« Objectif BIM 2022 ». Une nouvelle échéance est donc posée pour 2022. Pendant ce temps, les pratiques évoluent et l'intégration du processus BIM se poursuit.

II.3 L'évolution des pratiques actuelles de gestion du patrimoine immobilier : l'intégration d'un processus BIM

II.3.1 L'intégration du BIM dans la continuité des pratiques actuelles

L'intégration d'une démarche BIM au sein du processus de gestion ne se fait pas simplement en changeant brutalement les pratiques. En effet, ce changement s'inscrit tout d'abord dans une période de transition qui peut durer plusieurs années où l'on va tendre vers la généralisation de l'utilisation d'un processus BIM. Si cette période de transition est aussi longue, c'est parce que l'utilisation du BIM va nécessiter le relevé des locaux et la modélisation de ceux-ci. À cela s'ajoute le temps d'appropriation des nouveaux outils, la mise en place de nouvelles méthodes de travail et la contrainte budgétaire qui est essentielle lors de la réalisation de telles opérations.

II.3.1.1 La convergence vers un processus BIM

L'intégration du patrimoine dans le processus BIM va se faire au gré de la modélisation des bâtiments. Dans ce cas-là, celle-ci peut se faire à différents moments :

- Lors de la conception et construction d'un bâtiment : « BIM tel que conçu » ;
- Lors de travaux de rénovation d'une construction : « BIM tel que construit » ;
- Sans contexte particulier.

La première option est celle à privilégier lorsqu'il s'agit d'un nouveau projet, afin de minimiser les coûts liés à la démarche BIM. De plus, cela permet d'exploiter un maximum le potentiel BIM de la construction (par exemple, la maquette numérique peut servir de DOE). Dans ce cas, il est possible de suivre l'évolution de la construction et ainsi gérer le patrimoine à partir des éléments contenus dans la maquette.

Concernant le patrimoine existant, la mise en place du BIM peut se faire lors de travaux de rénovation, cela permet de limiter les coûts, en regroupant certaines activités telles que le relevé d'état des lieux et la réalisation de plans. De plus, les travaux peuvent se baser sur la maquette numérique pour l'étape de conception ce qui permettra de réaliser un projet plus abouti, comme évoqué dans la partie II.1.2.1. À l'issue des travaux, le DOE pourra être intégré à la maquette numérique, celle-ci sera donc à jour pour la gestion du patrimoine.

Pour le départemental de l'Hérault, la stratégie retenue est celle de la mise en BIM au fil des projets sur les constructions nouvelles et existantes. La priorité de l'existant porte principalement sur les bâtiments ayant des défaillances thermiques. De ce fait, dès que ces bâtiments nécessitent une étude énergétique, des rénovations ou d'autres interventions nécessitant un relevé d'état des lieux, alors les constructions concernées font l'objet d'une modélisation. À partir de la maquette numérique, les études sont réalisées et les entreprises associées au marché public sont tenues d'utiliser un processus BIM, notamment lors de la phase de conception. À l'issue des réalisations, la maquette numérique est mise à jour, soit :

- En modifiant directement le modèle 3D à partir de relevés sur le site ;
- En modifiant la maquette numérique à partir de DOE sous forme de plans 2D et fiches techniques.

Comme l'illustre la Figure 7, pendant cette transition et la convergence vers un processus BIM, il est important de conserver un lien avec les pratiques actuelles. Cela va permettre dans un premier temps, de maintenir une homogénéité des données tout en faisant progresser la mise en BIM du patrimoine immobilier.

Tout au long de cette évolution, le patrimoine immobilier va progressivement intégrer le processus BIM. Les méthodes de travail vont également progresser au cours du temps ce qui engendre la mise en place d'une boucle de rétroaction. En effet, le patrimoine immobilier précédemment intégré au processus BIM va faire l'objet d'une mise à jour tenant compte de l'évolution des pratiques. La succession de la mise en BIM du bâti et l'évolution des pratiques permettra à terme d'obtenir un processus 100% BIM homogène et cohérent.

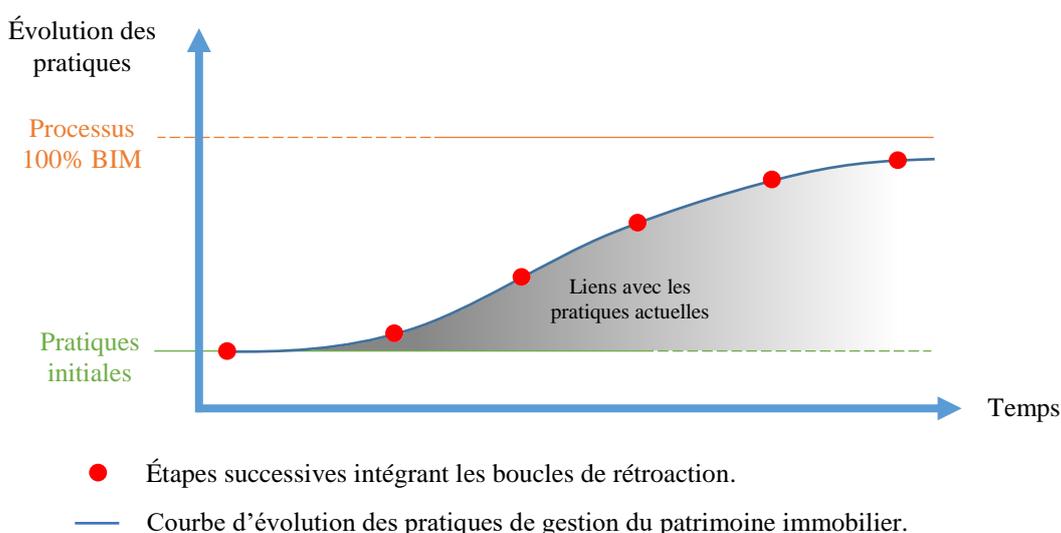


Figure 7 : Schéma représentatif de l'évolution des pratiques de gestion du patrimoine immobilier en fonction du temps

Cette transition se manifeste donc par la cohabitation de plusieurs pratiques, où celle actuellement utilisée va s'estomper au fil du temps pour laisser place à un processus de gestion orienté BIM. Cependant, durant cette période, il faut faire face à une diversité des sources de données (par exemple : maquettes numériques, plans 2D *dwg*, nomenclature *Excel*), ce qui n'est pas forcément compatible avec le système de gestion actuellement en place. Afin de continuer à utiliser le logiciel de GMAO, tout en améliorant parallèlement ses pratiques en matière de BIM, il est nécessaire de créer des liens avec les outils initialement en place.

II.3.1.2 La création d'un lien entre la maquette numérique et les pratiques actuelles

Conserver un lien avec les méthodes actuelles permet dans un premier temps d'entretenir une homogénéité des données, peu importe les démarches mises en place pour la gestion du patrimoine immobilier. Cette liaison avec les pratiques actuelles a vocation à disparaître une fois le processus de gestion orienté BIM suffisamment développé et que les pratiques des collaborateurs seront en adéquation avec un tel processus.

Afin de créer des liens avec les supports de données de prédilection des collectivités, la maquette numérique doit pouvoir transposer ses informations vers les plans 2D et les bases de données¹³. De plus, comme nous le verrons dans la partie III.3.2, ces données semblables à celles utilisées habituellement vont être améliorées grâce à la maquette numérique, plus riche en informations que les supports initialement utilisés.

Ce lien entre le BIM et les autres supports de données se doit d'être réciproque afin de maintenir continuellement une mise à jour des informations. Lors de la phase de maintenance et d'exploitation, la maquette constitue le jumeau numérique du bâtiment modélisé. Celle-ci va donc centraliser toutes les informations qui concernent la construction. De cette façon, toutes les personnes intégrées dans le processus de gestion peuvent se baser sur cette maquette en étant certains qu'il s'agit de la représentation des lieux la plus récente, contrairement aux plans épars traditionnellement utilisés.

L'intérêt supplémentaire de conserver un lien avec les pratiques actuelles concerne les collaborateurs. En effet, toutes les personnes intervenant dans le processus de gestion ne sont pas systématiquement aptes à exploiter une maquette numérique. Dans ce cas, les

¹³ D'après l'étude des pratiques actuelles présentées dans la partie I.1.1.

supports de données traditionnellement utilisés permettent de conserver le lien avec certains intervenants, ce qui maintient une certaine interopérabilité dans le processus de gestion.

Afin de poursuivre cette cohabitation des différentes sources de données, il est donc nécessaire de mettre à jour les documents qui cadrent les pratiques.

II.3.1.3 La mise à jour des documents contractuels

Les pratiques actuelles sont régies par des documents contractuels qui fixent la production des données utiles à la gestion du patrimoine. Cependant, avec la mise en place de nouvelles pratiques, les rendus finaux vont devoir être adaptés afin de répondre aux contraintes liées à la maquette numérique.

Parmi ces documents à mettre à jour, nous trouvons principalement la charte graphique. Concrètement, dans le cas où les plans 2D sont issus de la maquette numérique, l'export de ces plans est contraint par les fonctions du logiciel de modélisation ou de traitement de la maquette numérique. Dans ce cas, les rendus 2D ne peuvent pas systématiquement correspondre à ceux fixés dans la charte graphique.

Comme pour la mise en place de passerelles entre les différentes pratiques, la volonté de garder une continuité malgré l'évolution concomitante des méthodes de travail permet d'améliorer l'interopérabilité durant cette transition. La mise en place d'un tel processus va également impliquer de nouveaux besoins humains et réglementaires afin d'assumer l'exploitation de cette démarche BIM.

II.3.2 Les besoins organisationnels de la collectivité liés au processus BIM

La mise en place d'un processus BIM nécessite l'instauration de plusieurs éléments permettant d'encadrer les pratiques. Parmi ces besoins organisationnels, il y a les documents réglementaires qui vont normaliser les pratiques et l'intégration de nouveaux postes afin d'encadrer la démarche BIM.

II.3.2.1 Les documents contractuels liés à la pratique du BIM

Il existe 3 documents permettant d'encadrer les pratiques BIM :

- La **convention BIM** ;
- Le **cahier des charges BIM** ;
- La **charte BIM**.

Les deux premiers ont été évoqué dans la partie II.2.2, étant définis par le CCAG, le troisième document contractuel quant à lui n'est pas cité dans les textes juridiques.

La **charte BIM** est une charte graphique destinée à l'ensemble des personnes pouvant intervenir sur la maquette numérique. Comme pour les plans 2D, ce document va permettre de normaliser les rendus afin d'obtenir des données homogènes peu importe les intervenants. De plus, cette charte indique les méthodes à suivre pour modéliser les éléments de la maquette. Dès que la maquette est réalisée ou lorsqu'il y a une opération sur celle-ci, cette charte doit être suivie.

Afin de contrôler la conformité des normes pesant sur les pratiques mises en place, certaines personnes, au rôle définis, vont intervenir dans le processus BIM. C'est ce que nous allons évoquer dans la partie suivante.

II.3.2.2 Les besoins humains pour encadrer les pratiques

La mise en place du BIM nécessite un investissement humain indispensable au bon déroulement du processus de gestion. Et cela commence par la formation du personnel afin de les initier aux fondamentaux du BIM dans le cadre de leur mission.

En plus de la formation du personnel, l'intégration d'un processus BIM implique la création de nouveaux rôles spécifiques à cette démarche (Valente 2015). Les 3 principaux rôles sont¹⁴ :

- Le **BIM modeleur** : il contribue à la réalisation de la maquette numérique ;
- Le **BIM gestionnaire** également appelé « BIM Manager » : il coordonne les équipes intégrées au processus BIM ;
- Le **BIM coordinateur** : il assure la correspondance en entreprise avec le BIM Manager.

En plus des besoins humains, la mise en place du BIM nécessite l'utilisation d'outils ainsi que des investissements techniques afin d'exploiter les données.

¹⁴ Annexe 8 : Définition des 3 principaux rôles associés à une démarche BIM.

II.3.2.3 Les outils à mettre en place dans le cadre du processus BIM

Pour l'exploitation d'un processus BIM, il est nécessaire de mettre en place des outils associés aux maquettes numériques assurant l'interopérabilité et la collaboration entre les intervenants. Parmi ces outils nous en trouvons 3 principaux¹⁵ :

- **Les logiciels de modélisation** : pour les collectivités, les logiciels de modélisation vont permettre de réaliser des mises à jour de la maquette numérique. Cependant ils ne constituent pas un outil indispensable pour l'exploitation de modèles 3D associés au processus BIM.
- **Les visionneuses IFC** : pour les acteurs de la gestion du patrimoine immobilier, il s'agit de l'outil à privilégier pour visualiser la maquette numérique et interroger les objets qu'elle contient. Certaines visionneuses permettent également d'apposer des commentaires sur des objets et ainsi travailler de manière collaborative autour du même fichier grâce à une synchronisation des logiciels.
- **Les plateformes collaboratives** : Les plateformes collaboratives permettent de rendre les données plus accessibles à l'ensemble des collaborateurs en centralisant l'information sur un seul même emplacement. Cet outil permet de renforcer le travail collaboratif entre les intervenants à la gestion du patrimoine en évitant la dispersion et l'hétérogénéité de l'information.

Conclusion de la Partie II : La transition numérique du bâtiment est en marche. Le BIM se présente comme étant un outil collaboratif inhérent à cette évolution des pratiques. Bien que cette transition soit principalement orientée vers le secteur privé, l'ensemble des acteurs du bâtiment mettent en places de nouveaux outils. C'est le cas des collectivités en tant que maître d'ouvrage et gestionnaire de leur patrimoine immobilier qui peuvent appuyer leurs pratiques en BIM sur un cadre juridique lors des marchés publics. La transition vers un nouveau modèle de gestion est un processus de longue durée. Il est donc essentiel de définir une stratégie, les besoins organisationnels ainsi que les outils à mettre en place pour converger vers un nouveau système de fonctionnement viable.

¹⁵ Annexe 9 : les 3 principaux outils utilisés dans le cadre d'un processus BIM.

III L'optimisation de la gestion du patrimoine immobilier appliqué aux lycées de la Région Occitanie : La maquette numérique comme support de centralisation des données

III.1 La gestion du patrimoine immobilier des lycées de la Région Occitanie

La gestion du patrimoine des lycées de la Région Occitanie est en pleine mutation et souhaite faire évoluer ses pratiques vers un processus BIM. Cependant, avant de démarrer une transition vers une autre méthode de gestion, la Région souhaite s'assurer que ces problématiques seront résolues via ce nouveau processus. Afin de comprendre les problématiques et les objectifs de la Région en matière de gestion du patrimoine immobilier, plusieurs entretiens se sont tenus avec le service en charge de la gestion des lycées de la Région (Ouaida, 2021).

III.1.1 L'interaction entre les acteurs de la gestion du patrimoine immobilier

Depuis 2016 et la fusion des régions Languedoc-Roussillon et Midi-Pyrénées pour former l'Occitanie, l'administration régionale peine à trouver une pleine collaboration entre les différents services. Afin d'améliorer l'interaction entre les acteurs de la région, les pratiques évoluent de manière à s'adapter aux contraintes, et ainsi favoriser le travail collaboratif.

III.1.1.1 Présentation des intervenants au processus de gestion

La gestion du patrimoine immobilier des lycées de la région se base sur plusieurs intervenants afin de répartir les rôles et les points d'attaches sur l'ensemble du territoire. Comme l'illustre le diagramme en Figure 8, nous comptons 3 principaux acteurs participant aux processus de gestion des bâtiments.

La Région Occitanie est gestionnaire de 225 lycées à raison de 4 ou 5 bâtiments par sites. La question de l'interopérabilité est donc au cœur des problématiques afin de faciliter les échanges entre tous ces acteurs répartis sur l'ensemble du territoire régional.

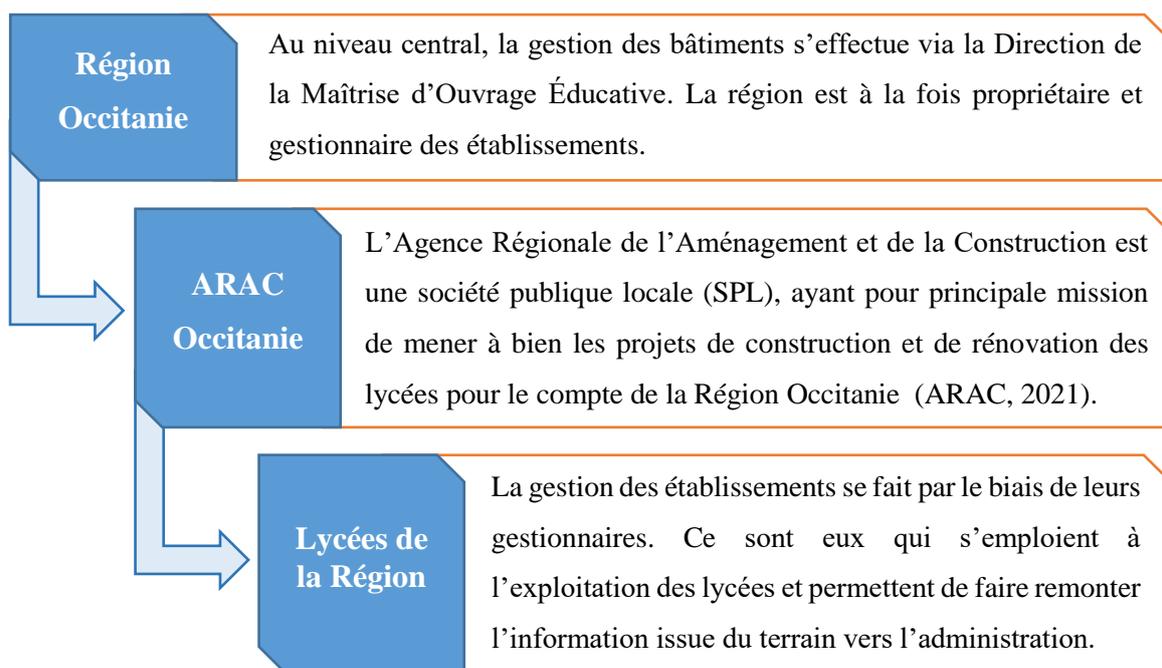


Figure 8 : Diagramme des 3 principaux acteurs intervenant dans la gestion des bâtiments affectés aux lycées de la Région Occitanie

III.1.1.2 Les problématiques d'interopérabilité entre les acteurs de la gestion

La pluralité des intervenants dans la gestion du patrimoine engendre une diversité de fonctionnement et de compétences. Concrètement, les gestionnaires en charge des lycées, plus à l'aise avec les démarches administratives, ont tendance à délaissier la partie technique qu'ils maîtrisent moins. De ce fait, la remontée d'informations et la communication avec le service de gestion du patrimoine se fait difficilement. Lorsqu'un problème intervient sur un équipement de l'établissement, la communication se limite à un signalement à la région.

L'utilisation d'un processus collaboratif BIM se basant sur une maquette numérique, permettrait aux collaborateurs dans les établissements de faire plus facilement la relation entre le terrain et la région, tout en rendant les collaborateurs plus concernés par la gestion technique des locaux.

Actuellement certaines données se trouvent réparties dans les établissements à différents endroits du territoire et parfois sous forme physique. Afin de simplifier les démarches et gagner en interopérabilité, il est donc essentiel pour la région de centraliser l'information et permettre un accès à chacun des intervenants de la gestion du patrimoine immobilier. Le service de la région a pour projet de mettre en place une GED en commun avec toutes les entités intervenant dans la gestion du patrimoine immobilier.

Face à ce besoin d'interopérabilité, de centralisation et d'uniformisation des données, la région a engagé une transition dans l'objectif de faire évoluer son processus de gestion du patrimoine immobilier.

III.1.2 Présentation du processus de gestion

Actuellement, la région n'a engagé aucune mise en BIM de son patrimoine immobilier pour en faire la gestion. Cependant, certaines démarches ont été effectuées, telles que la mise en place d'une charte des données informatiques, la rédaction d'une charte BIM ou la réalisation d'une nomenclature structurée. Ces premières avancées dans le processus BIM font suite à la mise place d'outils toujours en phase de développement.

III.1.2.1 Les outils utilisés pour la gestion du patrimoine bâti

Le processus actuel de gestion de la Région Occitanie se base sur plusieurs outils :

- *AutoCAD* : pour le traitement en interne des plans 2D au format *dwg* ;
- *Excel* : comme base de données répertorient les détails des locaux de chaque site ;
- *CARL Software* : en tant que logiciel de GMAO.

Le logiciel de GMAO est uniquement utilisé pour faire des requêtes et gérer le traitement des demandes des lycées. Seuls les gestionnaires d'établissement et le service de la région en charge du patrimoine disposent d'un accès aux outils. Cela leur permet de manipuler les données qui concernent leur établissement. À ce jour, le logiciel est alimenté manuellement et répertorie uniquement les établissements et leurs bâtiments.

La région envisage actuellement de changer de GMAO, en s'orientant vers le logiciel *Abyla*. Celui-ci permet d'exploiter les maquettes numériques au format IFC. Ce changement de logiciel représente une opportunité pour faire évoluer les pratiques et ainsi intégrer un processus BIM.

Concernant les bases de données *Excel* (tableaux des surfaces), elles sont issues des plans *dwg* et ne sont pas intégrées à la GMAO. L'objectif à court terme de la région est de stocker les plans et nomenclatures sur une GED et de la mettre en lien avec l'outil de GMAO.

Les plans *dwg* contiennent des étiquettes de pièces dotées d'informations alphanumériques essentielles pour la gestion du patrimoine. Comme l'illustre la Figure 9, ces étiquettes contiennent des attributs associés à des

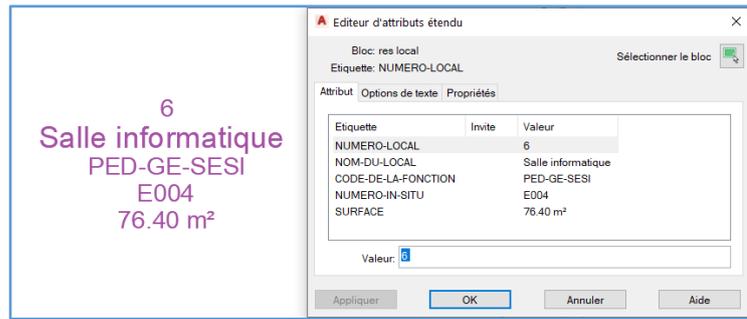


Figure 9 : Illustration d'une étiquette et ses attributs sur un plan *dwg* selon la charte informatique de la Région Occitanie (Source : AutoCAD)

valeurs, qui après extraction, seront intégrés à une nomenclature des pièces (tableau des surfaces). Ces étiquettes se basent sur un bloc AutoCAD mis en place par la région, cela permet ensuite d'extraire la nomenclature *Excel* des plans *dwg*.

Dans le cas de travaux, ou lorsque la connaissance du patrimoine est requise, la région demande la réalisation de plans de niveaux, de coupes, de plans de façade et de tableaux de surfaces.

C'est sur ces documents que les acteurs du projet vont se baser afin de réaliser les études nécessaires. Et c'est à partir de ces données que les informations utilisées par la gestion du patrimoine vont pouvoir être mises à jour. Cependant, les outils actuellement utilisés peuvent présenter quelques contraintes s'opposant au bon déroulement du processus de gestion du patrimoine immobilier.

III.1.2.2 Les problématiques liées aux méthodes employées

L'utilisation de plans *dwg* pour la gestion du patrimoine entrave la mise à jour des données. En effet, lorsqu'il y a des interventions dans les lycées, les plans peinent à être mis à jour, car cela nécessite la modification de plusieurs plans épars. Il peut alors se passer plusieurs années avant que ces documents soient modifiés. L'utilisation de maquette numérique, présente l'avantage de contenir les données graphiques et sémantiques centralisées sur un seul fichier.

L'outil de GMAO est accessible aux gestionnaires de lycées, mais il ne possède malheureusement pas d'interface graphique, ce qui rend son utilisation ardue pour des non-professionnels. Or ce support visuel est essentiel pour faire le lien entre les données et les éléments sur le terrain. Le fait de faciliter l'action sur le terrain va permettre de favoriser la remontée d'informations qui est indispensable pour faire évoluer les pratiques vers un travail plus collaboratif.

III.2 La modélisation numérique en vue de la gestion du patrimoine immobilier

III.2.1 La définition des informations à intégrer dans la maquette numérique

Avant d'entamer le processus de modélisation, il est important de définir les données à intégrer dans la maquette, notamment dans le cadre de l'extraction de données pour la gestion du patrimoine immobilier. Le niveau de détail de ces éléments doit être fixé en fonction des rendus souhaités mais également en fonction du processus de gestion.

III.2.1.1 Les données permettant de faire le lien avec les pratiques actuelles

Par rapport aux outils employés par la région et afin de conserver un lien avec les pratiques actuelles, il faut pouvoir extraire de la maquette numérique : les plans *dwg* et les nomenclatures de pièces.

Comme l'illustre la Figure 10, certains éléments sont essentiels à modéliser afin d'extraire des plans et nomenclatures de la maquette. Pour les besoins de la gestion, les données que nous retrouvons dans les étiquettes de pièces constituent un des principaux éléments à intégrer dans la maquette numérique.

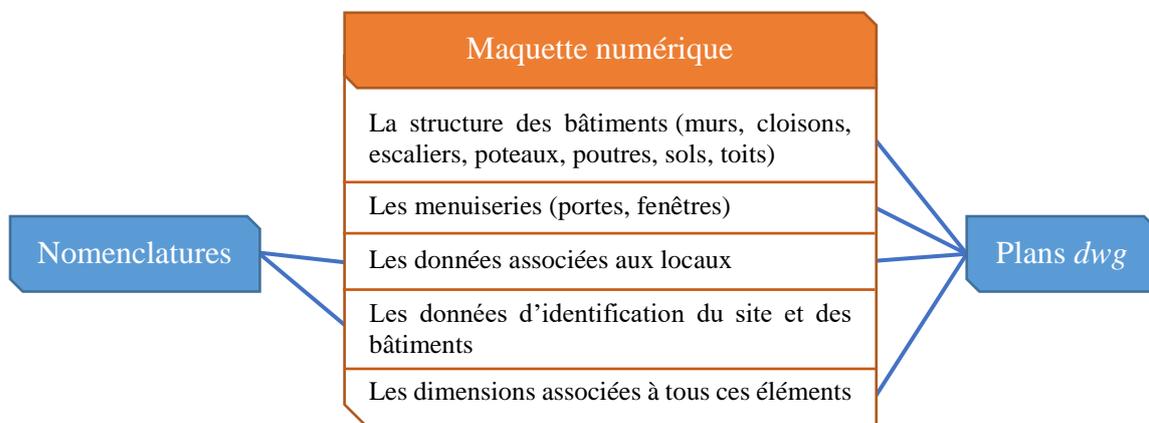


Figure 10 : Les données à intégrer dans la maquette numérique

Malgré le potentiel des informations pouvant être intégrées dans la maquette numérique, il est important de bien définir les données nécessaires au processus de gestion afin d'éviter la modélisation d'éléments superflus.

III.2.1.2 L'optimisation des données à intégrer dans le processus de gestion orienté BIM

En matière de données, au-delà du recensement des besoins de la collectivité pour la gestion de leur patrimoine immobilier, il faut être conscient de la capacité dont dispose le processus pour traiter ces données.

Lorsque l'on souhaite intégrer un élément du patrimoine via un processus BIM, cela peut se dérouler suivant ces 4 grandes étapes :

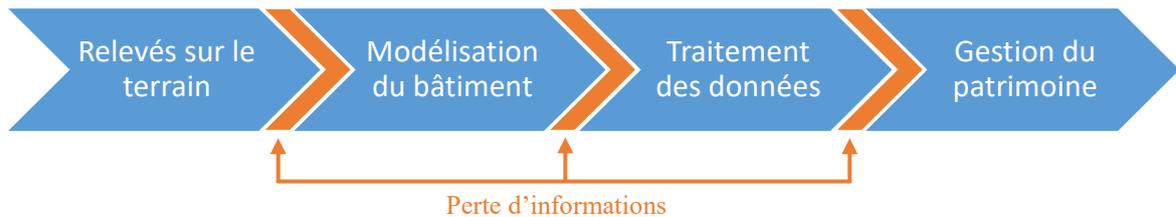


Figure 11 : Étapes synthétiques d'intégration d'un bâtiment dans le processus BIM

Tout d'abord, il est important de résoudre le problème dans le bon sens, sans vouloir évoluer trop vite dans les démarches. Pour cela, il faut reprendre à l'envers le processus présenté dans la Figure 11 :

- **Gestion du patrimoine** : déterminer les données nécessaires à la gestion du patrimoine immobilier et qui peuvent être intégrées dans le logiciel de GMAO.
- **Traitement des données** : déterminer les formats et la structure des données qui peuvent être exploités, pour ensuite les intégrer dans le logiciel de GMAO.
- **Modélisation du bâtiment** : déterminer les éléments à représenter dans la maquette numérique, qui peuvent être exportés dans le bon format et qui sont nécessaires à la gestion du patrimoine.
- **Relevés sur le terrain** : Déterminer les éléments à modéliser dans la maquette numérique du bâtiment.

Ce cheminement de pensée permet ainsi de minimiser la perte d'informations d'une étape à l'autre, car cela nous assure que l'étape suivante est en capacité de recevoir les données issues de l'étape précédente. En plus de cela, il y a également des réflexions transversales qui vont permettre de minimiser la perte de données entre chacune de ces étapes.

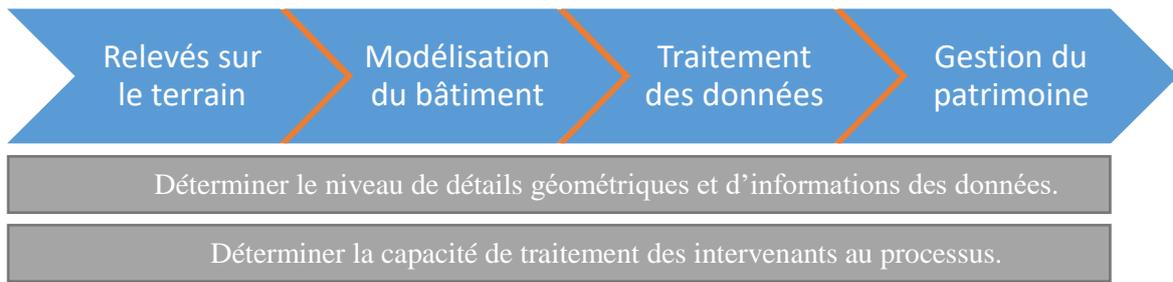


Figure 12 : Étapes synthétiques d'intégration d'un bâtiment dans le processus BIM ainsi que les étapes transversales

Parmi les étapes transversales illustrées dans la Figure 12, il y a la détermination du niveau de détails des données lors de chacune de ces quatre étapes. Cette définition du niveau de détails doit prendre en compte l'ensemble des opérations, afin de savoir si les données en entrée du processus vont pouvoir aboutir jusqu'à leur utilisation lors de la gestion du patrimoine immobilier. De plus, il faut également vérifier s'il n'y a pas d'informations superflues, dont la gestion du patrimoine n'a pas besoin.

De la même manière, pour ne pas perdre trop d'informations, il faut définir la capacité dont disposent les services pour traiter les données. Si l'étape suivante du processus n'a pas la capacité de traiter les données transmises, alors celles-ci deviendraient rapidement obsolètes car non tenues à jour.

III.2.2 Le processus de modélisation

En plus des besoins propres à la gestion des bâtiments, le processus de modélisation se base avant tout sur les documents contractuels liants la région et l'entreprise en charge de la modélisation. Parmi ces documents nous retrouvons notamment la charte des données informatiques de la Région Occitanie.

Les éléments évoqués dans cette partie s'appuient sur la modélisation « test » de deux bâtiments du Lycée Dhuoda de Nîmes que nous avons réalisée dans le cadre de ces travaux de fin d'études. La modélisation s'est effectuée à partir d'un nuage de points réalisé avec un scanner statique 3D (Leica RTC360).

III.2.2.1 Réalisation de la maquette numérique en fonction des besoins pour la gestion.

Dans sa charte des données informatiques, la région précise le contenu de la maquette numérique selon les différentes phases du projet (Région Occitanie, 2021). Cependant cette

charte n'explique pas le contenu de la maquette pour la phase de « gestion, exploitation ». L'unique phase en « BIM tel que construit » est celle relative au « DOE ».

La maquette numérique destinée à la gestion du patrimoine immobilier peut-être moins complète vis-à-vis de la modélisation en phase « DOE »¹⁶. Cette méthode permet ainsi de limiter le temps de modélisation et les coûts de la maquette. Toutefois, celle-ci peut directement être modifiée si la région souhaite la faire évoluer en tant que maquette BIM DOE ou simplement en ajoutant des équipements supplémentaires.

La maquette des bâtiments du Lycée Dhuoda a été réalisée sur Revit 2020. Outre la modélisation des éléments graphiques, certaines données sémantiques ont été renseignées pour les besoins de la gestion. Pour cela des « paramètres du projet » ont été créés sur Revit¹⁷ dont certains sont à renseigner manuellement et d'autres sont générés automatiquement.

Les étiquettes de pièces sont directement intégrées dans les « plans d'étages » de la maquette Revit. Ces étiquettes se remplissent de manière automatique grâce aux informations contenues dans les objets « pièces ». Afin de faciliter le remplissage de ces étiquettes de pièces en limitant les saisies, nous avons créé un script Dynamo¹⁸. Comme l'illustre la Figure 13, celui-ci permet de générer des codes d'identification dans la nomenclature des pièces de Revit à partir d'un gabarit de « styles de pièces » tout en évitant des contraintes liées aux différents paramètres.

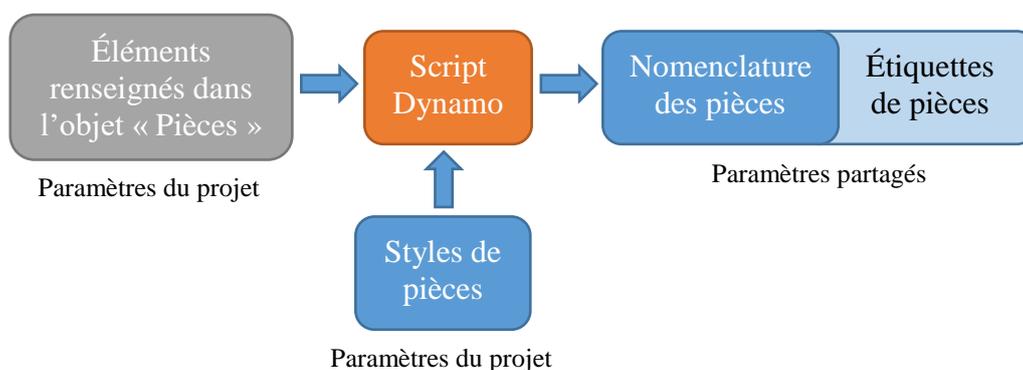


Figure 13 : Schéma synthétique du rôle du script Dynamo

¹⁶ Annexe 10 : Contenu de la maquette numérique en phase « DOE » et « gestion, exploitation ».

¹⁷ Annexe 11 : Les paramètres du projet Revit pour les besoins de la gestion du patrimoine immobilier selon la charte de la Région Occitanie.

¹⁸ Annexe 12 : Script Dynamo – Remplissage automatique de la nomenclature des pièces.

Afin d'obtenir des rendus graphiques cohérents avec la charte de la région, nous avons effectué d'autres adaptations sur Revit. Nous retrouvons notamment l'ajout d'étiquettes sur les portes et fenêtres, la mise en place de côtes¹⁹.

La charte des données informatiques de la Région Occitanie précise que les rendus graphiques issus d'une maquette numérique ne sont théoriquement pas soumis à la charte graphique AutoCAD. Exception faite de quelques adaptations, le respect maximal de cette charte graphique permet de garder une cohérence entre tous les plans utilisés par la région.

Après modélisation de cette partie du Lycée Dhuoda de Nîmes, la maquette numérique illustrée dans la Figure 14 contient toutes les données nécessaires à la gestion de ces deux bâtiments. Afin de faciliter les échanges et rendre plus interopérable ce modèle numérique, comme nous l'avons évoqué dans la partie II.1.1.3, la maquette va être exportée au format IFC.

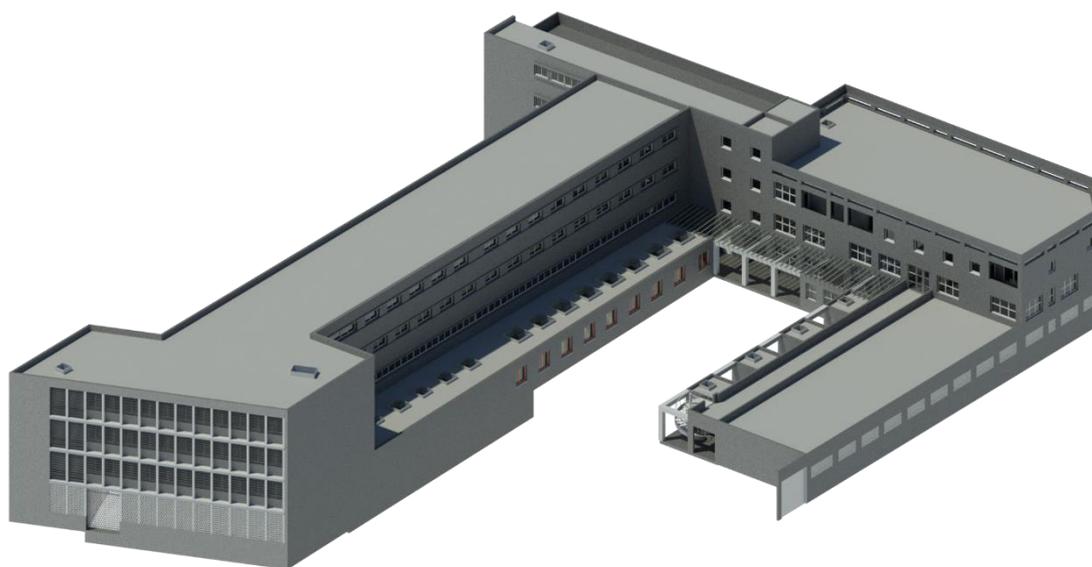


Figure 14 : Rendu de la maquette numérique du Lycée Dhuoda de Nîmes après modélisation

III.2.2.2 Export de la maquette au format IFC

Comme l'indique la charte des données informatiques de la Région Occitanie, la maquette IFC doit être exportée en version IFC2x3.

¹⁹ Annexes 13 : Adaptation des vues Revit en fonction de la charte graphique de la Région Occitanie.

Lors du paramétrage pour l'export au format IFC, les objets Revit sont affectés à des classes IFC²⁰.

Chaque classe IFC comporte des attributs spécifiques à celle-ci : « jeux de propriétés communs IFC ». En plus d'exporter ces propriétés, il faut sélectionner une option dans la configuration d'export IFC : « Exporter les jeux de propriétés Revit ». Ces propriétés Revit nous permettront d'avoir accès aux informations nécessaires à la gestion du patrimoine immobilier.

Une fois l'export IFC de la maquette effectué, nous disposons de notre principal support de données. À partir de cette maquette IFC, les informations peuvent théoriquement être extraites pour la gestion du patrimoine immobilier.

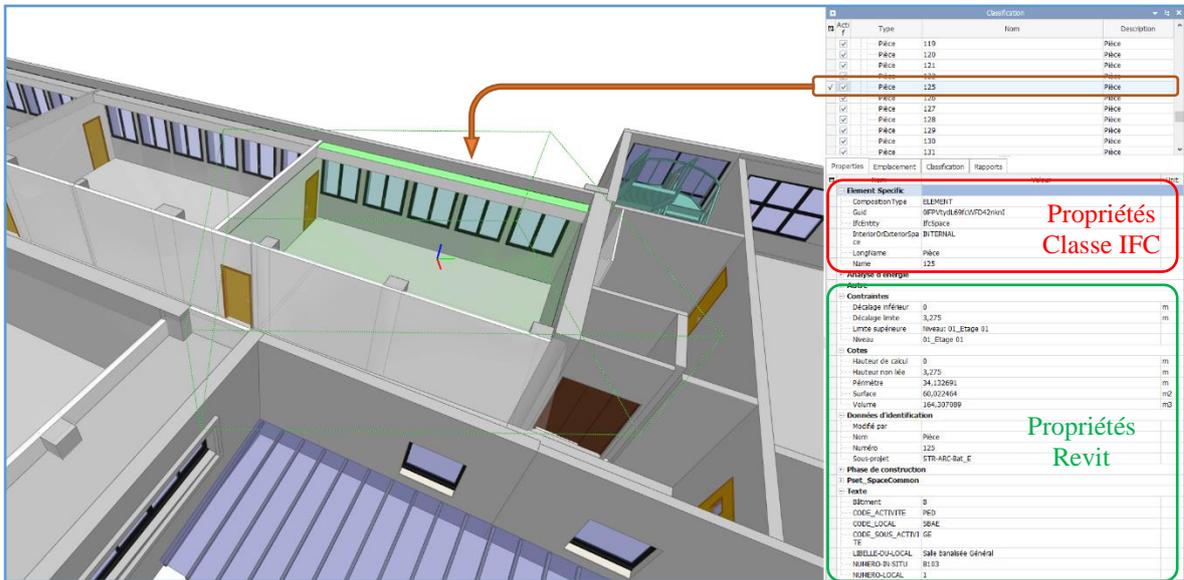


Figure 15 : Aperçu des propriétés associées à un objet IFC (pièce) (Sources : BIM Vision, modifié)

²⁰ Annexe 14 : Tableau récapitulatif de l'affectation des objets Revit aux classes IFC.

Dans l'hypothèse de la mise en place d'un processus BIM, de nouvelles liaisons sont envisageables afin d'interagir avec les différents supports de données :

- L'export des plans *dwg* depuis Revit que nous développerons dans la partie III.3.2 ;
- L'export de maquette IFC depuis Revit qui a été évoqué dans la partie III.2.2.2;
- L'extraction de données de la maquette IFC via l'outil FME Workbench pour l'intégrer à la base de données que nous présenterons dans la partie III.3.3 ;
- L'importation de maquette IFC en fonction de la version du logiciel CARL Source (CARL software, 2021) ;
- La mise à jour de la maquette Revit ainsi que la maquette IFC que nous développons dans la partie III.3.3.2.

III.3.2 L'extraction de plans *dwg* à partir de la maquette numérique

D'après les études menées sur les pratiques des collectivités et celles des entreprises d'un projet de construction, nous pouvons observer que le plan 2D *dwg* constitue le support de prédilection. Lorsque nous utilisons une maquette numérique il est donc essentiel de pouvoir extraire des plans *dwg* afin de satisfaire une grande partie des acteurs d'un projet.

De plus, il est nécessaire que les plans *dwg* contiennent les informations des étiquettes avec le format requis et non pas des simples textes. Cette problématique a été observée dans plusieurs collectivités utilisant des maquettes numériques. Ces étiquettes présentent un enjeu important dans la gestion de leur patrimoine immobilier.

Exporter des plans directement depuis une maquette numérique présente l'avantage de pouvoir extraire une multitude de plans et de coupes, quel que soit l'emplacement dans le bâtiment. Cela n'est pas le cas lorsque nous dessinons des plans et coupes directement sur un support 2D, où la représentation se limite à l'endroit défini, et où chaque nouvelle représentation implique un nouveau travail de création du livrable.

III.3.2.1 Les potentielles solutions pour l'export des plans *dwg*

À l'issue de ces recherches, 4 méthodes ont été testées afin d'obtenir des plans *dwg* issus d'une maquette numérique et cela exclusivement à partir de Revit :

- L'export traditionnel de Revit : cette solution offre un rendu graphique cohérents avec la charte graphique, mais le plan est quasiment dénué de toute information.
- L'export via le logiciel FME : les tests effectués ont montré que les exports *dwg* depuis un fichier Revit sont possibles. Cependant, afin d'obtenir le résultat souhaité, la mise en place est plus fastidieuse, elle varie selon les maquettes, et la méthode est plus difficile à intégrer pour les non-initiés.
- L'export via Dynamo : Cette solution permet des traitements semblables à ceux offerts par FME, tout en étant plus facile à utiliser du fait de son intégration directe dans Revit.
- L'export *dwg* via un plugin Revit (Export DWG premium pour Revit) : Contrairement aux autres, cet outil gratuit permet d'intégrer au plan *dwg* les informations alphanumériques nécessaires à la collectivité pour sa gestion du patrimoine immobilier.

À l'issue de ces différents tests, la solution du plugin Revit a été retenue. En effet, celle-ci permet d'obtenir les résultats attendus, que ce soit d'un point de vue graphique ou du point de vue de la présence et la qualité des données sémantiques. En plus de ces étiquettes de pièces, les objets issus de la maquette contiennent également des données sur les objets exportés. Par exemple les blocs représentant des fenêtres vont être dotés d'informations liées à l'appellation de l'objet dans Revit. Comme nous pouvons le décrypter sur la Figure 17, la fenêtre sous forme de bloc sélectionnée sur AutoCAD renvoie plusieurs informations :

➔ Il s'agit d'une fenêtre à deux vantaux droits coulissants se situant au rez-de-chaussée du bâtiment E avec une dimension de 1,85x1,27m.

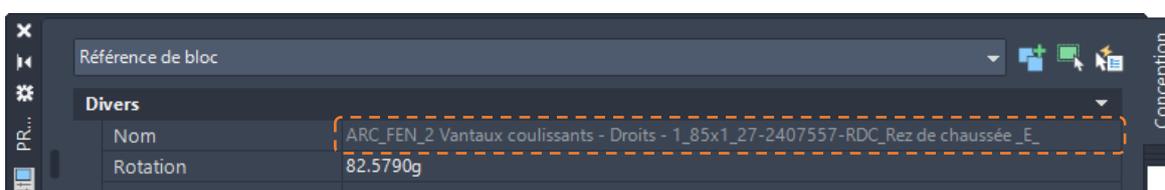


Figure 17 : Exemple de propriétés associées à un bloc de fenêtre suite à un export de plan Revit en *dwg*
(Source : AutoCAD, modifié)

III.3.2.2 L'extraction de plans *dwg* via le plugin « Export DWG premium pour Revit »

Ce plugin Revit est un outil récemment développé par Autodesk dans l'objectif d'améliorer l'interopérabilité entre les pratiques BIM et l'utilisation de plans *dwg* (ABCD Blog 2018).

Comme nous l'avons évoqué dans la partie III.2.1.1, les étiquettes de pièces constituent les principales sources de données des plans *dwg*. L'un des principaux avantages de ce plugin, c'est qu'il permet de conserver les étiquettes en tant que bloc avec des attributs exploitables lors de l'export *dwg*.

Ce plugin permet de réaliser des exports *dwg* plus complets que ceux de l'outil intégré par défaut dans Revit. Grace à diverses fonctionnalités²¹ intégrées dans ce plugin, il est possible de réaliser l'ensemble des plans demandés par la Région Occitanie tout en respectant assez précisément leur charte graphique. Cependant, certaines contraintes de la

²¹ Annexe 15 : Présentation du plugin d'export *dwg* pour Revit.

charte ne peuvent être satisfaites, les plans ont donc fait l'objet de reprises manuelles finales. Les seules informations à corriger concernent les éléments graphiques²².

Afin de réduire ces reprises inévitables, il serait judicieux de faire évoluer la charte graphique de la région en fonction des contraintes d'export de plans *dwg*. Cela permettrait d'avoir des documents homogènes quelle que soit l'origine de ces plans.

III.3.3 La mise en relation entre la maquette IFC et les logiciels de GMAO

La mise en relation entre la maquette numérique et la GMAO peut se présenter sous différentes formes :

- L'extraction des informations issues du modèle IFC et l'intégration de ces informations dans la base de données (*Excel*). Le fichier *Excel* peut ensuite être intégré dans le logiciel de GMAO.
- L'intégration de la maquette directement dans le logiciel de GMAO lorsque celui-ci est capable d'extraire les informations de ce format.
- La mise à jour des données de la maquette numérique à partir du logiciel de GMAO ou de la nomenclature *Excel*.

III.3.3.1 La production de nomenclatures Excel à partir de la maquette IFC

La nomenclature *Excel* permet de conserver un lien avec les pratiques actuelles et peut être lue et partagée avec différents acteurs de gestion du patrimoine immobilier. Nous avons mis en place un script permettant d'extraire les données de la maquette IFC et de créer une nomenclature *Excel* de manière automatique²³.

L'extraction et la création des données s'effectuent en utilisant le logiciel FME Workbench de Safe Software. Cet outil permet notamment d'automatiser des tâches routinières grâce à des chaînes de traitement qui convertissent et transforment les données.

Grâce aux propriétés Revit importées dans la maquette IFC (voir partie III.2.2.2), les données nécessaires à la gestion du patrimoine sont accessibles via l'outil FME et peuvent être intégrées dans la nomenclature.

²² Annexe 16 : Les adaptations des plans *dwg* afin de respecter la charte graphique de la Région Occitanie.

²³ Annexe 17 : Script FME – Création de nomenclature *Excel* à partir d'une maquette IFC.

De la même manière que le format IFC, le script FME permet de lire des maquettes numériques au format natif, tel que Revit. La nomenclature *Excel* pourrait donc être générée depuis la maquette Revit.

III.3.3.2 La mise à jour de la maquette IFC

La mise à jour de la maquette IFC concerne les éléments sémantiques et non graphiques. Comme nous l'avons évoqué dans la partie II.1.1.3, le format IFC n'est pas dédié à l'édition. De ce fait, pour que la géométrie de la maquette IFC soit mise à jour, il faut que cela soit effectué depuis le logiciel de modélisation, sur la maquette au format natif. Ensuite la maquette peut être de nouveau exportée au format IFC.

Lorsque la maquette IFC est intégrée dans le logiciel de GMAO, la mise à jour des données sémantiques se fait de manière automatique grâce à un mappage entre les données contenues dans le logiciel et celles de la maquette.

Concernant la mise à jour de la maquette IFC via les nomenclatures *Excel*, la logique est la même qu'avec le logiciel de GMAO. Il faut mettre en place un identifiant unique permettant d'associer les données dans la maquette et celles dans la nomenclature.

Afin d'avoir la maquette Revit ainsi que la maquette IFC toujours à jour d'un point de vue sémantique, il faudrait que le script actualise conjointement ces deux fichiers. Actuellement FME ne permet pas d'écrire des fichiers au format Revit. De plus concernant le format IFC, étant donné que les propriétés Revit ne font pas partie intégrante du format IFC, il n'est pas possible de les exploiter avec FME lors de l'écriture au format IFC.

Conclusion de la Partie III : Cette dernière partie vient présenter concrètement l'intégration du BIM dans un processus de gestion avec notamment la mise en lien des différents outils. Cela a permis en partie de répondre aux problématiques posées par la gestion des bâtiments des lycées de la Région Occitanie. Les expérimentations réalisées ont montré que la maquette numérique peut constituer le support central de données. Cependant, afin d'obtenir un processus davantage interopérable, il subsiste la problématique de mise à jour des données à rendre plus accessible.

Conclusion

L'intégration du BIM dans le processus de gestion du patrimoine immobilier des collectivités implique une transition de long terme. Plusieurs études ont été menées afin de dresser un état de l'art sur les méthodes et les problématiques rencontrées lors de la gestion du patrimoine bâti. Les plans 2D, les bases de données et les logiciels de GMAO ont été mis en avant parmi les outils actuellement utilisés. L'étude des pratiques a également permis de définir les outils vers lesquels s'orienter lors de la transition vers un processus BIM. Nous trouvons notamment le logiciel de GMAO qui est un outil complémentaire à ce processus. D'autres outils, tels que les SIG ont été écartés, malgré un rapprochement avec le BIM, cette solution semble manquer d'interopérabilité à ce jour, mais pourrait répondre à d'autres besoins.

Dans un second temps, nous nous sommes intéressés à la transition numérique du bâtiment en France qui s'oriente incontestablement vers l'utilisation du BIM. Malgré l'absence d'obligation sur l'emploi du BIM dans le cadre des marchés publics, un effort particulier est mené pour faire évoluer les pratiques. Cela implique l'intégration de nouvelles méthodes de travail. Un bref inventaire a été réalisé afin de définir les besoins organisationnels liés au processus BIM. Cette partie a également permis de souligner l'importance de conserver un lien entre les pratiques actuelles et celles orientées BIM.

La dernière partie de ce mémoire sur le cas d'étude des lycées de la Région Occitanie a présenté la possibilité de mettre la maquette numérique au centre du processus de gestion. En effet, il est possible d'en extraire toutes les informations nécessaires à la gestion du patrimoine. De plus, la maquette numérique offre la possibilité de conserver un lien avec les pratiques actuelles, ce qui pouvait présenter jusque-là un frein à l'utilisation des maquettes numériques. Cela se manifeste notamment par l'extraction de plans *dwg* dotés d'informations sur les locaux. La conservation des données liées aux pratiques actuelles permet de gagner en interopérabilité entre les intervenants à la gestion du patrimoine immobilier malgré l'intégration d'un processus BIM. Néanmoins, ce gain en interopérabilité qui constitue l'une des principales problématiques se heurte à un autre problème concernant la mise à jour des données de la maquette numérique.

Ce problème a déjà été relevé lors de l'étude des pratiques actuelles, notamment avec les plans *dwg*. Dans le cas d'un processus BIM, ce problème est reporté sur la maquette numérique où il est difficile de mettre à jour les données dans le cadre d'un processus

interopérable. Cela concerne notamment les données géométriques. Bien que l'IFC constitue le format interopérable de prédilection pour les maquettes numériques, il est nécessaire d'utiliser le format natif et le logiciel associé pour réaliser des modifications. Concernant la mise à jour des données sémantiques de maquettes IFC, cela semble plus accessible. Certains logiciels de GMAO intégrant des modèles 3D, permettent de le faire lors de la manipulation des données. Toutefois, lorsque la maquette IFC est mise à jour, il faut veiller à ce que le fichier au format natif le soit également. Cela permet notamment d'avoir des données homogènes, sans avoir à faire des corrections antérieures lors de l'utilisation des différents fichiers.

Une réflexion est donc à mener sur la mise à jour des données afin de rendre plus interopérable le processus de gestion du patrimoine immobilier. De futurs travaux pourront alors renforcer les liens réciproques entre les différents outils, notamment ceux permettant la mise à jour des maquettes numériques à partir des plans et des bases de données.

Bien que le BIM présente de nombreux avantages sur le long terme pour la gestion du patrimoine immobilier, certaines collectivités restent réfractaires à la mise en place d'un tel processus. Afin de fournir des éléments concrets, une étude pourrait être menée afin de fixer un seuil de rentabilité. Ces recherches pourraient notamment prendre en compte le coût des livrables initialement demandés par rapport au coût des livrables lié à la maquette numérique tout en intégrant les coûts et les bénéfices liés au processus BIM.

Le BIM pour la gestion du patrimoine immobilier offre des perspectives extrêmement vastes. L'actuel déploiement du BIM par les collectivités est encore très limité, tant d'un point de vue de la collaboration que de l'exploitation des données. Si aujourd'hui la gestion des immeuble se fait principalement au niveau des locaux, l'emploi du BIM offre la possibilité d'avoir un niveau de détail beaucoup plus important. Cela pourrait notamment permettre la gestion de tous les équipements, des réseaux ou de la régulation de la température en fonction de la planification de la présence dans les locaux.

Enfin, les solutions présentées permettant de faciliter l'intégration du BIM dans le processus de gestion du patrimoine immobilier, permettrait de proposer aux collectivités la livraison des données sous formes de plans et de maquette numériques. Dans un premier temps, cela offre le temps d'appréhender les outils liés au BIM, tout en poursuivant la gestion de leur patrimoine immobilier. Dans un second temps seul la maquette numérique suffira, dès lors que les collectivités auront acquis une certaine autonomie.

Bibliographie

Ouvrages imprimés

BuildingSMART, 2019a. BIM Book L'essentiel - Le BIM et la transformation numérique du secteur de la Construction.

VALENTE Clément, 2015. BIM & BTP : Construire grâce à la maquette numérique. Editions Méthodes BTP.

Articles juridiques

Article 2 - Arrêté du 30 mars 2021 portant approbation du cahier des clauses administratives générales des marchés publics de travaux. Disponible sur :

https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/article_jo/JORFARTI000043310441 (consulté le 13 juin 2021).

Article L2422-1 - Code de la commande publique. Disponible sur :

https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000037704463/ (consulté le 13 juin 2021).

Article L2422-2 - Code de la commande publique. Disponible sur :

https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000037704467 (consulté le 13 juin 2021).

Article R2132-10 - Code de la commande publique. Disponible sur :

https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000037730717/2019-04-01
(Consulté le 13 juin 2021).

Article R2132-14 - Code de la commande publique. Disponible sur :
https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000037730709 (consulté le 13 juin 2021).

Code de la commande publique, 2019. Code de la commande publique. Disponible sur :
<https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGITEXT000037701019/> (consulté le 13 juin 2021).

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, 2021. Disponible sur :
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000030616160> (consulté le 13 juin 2021).

Travaux universitaires

BLACHÈRE Julien, 2015. Building Information Modeling : interopérabilité des logiciels de CAO et de calculs de structure.

DUPRÉ Valentin, 2018. Établissement de la maquette numérique d'un immeuble ancien et complexe dans le cadre d'un processus BIM.

MIKLASZ Marion, 2018. Étude et mise en œuvre d'une démarche BIM à Brest métropole.

Rapports institutionnels

European Commission, 2019. Supporting digitalisation of the construction sector and SMEs Including Building Information Modelling. Disponible sur : <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/38281> (consulté le 21 mai 2021).

Ministère de la Transition écologique, 2018. Bâtiment et numérique – Plan BIM 2022. Disponible sur : <https://www.ecologie.gouv.fr/batiment-et-numerique> (consulté le 12 juin 2021).

Rapports d'études

SIA PARTNERS, 2018. Le BIM, une composante-clé du bâtiment 4.0.

Plan de Transition Numérique du Bâtiment (PTNB), 2018. Baromètre 3 - Rapport détaillé.

Articles de revues

DUCHENE Remi, VALOT Gregory, CHARPIN Jean-Michel, CHOUC Antoine, LEVEQUE Philippe, SIMEON-DREVON Philippe et CASTET Jean-Bernard, 2016. Le patrimoine des collectivités territoriales.

LAFIOUNE Nawel et ST-JACQUES Michèle, 2020. Towards the creation of a searchable 3D smart city model.

Entretiens

RODENBERGER Fabrice, 18 juin 2021. Entretien avec la direction du patrimoine immobilier de la Région Grand-Est.

SARRAT Philippe, 9 mars 2021. Entretien avec le référent BIM de la direction du patrimoine et des bâtiments du département de l'Hérault.

MARCHAND Mélissa, 14 juin 2021. Entretien avec la direction du patrimoine du département de la Meuse.

OUAIDA Mariane, 11 mai 2021. Entretien avec la direction de la maîtrise d'ouvrage éducative de la Région Occitanie.

Documentation

Région Occitanie, 2021. « 202101-OCCITANIE-Charte-Donnees-Informatiques-V2 ».

LAMOUR Gérard, et ROMON Christian, 2016. « BIM et maquette numérique - Guide de recommandation à la maîtrise d'ouvrage ».

Sites web

ABCD Blog, 2018. « Plugin SGP d'export DWG enrichi gratuit pour Revit 2019 - Des résultats BIM et CAO optimaux répondant à la charte du Grand Paris ». <https://abcdblog.typepad.com/abcd/2019/02/plugin-sgp-d-export-dwg-enrichi-gratuit-pour-revit-des-resultats-bim-et-cao-repondant-a-la-charte-du-grand-paris.html> (consulté le 7 mars 2021).

Autodesk, 2018. Esri and Autodesk—What’s Next?. <https://blogs.autodesk.com/infrastructure-reimagined/esri-autodesk-whats-next/> (consulté le 16 juillet 2021).

BibLus, 2019. BIM en Europe : la diffusion et l’adoption dans chacun Pays – PARTIES 2/3. <https://biblus.accasoftware.com/fr/le-bim-en-europe-la-diffusion-et-ladoption-dans-chacun-des-pays-parties-2-3/> (consulté le 13 juin 2021).

BibLus, 2020. Le format IFC et l’Open BIM, tout ce que vous devez savoir. *BibLus*. <https://biblus.accasoftware.com/fr/le-format-ifc-et-lopen-bim-tout-ce-que-vous-devez-savoir/> (consulté le 25 février 2021).

BIM Manager, 2020. Le BIM en France. <https://bim-manager.fr/le-bim-obligatoire-en-france/> (consulté le 14 juin 2021).

BuildingSMART, 2019b. Qu’est-ce que le format IFC ? | France, association des acteurs du BIM en France. <https://buildingsmartfrance-mediaconstruct.fr/comprendre-format-ifc/> (consulté le 25 février 2021).

CARL software, 2021. CARL Source Facility: logiciel de GMAO pour l’immobilier. <https://www.carl-software.fr/produits/carl-source-facility/> (consulté le 23 juillet 2021).

Plan BIM 2022. 2020. Plan Bim 2022 - Les Conventions BIM Types. <https://plan-bim-2022.fr/actions/ptnb-axe-c-les-conventions-bim-types/les-conventions-bim-types/> (consulté le 13 juin 2021).

Table des annexes

Annexe 1 Questionnaire pour l'étude des pratiques des collectivités pour la gestion de leur patrimoine immobilier.	63
Annexe 2 Tableau récapitulatif des personnes contactées.	65
Annexe 3 Synthèse des résultats de l'étude des pratiques des collectivités en matière de gestion du patrimoine immobilier.	69
Annexe 4 Les différents niveaux de maturité BIM.	76
Annexe 5 Tableau récapitulatif des intervenants et des logiciels utilisés dans le projet de construction.	78
Annexe 6 Les avantages du BIM lors du cycle de vie du bâtiment.	81
Annexe 7 Les 3 axes du Plan de Transition Numérique du Bâtiment.	83
Annexe 8 Définition des 3 principaux rôles associés à une démarche BIM.	84
Annexe 9 Les 3 principaux outils utilisés dans le cadre d'un processus BIM.	85
Annexe 10 Contenu de la maquette numérique en phase « DOE » et « gestion, exploitation ».	88
Annexe 11 Les paramètres du projet Revit pour les besoins de la gestion du patrimoine immobilier selon la charte de la Région Occitanie.	89
Annexe 12 Script Dynamo – Remplissage automatique de la nomenclature des pièces.	90
Annexe 13 Adaptation des vues Revit en fonction de la charte graphique de la Région Occitanie.	92
Annexe 14 Tableau récapitulatif de l'affectation des objets Revit aux classes IFC.	95
Annexe 15 Présentation du plugin d'export dwg pour Revit.	96
Annexe 16 Les adaptations des plans <i>dwg</i> afin de respecter la charte graphique de la Région Occitanie.	98
Annexe 17 Script FME – Création de nomenclature Excel à partir d'une maquette IFC.	100

Annexe 1

Questionnaire pour l'étude des pratiques des collectivités pour la gestion de leur patrimoine immobilier

- Nom de la collectivité ou de l'établissement public ?
- L'intitulé du poste occupé ?
- Quels sont les types d'opérations suivies par le service ?
 - Conception
 - Construction
 - Maintenance
 - Exploitation
 - Réhabilitation
 - Déconstruction
- Qu'elles sont les méthodes de travail utilisées pour le traitement de l'exploitation des données utiles à la gestion du patrimoine ?
 - BIM
 - SIG
 - Plans 2D
 - Bases de données
 - GMAO
- Quels sont les logiciels utilisés dans la cadre de ces méthodes de travail ?
- Dans le cadre de la transition numérique, êtes-vous en train de changer de méthodes de travail pour la gestion du patrimoine immobilier ? quels sont vos objectifs ?
- Parmi ces problématiques, lesquelles avez-vous déjà rencontrées lors du traitement et de l'exploitation des données utiles à la gestion du patrimoine ?
 - Les difficultés dans la communication autour d'un projet (partage de données, manque de coordination, etc...).
 - Conversion d'un format de maquette numérique à un autre (perte d'informations, etc...).

- Conversion : maquette numérique → plan 2D + base de données (perte d'informations, etc...).
 - Conversion : plan 2D + base de données → maquette numérique (perte d'informations, etc...).
 - Liens entre plan 2D et SIG.
 - Liens entre logiciels de GMAO et plan 2D.
 - Liens entre plan 2D et bases de données.
 - Liens entre maquette numérique et SIG.
 - L'incompatibilité formats/logiciels.
 - La difficulté d'interprétation des plans 2D.
 - La difficulté d'interprétation des maquettes numériques.
 - La difficulté de traitement des données (manque d'accessibilité, manque de compétences, etc...).
 - La non-homogénéité des pratiques entre les acteurs d'un même projet.
 - L'inaccessibilité des données (stockage sur un serveur local, données incompatibles avec les logiciels etc...)
- Quelles sont les autres problématiques rencontrées dans le processus de gestion du patrimoine immobilier ?

Annexe 2

Tableau récapitulatif des personnes contactées

ANNEXE CONFIDENTIELLE

ANNEXE CONFIDENTIELLE

ANNEXE CONFIDENTIELLE

ANNEXE CONFIDENTIELLE

Annexe 3

Synthèse des résultats de l'étude des pratiques des collectivités en matière de gestion du patrimoine immobilier

→ Les méthodes employées par les collectivités et établissements publics.

Échantillon de 21 collectivités et établissements publics (13 Départements, 3 Régions, 3 EPCI²⁴, 1 EPS²⁵ et 1 ville).

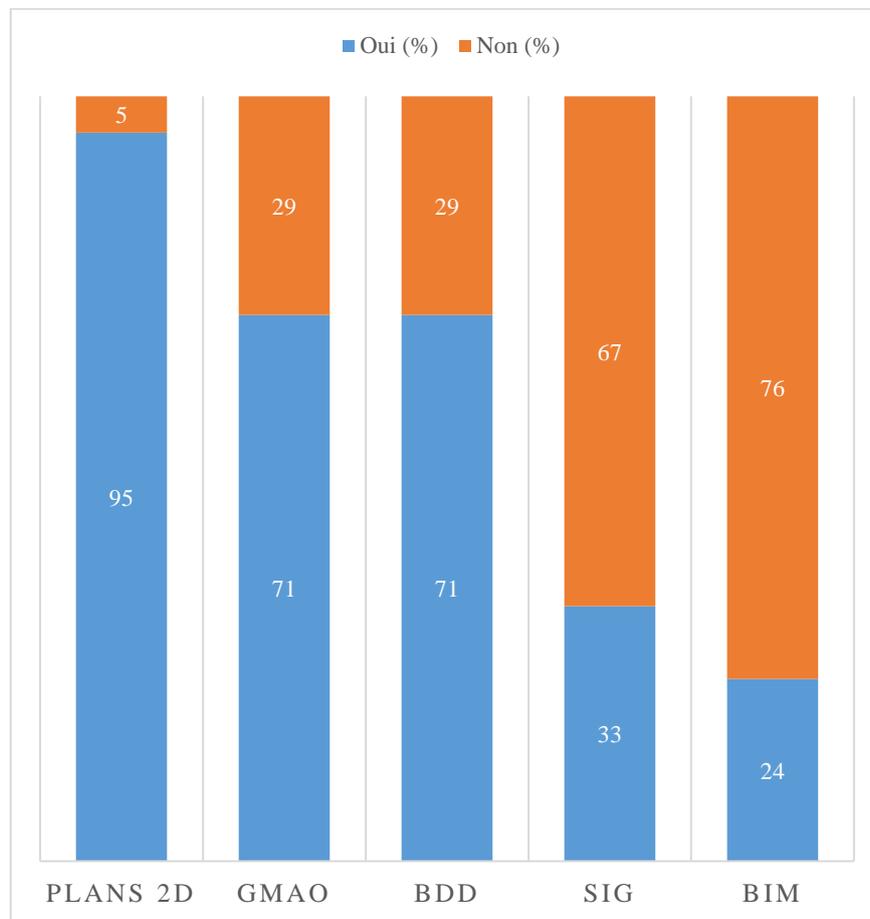


Figure 18 : Étude – Outils mis en place dans les collectivités pour la gestion du patrimoine immobilier

²⁴ Établissements Public de Coopération Intercommunal

²⁵ Établissements Public de Santé

→ **Les types d'opérations suivies par les services de gestion du patrimoine.**

Échantillon de 18 collectivités et établissements publics (11 Départements, 2 Régions, 3 EPCI, 1 EPS et 1 ville).

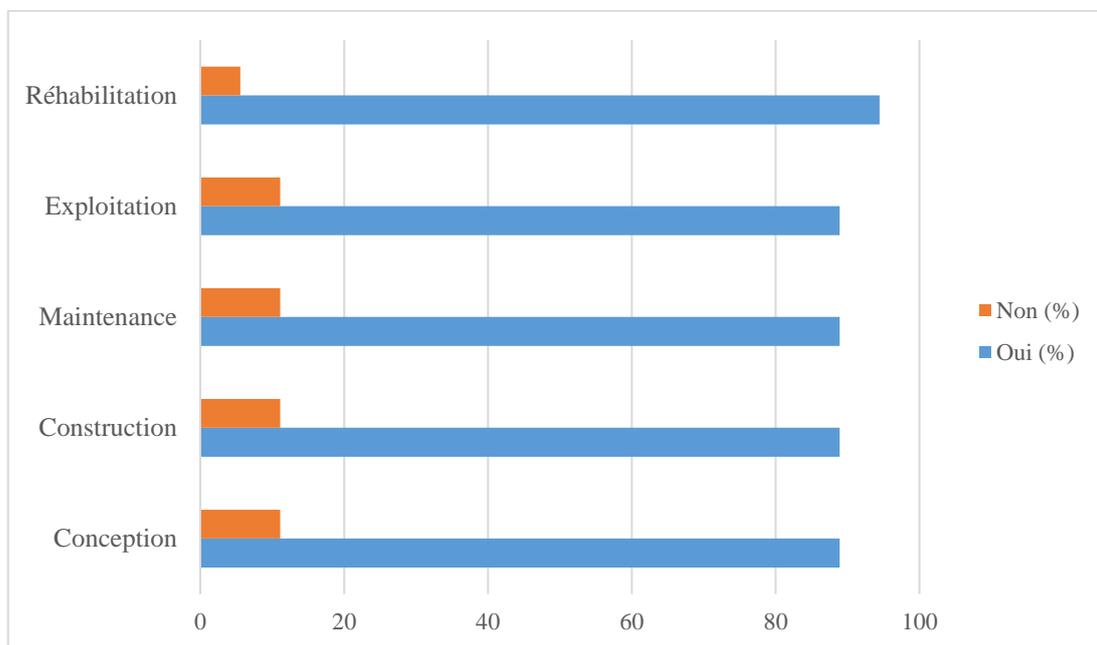


Figure 19 : Étude – Types d'opérations suivie par les collectivités

→ **Quels sont les outils / logiciels utilisés dans le cadre de ces méthodes de travail ?**

Collectivités /Établissements publics	GMAO	BDD / Tableur	Plan 2D	Maquette numérique	SIG
Région Occitanie	CARL Software		AutoCAD		
Région Normandie		Excel	AutoCAD		
Région Grand-Est	Active 3D				
Département de l'Hérault	GIMA				
Département du Loir-et-Cher	AS-Tech		AutoCAD	Revit	
Département du Finistère	GIMA		AutoCAD		
Département des Côtes d'Armor		Libre Office Calc	AutoCAD	SketchUp	
Département de l'Oise	SamFM		AutoCAD	Revit	
Département de la Creuse			AutoCAD		MapInfo
Département du Maine-et-Loire	CARL Software	Excel	AutoCAD		
Département du Tarn-et-Garonne			AutoCAD	ArchiCAD	SIG local
Département de Saône-et-Loire	GIMA	Excel	AutoCAD		
Département de la Meuse	CARL Software	Excel	AutoCAD		
Département de la Sarthe	AS-Tech				
Département de l'Ain	AS-Tech		AutoCAD		
Département de l'Aveyron					ArcMap
Métropole du Grand Nancy	AS-Tech				
Collectivité Européenne d'Alsace	Active 3D	Excel	ArchiCAD	ArchiCAD	
Tours Métropole Val de Loire	AS-Tech	Excel			
CHU de Montpellier	Infor EAM	Excel	AutoCAD	Revit / Civil 3D / Infraworks	
Ville d'Agde		Excel	Allplan		VMap

Tableau 4 : Étude – Logiciels utilisés par les collectivités pour la gestion de leur patrimoine immobilier

→ **Les perspectives d'évolution et les changements de méthodes de travail dans le cadre de la transition numérique**

Collectivités / Établissements publics	Perspectives d'évolution dans les méthodes de gestion du patrimoine immobilier
Région Occitanie	Mise en place d'une GED patrimoine et développement de l'outil de GMAO.
Région Normandie	Le changement est en cours pour un passage au BIM. Informatisation des données, gestion de projet partagée.
Région Grand-Est	Disposer de maquette numérique avec des données structurées selon notre charte.
Département de l'Hérault	BIM vers gestion de l'information (géométrique et alphanumérique) patrimoniale et solution Web pour mise à disposition de cette information.
Département du Loir-et-Cher	Tous les projets supérieurs à 500 000 € seront traités avec une démarche BIM dès 2021.
Département du Finistère	À terme le BIM sera généralisé.
Département des Côtes d'Armor	Aucun changement des méthodes.
Département de l'Oise	Mise en place d'un processus BIM Exploitation (Marché Public Global de Performance des collèges).
Département de la Creuse	Mise en place d'un outil de type SIG.
Département de Maine-et-Loire	Réflexion autour de l'acquisition d'un scanner 3D avec pour objectif la modélisation 3D des bâtiments gérés par le Département.
Département du Tarn et Garonne	Il n'y a pas d'objectifs précis, cependant des prospections sont en cours.
Département de la Sarthe	Une réflexion doit être engagée courant 2022 avant de nous engager dans le stockage et la gestion numérique des données sur le patrimoine.
Département de l'Ain	Mise en place d'une démarche BIM pour les projets neufs.
Département de l'Aveyron	Migration des bases de données en lien systématique avec le SIG.
Collectivité Européenne d'Alsace	Les objectifs ont été définis dès 2014 et mise à jour en 2018 puis en 2021 (à la suite de la fusion des 2 départements) : un seul référentiel patrimoine unique, gérer la maintenance curative de nos bâtiments, gérer les demandes d'impression et de communication de nos directions et services.
Tours Métropole Val de Loire	Mise en place du logiciel As-Tech afin de constituer une base de données fiable et mise à jour au fil de l'eau.
Métropole du Grand Nancy	Développement actuellement de la GMAO, pas encore opérationnelle.
Ville d'Agde	Acquisition prochaine d'un logiciel de GMAO.

Tableau 5 : Étude – perspectives d'évolution des collectivités pour la gestion de leur patrimoine immobilier

→ Les problématiques lors de la manipulation des données

Échantillon de 19 collectivités et établissements publics (12 Départements, 3 Régions, 2 EPCI, 1 EPS et 1 ville).



Figure 20 : Étude – Classement des principales problématiques des collectivités lors de la gestion de leur patrimoine immobilier

→ **Précision des problématiques des collectivités contactées.**

Collectivités / Établissements publics	Problématiques et difficultés rencontrées lors du processus de gestion du patrimoine immobilier.
Région Occitanie	La direction gère les bâtiments des lycées sur lesquels interviennent plusieurs acteurs (Chargés d'opérations du siège, agent des équipes mobiles de maintenance, équipes techniques des lycées), avec aujourd'hui la difficulté d'outil permettant de mettre en commun les données des bâtiments. Difficulté aussi de mettre à jour les documents du patrimoine par un manque de remonté des actions de ces acteurs sur le bâtiment.
Région Normandie	Aujourd'hui, les données sont dans Excel et donc peu formalisées. Le travail consiste donc à centraliser la donnée et constituer des référentiels. Une réflexion est menée sur la stratégie d'acquisition des logiciels (quelle fonction informatiser en premier) et une recherche sur les logiciels. En parallèle, un audit est lancé sur le BIM pour comprendre les impacts sur notre organisation et nos données.
Région Grand-Est	L'export des outils de modélisation vers IFC.
Département du Finistère	Les tableaux compilant des surfaces hétérogènes (SHON, SHOB, SU, SP...). À cela, s'ajoute un ensemble des plans encore non numérisés.
Département de l'Oise	Il y a un besoin de temps et de compétences pour mettre en place un processus complet au sein de la collectivité.
Département du Maine-et-Loire	Exigence très forte du logiciel de GMAO par rapport aux normes des dessins 2D (interopérabilité compliquée). Problèmes de mise à jour entre plans et base de données. La difficulté d'interprétation des plans 2D provient essentiellement du public qui peut être amené à les consulter pour prendre des décisions. Ce public n'a pas toujours de formation technique, une solution 3D pourrait aider ces personnes.
Département de la Sarthe	Difficulté à faire renseigner une même base de données par de nombreux agents : les données ne sont pas toujours rangées comme il le faudrait, pas toujours au bon endroit, pas toujours triées par intérêt décroissant.

<p>Collectivité Européenne d'Alsace</p>	<p>La plupart des difficultés au sein d'une collectivité de 6 000 agents, est la lourdeur des procédures. Les procédures doivent effectivement être respectées pour bien définir le périmètre de chaque tâche mais leur validation est souvent longue et périlleuse. De même, coté éditeur, nous retrouvons les mêmes difficultés liées aux procédures, à la disponibilité des intervenants.</p> <p>du coté logiciel (Active3D) l'application est très ouverte ce qui permet de façonner l'outil au besoin des métiers. Cependant des limites existent (dans les calculs ou dans les filtres de données). Il faut alors pouvoir s'adapter, trouver des solutions de contournements, proposer une autre vision du besoin. Mais afin de pouvoir adapter l'outil au plus proche du métier de l'utilisateur, il faut écouter, travailler, partager, proposer, démontrer, former et assister chaque personne. C'est là l'enjeu de réussite d'un projet (petit ou grand).</p> <p>Coté interopérabilité avec d'autres applications :</p> <ul style="list-style-type: none"> - ArchiCAD : Tous les plans des bâtiments sont développés en maquette numérique (2D pour la plupart, certaines en 3d.). Les données issues des maquettes sont remontées dans Active3D manuellement, à ce jour, par import de fichier. Une interface avec de l'IFC est possible mais la non connaissance, le manque de recul vis-à-vis de ces nouveaux types d'interface, nous conduisent à rester prudent dans l'utilisation de l'IFC. - Grand-Angle (Progiciel financier) : l'interface est manuelle à ce jour également. Une réelle interface par web services est prévue d'ici la fin 2021. <p>Les 2 seules problématiques que l'éditeur devra encore étudier afin de proposer une solution sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'interface de l'IFC décrit ci-dessus (ceci est cependant en cours de stabilité). - L'utilisation d'Active3D en mode déconnecté (sur tablette ou smartphone), hors réseau mobile, avec synchronisation de la donnée le soir au retour d'une intervention.
<p>Tours Métropole Val de Loire</p>	<p>La problématique la plus fréquente est la récupération et la mise à jour des DOE</p>
<p>Métropole du Grand Nancy</p>	<p>Tous les agents ne maîtrisent pas de manière égale les outils informatiques.</p>
<p>CHU de Montpellier</p>	<p>La diversité des sources de données aux formats hétérogènes : AutoCAD / Revit / IFC / Civil 3D / Infraworks.</p>
<p>Ville d'Agde</p>	<p>Communication entre les acteurs et décalage entre objectifs politiques et la réalité du terrain.</p>

Tableau 6 : Étude – Problématiques des collectivités pour la gestion de leur patrimoine immobilier

Annexe 4

Les différents niveaux de maturité BIM

Le niveau de maturité BIM à ne pas confondre avec le niveau de détail, concerne l'aspect collaboratif d'un processus BIM.

Il existe 3 niveaux de maturité BIM (BuildingSMART, 2019a) :

→ Niveau 1 : BIM isolé

Chaque intervenant dans le processus BIM possède sa propre maquette sans interaction entre celles-ci. Comme l'illustre la Figure 21, il n'existe aucune homogénéité entre ces différents modèles qui ont été réalisés pour des besoins propres à chaque intervenant.



Figure 21 : Illustration du niveau 1 de maturité BIM (Source : personnelle)

→ Niveau 2 : BIM collaboratif

Dans ce niveau il existe encore plusieurs maquettes en fonction des corps de métier. Cependant chaque intervenant dispose d'un accès aux maquettes numériques des autres. Comme l'illustre la Figure 22, cette mise en commun des maquettes se fait sur un espace central, mais le travail est toujours réalisé en local. Le partage des maquettes métiers permettent ainsi de contrôler la cohérence globale du projet.

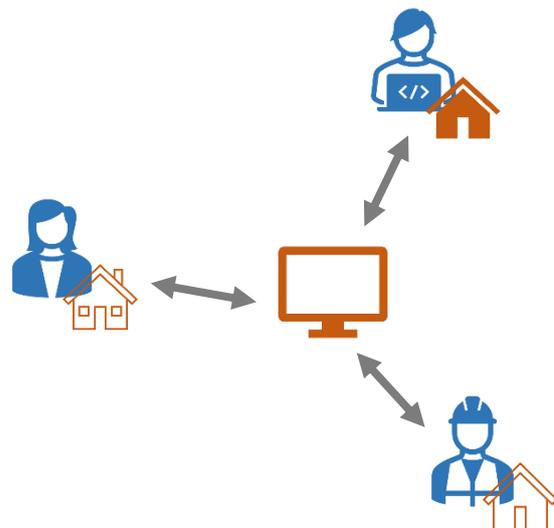


Figure 22 : Illustration du niveau 2 de maturité BIM

→ Niveau 3 : BIM centralisé

Ce plus haut niveau de collaboration est encore très peu utilisé pour les bâtiments, contrairement au secteur de l'aéronautique (Valente, 2015). Comme l'illustre la Figure 23, chaque acteur au processus BIM travaille sur la même maquette numérique qui est stockée sur un serveur central. La maquette est ainsi conçue de manière instantanée entre tous les intervenants.

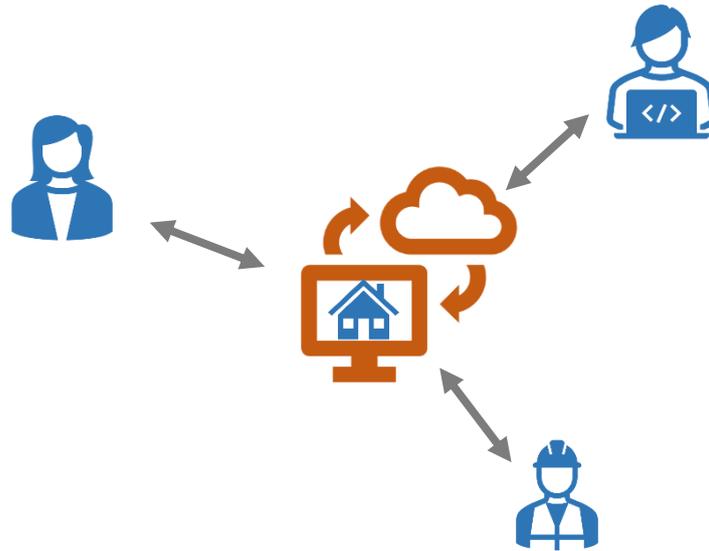


Figure 23 : Illustration du niveau 3 de maturité BIM

Annexe 5

Tableau récapitulatif des intervenants et des logiciels utilisés dans le projet de construction

ANNEXE CONFIDENTIELLE

ANNEXE CONFIDENTIELLE

ANNEXE CONFIDENTIELLE

Annexe 6

Les avantages du BIM lors du cycle de vie du bâtiment

Conception et réalisation	
Réduction des délais	Meilleure organisation ; Découverte et évitement plus précoces des erreurs ; Meilleure gestion des stocks et évitement de pénuries.
Diminution des coûts de construction	Évitement de certaines erreurs ; Meilleure collaboration et gain de temps ; Plus tôt les décisions sont prises, plus tôt le coût global est maîtrisé, ce qui évite les surcoûts (Blachère 2015).
Meilleure communication	Gain de temps lors des interactions entre les intervenants ; Impact visuel fort du fait de la 3D.
Réduction de l'impact environnemental	Simulation énergétique précises ; Évaluation des performances thermiques ce qui permet de corriger les failles.
Conception plus aboutie	Simulations diverses ; Repérage préalable des clashes entre les corps de métier ; Vue d'ensemble du projet ; Collaboration plus poussée.
Meilleure compréhension du projet	Diminution de l'effort d'interprétation du fait de la 3D.

Tableau 8 : Liste non exhaustive des avantages du BIM lors de la phase de conception et réalisation d'un projet de construction

Maintenance, exploitation et réhabilitation	
Meilleure connaissance du patrimoine	Connaissance de l'état de santé ; Connaissance des composantes et des équipements ; Données centralisées par rapport à des DOE épars.
Entretiens des équipements facilité et optimisé	Accès aux données plus facile et rapide ; Planification de l'entretien des équipements adaptés aux besoins ; Visualisation d'éléments potentiellement masqués sur le terrain ; Connaissance de l'état de fonctionnement des équipements.
Gestion plus adaptée	Exploitation plus adaptée du bâtiment ; Meilleure affectation des locaux ; Vision globale du patrimoine géré.

Contrôle du budget et abaissement des coûts	Anticipation du budget du fait de la meilleure connaissance du patrimoine géré ; Pas de relevé des lieux systématique avant des travaux de rénovation ; Optimisation des dépenses en fonction des besoins.
Amélioration des performances énergétiques	Simulation précises des performances ; Repérage des pertes énergétiques ; Contrôle des besoins des locaux.
Contrôle du respect de la réglementation	Contrôle du respect des normes liées aux accès pour les personnes à mobilité réduite ; Respect des normes incendie.

Tableau 9 : Liste non exhaustive des avantages du BIM lors de la phase d'exploitation et de maintenance d'un bâtiment

Déconstruction	
Meilleure gestion des déchets	Inventaire des matériaux à extraire ; Estimation des matériaux à recycler ou à détruire ; Estimation des matériaux réutilisables pour les nouvelles constructions.
Sécurité renforcée de l'opération	Simulations de destruction ; Repérage des lieux en 3D ; Repérage des points critiques du bâtiment ;
Méthodologie de déconstruction optimisée	Collaboration renforcée entre les intervenants autour d'un même modèle ; Planification de la destruction ; Organisation du plan d'évacuation des déchets ; Définition de l'accès pour les engins.
Contrôle du budget	Estimation plus précise du coût de destruction.

Tableau 10 : Liste non exhaustive des avantages du BIM lors de la phase de déconstruction bâtiment

Annexe 7

Les 3 axes du Plan de Transition Numérique du Bâtiment

Axe A : Convaincre et donner envie.

Lors de cette première phase, de nombreuses expérimentations ont eu lieu. Cela a notamment permis de montrer que le BIM est un processus compatible avec tous types de projets, de métier et d'entreprises.

Axe B : Accompagner la montée en compétence et développer des outils adaptés.

Lors de ce second axe, l'une des avancées majeures est la mise en place de la plateforme collaborative Kroqi. À l'origine gratuite, cette plateforme initiée par l'État permet de faciliter le stockage et les échanges entre les collaborateurs d'un projet. Cette plateforme est toujours en pleine évolution et s'étoffe continuellement en faisant le lien avec de nombreuses applications privées afin d'être toujours plus collaborative.

Axe C : Apporter de la confiance dans le numérique.

Dans cette phase, le PTNB a pour objectif de faciliter la normalisation des pratiques en éditant des documents réglementaires types ou des guides de recommandation. En ce qui concerne le droit à propos du numérique, aucune avancée n'a été effectuée, le programme estimant que l'ensemble des besoins étaient déjà couverts par la réglementation en vigueur.

Annexe 8

Définition des 3 principaux rôles associés à une démarche BIM

Le BIM modelleur est la personne qui va contribuer à la réalisation de la maquette numérique. Lors de l'utilisation du BIM pour la gestion du patrimoine il peut également intervenir lors de mises à jour du modèle numérique. Ce rôle n'est pas systématiquement intégré dans les collectivités, il s'agit souvent d'une personne extérieure qui va travailler pour la maîtrise d'ouvrage dans le cadre d'un marché public. Cependant, pour les petites interventions sur la maquette et lorsque le personnel de la collectivité est apte à les réaliser, cela peut être fait en interne par un BIM modelleur de la collectivité.

Le BIM gestionnaire également appelé « **BIM Manager** » a pour rôle principal la coordination des équipes lors de la mise en œuvre du processus BIM. De plus, le BIM gestionnaire va également s'assurer que les intervenants au projet respectent les règles imposées par les documents contractuels. Ce rôle peut être assuré par des personnes de différentes provenances (Miklasz, 2018) :

- La maîtrise d'ouvrage : dans ce cas, cela nécessite le recrutement d'une nouvelle personne au sein de la collectivité, ce qui peut représenter un coût supplémentaire à assumer.
- La maîtrise d'œuvre : dans ce cas, le BIM gestionnaire fait partie de l'entreprise en charge de la modélisation. Cela permet de faciliter la coordination des BIM modelleur, cependant cette configuration ne permet pas d'avoir un regard extérieur sur le travail à encadrer.

Un AMO BIM : Comme cela est présenté dans la partie « L'introduction de l'AMO BIM par le CCP », la maîtrise d'ouvrage peut faire appel à un assistant lorsqu'elle n'a pas les compétences nécessaires pour réaliser certaines tâches, comme cela peut être le cas pour le rôle du BIM gestionnaire.

Le BIM coordinateur joue un rôle d'interlocuteur entre le BIM gestionnaire et l'équipe de BIM modelleurs de son entreprise. Le BIM coordinateur porte la responsabilité de la qualité de la maquette. De ce fait, il doit s'assurer du respect des règles et de la charte de modélisation lors de la réalisation de la maquette numérique.

Annexe 9

Les 3 principaux outils utilisés dans le cadre d'un processus BIM

➤ Les logiciels de modélisation.

Les logiciels de modélisation sont principalement utilisés par la maîtrise d'œuvre et les entreprises mais très peu par la maîtrise d'ouvrage. Ces outils de modélisation vont permettre de concevoir et de mettre à jour la maquette numérique, autant d'un point de vue graphique que sémantique.

Il n'est pas nécessaire pour la collectivité de mettre en place un outil de modélisation. Cependant, si celle-ci souhaite réaliser des modifications sans faire appel à un prestataire, alors cet investissement est indispensable. De plus, l'utilisation de tels logiciels requiert un poste informatique suffisamment puissant. Afin de définir les besoins techniques de ces postes de travail les éditeurs de logiciels renseignent la configuration requise pour le bon fonctionnement de leurs logiciels.

Il existe une diversité de logiciels de modélisation sur le marché ayant différentes fonctionnalités, nous trouvons notamment : Allplan, ArchiCAD, Revit, SketchUp.

Chaque logiciel ayant son propre format, l'utilisation du format IFC est à privilégier afin de rendre la maquette numérique plus interopérable vis-à-vis de ces logiciels variés. L'autre avantage du format IFC c'est la plus grande facilité pour visualiser la maquette numérique avec des logiciels autres que ceux de modélisation, nous appelons ces outils, des visionneuses IFC.

➤ Les visionneuses IFC.

Les visionneuses IFC rendent la maquette numérique plus accessible. Ces outils ne nécessitent pas l'utilisation d'un poste de travail très puissant, et la plupart de ces logiciels sont gratuits. Ces visionneuses nous permettent de visualiser le modèle 3D, d'interroger les objets sur les informations qu'ils comportent, ou par exemple faire des commentaires rattachés à des objets. Pour les plus sophistiquées, il est possible d'utiliser la maquette IFC dans le cadre de la réalité virtuelle, ou de la réalité augmentée.

Parmi les visionneuses IFC gratuites, nous trouvons notamment : BIM Vision, BIM surfer, EveBIM, Solibri Model Viewer.

Afin de partager ces fichiers et de faciliter les échanges entre les intervenants au processus de gestion, une plateforme collaborative peut être mise en place.

➤ Les plateformes collaboratives.

La plateforme collaborative est d'autant plus accessible lorsqu'elle se trouve sur un réseau étendu de type internet, permettant un accès facilité pour les intervenants.

Contrairement à des fichiers épars dont nous ignorons le niveau d'actualité, le fait d'avoir un espace dédié sur lequel les données sont centralisées et mises à jour évite la redondance et fiabilise les données. Cette mise à jour est possible en synchronisant les plateformes collaboratives avec notamment les logiciels de modélisation, les visionneuses IFC. En plus de renforcer le travail collaboratif, dès qu'une modification est apportée, les informations sont actualisées pour l'ensemble des collaborateurs.

Le type et la qualité de la plateforme utilisée va donc influencer sur le niveau de maturité BIM²⁶. Plus la plateforme sera performante et bien exploitée, plus le niveau de maturité du BIM sera élevé. Pour juger de la qualité de la plateforme collaborative, il faut se baser sur plusieurs critères généraux et techniques, tels que ceux présentés dans la Figure 24.

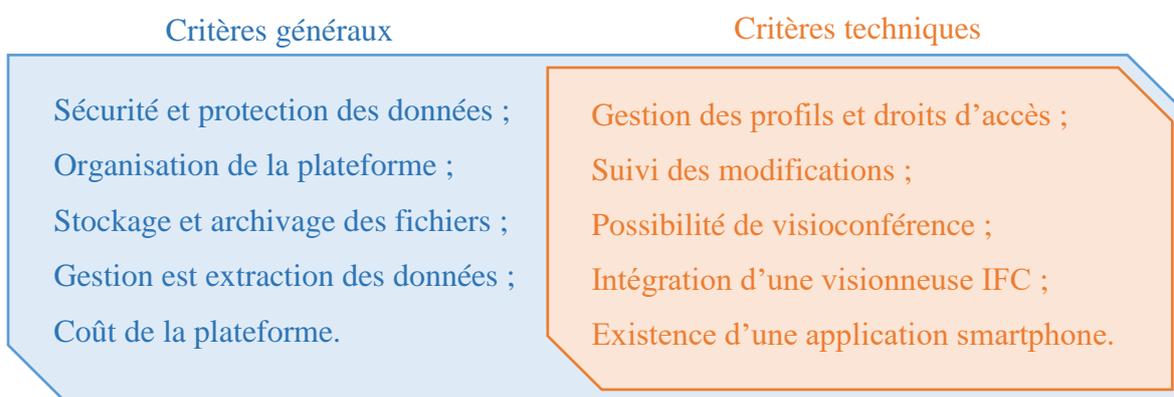


Figure 24 : Liste non exhaustive des critères définissant la qualité d'une plateforme collaborative

Une étude comparative (Miklasz, 2018) confrontant 10 plateformes collaboratives permet de mettre en avant certaines plateformes pour le « BIM exploitation ». Parmi elles

²⁶ Annexe 3 : Les différents niveaux de maturité d'un processus BIM.

nous retrouvons, Trimble Connect, BIM 360 (Autodesk) et Kroqi qui disposent de fonctionnalité similaire.

La plateforme Kroqi peut convenir en tant que plateforme collaborative pour la gestion du patrimoine des collectivités. Cet outil valide tous les critères techniques ci-dessus et présente l'avantage d'un hébergement sur des serveurs français. Ce qui soumet la protection des données des collectivités à la réglementation française. Avec cet outil, il est également possible de synchroniser des visionneuses IFC comme eveBIM ou des fichiers en local grâce à Kroqi Drive. Concernant le coût, la plateforme est gratuite selon une certaine configuration et lorsqu'elle devient payante, cela se fait sur mesure en fonction des besoins.

Annexe 10

Contenu de la maquette numérique en phase « DOE » et « gestion, exploitation »

	DOE	Gestion, Exploitation
Topographie du Site	X	
Site et bâtiments avoisinants	X	
Murs, cloisons	X	X
Dalles et planchers	X	X
Toiture	X	X
Portes et fenêtres	X	X
Locaux	X	X
Fondations	X	
Escaliers	X	X
Poteaux	X	X
Poutres	X	X
Rampes d'accès	X	X
Équipements sanitaires	X	X
Réseaux d'eau potable, chauffage, ventilation et climatisation	X	
Gaines techniques	X	X
Gardes corps	X	X
Équipements fixes structurants	X	X
Chemins de câbles	X	
Équipements terminaux (électricité, chauffage, ventilation, plomberie)	X	
Équipements de restauration	X	X
Façades	X	X
Voiries et réseaux divers	X	

Tableau 11 : Contenu de la maquette numérique en fonction de la phase du projet

Annexe 11

Les paramètres du projet Revit pour les besoins de la gestion du patrimoine immobilier selon la charte de la Région Occitanie

ANNEXE CONFIDENTIELLE

Annexe 12

Script Dynamo – Remplissage automatique de la nomenclature des pièces

ANNEXE CONFIDENTIELLE

ANNEXE CONFIDENTIELLE

Annexe 13

Adaptation des vues Revit en fonction de la charte graphique de la Région Occitanie

➤ Modifications apportées aux PLANS D'ÉTAGE.

Fenêtres : Sur les plans 2D la hauteur d'allèges ainsi que les dimensions de la fenêtre sont affichés. Les dimensions de la fenêtre sont incluses dans les côtes extérieures, alors que la hauteur d'allège est affichée dans une étiquette associée à la fenêtre (voir Figure 27).

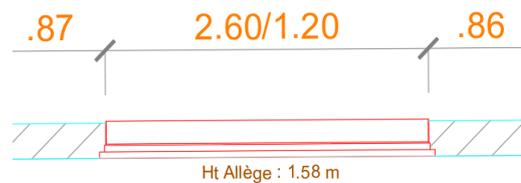


Figure 27 : Exemple de visuel pour les fenêtres selon la charte graphique de la Région Occitanie

Afin de simplifier l'étiquetage de ces 3 dimensions lors d'export dwg issus de Revit, et ainsi éviter les reprises, il serait plus judicieux que les dimensions de la fenêtre ainsi que la hauteur d'allège se trouvent tous les deux dans une étiquette associée à la fenêtre comme sur la Figure 28. Dans ce cas, les étiquettes sont directement incluses dans la famille de l'objet Revit. Donc, dès la mise ne place de la fenêtre dans la maquette, les étiquettes sont visibles sur les plans d'étages.

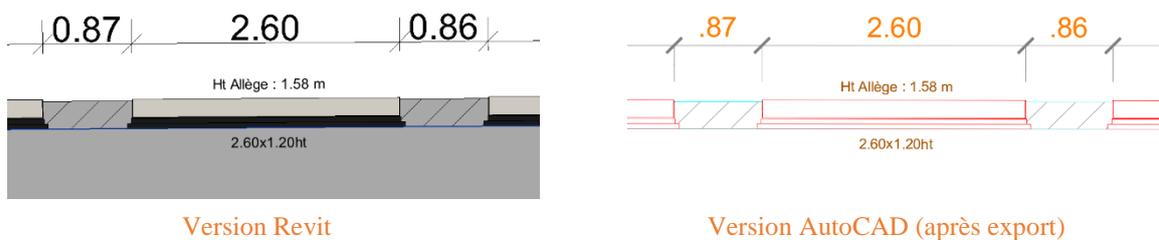


Figure 28 : Exemple de visuel pour les fenêtres selon l'adaptation Revit pour se rapprocher de la charte graphique de la Région Occitanie

Afin d'afficher la hauteur d'allège un « paramètre partagé » a été créé pour être utilisé dans l'étiquette qui fait partie de la famille de la fenêtre. Celui-ci doit être rempli manuellement lors de la pause de la fenêtre. Cette manipulation ne peut pas être automatisée car l'allège constitue la distance entre le sol et l'appui de fenêtre. Or, la hauteur d'appui de la fenêtre prend référence sur le niveau, mais le sol n'est pas systématiquement aligné avec ce niveau.

Concernant l'étiquette affichant les dimensions, celle-ci est remplie automatiquement à partir des dimensions de la fenêtre.

Portes : de la même manière que pour les fenêtres, les portes contiennent une étiquette sur laquelle nous pouvons lire les dimensions. Comme pour les fenêtres celle-ci se renseigne de manière automatique.

Côtes : le style des côtes selon la charte de la Région Occitanie diffère en fonction de s'il s'agit d'une cote extérieure ou d'une cote intérieure. Afin de résoudre ce problème et ainsi harmoniser le visuel avec la charte graphique, deux styles de côtes ont été créés.

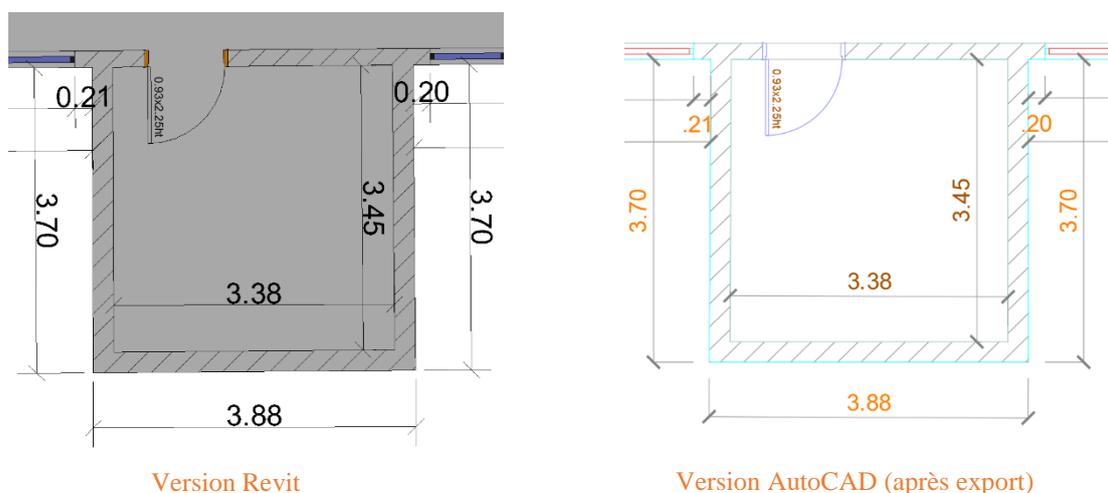


Figure 29 : Exemples de visuel pour les côtes selon l'adaptation Revit selon la charte graphique de la Région Occitanie

Afin d'obtenir un rendu identique à celui défini par la charte graphique, il faut que le nom de la côte Revit soit strictement identique à celui de la côte dans gabarit AutoCAD (format *dwt*). Lors de l'export dwg des vues de Revit (Voir la partie III.3.2.2), le plan exporté va se baser sur le gabarit *dwt* indiqué et les côtes vont être converties graphiquement selon le bon visuel.

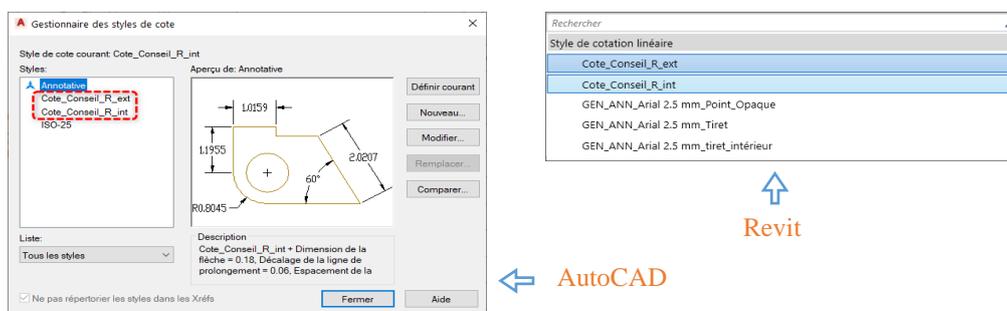


Figure 30 : Illustration de la similarité du nom de côtes entre AutoCAD et Revit

→ Modifications apportées aux **COUPES** et **FAÇADES**.

Côtes : Pour les coupes et façades, les côtes utilisées sont :

- Les côtes extérieures : le principe est identique à celui des plans d'étages.
- Les côtes d'élévation : cette côte a été paramétrée afin d'avoir un rendu correspondant à la charte graphique de la région.

Annexe 14

Tableau récapitulatif de l'affectation des objets Revit aux classes IFC

Objets Revit	Classes IFC
Appareils sanitaires	IfcFlowTerminal
Dispositifs de sécurité	IfcBuildingElementProxy
Éléments	IfcBuildingElementPart
Éléments de détail	IfcAnnotation
Élévations	Non exporté
Équipement spécialisé	IfcBuildingElementProxy
Escalier	IfcStair
Espaces	IfcSpace
Espaces réservés aux canalisations	IfcPipeSegment
Espaces réservés aux gaines	IfcDuctSegment
Étiquettes de pièces	IfcSpace
Fenêtres	IfcWindow
Fondations	IfcSlab
Garde-corps	IfcRailing
Lignes	IfcAnnotation
Mobilier	IfcFurniture
Modèles génériques	IfcBuildingElementProxy
Murs	IfcWall
Niveaux	IfcBuildingStorey
Notes textuelles	IfcAnnotation
Ossature	IfcBuildingElementProxy
Piles	IfcColumn
Pièces	IfcSpace
Plafonds	IfcCovering
Portes	IfcDoor
Poteaux	IfcColumn
Poutres	IfcBeam
Rampes d'accès	IfcRamp
Site	IfcSite
Sols	IfcSlab
Surfaces	IfcSpace
Murs rideaux	IfcCurtainWall
Toits	IfcRoof
Topographie	IfcSite

Tableau 12 : Paramètres d'export pour l'affectation des objets Revit dans les classes IFC

Annexe 15
Présentation du plugin d'export dwg pour Revit

ANNEXE CONFIDENTIELLE

ANNEXE CONFIDENTIELLE

Annexe 16

Les adaptations des plans *dwg* afin de respecter la charte graphique de la Région Occitanie

ANNEXE CONFIDENTIELLE

ANNEXE CONFIDENTIELLE

Annexe 17

Script FME – Création de nomenclature Excel à partir d'une maquette IFC

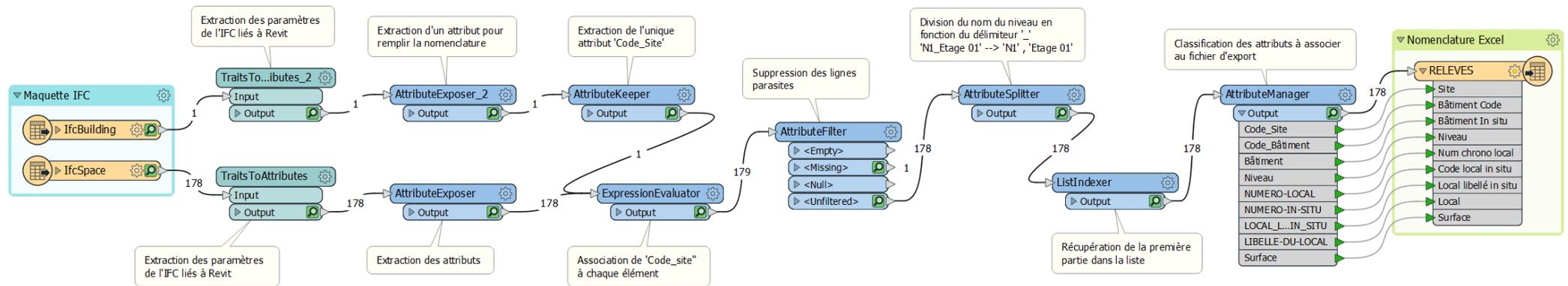


Figure 32 : Script FME permettant de générer la nomenclature Excel à partir d'une maquette IFC (Source : FME Workbench)

Liste des figures

Figure 1: Les outils utilisés par les collectivités pour la gestion de leur patrimoine immobilier	11
Figure 2 : Schéma présentant la diversité des intervenants sur un projet de construction	19
Figure 3 : Schéma présentant la diversité des logiciels utilisés sur un projet de construction	20
Figure 4 : Illustration de l'apport de la maquette concernant l'aide à la compréhension des lieux .	24
Figure 5 : Cycle de vie d'un bâtiment	27
Figure 6 : Illustration des pays ayant obligé l'utilisation d'un processus BIM	34
Figure 7 : Schéma représentatif de l'évolution des pratiques de gestion du patrimoine immobilier en fonction du temps	36
Figure 8 : Diagramme des 3 principaux acteurs intervenants dans la gestion des bâtiments affectés aux lycées de la Région Occitanie	42
Figure 9 : Illustration d'une étiquette et ses attributs sur un plan dwg selon la charte informatique de la Région Occitanie	44
Figure 10 : Les données à intégrer dans la maquette numérique	45
Figure 11 : Étapes synthétiques d'intégration d'un bâtiment dans le processus BIM	46
Figure 12 : Étapes synthétiques d'intégration d'un bâtiment dans le processus BIM ainsi que les étapes transversales	47
Figure 13 : Schéma synthétique du rôle du script Dynamo	48
Figure 14 : Rendu de la maquette numérique du Lycée Dhuoda de Nîmes après modélisation	49
Figure 15 : Aperçu des propriétés associées à un objet IFC (pièce)	50
Figure 16 : Diagramme d'articulation des données au sein du processus de gestion du patrimoine bâti	51
Figure 17 : Exemple de propriétés associées à un bloc de fenêtre suite à un export de plan Revit en <i>dwg</i>	54
Figure 18 : Étude – Outils mis en place dans les collectivités pour la gestion du patrimoine immobilier	69
Figure 19 : Étude – Types d'opérations suivie par les collectivités	70
Figure 20 : Étude – Classement des principales problématiques des collectivités lors de la gestion de leur patrimoine immobilier	73

Figure 21 : Illustration du niveau 1 de maturité BIM.....	76
Figure 22 : Illustration du niveau 2 de maturité BIM.....	76
Figure 23 : Illustration du niveau 3 de maturité BIM.....	77
Figure 24 : Liste non exhaustive des critères définissant la qualité d'une plateforme collaborative	86
Figure 25 : Paramètres Revit pour les pièces	89
Figure 26 : Script Dynamo permettant de remplir automatiquement la nomenclature des pièces ...	91
Figure 27 : Exemple de visuel pour les fenêtres selon la charte graphique de la Région Occitanie	92
Figure 28 : Exemple de visuel pour les fenêtres selon l'adaptation Revit pour se rapprocher de la charte graphique de la Région Occitanie	92
Figure 29 : Exemples de visuel pour les côtes selon l'adaptation Revit selon la charte graphique de la Région Occitanie	93
Figure 30 : Illustration de la similarité du nom de côtes entre AutoCAD et Revit	93
Figure 31 : Présentation de la fenêtre de configuration du plugin d'export <i>dwg</i> pour Revit	97
Figure 32 : Script FME permettant de générer la nomenclature Excel à partir d'une maquette IFC	100

Liste des tableaux

Tableau 1 : Présentation des objectifs concernant les pratiques des collectivités en matière de gestion du patrimoine immobilier.....	14
Tableau 2 : Proportion des entreprises utilisant le BIM dans les projets de construction en fonction du nombre de salariés.....	29
Tableau 3 : Collectivités et établissements publics contactés	68
Tableau 4 : Étude – Logiciels utilisés par les collectivités pour la gestion de leur patrimoine immobilier	71
Tableau 5 : Étude – perspectives d’évolution des collectivités pour la gestion de leur patrimoine immobilier	72
Tableau 6 : Étude – Problématiques des collectivités pour la gestion de leur patrimoine immobilier	75
Tableau 7 : Récapitulatif des logiciels utilisés par les entreprises intervenant sur le projet « Alco 2 »	80
Tableau 8 : Liste non exhaustive des avantages du BIM lors de la phase de conception et réalisation d’un projet de construction.....	81
Tableau 9 : Liste non exhaustive des avantages du BIM lors de la phase d’exploitation et de maintenance d’un bâtiment.....	82
Tableau 10 : Liste non exhaustive des avantages du BIM lors de la phase de déconstruction bâtiment.....	82
Tableau 11 : Contenu de la maquette numérique en fonction de la phase du projet.....	88
Tableau 12 : Paramètres d’export pour l’affectation des objets Revit dans les classes IFC	95

Résumé

Dans ce mémoire, nous étudions la mise en place d'une démarche BIM dans les collectivités pour la gestion de leur patrimoine immobilier. Ce changement de pratiques s'inscrit dans le cadre de la transition numérique du bâtiment, où le secteur s'oriente vers l'utilisation du BIM. L'intégration d'une telle procédure nécessite une transition sur le long terme au cours de laquelle les différentes méthodes de travail cohabitent. En plus de répondre aux problématiques des collectivités, cette phase de transition doit permettre a minima l'amélioration de l'interopérabilité entre les données et les acteurs de la gestion. Cette cohabitation des pratiques se manifeste notamment par une mise en relations entre la maquette numérique, les plans *dwg* et les bases de données. Afin de créer des passerelles entre les différents supports, plusieurs outils ont été introduit, définissant ainsi un nouveau processus de production de données pour la gestion du patrimoine immobilier.

Mots clés : BIM, collectivité, gestion, interopérabilité, patrimoine immobilier.

Abstract

In this thesis, we study the implementation of a BIM approach in the local authorities for the management of their real estate. This change of practices follows the digital transition of buildings, where the sector is moving towards the use of BIM. The integration of this procedure requires a long-term transition in which the different working methods coexist. In addition to responding to local authorities issues, this transition should at least allow the improvement of interoperability between data and management stakeholders. This cohabitation of practices involved a connection between the digital model, the *dwg* plans and the databases. In order to create links between the different media, several tools have been put in place, thus defining a new data production process for the management of real estate.

Key words : BIM, interoperability, local authority, management, real estate