



HAL
open science

Étude du concept BIM appliqué à l'optimisation de la gestion de patrimoine des bailleurs sociaux, de la réflexion à sa mise en place

Antoine Fualdes

► To cite this version:

Antoine Fualdes. Étude du concept BIM appliqué à l'optimisation de la gestion de patrimoine des bailleurs sociaux, de la réflexion à sa mise en place. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2019. dumas-02466796

HAL Id: dumas-02466796

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02466796>

Submitted on 4 Feb 2020

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

Antoine FUALDES

Etude du concept BIM appliqué à l'optimisation de la gestion de patrimoine
des bailleurs sociaux, de la réflexion à sa mise en place.

Soutenu le 06 septembre 2019

JURY

Monsieur Jean-Michel FOLLIN Président du jury
Monsieur Sébastien LE PAPE Maître de stage
Madame Nathalie THOMMERET Enseignant référent

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes ayant contribué à l'accomplissement de mon stage et qui m'ont apporté leur aide lors de la rédaction de ce mémoire.

Je voudrais donc dans un premier temps remercier mon maître de stage Sébastien LE PAPE, géomètre expert et co-associé de la société Urbactis à Montauban, pour son implication dans le projet, sa disponibilité malgré un emploi du temps serré et surtout ses judicieux conseils et idées, qui m'ont permis d'avancer.

Mon enseignante référent Nathalie THOMMERET pour ses conseils et sa relecture attentive.

Je remercie également toute l'équipe d'Urbactis, en particulier Yohan, Agnès, Thomas, Louis, Adrien, Gregory, Ludovic, Kévin, Stéphane, Gwennaël, Maylis et Nicolas pour avoir partagé 5 mois en ma compagnie, pour les recommandations qu'ils m'ont faites et leur soutien.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes suivantes, pour leur aide dans la réalisation de ce projet :

Messieurs François TOULET, Christian PASSERA, Malek MECHTER et madame Gabrielle BARBERA de l'organisme public de l'habitat Tarn-et-Garonne Habitat pour leur implication, leurs questions pertinentes et leurs retours concernant l'étude.

Messieurs Christophe LHEUREUX (I3F), Franck NYA (Habitat 76), Vincent BUNEL (Abyla) et Manuel BARRAL (EnerBIM), pour m'avoir accordé des entretiens et avoir répondu à mes questions sur le BIM, la gestion de patrimoine et les logiciels abordés, ainsi que leur expérience personnelle. Ils ont été d'un grand soutien dans l'élaboration de ce mémoire.

Mademoiselle Thaïs RICK, pour m'avoir aidé à relire et corriger mon mémoire. Ses conseils de rédaction ont été très précieux.

Ma famille, pour son soutien constant et ses encouragements.

Liste des abréviations

2D/3D : Deux ou Trois dimensions

ABV+ : Atelier BIM Virtuel +

AM : Asset Management

AMO : Assistant à la Maîtrise d’Ouvrage

BIM : Building Information Modeling

CAO : Conception Assistée par Ordinateur

CoDir : Comité de direction

CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

CVC : Chauffage / Ventilation / Climatisation

DIUO : Dossier des Interventions Ultérieures sur l’Ouvrage

DOE : Dossier des Ouvrages Exécutés

DPE : Diagnostic de Performance Energétique

DTA : Diagnostic Technique Amiante

FFB: Fédération Française du Bâtiment

FM : Facility Management

GED : Gestion Electronique des Documents

GEM :Gestion-Exploitation-Maintenance

GMAO : Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur

HT : Hors Taxes

IFC : Industry Foundation Classes

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

MEDDAT : Ministère de l’Ecologie, de l’Energie, du Développement durable et de l’Aménagement du territoire

Mio : Million

MO : Maîtrise d’Ouvrage / Maître d’Ouvrage

Moe : Maîtrise oeuvre / Maître oeuvre

Mrd : Milliard

OPH : Office Public de l’Habitat

PGI : Progiciel de Gestion Intégrée

PIB : Produit Intérieur Brut

PM : Property Management

PTNB : Plan Transition Numérique dans le Bâtiment

PUCA : Plan Urbanisme Construction Architecture

RT : Réglementation Thermique

SARL : Société à responsabilité limitée

SITP : Système d’Information Technique du Patrimoine

TGH : Tarn-et-Garonne Habitat

USH : Union Sociale pour l’Habitat

Table des matières

Introduction	5
I PROCESSUS BIM APPLIQUE A LA GESTION DE PATRIMOINE EN FRANCE	9
I.1 GESTION DE PATRIMOINE IMMOBILIER (GPI)	9
I.1.1 Le Bâtiment et les organismes sociaux dans l'économie française.....	9
I.1.2 Processus de gestion de patrimoine immobilier.....	10
I.1.3 Outils de gestion de patrimoine des bailleurs sociaux	12
I.1.4 Progiciels de gestion intégré (PGI) de gestion de patrimoine immobilier	14
I.1.5 Limites de la gestion de patrimoine immobilier actuelle	15
I.2 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	17
I.2.1 Définition du BIM	17
I.2.2 Fonctionnement du BIM.....	18
I.2.2.1 Structure de la maquette BIM	18
I.2.2.2 Usages du BIM autour de la maquette numérique.....	20
I.2.3 Développement du BIM en France	22
I.2.4 Principe du BIM appliqué à la gestion de patrimoine immobilier	23
I.2.4.1 Extraction directe des données, cas du format COBie	24
I.2.4.2 Extraction indirecte des données, cas des systèmes d'informations techniques patrimoniaux (SITP).....	26
I.2.5 Rapports « Plan Bâtiment Durable », AVB, AVB+ et livre blanc sur « la maquette numérique et la gestion patrimoniale »	28
II ETAT DES LIEUX DU PROCESSUS BIM APPLIQUE A LA GESTION DE PATRIMOINE IMMOBILIER.....	31
II.1 ANALYSE DE RETOURS D'EXPERIENCES – ORGANISMES SOCIAUX	31
II.1.1 Entretiens réalisés	31
II.1.2 Numérisation de leur parc immobilier	32
II.1.3 Intégration des données de maquettes BIM	33
II.1.4 Coûts et bénéfices du BIM et de la numérisation du parc immobilier.	35
II.2 ANALYSE DE RETOURS D'EXPERIENCES – PLATEFORMES BIM GESTION (SITP)	38
II.2.1 Etude de cas – Numérisation de bâtiments dans un SITP	38
II.2.1.1 Contexte de l'étude.....	38
II.2.1.2 Déroulement de la modélisation :.....	40
II.2.1.3 Intégration des maquettes numériques dans le SITP Abyla	41
III MISE EN PLACE D'UN PROJET DE NUMERISATION DE PARC IMMOBILIER.....	45
III.1 CONTEXTE DU PROJET	45
III.2 AUDIT DES DONNEES ET DES BESOINS DE TGH.....	46
III.3 STRATEGIE DE NUMERISATION DU PARC ENVISAGEE	48
III.4 ESTIMATION DES COUTS DU PROJET.....	49
III.5 FINALISATION DE L'ETUDE	53
Conclusion.....	55
Bibliographie	57
Liste des figures.....	60
Liste des tableaux	60
Table des annexes.....	60

Introduction

Les entreprises industrielles s'adaptent en permanence à leur environnement. Depuis les années 60, avec les tensions concurrentielles, la mondialisation des échanges et les évolutions des pratiques au sein des filières métier, l'augmentation de la productivité au sein des entreprises se réalise souvent au travers du développement d'outils numériques performants, à la dématérialisation des supports d'informations et l'automatisation des tâches.

Tous les secteurs d'activités (industrie, administration, bâtiment...) sont impactés et s'adaptent avec plus ou moins de facilités à l'essor de ces nouveaux outils et méthodes de travail afin de rester compétitifs sur le marché et répondre à l'évolution des normes réglementaires.

Il a été constaté que la productivité dans le secteur du bâtiment stagne par rapport aux autres secteurs d'industries (figure 1) et que les métiers du bâtiment se confrontent à des difficultés en matière de gestion, de stockage, d'utilisation et de transmission de l'information.

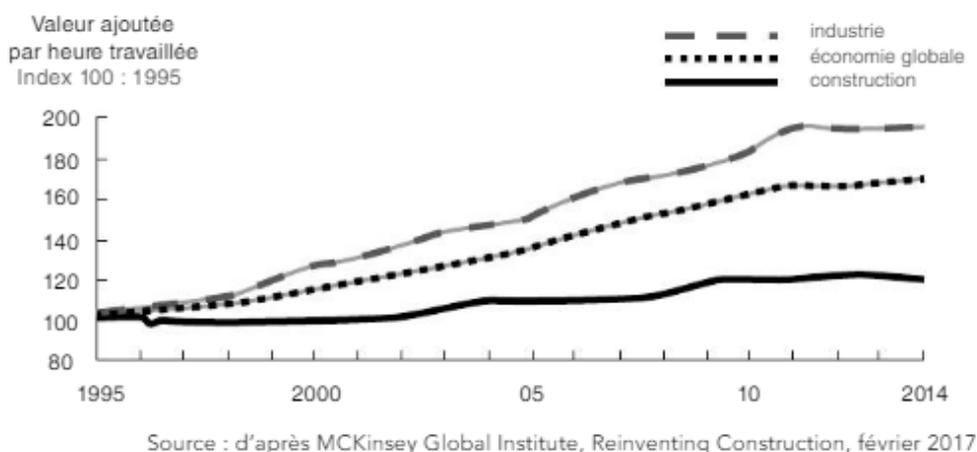


Figure 1 : Evolutions comparées de la productivité des secteurs entre 1995 et 2014 (Source : MCKinsey Global Institute, Reinventing Construction, février 2017)

Dans le bâtiment, l'information existe, mais a du mal à circuler correctement. Ce problème de gestion de l'information engendre des coûts financiers, techniques et humains constants et conséquents.

Des philosophies de management ont vu le jour dans les autres secteurs (automobile, aéronautique, informatique, ...) tels que le *Lean*¹ et les méthodes *Agiles*², pour y remédier.

Font et al (2018) mentionnent que des tentatives ont été réalisées afin d'adapter ces philosophies au secteur du bâtiment comme avec la création du Lean Construction en Californie en 2003, mais sans réel succès de par le facteur unique de chaque nouveau projet de construction. Récemment, un renouveau dans les méthodes de travail semble s'opérer avec la démocratisation d'un processus de travail collaboratif : le Building Information Modeling (BIM). Il repose sur une représentation du bâtiment en maquette numérique, afin d'améliorer le travail collaboratif et la gestion des informations durant toute la durée de vie du bâtiment, de sa conception à sa démolition.

Le BIM a été pensé de manière à pouvoir répondre à tous les besoins de la filière en matière de qualité, de fiabilité, d'utilisation, de transmission et de conservation de la donnée.

Cependant, le BIM a beau faire couler beaucoup d'encre, peu encore aujourd'hui sont les acteurs du bâtiment à avoir déjà manipulé une maquette 3D et encore moins à avoir réellement participé à une opération gérée en BIM.

De plus, bien que le BIM se développe progressivement dans les phases de programmation, de conception et de construction du bâtiment, il est quasiment systématique que les maquettes numériques ne sont pas exploitées au maximum de leurs capacités par le maître d'ouvrage après la réception de l'ouvrage car celui-ci n'a généralement pas la capacité technique de les exploiter, par exemple en extrayant les informations techniques qu'elle contient. Tout au plus, le maître d'ouvrage pourra visualiser au travers d'un logiciel viewer le bâtiment en trois dimensions et en extraire des plans, ce qu'il peut déjà faire et à moindre coûts avec des plans classiques en 2D. Ces maquettes numériques se voient ainsi la plupart du temps être stockées dans la salle d'archives du demandeur, au même titre que les Dossiers des Ouvrages Exécutés (DOE) actuels, de véritables mines d'or d'informations, utilisées seulement durant la réhabilitation des immeubles.

D'après le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire (MEDDAT) (2009), un bâtiment en fin de vie aura coûté plus

¹ Le Lean Manufacturing est une méthode de management reposant sur un principe d'optimisation continue par la suppression des gaspillages dans les tâches des processus métiers.

² Issues du manifeste Agile (2001) le principe est l'adaptation du logiciel aux besoins des clients.

cher dans sa phase d'utilisation qu'en coût initial. L'intérêt de se doter d'une maquette numérique au travers du BIM est donc limité si l'on ne peut pas s'en servir dans les phases suivantes (Gestion/Exploitation/Maintenance) du bâtiment.

Les acteurs les plus touchés par le manque d'outils et de solutions en phase Maintenance/Exploitation sont les gestionnaires de patrimoine immobilier et notamment les bailleurs sociaux.

L'augmentation de la qualité de vie de ces dernières décennies et la prise de conscience collective de la nécessité de réduire nos dépenses énergétiques ont entraîné des mesures gouvernementales affectant directement le bâtiment et les gestionnaires de biens. Ceux-ci se voient encouragés à changer leurs méthodes de travail et notamment à se tourner vers des outils plus adaptés tel que les solutions BIM Gestion.

Dans ce contexte d'innovation où peu d'informations et de retours d'expériences sont disponibles, les questions qui se posent sont principalement :

Qu'est-ce que les solutions BIM Gestion ? Comment intégrer ces solutions au processus actuel de gestion technique du patrimoine des bailleurs sociaux ? Et qu'implique leur mise en place sur la structure en matière de coût, d'organisation et de gestion ?

Le présent travail est structuré par ces questions et a pour but de dresser un état des lieux du BIM appliqué à la gestion de patrimoine immobilière des bailleurs sociaux en France aujourd'hui. Ce mémoire est réalisé en parallèle d'une étude de cas sur la mise en place et l'utilisation d'un BIM de Gestion chez l'OPH *Tarn-et-Garonne Habitat* (82).

Ainsi, j'ai décomposé ma réponse en trois axes :

Dans un premier temps, sera présenté un état des lieux des processus de gestion de patrimoine immobilier des organismes sociaux, leurs limites actuelles et les solutions BIM Gestion envisagées en France **(I)**. Ces solutions seront étudiées dans un second temps au travers de la synthèse des entretiens que j'ai réalisés auprès de bailleurs sociaux et des éditeurs de ces solutions **(II)**. Enfin, en dernière partie sera détaillée l'étude de cas réalisée auprès de l'Office Public de l'Habitat Tarn-et-Garonne Habitat, visant à mettre en place un projet numérisation de son parc immobilier et d'utilisation du BIM **(III)**.

Ce travail a été effectué au sein et avec le soutien de la société *Urbactis*, SARL composée de trois associés dont le siège social se situe à Montauban en Tarn-et-Garonne. Cette entreprise agit principalement sur un secteur couvrant le Tarn-et-Garonne et la Haute-Garonne grâce à ses trois agences. *Urbactis* tire sa force de la diversité de ses activités, allant du domaine du Géomètre-Expert à celui du bureau d'étude. La société s'est lancée dans la 3D et le BIM en 2014 et depuis, renforce ses compétences à chaque intervention sur le terrain. Ce travail de fin d'études représente la volonté de la structure de se former à la dimension Gestion/Exploitation du BIM et améliorer ses compétences de conseil.

Tarn-et-Garonne Habitat (TGH) est l'Office Public de l'Habitat (OPH) du département Tarn-et-Garonne (82). Cet organisme gère un patrimoine de 4300 logements et a fortement développé son activité ces dernières années. La direction de l'OPH souhaite aujourd'hui étudier la possibilité d'utiliser les solutions numériques et notamment le BIM, afin d'améliorer son processus de gestion de patrimoine immobilier. TGH a ainsi conclu un partenariat avec la société *Urbactis*, afin d'étudier les solutions d'optimisation possibles et développer un plan d'action permettant de mettre en place la solution retenue.

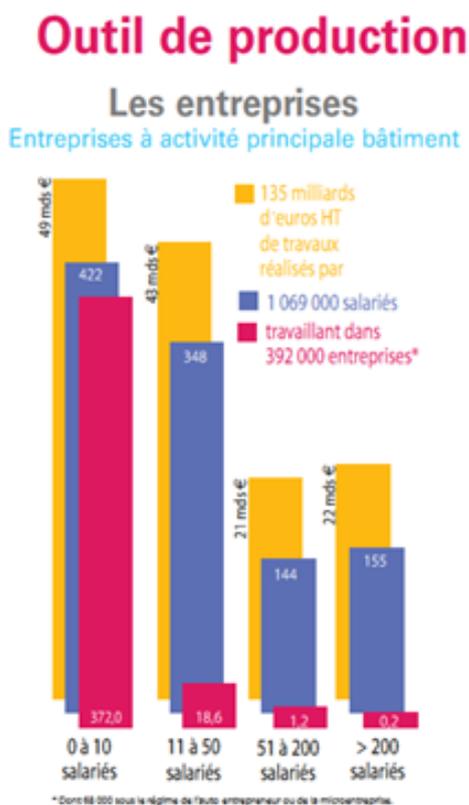
I Processus BIM appliqué à la gestion de patrimoine en France

Le secteur du bâtiment a une place importante dans l'économie française car c'est au travers de ce secteur que se déroule l'aménagement du territoire et la politique du logement en France. C'est un secteur très réglementé et en constante évolution, il a une place de choix dans les projets de loi de ces dernières années.

I.1 Gestion de patrimoine immobilier (GPI)

I.1.1 Le Bâtiment et les organismes sociaux dans l'économie française

Voici quelques chiffres³ de la Fédération Française du Bâtiment (FFB) (figure 2) sur le secteur bâtiment en France en 2018:



Le bâtiment en France, c'est 392 000 entreprises et 1 441 000 d'actifs pour 135 milliards d'euros hors taxes de travaux (figure 2). Cela représente 6% du PIB de la France.

On peut voir également que l'activité principale concerne le logement (63,2 %) pour un montant annuel de 84 milliards d'euros (figure 3).

Figure 2: Chiffre d'affaire des entreprises du secteur du Bâtiment (Source : FFB, 2018)

³ Étude « Bâtiment en chiffres 2018 » - FFB

La production

Travaux de bâtiment: 135 milliards d'euros

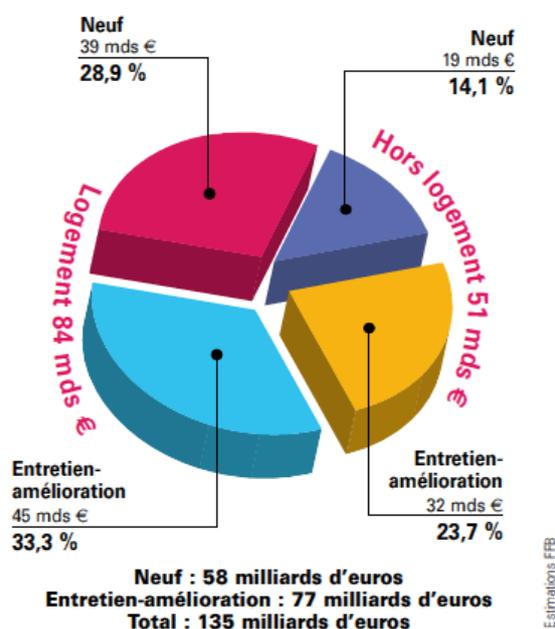


Figure 3 : Activités principales du Bâtiment
(Source : FFB, 2018)

À ce jour, la France compte plus de 36 millions de logements.

Sur ces 36 millions de logements, 5 millions sont des logements sociaux (14 % du parc de logements en France) soit 11 millions de locataires.

1 français sur 6 vit ainsi dans un logement social. Ces logements sont gérés par des organismes publics tels que les Offices publics de l'habitat (OPH) ou des organismes de droit privé comme les entreprises sociales pour l'habitat (ESH).

Qu'ils soient publics ou privés, les organismes sociaux sont réunis dans la même confédération : l'Union sociale pour l'habitat (USH). Sous la direction de l'USH, chaque organisme social compte un patrimoine de plusieurs milliers de logements et gère son patrimoine en suivant les directives étatiques et de la confédération.

I.1.2 Processus de gestion de patrimoine immobilier

L'activité professionnelle des organismes sociaux consiste à gérer son patrimoine immobilier ou plus simplement faire de la gestion immobilière. Cette notion de gestion immobilière est assez large, car il s'agit de la gestion appliquée aux immeubles, qu'ils soient résidentiels, commerciaux ou industriels.

Il existe dans les pays anglo-saxons, une décomposition de la gestion immobilière en trois fonctions principales :

- **Asset Management (AM)** traduit par « **Gestion d'actifs** » en français. Il s'agit d'une fonction visant à augmenter et pérenniser la valeur de ses actifs immobiliers.

Concrètement, la gestion d'actifs correspond à la stratégie d'investissement du gestionnaire (quand vendre ? Acheter ? Construire ? Réhabiliter ? Démolir ?). Le bien immobilier est traité ici comme n'importe quel produit financier.

- **Property Management (PM)** ou « **Gestion de la propriété** » en français. Si la gestion d'actifs considère le complexe immobilier comme une entité, la gestion de la propriété va se charger de la gestion opérationnelle du bâtiment.

Cela va regrouper la gestion locative, la gestion des contrats (baux), la connaissance technique du patrimoine et la supervision des travaux (gros entretien / réhabilitation). Le but de la gestion de la propriété est de faire en sorte que le bien soit rentable.

- **Facility Management (FM)** ou « **Services généraux** ». On désigne ici l'ensemble des services nécessaires au bon fonctionnement du bien. On retrouve par exemple la maintenance courante des bâtiments, l'entretien des espaces verts, les interventions de respect des normes d'hygiènes et de sécurité.

En France, bien que les termes : **Asset, Property et Facility Management** sont peu employés, on retrouve néanmoins l'ensemble des activités susmentionnées dans le fonctionnement interne des gestionnaires de patrimoine immobilier.

La fonction de Gestion d'actifs va généralement se faire au travers de comités de direction (CoDir) et du directeur général, la Gestion de la propriété sera répartie entre deux pôles, d'un côté un service proximité qui va s'occuper de la gestion locative et ses services associés (Attribution de logements, Chargés de Gestion Locative (CGL), Charges et Loyers, Contentieux...) et d'un pôle Maintenance/Technique, s'occupant de la gestion/planification des travaux et des équipements. Les Services Généraux sont soit gérés en externe par des prestataires, ou bien en interne par le biais d'une régie par exemple.

La fonction primaire des organismes sociaux est de loger des personnes ayant de faibles revenus, leur activité est donc concentrée autour de la gestion locative de ses biens.

En observant la gestion immobilière des bailleurs sociaux d'un point de vue financier, on peut résumer le concept à un actif : le locataire (principale source de revenus du gestionnaire) et un passif : le logement (principale source de dépenses).

La finalité de la gestion de patrimoine immobilier est ainsi d’avoir un maximum de locataires (attribuer l’ensemble de ses logements) tout en maintenant ses immeubles en état (limiter le nombre de gros travaux/interventions lourdes).

I.1.3 Outils de gestion de patrimoine des bailleurs sociaux

Jusqu’au début des années 2010, les différents départements des organismes sociaux utilisaient des logiciels spécifiques, c’est-à-dire des ensembles de programmes informatiques destinés à supporter une fonction clairement identifiée. Par exemple, le pôle Comptabilité possédait son propre logiciel de comptabilité, spécifiquement créé pour cette tâche. Chaque logiciel de l’organisme n’était pas interfacé de manière à pouvoir communiquer avec d’autres logiciels (le logiciel de comptabilité avec celui de la gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO) par exemple), ce qui obligeait une ressaisie manuelle quasiment systématique de toutes les données de sortie d’un logiciel vers les autres. Ce mode de fonctionnement nécessitait une bonne communication au sein de l’entreprise, afin de transmettre les informations entre les différents services et les logiciels.

Cette communication et ce transfert d’informations ont été assurés pendant des années par des systèmes d’informations (SI), véritables pignons centraux des entreprises. Les SI ont quatre fonctions principales : collecter, stocker, traiter et diffuser l’information (figure 4).

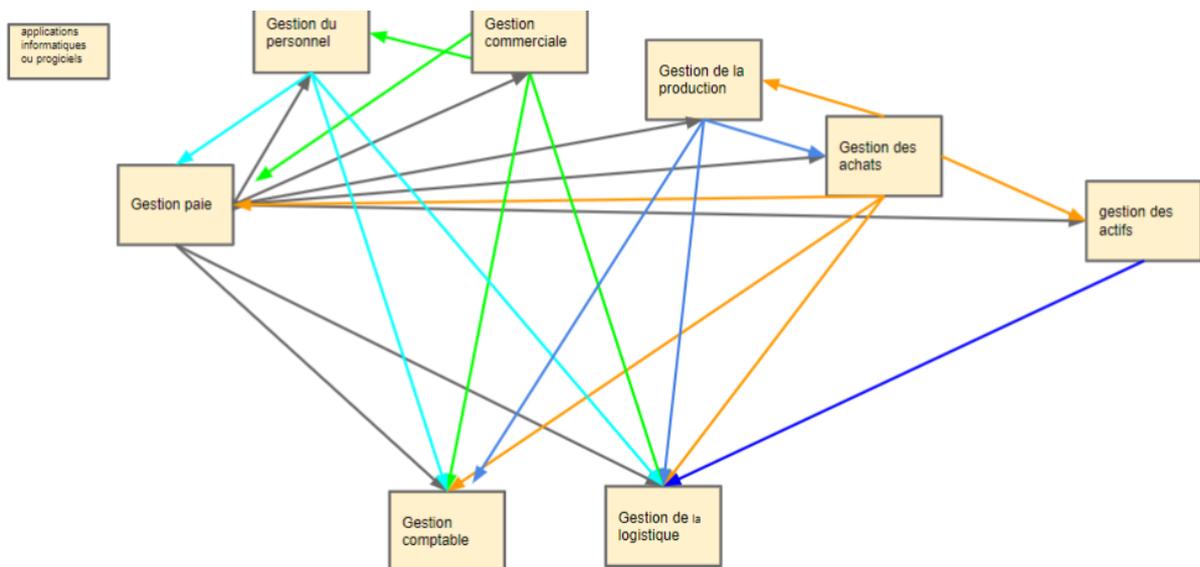


Figure 4 : Transmission de l'information par SI conventionnel (Source : Yves MEISTERMANN – Master CCA, 2015)

Ce mode de fonctionnement (SI + logiciels indépendants) posait un certain nombre de problèmes :

une multiplication des logiciels/éditeurs/interfaces différents ayant chacun leurs spécificités et besoins en maintenance,

une communication impossible entre les logiciels (défaut d'interopérabilité),

une automatisation impossible des processus nécessitant l'utilisation de plusieurs logiciels,

une perte de temps durant la ressaisie de l'information,

la possibilité d'erreurs lors de la ressaisie manuelle.

Ces problèmes ont poussé les éditeurs de logiciels à « urbaniser leurs SI » comme le mentionne Tomas (2005), c'est-à-dire normaliser les interfaces d'échanges entre les applications informatiques afin de permettre la communication entre les systèmes, avant de proposer à la fin des années 2000, des SI uniques, intégrant des solutions logicielles standardisées autour d'une base de données unique : les Progiciels de Gestion Intégrés d'entreprise (PGI) ou ERP en anglais (figure 5).

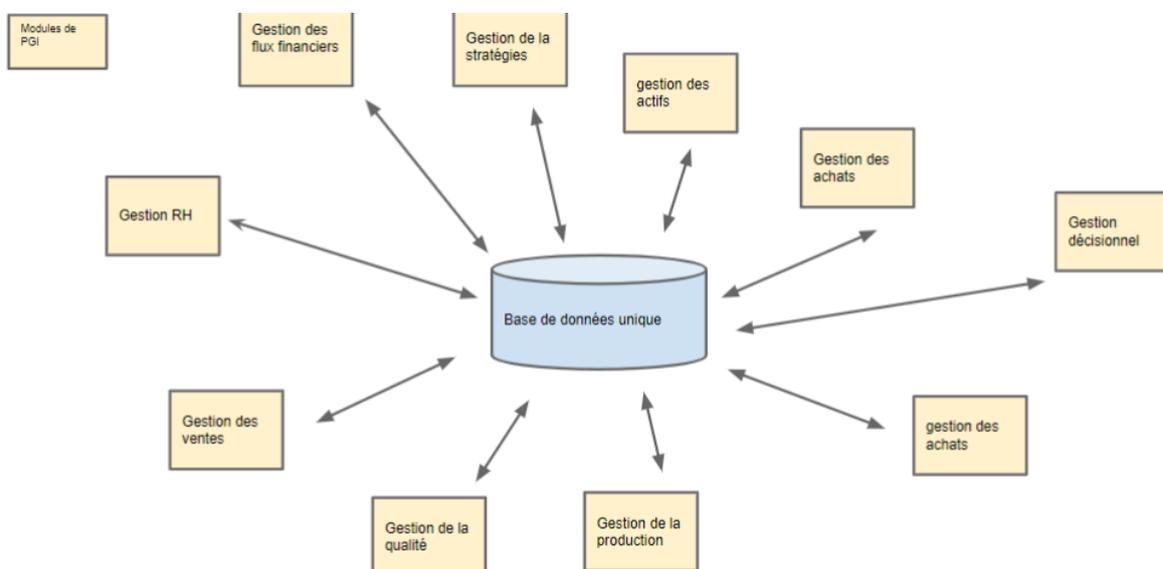


Figure 5 : Transmission de l'information par PGI (Source : Yves MEISTERMANN – Master CCA, 2015)

Avec l'arrivée de ces nouveaux outils, de nombreux gestionnaires de biens immobiliers (bailleurs sociaux, gestionnaires privés, collectivités...) ont ainsi fait migrer

l'intégralité de leur base de données (SI) vers ces PGI, permettant au sein d'une même interface la communication entre leurs logiciels métiers et une base de données unique.

Ces PGI ont pour ambition de régler les problèmes cités précédemment en offrant une gamme d'outils répondant à l'ensemble des besoins logiciels de l'organisme, tout en lui apportant une nouvelle dimension d'efficacité grâce à des outils décisionnels adaptés : de rapports d'activité, de gestion électronique de documents (GED), des mécanismes de gestion de flux de travail (workflows) et d'autres fonctionnalités orientées vers la productivité.

Lheureux (2017) mentionne que les PGI sont intégrés dans le processus de gestion d'une majorité d'organismes sociaux aujourd'hui. Deux éditeurs de PGI se démarquent clairement sur le marché français de la GPI : **Aareon** avec ses solutions PortalImmo Habitat et Prem'Habitat ainsi que l'éditeur **Sopra Steria** avec ULIS, IKOS, Esti@ et Cassiopae Habitat.

D'autres éditeurs comme **Cegid** (Qualiac) et **Scepia** (Omnibail) tentent de concurrencer **Aareon** et **Sopra Steria**, mais sont largement minoritaires sur le marché français.

I.1.4 Progiciels de gestion intégré (PGI) de gestion de patrimoine immobilier

Le PGI est donc un système d'informations comportant un ensemble de logiciels métiers, tous paramétrés autour d'une base de données unique. Cette base de données réunit l'ensemble des données acquises et utilisées par l'organisme durant son fonctionnement.

Si l'on prend l'exemple du PGI Prem' Habitat de l'éditeur Aareon, on peut voir qu'il est organisé autour de quatre domaines métiers principaux :

la gestion locative

la gestion financière

la gestion technique

la gestion des dépenses d'entretien

Cette structure en quatre pôles est optimisée pour la Gestion patrimoniale et comprend les trois fonctions susmentionnées : la Gestion de l'actif (aspect financier), la Gestion de la propriété (aspect locatif et technique) et les Services généraux (aspect entretien).

Ces domaines métiers comprennent chacun des modules spécifiques, mais qui communiquent en permanence avec les autres domaines. Par exemple, un logement est affecté à un locataire (onglet gestion locative), a un coût d'amortissement (onglet gestion financière), est constitué de pièces, d'une surface et d'équipements (onglet gestion technique) et fait l'objet d'interventions périodiques de maintien en état (onglet gestion des dépenses d'entretien). Ce logement va apparaître dans l'ensemble des domaines, mais il s'agit bien d'une entité unique, sa suppression le ferait disparaître de l'ensemble des modules.

Les avantages d'avoir une base de données unique comme support de travail général sont multiples :

mise en commun des informations des différents domaines,

saisie unique de l'information,

les modifications sont appliquées à l'ensemble des domaines (unicité de la donnée).

I.1.5 Limites de la gestion de patrimoine immobilier actuelle

Le passage des organismes sociaux vers une organisation centrée autour des PGI est d'ores et déjà une avancée technologique et fonctionnelle non négligeable. Néanmoins, plusieurs années après la création et la mise en place des PGI, certaines données essentielles à leur activité ne sont toujours pas intégrées au PGI.

Ces données non-renseignées dans le PGI sont en grande partie des données techniques comme les plans des immeubles, l'agencement et le contenu des logements (équipements, revêtements de sols, murs, plafond, types de menuiseries, etc.). Les organismes sociaux possèdent tous des salles d'archives contenant l'ensemble de ces dossiers techniques relatives aux biens qu'ils gèrent. Ces données sont sur support physique (non-dématérialisées) et représentent d'après Hovorka *et al.* (2014) des contraintes sur plusieurs aspects :

- elles ne sont pas répertoriées dans le PGI, il faut donc avoir conscience au préalable de l'existence de l'information et de son emplacement afin de pouvoir y accéder.
- même en connaissant son emplacement, la recherche d'une donnée dans la salle d'archives est une opération pouvant se révéler longue et fastidieuse pour l'opérateur.

- les données ne peuvent pas être utilisées en l'état dans les logiciels du PGI et vont nécessiter une saisie préalable dans le PGI ou un traitement manuel de l'information.

Ces données techniques ne sont pas renseignées dans le PGI pour plusieurs raisons, la plus importante étant l'incompatibilité entre l'interface du PGI et certaines données techniques. Le meilleur exemple est celui du plan : pour le PGI, un plan n'est qu'une image, il ne possède pas la capacité technique d'interpréter le plan comme le ferait un opérateur. Cette incompatibilité empêche d'extraire et intégrer automatiquement les données des plans dans le PGI, l'opérateur se verra ainsi contraint d'interpréter lui-même l'information pour la saisir ensuite manuellement dans la base de données du PGI.

Ainsi, les PGI des bailleurs sociaux sont incomplets, ce qui pose un certain nombre de problèmes :

la méconnaissance de l'aspect technique du patrimoine actuel. Les organismes sociaux possèdent la totalité des données techniques de leur patrimoine mais ne sont pas en capacité de croiser ces informations,

les problèmes de gestion de la qualité dues à la non-intégration de certaines données dans la base de données unique de l'organisme (communication difficile, ressaisie, versionnage, etc.),

une perte de productivité importante pour l'ensemble de l'organisation, car tous les pôles métiers peuvent nécessiter l'information technique mais seul le pôle technique est en mesure d'y accéder. Cela crée un goulot d'étranglement qui ralentit l'organisation.

Ces problèmes ayant été évoqués durant une l'enquête de l'Amue (2013) par une majorité d'organismes sociaux, les projets de R&D se sont multipliés afin de trouver une solution permettant l'intégration automatique ou à défaut semi-automatique des données techniques dans les PGI.

I.2 Building Information Modeling (BIM)

Parmi les projets R&D du secteur du bâtiment, il en est un qui génère un engouement certain et qui s'est hissé depuis peu au rang de pratique conventionnelle et reconnue : le BIM.

I.2.1 Définition du BIM

Le BIM est l'acronyme de Building Information Modeling, un terme traduit par la commission d'enrichissement de la langue française le 29 janvier 2019 par « bâti immobilier modélisé ».

Thierry Parinaud, architecte et membre du GT BIM, définit le BIM comme étant :

« la représentation géométrique d'un bâtiment en 3D, réalisée sur ordinateur en vue de l'analyser, de le contrôler et d'en simuler certains comportements. Le BIM est donc un ensemble structuré d'informations sur un bâtiment, existant ou en projet. Il contient les objets composant le bâtiment, leurs caractéristiques et les relations entre ces objets. »
(Celnik et al., 2014)

Cette définition complexe du BIM peut être décomposée en plusieurs éléments :

- « *la représentation géométrique d'un bâtiment en 3D réalisée sur ordinateur* »
cette représentation géométrique est ce que la profession appelle « la maquette numérique ».
- « *En vue de l'analyser, de le contrôler et d'en simuler certains comportements* »
ici, le but de la maquette numérique est cité au sein même de la définition du BIM. Le BIM n'est donc pas seulement la maquette numérique, le terme englobe aussi le processus de réalisation de la maquette numérique et son utilisation durant l'ensemble du cycle de vie du bâtiment.
- « *Il est un ensemble structuré d'informations [...] il contient les objets composant le bâtiment, leurs caractéristiques et les relations entre ces objets* », la maquette numérique n'est pas seulement une représentation géométrique du bâtiment, elle est sémantisée, c'est-à-dire qu'elle est constituée d'un ensemble d'objets structurés. Outre sa dimension géométrique, la maquette numérique peut aussi être définie comme la base de données alphanumériques et structurées des informations du bâtiment.

Le BIM peut ainsi être résumé comme le processus de création et d'utilisation d'une maquette numérique sémantisée dans le but de construire un bâtiment, l'analyser et simuler son comportement durant toute la durée de son cycle de vie (figure 6).

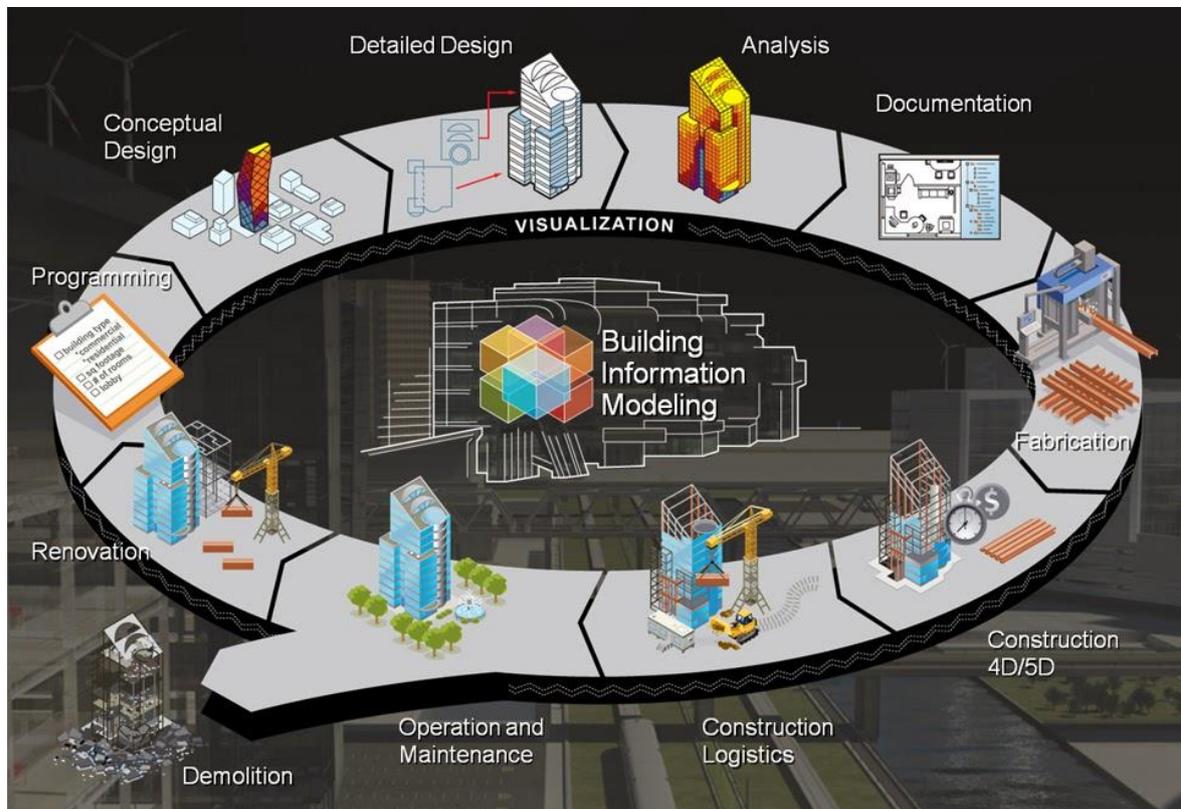


Figure 6 : Schématisation du processus BIM (Source : buildipedia.com)

I.2.2 Fonctionnement du BIM

I.2.2.1 Structure de la maquette BIM

A la différence des plans d'architectes 2D et de certaines maquettes 3D conçues à partir de logiciels DAO-CAO (Dessin et Conception Assistés par Ordinateur) classiques comme SketchUp, AutoCAD ou 3DS Max, dits vectorisés, donc constitués d'un ensemble de lignes et de surfaces, nous avons évoqué que la maquette numérique utilisée dans le BIM devait-elle être sémantisée.

Les maquettes numériques BIM sont ainsi produites au moyen de logiciels de CAO « orientés objets » tels que Revit, ArchiCAD ou Allplan, permettant la conception et l'assemblage, non pas de lignes, mais d'objets de construction numériques (objets BIM).

Les structures des maquettes numériques et des objets BIM sont définies par le format d'échange standard IFC. Développé par International Alliance for Interoperability (aujourd'hui BuildingSmart) en 1997, le format d'échange ifc est devenu la norme ISO 16739 en 2013 et révisée en norme 16739-1 en 2018⁴.

De manière simplifiée, ce format associe à chaque objet de la maquette :

- un identifiant unique (exemple : '2UMN_OQKrAshZl3dHPuYiw'),
- une classe (le type d'objet) (exemple : 'ifcWall'),
- une définition choisie par le modeleur (exemple : 'Mur de base : Parapet Wall :168458'),
- une représentation géométrique,
- une position dans l'espace,
- sa relation avec les autres objets de la maquette.

Comme chaque objet de la maquette numérique est associé à une classe, il existe une classe pour chaque type d'objet ou équipement susceptible d'être intégré dans la maquette numérique. Le format IFC compte actuellement plus de 800 classes, telles que les classes de fenêtre (ifcWindow), les portes (ifcDoor), les dalles (ifcSlab), les escaliers (ifcStair), etc. ayant toutes leurs spécificités géométriques et comportementales.

Des classes ont été créées pour représenter les objets abstraits, tels que les bâtiments (ifcBuilding), les étages (ifcStorey), les espaces (ifcSpace), etc. Cela permet de créer une arborescence structurée de ses objets (par bâtiments, par étages, par logement, etc).

Les logiciels de CAO mentionnés précédemment (Revit, ArchiCAD, Allplan...) fonctionnent tous dans des formats propriétaires basés sur l'ifc (.rvt pour Revit, .pln pour ArchiCAD, ...). Ces formats ne peuvent être lus que par les logiciels du même éditeur que le logiciel de CAO (suite Autodesk pour Revit, suite Nemetek pour Allplan, ...) et ne

⁴ ISO 16739-1:2018 – Classes ifc pour le partage des données dans le secteur de la construction et de la gestion de patrimoine – iso.org

permettent pas l'échange de données avec les logiciels concurrents. Ces logiciels permettent néanmoins la conversion entre leur format propriétaire et l'ifc.

Ainsi, dans les opérations BIM où les différents acteurs n'utilisent pas tous la même suite logicielle, le format d'échange utilisé est toujours l'ifc.

I.2.2.2 Usages du BIM autour de la maquette numérique

La norme anglaise PAS 1192-2:2013⁵ décrit différents niveaux de maturité que l'on peut atteindre autour d'un projet BIM :

- Niveau 1 : le BIM isolé

Une maquette structurelle sommaire du bâtiment est créée et partagée à tous les acteurs (architecte, bureau d'étude (BE) structure, électricité, etc.), qui développent ensuite chacun leur maquette métier (maquette structure, Chauffage-Ventilation-Climatisation (CVC), etc.). Ces différentes maquettes métiers ne peuvent pas communiquer entre elles, ni être assemblées/comparées.

- Niveau 2 : le BIM fédéré

Chaque acteur travaille à partir d'une copie de la maquette numérique centrale. Les maquettes métiers sont ensuite centralisées par un BIM Manager, chargé de vérifier le bon assemblage des maquettes et détecter les « clashes » (superpositions spatiales de plusieurs éléments).

- Niveau 3 : BIM intégré

Les acteurs travaillent en direct sur la même maquette numérique, stockée sur un espace en ligne partagé (cloud) et accessible via des accès réglementés (nom d'utilisateur / mot de passe).

Sur le diagramme de Bew et Richards (2008) (figure 7), on peut voir que le niveau de maturité doit être corrélé au besoin auquel répond la création de la maquette. Une maquette créée pour faciliter l'Asset Management (AM) nécessitera au minimum un niveau de

⁵ PAS 1192-2 – BIM et maquette numérique : le développement et le flux d'informations dans l'Environnement de Données Commun (Common Data Environment – CDE) – Février 2013

maturité BIM niveau 2, tandis qu'une gestion sur le cycle de vie entier du bâtiment (production, gestion et simulation en vue d'une réhabilitation) requerra un niveau 3.

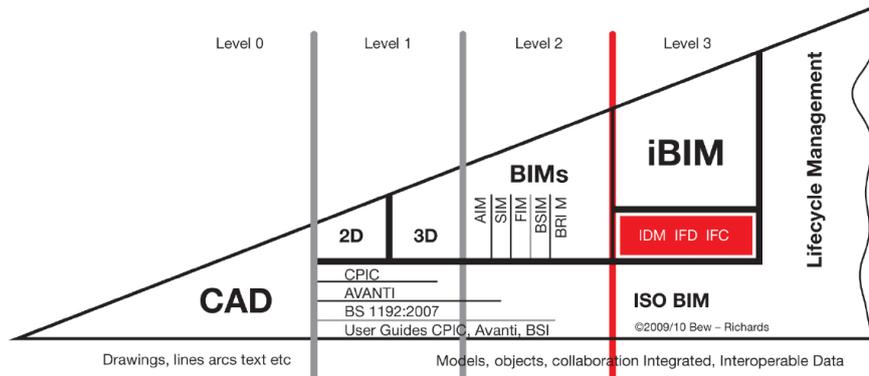


Figure 7 : Diagramme de maturité BIM (source : Bew et Richards, 2008)

Ce diagramme avance également le fait que les maquettes numériques réalisées à la suite d'une opération BIM de niveau 1 ne peuvent pas être utilisées pour autre chose que la conception de l'immeuble. La phase de Gestion/Eploitation/Maintenance nécessite une meilleure structuration des données du bâtiment.

Les maquettes numériques résultantes d'une opération BIM niveau 2 peuvent avoir deux formes :

- un assemblage de toutes les maquettes métiers en une seule maquette appelée 'maquette unique'.
- un dossier comportant toutes les maquettes métiers séparées, mais assemblées en une au sein d'un logiciel de visualisation (figure 8).

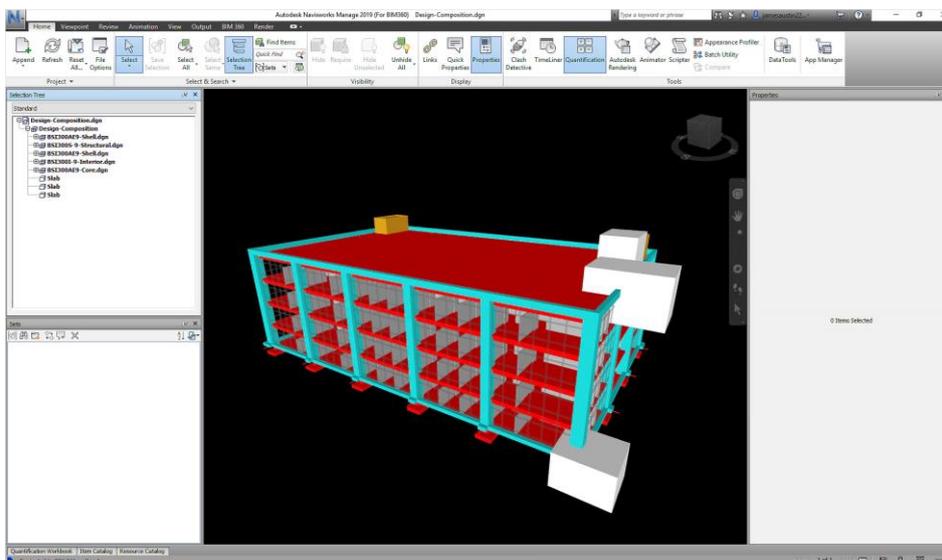


Figure 8 : Assemblage de maquettes métiers dans Audesk Navisworks (Source : Autodesk.fr)

La solution des maquettes séparées est généralement privilégiée afin que chaque professionnel conserve la responsabilité juridique de sa maquette. Dans la maquette unique, il est difficile de prouver que l'erreur constatée est bien due au professionnel et non pas une erreur d'assemblage des maquettes.

Les logiciels de visualisation (viewers) sont différents des logiciels de CAO car ils ne permettent pas de modifier les maquettes numériques, ils se contentent d'en afficher le contenu. Les prix de ces logiciels de visualisation sont disparates selon leurs performances et fonctionnalités, mais il existe des viewers gratuits comme EveBIM (CSTB), TEKLA (Trimble), BIM Vision (DataComp) ou Solibri Model Viewer (Nemetschek) pouvant être mis à la disposition des maîtres d'ouvrages, afin qu'ils puissent visualiser leurs maquettes, effectuer des coupes, isoler des objets et extraire des plans 2D des maquettes numériques.

I.2.3 Développement du BIM en France

Le BIM a commencé à se développer en Europe à la fin des années 2000 avec l'apparition des premiers logiciels CAO/DAO 3D et la diffusion des principes de l'international Alliance for Interoperability (IAI).

Au niveau réglementaire, la première directive concernant le BIM est publiée en 2014, avec l'article 22 de la Directive 2014/24/UE du Parlement européen et du Conseil du 26 février 2014 qui permet aux Etats membres de l'Union Européenne de pouvoir imposer l'utilisation « d'outils électroniques particuliers tels que des outils de modélisation électronique des données du bâtiment ou des outils similaires » dans les marchés publics d'opérations de construction.

L'acronyme BIM n'est pas cité dans la directive, qui aura plus ou moins d'impact sur les Etats membres : en France, le décret n°2016-360 du 25 mars 2016 transpose la directive européenne en droit français, sans pour autant rendre obligatoire l'utilisation du BIM dans le cadre du marché public. Le pouvoir public a conscience que les acteurs du bâtiment ne sont pas encore prêts, et qu'il va falloir développer l'usage du BIM avant de l'imposer et le réglementer. On voit alors se multiplier les initiatives gouvernementales visant à encourager et accélérer la transition numérique du bâtiment.

Dans sa démarche de concertation « Objectifs 500 000 », Cécile Duflot, Ministre de l'Égalité des territoires et du Logement (2012-2014, gouvernements Jean-Marc Ayrault I et II) avait organisé en 2014 des groupes de travail dans le but de « construire plus et mieux ».

Le groupe de travail « Innovation » avait insisté sur la nécessité de développer le numérique dans la construction. Dans la foulée, apparaissait la « loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte » accompagnée des plans de « relance de la construction » et « bâtiment durable » incitant la conception de bâtiments moins énergivores et plus durables.

Sylvia Pinel, Ministre de l'Égalité des territoires et du Logement (2014-2016, gouvernements Manuel Valls I et II), au nom du gouvernement débloque ensuite 20 millions d'euros et lance en 2015 le Plan Transition du Numérique dans le Bâtiment (PTNB). Ce plan sur 3 ans avait pour ambition de convaincre, donner envie, faire monter en compétences, apporter des outils numériques adaptés aux acteurs de la filière et multiplier les appels à projets et les retours d'expérience de projets BIM.

En parallèle des initiatives gouvernementales, diverses institutions telles que Medi@Construct, le Plan Urbanisme Construction Architecture (PUCA), la Caisse des Dépôts (CDC), les Régions, et autres collectivités, mettent depuis régulièrement en place des groupes de travail sur le BIM, des formations et des expérimentations sur site.

Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) participe également de manière très active au développement d'outils BIM ouverts (Open source), qu'il met à disposition des acteurs de la filière. Une plateforme collaborative gratuite (KROQI) est déjà en place, ainsi qu'un viewer gratuit (EveBIM). Durant un entretien avec le CSTB, l'organisme m'a confirmé que le développement d'outils de gestion immobilière était une de ses priorités et qu'il était à la recherche d'organismes prêts à expérimenter.

La mobilisation gouvernementale sur le développement du bâtiment se ressent jusqu'au niveau des organismes sociaux, où le Fonds de soutien à l'innovation (FSI) de la Caisse de garantie du logement locatif social (CGLLS) permet une subvention à hauteur de 50% du projet dans la limite de 200 000€ par projet pour les organismes souhaitant se lancer dans le numérique.

I.2.4 Principe du BIM appliqué à la gestion de patrimoine immobilier

Nous avons mentionné précédemment que les organismes sociaux avaient des difficultés à intégrer leurs données techniques dans leur PGI, car ces données étaient généralement fournies par la maîtrise d'œuvre sur un support « papier », difficile à transformer au format numérique.

Dans le cas du BIM, le rendu est entièrement numérique. La maquette numérique est constituée d'un ensemble d'objets numériques structurés. Ces objets sont les informations techniques que les gestionnaires de patrimoine recherchent. La maquette numérique peut être représentée comme étant la base de données alphanumériques et structurées des informations techniques du bâtiment.

D'après Horvoka (2014), le principal intérêt du BIM dans la phase Exploitation du cycle de vie du bâtiment est de fournir aux exploitants la nomenclature numérique et organisée des informations techniques de l'immeuble, afin qu'ils puissent utiliser ces informations dans leur processus de gestion courante.

Il existe deux méthodes d'extraction des données des maquettes numériques en Europe : une extraction « directe », avec la fourniture d'une nomenclature technique à la maîtrise d'ouvrage, et une extraction « indirecte », au travers de plateformes dites de « BIM gestion ».

I.2.4.1 Extraction directe des données, cas du format COBie

Dans les pays anglo-saxons, la réglementation nationale sur les opérations BIM est plus encadrée qu'en France. L'OpenBIM est une priorité au Royaume-Uni, le gouvernement a publié en juin 2011 son plan stratégique BIM créé par Mark Bew et son groupe de travail. Ce document mentionne un objectif d'utilisation du BIM de niveau 2 ou plus sur l'ensemble des projets BIM anglais à l'horizon 2016. Ce rapport détaille également un format d'échange des informations non-géométriques des maquettes numériques : le format COBie. Ce format est rendu obligatoire en janvier 2019 avec la publication de la norme BS EN ISO 19650-2⁶.

Les rendus délivrés à la maîtrise d'ouvrage en phase finale de la production des bâtiments sont réglementés par la norme PAS 1192-2 mentionnée précédemment et sont composés de trois éléments : un modèle graphique (la maquette numérique), de la documentation (diagnostics et documentation technique) et des données non-graphiques (les informations techniques contenues dans la maquette numériques) (figure 9).

⁶ NF EN ISO 19650-2 – ISO - Janvier 2019

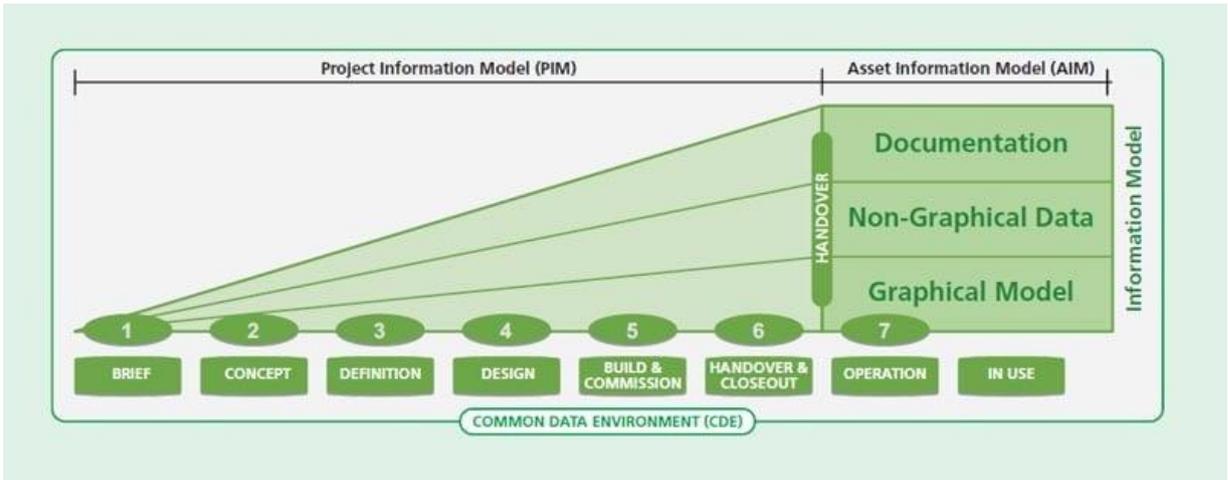


Figure 9 : Environnement de Données Commun (EDC) (Source : PAS 1192-2)

Une nomenclature des informations techniques du bâtiment est ainsi systématiquement remise au maître d’ouvrage anglais sous le format d’échange COBie.

Ce document COBie est un tableau numérique (figure 10) répertoriant l’ensemble des équipements de la maquette, en renseignant au minimum les paramètres de :

- marque,
- modèle,
- numéro de série,
- date d’installation,
- garantie,
- programme d’entretien,
- localisation

1	Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	Description	SerialType	Manufacturer	ModelNumber
227	Pre-planted vegetation blanket	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_45_57_91_65 : Pre-planted vegetation	Pre-planted vegetation blankets			
228	Rootball securing assembly	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_45_63_64_72 : Rootball securing frame	Rootball securing asse		enquiries@greenleaftrees.co.uk	SASOMA
229	Stakes	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_45_63_64_84 : Stakes	Stakes		sales@jacksons-fencing.co.uk	Tree Stakes
230	Tree grilles	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_45_63_64_87 : Tree grilles	Tree grilles		msf.sales@marshalls.co.uk	OLTG204, OI
231	Tree guards	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_45_63_64_88 : Tree guards	Tree guards		msf.sales@marshalls.co.uk	OLTR301, OI
232	Corrosion inhibitor chemicals for	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_60_55_96_15 : Corrosion inhibitor chem	Corrosion inhibitor chem			Submit proposals.
233	Scale inhibitor chemicals for op	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_60_55_96_77 : Scale inhibitor chemical	Scale inhibitor chemical			Submit proposals.
234	Dosing pots	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_60_55_97_07 : Biocide dosing pots ; Pr	Dosing pots			Submit proposals.
235	Gas fired condensing boilers	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_60_60_08_34 : Gas fired condensing bol	Gas fired condensing bo			Submit proposals.
236	Storage water heaters, gas fired	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_60_60_96_34 : Gas-fired storage water	Storage water heaters			Submit proposals.
237	Immersion heaters	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_60_60_96_42 : Immersion heaters	Immersion heaters			Submit proposals.
238	Low temperature hot water heat	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_60_65_37_47 : Low temperature hot wa	Low temperature hot wa			Submit proposals.
239	PVC-U solid wall below ground	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_65_52_07_88 : Unplasticized polyvinylc	PVC-U solid wall below			Submit proposals.
240	Covers and gratings for floor gu	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_65_52_24_30 : Floor gully covers and gr	Covers and gratings fo			Submit proposals.
241	Floor gullies	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_65_52_24_31 : Floor gullies	Floor gullies			Submit proposals.
242	Freestanding grease traps and c	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_85_52_25_32 : Free-standing grease tra	Freestanding grease tra		WPL Ltd Sewage Treatment & Rail WPL Grease	
243	Pressure gauges	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_65_52_34_66 : Pressure gauges	Pressure gauges			Contractor's choice.
244	Temperature gauges	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr_65_52_34_88 : Temperature gauges	Temperature gauges			Contractor's choice.

Figure 10 : Extrait d’un document COBie (Source : NBS)

Ce document COBie est un format standard (ISO 12006-2⁷) ce qui a permis aux éditeurs anglais de paramétrer leurs systèmes d'informations (SI) de manière à pouvoir importer le document COBie de manière automatique.

Ce format d'échange COBie possède actuellement quelques défauts, Kehily (2016) mentionne une taille de document importante (environ 600 000 lignes pour un projet de taille normale) et la possibilité de perte d'informations durant l'export, il reste néanmoins un format ouvert et national, réglementé et sujet à améliorations.

En France, il n'existe pas de réglementation nationale régissant la structure ou le contenu de la maquette numérique, tout comme il n'existe pas d'obligation pour les maîtres d'œuvres de fournir une nomenclature des éléments techniques au maître d'ouvrage à la réception du bâtiment. Le déroulement du projet BIM est réglementé par une convention BIM passée entre la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre et des chartes BIM.

Le maître d'ouvrage peut définir un type particulier de rendu à sa maîtrise d'œuvre en début de projet, en spécifiant ces éléments dans sa convention BIM et ses chartes BIM. Il lui appartiendra alors de contrôler la bonne exécution de la convention et de la pertinence du livrable rendu.

Un problème se pose néanmoins quant à l'intégration des documents COBie dans les PGI français. Les PGI majoritaires en France (ULIS, IKOS, Prem'Habitat, ...) ne sont pour l'instant pas interfacés pour extraire les informations COBie de manière automatique et nécessitent un formatage manuel du document.

I.2.4.2 Extraction indirecte des données, cas des systèmes d'informations techniques patrimoniaux (SITP)

Avant la démocratisation du BIM, certains éditeurs comme LABEO (Abyla), Archimen (Active3D), Nemetschek (Allfa) ont développé des plateformes numériques permettant d'intégrer de manière indirecte les données techniques des bâtiments dans les SI et les PGI.

⁷ ISO 12006-2:2015 – ISO - Mai 2015 - Construction immobilière -- Organisation de l'information des travaux de construction -- Partie 2: plan type pour la classification

Le principe d'intégration est de redessiner les plans 2D des gestionnaires avec des logiciels de DAO orientés objets, afin d'obtenir des plans numériques comportant un ensemble d'objets structurés et sémantisés. Mis à part la différence de dimension (ces plans ne sont pas en 3D), ces plans connectés sont relativement similaires aux maquettes numériques du BIM.

Ces plans connectés doivent être construits selon un ensemble de règles définies par les éditeurs de ces plateformes d'intégration (Abyla, Active3D, ...), comme par exemple une hiérarchie des données spécifique, une dénomination et des types d'objets correspondant à des tables prédéfinies, etc.

Une fois le plan connecté inséré sur la plateforme d'intégration (Abyla, Active3D, ...) le gestionnaire de patrimoine peut y avoir accès via un logiciel installé ou par une liaison à distance (mode Saas). Les plateformes donnent alors accès à un certain nombre de fonctionnalités, telles que la gestion des données contenues dans les plans connectés (recherches, tri, requêtes simplifiées ou SQL, insertion et extraction de données, etc.), l'affichage des plans de manière thématique (figure 11), ou encore des modules de gestion immobilière tels qu'un prévisionnel de travaux ou une gestion des clés des locataires. Par leurs activités et fonctions diverses, ces plateformes sont appelées : systèmes d'Informations Techniques Patrimoniaux (SITP).

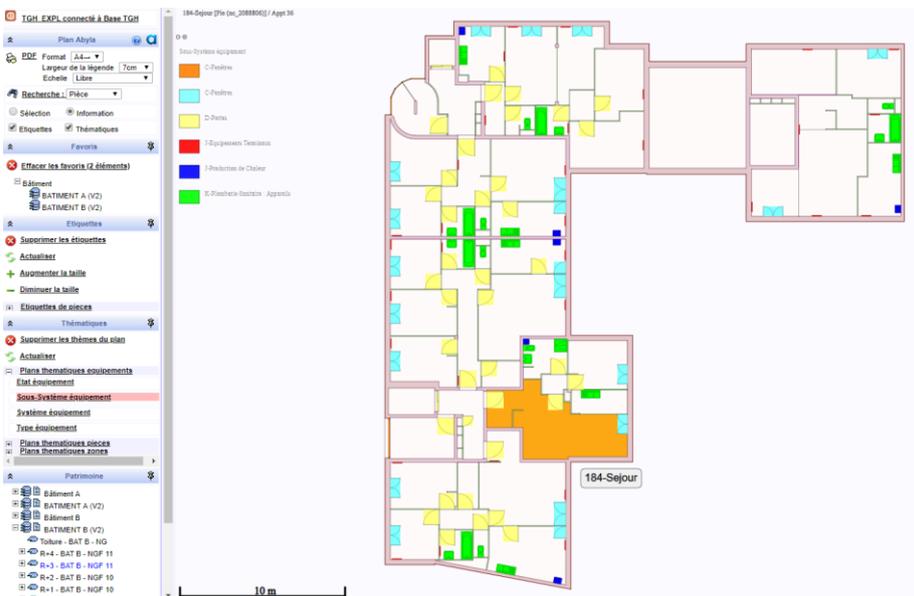


Figure 11 : Plan connecté d'un étage (Source : AbylaWeb)

Les éditeurs de ces différents SITP (Labeo, Archimen, Nemetschek, ...) ont alors développé en compagnie des éditeurs de PGI des connecteurs entre leurs progiciels

respectifs. Ces connecteurs sont des ensembles de programmes permettant de paramétrer les données d'un logiciel dans le langage d'un autre. De ce fait, il est ainsi possible d'intégrer de manière automatique les informations contenues dans les bases de données des plateformes directement dans les PGI, d'afficher les plans connectés des SITP directement à partir des PGI, etc. Les SITP représentent alors de véritables extensions des PGI, qui cherchent de plus en plus à intégrer ces plateformes directement dans leur PGI, comme des modules techniques. Cette volonté a été confirmée par le rachat en septembre 2016 du SITP Active 3D par l'éditeur de PGI Sopra Steria⁸.

Depuis la démocratisation du BIM et des maquettes 3D, les éditeurs de SITP ont modernisé leurs plateformes, en permettant en plus des plans connectés, l'intégration de maquettes numériques au format ifc. Les maquettes numériques doivent, à l'instar des plans connectés, avoir été conçues suivant des règles de conception précises, rassemblées dans des cahiers des charges de modélisation de maquettes numériques.

N'existant pas en France de formats d'échanges spécifiques des données contenues dans les maquettes numériques comme le format anglais COBie, c'est au travers de l'utilisation des SITP que semble se tourner la stratégie BIM gestion de la France.

I.2.5 Rapports « Plan Bâtiment Durable », AVB, AVB+ et livre blanc sur « la maquette numérique et la gestion patrimoniale »

Philippe Pelletier, Président du Plan Bâtiment Durable⁹ a confié en 2014 à Frank Hovorka (Caisse des Dépôts) et Pierre Mit (UNTEC) l'organisation de la concertation des acteurs de la filière sur le sujet du BIM et de la gestion de patrimoine et la rédaction d'un rapport¹⁰ présentant les conclusions de leurs travaux. Ce rapport Plan Bâtiment Durable a été réalisé en étroite collaboration avec le Livre blanc de la Caisse des Dépôts et Consignations d'avril 2014, « *Maquette numérique et gestion patrimoniale, Préparer la révolution numérique de l'industrie Immobilière* », qui a pour vocation de recenser les initiatives de terrain existantes et en tirer des enseignements.

⁸ Soprasteria.com rubrique média - Sopra Steria renforce son offre digitale dans le domaine de l'immobilier

⁹ Voir I.2.3

¹⁰ Plan Bâtiment Durable - Rapport groupe de travail « BIM et Gestion du patrimoine » - Tome 1, mars 2014

Ce livre blanc de la CdC a pour problématique le « développement de projets de SITP performants, efficaces et servant les métiers de la gestion du patrimoine des maîtres d'ouvrage ». Les partenaires impliqués dans sa rédaction sont majoritairement des éditeurs de SITP (Labeo, Archimen, Nemetschek, Planon), mais également les éditeurs de PGI (Aareon, AxéoFM) et des sociétés d'assistance à la maîtrise d'ouvrage BIM (AMO BIM) (Almadea, Idéha, infor).

Ce livre blanc présente ainsi le concept du BIM appliqué à la gestion de patrimoine par intégration des maquettes numériques dans les SITP. Ce guide se base sur des expérimentations pratiques réalisées sur l'ensemble du territoire national auprès d'organismes HLM, d'universités, de conseils régionaux et de gestionnaires de parc tertiaires, et a pour objet de promouvoir la méthode SITP, en apportant des conseils de mise en place (12 points clés) et des synthèses d'études de cas.

Les 12 points mis en avant dans le Livre Blanc de la CdC, sont :

- 1 - Aspects stratégiques, implication Direction Générale
- 2 - Analyse des organisations, démarche projet
- 3 - Intégration au système informatique existant
- 4 - Analyse des différents usages de la donnée immobilière
- 5 - Définition du référentiel de données
- 6 - Indicateur, évaluation et mesure des écarts
- 7 - Analyse de l'opportunité du recours aux IFC
- 8 - Anticipation des moyens, procédures de mise à jour
- 9 - Partage des informations et échanges tiers
- 10 - Formation, appropriation des outils par les partenaires
- 11 - Fiabilité, sécurité et pérennité des données
- 12 - Retour sur investissement, création de valeurs

Ce livre blanc donne des conseils sur la mise en place d'un projet de numérisation intégral du parc des organismes sociaux et des gains attendus en fin de projet, mais n'apporte pas d'informations quant à la forme, la structure et le contenu des maquettes numériques à importer.

Ces informations sont néanmoins disponibles dans les livrables des projets ABV et ABV+ du Plan Transition numérique dans le Bâtiment.

Le projet « Atelier BIM Virtuel (ABV) », de juin 2016 à avril 2017, succédé par le projet ABV+ de septembre 2017 à mars 2018, a été lancé par le PTNB et piloté par l'Union sociale pour l'Habitat (USH). Le but du projet ABV était de réaliser une expérimentation de BIM niveau 2 en parallèle d'une opération classique afin de comparer les deux approches.

Le rapport ABV+ de l'Atelier 1 « spécification du programme par le maître d'ouvrage – orienté vers la demande du maître d'ouvrage envers la Moe dans les projets BIM Gestion. » a réuni soixante acteurs dans le but de « Constituer un socle commun de la MOA, universellement utilisable par les organismes membres de l'USH pour générer leur propre cahier des charges. C'est notamment une formalisation de tous les besoins sur le cycle de vie du bâtiment. ». Ce rapport¹¹ publie ainsi trois livrables :

- Une trame type de cahier des charges BIM

Elle exprime tous les besoins du maître d'ouvrage durant l'opération BIM, de la structure de la maquette au processus contrôle et de validation de ces maquettes.

- Le Tableau des objets

Il vient en complément de la trame type et permet au maître d'ouvrage d'exprimer ses attentes en matière de contenu de la maquette numérique en répertoriant tous les objets et propriétés identifiés comme potentiellement utiles à une MOA sur un projet BIM de type logements collectifs

- Le rédacteur de règles

Il s'agit d'un ensemble de règles informatiques utilisables afin de contrôler de façon semi-automatique la conformité des maquettes numériques aux règles établies dans le cahier des charges BIM. Ces règles peuvent être introduites dans un logiciel de contrôle de maquettes numériques (ou BIM Checker).

Ces différents rapports nationaux utilisent des expérimentations concrètes afin de généraliser et formaliser le processus BIM Gestion encore non réglementé en France.

¹¹ Disponible à l'adresse : <http://www.batiment-numerique.fr/news/108/27/Publication-des-livrables-ABV.htm>

II Etat des lieux du processus BIM appliqué à la gestion de patrimoine immobilier

Les expérimentations de numérisation de parcs immobiliers du Livre Blanc de la CdC ont débuté en 2014 et les derniers rapports du PTNB (projet AVB+) datent de 2017. Afin de pouvoir analyser la pertinence des méthodes employées, je suis entré en contact avec plusieurs organismes sociaux et éditeurs de logiciels.

II.1 Analyse de retours d'expériences – Organismes sociaux

II.1.1 Entretiens réalisés

J'ai ainsi conduit des entretiens auprès des organismes :

- **Habitat 76** : 1^{er} bailleur social en Normandie, gestionnaire de 30 000 logements sur 192 communes, ayant participé au projet Livre Blanc de la CdC, projet AVB et AVB+.
- **Immobilière 3F** : Un des plus importants bailleurs sociaux français, gestionnaire de plus de 200 000 logements sur le territoire national, ayant participé au Plan bâtiment durable, projet AVB et AVB+.
- **Habitat Marseille Provence**, bailleur social, gestionnaire de 14 500 logements dans les environs de Marseille, ayant mené un projet interne de numérisation de son parc.

Ces entretiens ont porté essentiellement sur :

- leurs logiciels de gestion et d'intégration des données techniques,
- l'état d'avancement de leur projet de numérisation,
- leur processus de numérisation,
- le contenu et la forme de leurs maquettes numériques,
- leur mode de contrôle des maquettes numériques,
- l'estimation du coût total et par phases de leur projet,
- les bénéfices procurés par ces solutions sur leur processus de gestion immobilière,
- les outils complémentaires envisagés.

La synthèse de ces entretiens m'a permis d'affiner ma connaissance des besoins et attentes des organismes sociaux envers le BIM et les maquettes numériques.

II.1.2 Numérisation de leur parc immobilier

Tous ces organismes travaillent avec le PGI ULIS de Sopra Steria et utilisent le SITP Abyla de Labeo comme plateforme d'intégration de leurs maquettes numériques.

Pour ces organismes, le passage par un SITP semble être une évidence, leurs PGI ne possédant pas encore d'options de gestion et de visionnage de plans connectés et maquettes numériques.

Ces trois organismes, pour des raisons de coûts, ont décidé de faire modéliser l'ensemble de leur parc au travers de plans connectés en 2D. Il ne s'agit donc pas de maquettes numériques au format interopérable ifc, mais de plans connectés au format propriétaire Abyla.

Habitat 76 sépare la notion de BIM de sa numérisation de parc, car d'après le bailleur, la constitution de ces plans connectés ne constitue pas une opération BIM en soi. Ces plans sont conçus et renseignés par un modelleur unique, puis intégrés à la base Abyla, il n'y a aucune forme de collaboration, de format ouvert ni d'interopérabilité durant ce processus.

Cette numérisation de parc est terminée pour Habitat 76 et en cours pour I3F et Habitat Marseille Provence. Le processus de numérisation est le même pour les trois organismes, et représente pour chaque bailleur un projet d'entreprise de grande envergure.

Ces projets se sont déroulés suivant les étapes décrites dans le Livre Blanc de la CdC :

- création du projet d'entreprise et constitution du groupe projet,
- appel d'offre pour le choix d'un AMO BIM,
- réalisation d'un audit général (besoins du gestionnaire, données disponibles, données manquantes, support de la donnée, état du parc...),
- appel d'offre pour le choix d'un SITP,
- définition d'une stratégie de numérisation des plans et des informations techniques,
- lancement du processus de numérisation.

Leurs processus de numérisation se sont déroulés de façon similaire, récapitulé par la figure 12. Les bailleurs constituent pour chaque immeuble un dossier, contenant tous les

plans nécessaires à la modélisation du plan connecté (plans d'architectures, plans de façade, axonométries, plans des réseaux si mentionnés dans la stratégie), ainsi qu'un dossier patrimonial contenant les informations absentes des plans (revêtements sols/murs/plafond, matériaux d'équipements : menuiseries intérieures/extérieures, codes de gestion locatives des lots, etc.) ainsi que des photographies de l'immeuble. L'association des plans et du dossier patrimonial doit permettre au modelleur de représenter le bâtiment tel que construit.

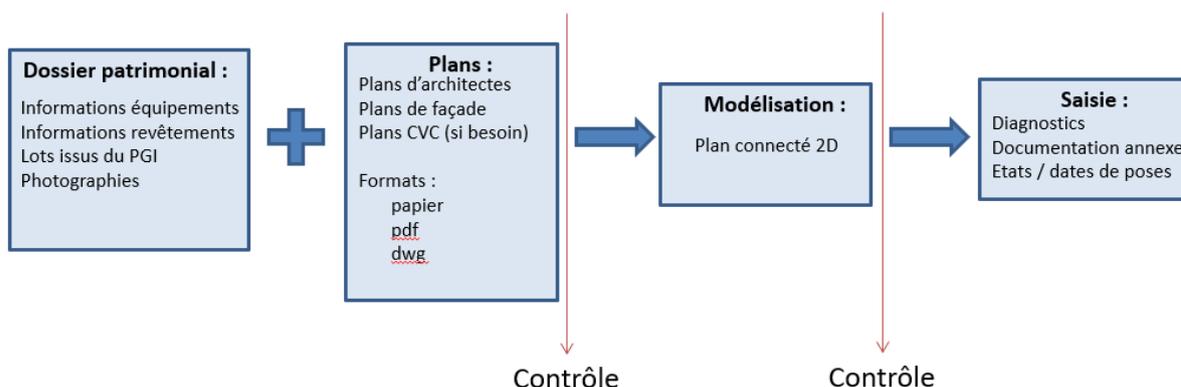


Figure 12 : processus de numérisation des informations techniques des organismes sociaux (Source : personnelle)

Les plans et le dossier patrimonial font l'objet d'un contrôle de la part du bailleur social avant son envoi au modelleur. Ce contrôle est nécessaire, car si le modelleur est un prestataire extérieur, il ne sera pas en mesure de détecter les erreurs de collecte.

Le plan connecté est ensuite modélisé, faisant l'objet d'un second contrôle de la part du bailleur. Enfin, le bailleur renseigne éventuellement certaines informations complémentaires (Diagnostics Techniques Amiante (DTA), Diagnostics de Performances Energétiques (DPE), prix, date de poses, état, etc.) directement dans le SITP Abyla, la Gestion Electronique des Documents (GED), ou le PGI.

II.1.3 Intégration des données de maquettes BIM

En plus de la numérisation de leur patrimoine en plans connectés, ces organismes sociaux réalisent des opérations BIM dans le cadre de certains de leurs projets de construction. Les maquettes numériques, délivrées en fin de chantier, font alors l'objet de d'un processus d'intégration au SITP particulier.

En premier lieu, la maquette numérique délivrée en fin de chantier BIM niveau 2 ou plus est appelée maquette numérique DOE (Dossier des Ouvrages Exécutés), elle est constituée d'un ensemble de maquettes numériques métiers séparées ou assemblées dans une maquette numérique unique (voir I.2.2.2). Cette maquette numérique DOE est une pièce

contractuelle, elle représente les éléments conformes à l'exécution, au gros œuvre (fondations, structure, charpente, planchers), aux réseaux (cheminement, nature, équipements) et aux intérieurs (désignation des pièces, matériaux, menuiseries...). Cette maquette numérique DOE est exhaustive et doit être une copie conforme du bâtiment tel que construit. Elle est à conserver par le maître d'ouvrage, sans modifications, au même titre qu'un DOE classique afin d'être réutilisable lors des réhabilitations futures sur l'ouvrage.

Cette maquette numérique DOE n'est pas intégrable dans le SITP en l'état, en raison de sa taille généralement très importante (plusieurs Giga Octets de données), de son contenu trop exhaustif (de nombreuses informations ne sont pas utilisées pour la maintenance du bâtiment : la structure, les fondations, etc.) et de sa constitution (les SITP demandent une structure particulière des données de la maquette numérique).

Ainsi, ces organismes sociaux demandent, en plus de la maquette numérique DOE, la remise d'une maquette numérique complémentaire, appelée « maquette numérique de gestion », formée de la dernière maquette numérique DOE, à laquelle le maître d'œuvre enlève tous les éléments ne présentant pas d'intérêt pour la phase ultérieure de gestion/exploitation/maintenance du bâtiment et y attache les documents et données complémentaires (diagnostics, prix, états, dates de pose...).

Cette maquette numérique de gestion doit s'intégrer au SITP Abyla, au même titre que les plans connectés, elles doivent ainsi comporter des informations similaires et conserver la même structuration de données.

Pour ce faire, Abyla, ainsi que les autres éditeurs de PGI, ont créé des cahiers des charges types, permettant au maître d'ouvrage de définir la structure et le contenu des données de la maquette numérique de gestion qu'il requiert de son maître d'œuvre.

Le niveau d'utilisation du BIM au sein de la maîtrise d'œuvre étant disparate, I3F et Habitat 76 utilisent selon les cas, des cahiers des charges plus ou moins restrictifs. La restructuration d'une maquette numérique pouvant être une contrainte élevée pour certains projets, ces organismes imposent généralement des contraintes minimales à respecter (taille inférieure à 300 Mo, création de zones par étages, par appartements et par pièces, dénomination explicite des éléments, respect des classes d'éléments (mur = ifcwall, pilier = IfcColumn, etc.).

Le cahier des charges du projet ABV+ du PTNB est très complet, mais trop restrictif par rapport aux compétences actuelles des maîtres d'œuvres en matière de conception de

maquettes numériques. I3F, à la suite de ses opérations, a développé son propre cahier des charges, qu'il a mis gratuitement à disposition des autres maîtres d'ouvrages sur son site internet¹².

Les maquettes numériques de gestion, une fois livrées, sont fournies à un intégrateur (en interne, prestataire ou l'éditeur Labeo) chargé de contrôler la maquette et assurer son transfert dans le SITP. I3F et Habitat 76 contrôlent leurs maquettes numériques à l'aide du Checker BIM payant Solibri Model Checker de Nemetschek (environ 6000 € HT), dans lequel ils ont inséré les règles de contrôle définies dans le projet ABV+¹³.

Ce checker, accompagné d'un contrôle visuel, permet de détecter les anomalies des maquettes numériques. I3F a publié dans le projet ABV+, les 12 erreurs qu'il contrôle en priorité (Annexe 1). Ces anomalies doivent ensuite être corrigées au sein d'un logiciel de CAO 3D (Revit, ArchiCAD, Allplan...) avant de pouvoir insérer la maquette numérique de gestion de manière automatique dans le SITP.

Ce processus d'intégration peut se révéler long et coûteux pour le maître d'ouvrage en fonction du nombre de modifications à apporter à la maquette numérique de gestion, mais il permet néanmoins aux maîtres d'ouvrages d'utiliser le contenu des maquettes numériques en phase de Gestion/Exploitation/Maintenance, sans avoir à faire redessiner le bâtiment en plans connectés.

II.1.4 Coûts et bénéfices du BIM et de la numérisation du parc immobilier.

Les opérations de numérisation de leur parc immobilier représentent un impact financier non-négligeable pour ces organismes sociaux. 600 000 euros d'investissement et 4,5 ans de production pour Habitat Marseille Provence, 2 millions d'euros (1.2 million pour la modélisation et 800 000 euros de coûts internes), 4 ans de production pour Habitat 76 et près de 3 millions d'euros pour I3F, qui n'a numérisé qu'un quart de son total de logements (4300 logements par mois pour un total numérisé de 40 000 logements).

Ces projets de numérisation ont nécessité un investissement très important, autant financier qu'humain, et pourtant tous ces organismes sont satisfaits de leur initiative. Habitat

¹² Disponible à cette adresse : <https://www.groupe3f.fr/3f/achats/commande-de-maitrise-doeuvre/notre-cahier-des-charges-bim>

¹³ Voir I.2.5

76 a mesuré 1% d'économie sur ses dépenses travaux, soit 800 000 euros d'économies annuel et 7% sur son budget entretien/maintenance, ce qui représente environ 3 millions d'euros par an. Ainsi, d'après ses dires, Habitat 76 économise tous les ans, près de deux fois la somme investie pour la numérisation de son patrimoine. Habitat Marseille Provence et I3F sont plus mesurés, car les numérisations de leurs parcs ne sont pas encore terminées.

Le retour sur investissement est difficile à estimer précisément, car les apports d'une base de données techniques du patrimoine changent le processus même de l'organisme social et permet une réduction de nombreux coûts cachés, que j'ai recensés tableau 1 :

Coûts d'acquisition de la connaissance	Calcul de surfaces horizontales et verticales
	Métrés par type de revêtement
	Quantités d'équipements et ouverture par type
	Etats et dates de relevé des revêtements et équipements
	Usages et occupation des locaux
Coûts de la connaissance	Coût de stockage de la donnée physique (entrepôt d'archives)
	Temps de recherche de l'information
	Temps de déplacement sur site (visite technique)
	Coût de reprographie
	Ressaisie de l'information dans un format différent (pdf, dwg, ...)
	Fiabilisation du stockage de l'information (déménagement, dossiers égarés, archives détruites, fichiers en local...)
	Mise à jour de la donnée
Exploitation de la connaissance	Surfacturation des contrats avec coûts au m ² (travaux, entretien, assurances, taxes d'impositions...)
	Levier de négociation important
	Surcoût systématique de vérification des métrés avant réalisation des prestations
	Risque de changer des composants neufs (coûts non-justifiés)
	Risque de ne pas changer suffisamment tôt un composant (exposition aux dommages)
Qualité de service et savoir-faire d'entreprise	Evite les erreurs dues à l'utilisation de mauvaises données
	Donnée unique à l'usage de tous
	Différents niveaux d'utilisation pour une même donnée (renseigner une intervention, alimenter le PSP, le prévisionnel...)
	Possibilité de dégager des statistiques fiables de notre patrimoine (aide à la décision)
	Meilleur service client (transmission d'informations, rapidité d'intervention...)
	Meilleure interaction avec les prestataires (fourniture rapide des données, ordonnées, précises et fiables)
	Transmission de documents avant tous nouveaux diagnostics réglementaires

Tableau 1 : Liste des coûts cachés récupérables par la constitution d'une base de données techniques de son patrimoine (Source : personnelle)

Chaque coût caché ne représente qu'une infime fraction du budget d'exploitation annuel des bailleurs sociaux ; cependant lorsqu'ils sont cumulés ces coûts ont un réel impact sur les dépenses de fonctionnement et la qualité du service de gestion. Le meilleur indicateur reste le bilan comptable de l'organisme, permettant de comparer ses dépenses d'une année sur l'autre.

Outre l'utilisation de la maquette numérique dans une optique de constitution de patrimoine technique, ces organismes sociaux émettent des avis très favorables pour leurs opérations BIM. Habitat 76 évoque la constatation d'une diminution des réserves et des défauts durant les opérations BIM due à une meilleure anticipation des problèmes. D'après le bailleur, toutes les difficultés sont observées sur la maquette numérique et non plus durant la phase de chantier. Ce phénomène du BIM est évoqué par la courbe de MacLeamy (figure 13), où l'on peut voir que la courbe d'effort dans le temps pour une opération BIM (en bleu) est déplacée en amont du projet par rapport à la courbe d'une opération traditionnelle. Ce déplacement implique une plus grande aisance pour effectuer les modifications en court de projet, et à moindres coûts par rapport à un projet classique.

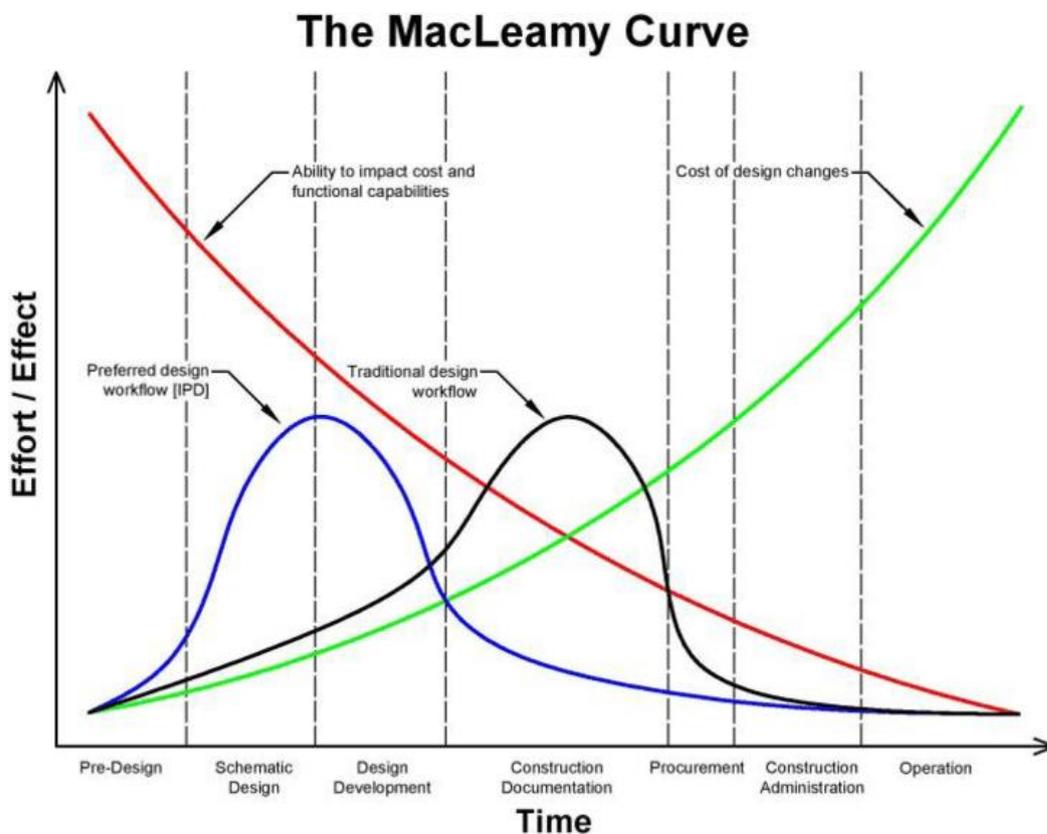


Figure 13 : Courbe de MacLeamy sur le coût et l'effort de modification du projet en fonction de son avancement. (Source : BuildingSMART International)

Habitat 76 déclare également que la concertation des acteurs en amont du projet permet une compréhension améliorée des projets, des réunions plus efficaces et une meilleure conception de leurs bâtiments.

Fier des apports constatés par la mise en place d'opérations BIM, Habitat 76 cherche désormais à aller plus loin dans le domaine de la gestion numérique du patrimoine, en réalisant désormais des projets R&D sur les apports de la domotique (Smartbuilding) pour la gestion de patrimoine immobilier.

II.2 Analyse de retours d'expériences – Plateformes BIM Gestion (SITP)

En plus de mes entretiens avec les organismes sociaux, j'ai recensé au sein d'un tableau les éditeurs de solutions « BIM Gestion » français (annexe 2), afin d'avoir un aperçu personnel du fonctionnement concret et actuel de ces solutions. J'ai pu rencontrer à l'occasion du salon « BIM World 2019 »¹⁴ un certain nombre d'éditeurs¹⁵ de solutions BIM appliqué à la phase Gestion/Exploitation/Maintenance des bâtiments, avec lesquels j'ai pu communiquer. Tous ces éditeurs proposent comme solutions « BIM Gestion » des plateformes de gestion et d'intégration de données techniques issues de maquettes numériques, en somme, des SITP.

A l'issue de mes entretiens, j'ai proposé aux éditeurs de SITP de réaliser une étude de cas de leur solution, au travers de la modélisation et de l'intégration dans leur SITP de la maquette numérique d'un des bâtiments du bailleur social TGH, client de la société pour le compte de laquelle je réalise cette étude sur le BIM et la gestion de patrimoine immobilier. Cette proposition a été acceptée par l'éditeur Labeo et sa solution Abyla.

II.2.1 Etude de cas – Numérisation de bâtiments dans un SITP

II.2.1.1 Contexte de l'étude

Le site de l'étude de cas réalisée en partenariat avec l'éditeur Labeo porte le nom de « La Constellation » ; il est composé d'un ensemble de deux bâtiments, à l'angle des rues Bèche et Léon Cladel, dans la commune de Montauban (figures 14 et 15). Les bâtiments

¹⁴ BIM World 2019 – Paris Expo Porte de Versailles – 1 avril 2019

¹⁵ Sopra Steria, Planon, Labeo, Stereograph, EnerBIM, Village+, Nemetschek, Resolving, CSTB, Visiactive

sont composés de six niveaux (R+4 avec sous-sol) pour une emprise au sol d'environ 480 m² par bâtiment.



Figure 14 : Définition du site d'étude (Source : géoportail.gouv.fr)



Figure 15 : Représentation en trois dimensions du site d'étude (Source : Google Maps)

N'ayant pas de maquette ifc du site à notre disposition, et ayant la volonté d'assister au processus entier de numérisation, de la constitution du dossier patrimonial à l'intégration de la maquette dans la base, nous avons demandé à Labeo la modélisation et l'intégration de « La Constellation » sous deux formats différents :

- une maquette numérique de gestion ifc,
- une maquette numérique de gestion ifc avec les réseaux d'eaux et de chauffage.

Ces deux formats ont été choisis afin de pouvoir observer les limites du SITP. Dans une optique de réduction des coûts, nous avons fait réaliser ces maquettes à partir des plans DOE au format papier du bailleur social.

II.2.1.2 Déroulement de la modélisation :

Le processus a été le même que celui employé par I3F, Habitat 76 et HMP dans le cadre de leur numérisation de patrimoine. Nous avons réparti les tâches de la manière suivante :

- Collecte des plans : Urbactis
- Constitution du dossier patrimonial : Urbactis
- Modélisation des plans connectés et des maquettes numériques ifc : Labeo
- Intégration des modèles sur la plateforme SITP : Labeo
- Contrôle des plans connectés et des maquettes numériques ifc : Urbactis

Collecte des plans :

TGH ayant d'ores et déjà scanné dans sa Gestion électronique de documents (GED) l'intégralité de plans contenus dans ses archives au format numérique pdf, la collecte des plans a simplement nécessité un transfert de fichiers depuis la GED du bailleur.

Constitution du dossier patrimonial :

Afin de constituer le dossier patrimonial, qui recense les informations complémentaires aux plans : les équipements (convecteurs, menuiseries, volets, etc.), les revêtements (sols murs, plafonds), les lots, etc. je me suis basé dans un premier temps sur les informations disponibles dans le dossier DOE du site dans les archives de TGH, ce qui m'a confronté à la difficulté d'interpréter ces dossiers techniques. L'information était diffuse et ne correspondait pas forcément à mes besoins, j'ai ainsi appliqué la méthode d'I3F : je suis allé recenser les éléments directement sur site, accompagné d'un gardien.

Enfin, afin de permettre la connexion entre le SITP et le PGI, il a fallu s'assurer que les libellés et types des lots décrits dans les plans correspondent bien aux types et libellés des lots contenus dans le PGI (exemple le T2 n°3 du plan doit apparaître de cette façon sur le PGI), car c'est au travers du code de gestion locative des lots du PGI que s'effectue la

connexion entre le SITP et le PGI. Un extrait du dossier patrimonial constitué pour la modélisation de « la Constellation » est disponible annexe 3.

Ainsi, en comparant les lots des plans et du PGI, j'ai pu me rendre compte que les lots de parking ne correspondaient pas aux libellés des plans, et que le gardien conservait les bons libellés sous forme de croquis (ces plans figurent annexe 4). Ces constatations ont donc été fournies avec le dossier patrimonial afin de faire modéliser le bâtiment de manière correcte.

Modélisation des maquettes numériques ifc :

Ces maquettes ont été modélisées par Labeo à partir du logiciel de CAO Revit. Les plans DOE envoyés précédemment ont été mis à l'échelle selon les côtes des plans, Labeo a ensuite redessiné les éléments tels que mentionnés sur le plan et le dossier patrimonial.

A l'issue de la modélisation, les maquettes aux formats RVT et IFC nous ont été remises (figures 16 et 17).



Figure 16 : Maquette numérique du bâtiment A
(Source : viewer BIM Vision)



Figure 17 : Maquette numérique du bâtiment B
(Source : viewer BIM Vision)

II.2.1.3 Intégration des maquettes numériques dans le SITP Abyla

Le SITP Abyla est composé de 3 logiciels :

- « Abyla » qui comprend la base de données et de gestion de l'information,
- « AbylaWeb » qui permet un affichage simplifié et par thèmes des plans connectés,
- « AbylaWS » qui est une interface de visualisation des maquettes numériques ifc.

Une fois le portage des maquettes numériques ifc réalisés dans le SITP effectué par Abyla, j'ai pu immédiatement constater un élément : la dimension 3D de la maquette numérique

n'était conservée que dans AbylaWS et son viewer BIM Vision. Dans « Abyla » et « AbylaWeb », les différents étages des maquettes numériques ifc ont été convertis en plans connectés au format propriétaire Abyla.

Les maquettes numériques des deux bâtiments de la constellation sont ainsi considérées dans « Abyla » comme un ensemble de 6 plans connectés. Ces plans possèdent les mêmes fonctionnalités que des plans connectés, ils peuvent être modifiés via l'éditeur de plans intégré « In-Situ » de Labeo et les objets sont affichés selon la bibliothèque graphique Abyla. La figure 18 montre un plan d'appartement dans In-Situ.

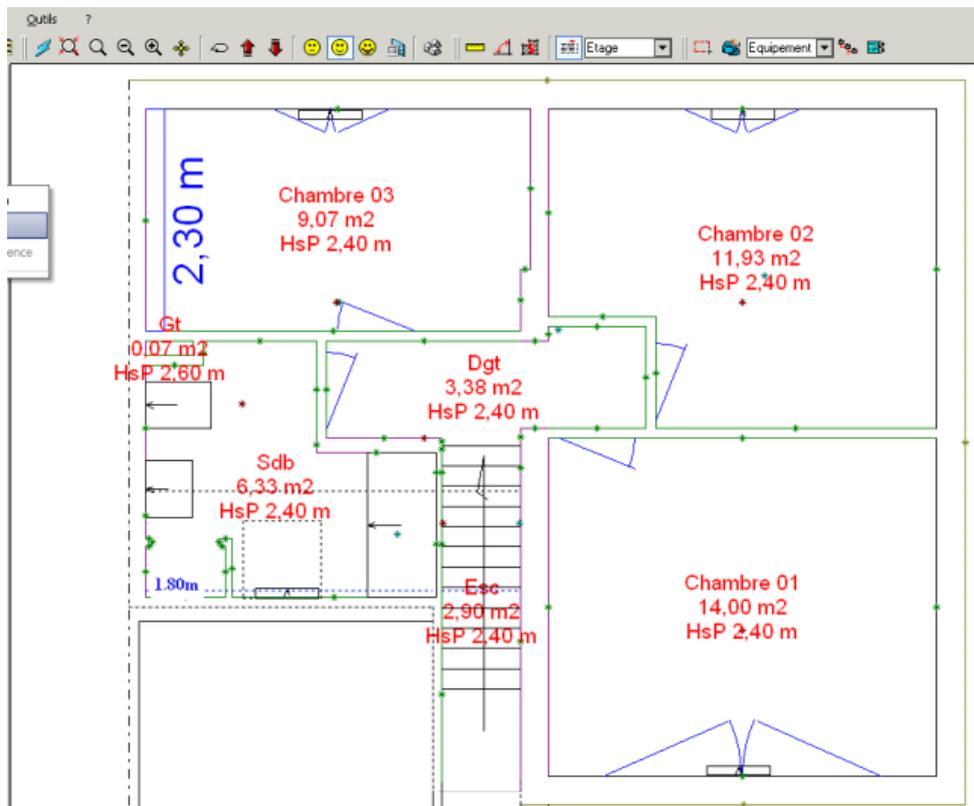


Figure 18 : Affichage de la maquette numérique dans Abyla (Source : Abyla)

D'après Abyla, cette conversion des maquettes en plans dans ses applications résulte de deux choix :

- Il est plus confortable pour les gestionnaires de patrimoine immobilier de travailler sur des supports 2D pour la gestion, la 3D étant plus utilisée dans une optique de visualisation/représentation des éléments.
- Cette conversion permet de garder une cohérence entre les plans connectés et les maquettes ifc. Une seule application de gestion : celle des plans connectés.

- Pour moi il y a un troisième point, c'est que ces éditeurs ont ajouté récemment l'import de maquettes numériques ifc dans leur SITP et qu'ils n'ont pas développé d'interfaces spécifiques ifc. Ils n'ont ainsi pas transformé leur interface de manière à ce qu'elle soit compatible avec l'ifc, ils ont plutôt transformé les maquettes numériques ifc pour les rendre compatibles à leur logiciel.

Mis à part cette transformation des maquettes numériques en plans connectés, j'ai pu également relever plusieurs problèmes spécifiquement dus à la conversion des maquettes du format Revit au format IFC.

En effet, on peut constater figures 19 et 20 qu'entre la maquette Revit et la maquette IFC, que des fentes sont apparues dans certains murs. Certaines ouvertures de portes ont également changé de sens.



Figure 19 : Maquette IFC bâtiment B (Audesk Viewer)



Figure 20 : Maquette Revit bâtiment B (Autodesk Viewer)

Ces problèmes sont dus à un mauvais paramétrage de la maquette numérique Revit avant son export en IFC. Pour le sens d'ouverture des portes par exemple, le support Autodesk¹⁶ mentionne qu'une opération de porte au format IFC attache à la valeur de l'opération la valeur NON DEFINED dans la sortie. L'opérateur doit ainsi mentionner « SINGLE_SWING_RIGHT » ou « SINGLE_SWING_LEFT » dans les paramètres de ses objets portes.

¹⁶ <https://knowledge.autodesk.com/fr/support/revit-products/troubleshooting.html>

Le paramétrage des maquettes numériques doit être très rigoureux pour éviter ces problèmes lors de la conversion des formats propriétaires (Revit ArchiCAD, Allplan) vers l'IFC.

J'ai pu enfin relever des problèmes de modélisation, faisant partie des 12 erreurs courantes citées par I3F dans le rapport ABV+ (voir figure 21)

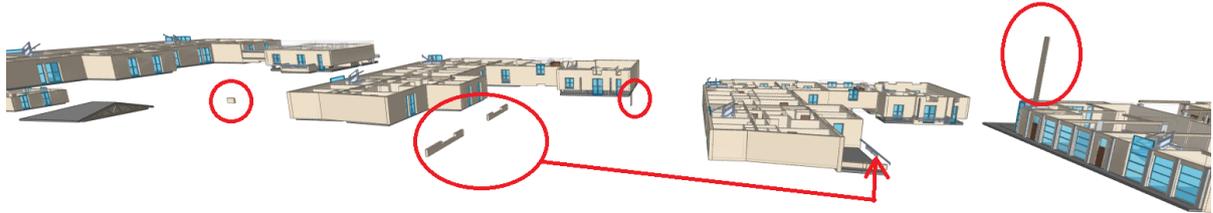


Figure 21 : décomposition de la maquette numérique par étage (Source : Viewer BIM Vision)

Ces différents problèmes (paramétrages de la conversion au format IFC et objets désolidarisés) n'ont pas été résolus par Labeo durant notre expérimentation.

Quant à la maquette numérique IFC avec réseaux, elle a pu être modélisée par Labeo, mais le SITP Abyla n'est pas paramétré pour répertorier ces réseaux. Ces objets ne peuvent ainsi être visualisés au travers du viewer d'AbylaWS.

Cette expérimentation m'a permis d'aller au-delà des discours promotionnels des éditeurs, afin d'avoir un aperçu réel des capacités des SITP. Il s'avère que ces solutions dites « BIM Gestion » en France ne font pas partie du processus BIM, car ces SITP ne travaillent pas nativement au format IFC. Bien que ces solutions soient très performantes dans leur gestion en 2D, les paramètres d'import et les fonctionnalités autour des maquettes numériques IFC sont à améliorer.

III Mise en place d'un projet de numérisation de parc immobilier

Les enseignements récoltés au travers de mes recherches, de mes entretiens avec les bailleurs sociaux et l'expérimentation avec Labeo m'ont permis de mener une étude auprès de l'office public de l'habitat Tarn-et-Garonne Habitat, sur la possibilité de mettre en place un projet de numérisation de son parc immobilier.

III.1 Contexte du projet

En novembre 2018, l'office public de l'habitat Tarn-et-Garonne Habitat et la société Urbactis ont développé l'idée d'un partenariat autour d'une mission de recherche et développement (R&D) de l'intégration du BIM dans son processus de gestion de patrimoine immobilier.

Mon travail auprès de Tarn-et-Garonne Habitat a ainsi consisté en la recherche des procédés BIM appliqués à la gestion patrimoniale, dans l'étude de ses besoins, des moyens humains, techniques et financiers à sa disposition, afin d'établir un plan d'action lui permettant d'intégrer le BIM à son fonctionnement.

Tarn-et-Garonne Habitat a monté un groupe projet pour la réalisation et le suivi de cette étude, constitué de François TOULET, directeur général de TGH, Christian PASSERA, directeur général adjoint, Gabrielle BARBERA, directrice Technique et Malek MECHTER, directeur du service informatique, Sébastien LE PAPE, directeur associé d'Urbactis et moi-même.

Le groupe projet a tenu des réunions de projet mensuelles, au sein desquelles j'ai présenté l'avancée de mes recherches et recueilli les remarques des différents intervenants.

Le groupe projet a ainsi débattu durant ces réunions des points suivants :

- présentation du concept de BIM et de maquettes numériques,
- présentation des SITP et de la numérisation de patrimoine,
- audit des besoins et des moyens de TGH,
- définition d'une stratégie de numérisation et de passage au BIM,
- estimation des coûts du projet,
- lancement du projet.

III.2 Audit des données et des besoins de TGH

A l'issue de la première réunion du groupe projet, j'ai réalisé un audit au sein de Tarn-et-Garonne Habitat, afin de recueillir des informations sur le fonctionnement interne de l'organisme, ses outils, ses dépenses et l'état de ses données techniques.

J'ai ainsi pu relever que TGH travaille depuis 2017 avec comme PGI, la solution Prem'Habitat d'Aareon, sur lequel sont renseignées de nombreuses données financières et locatives, mais que ce PGI était très incomplet sur le plan technique.

Depuis 2018, TGH réalise néanmoins un inventaire des équipements techniques de ses logements à chaque état des lieux, afin de remplir la base de données techniques de son PGI. La figure 22 présente un extrait de cet inventaire, on peut constater qu'il se contente de recenser les équipements, ne donne pas de location spatiale de l'élément, ni d'informations quantitatives (mètres, dénombrement).

Pièce	Quantité	Nomenclature	Etat	Renouvellement	Caractéristiques techniques
					Localisation spatiale
Logement					
	1	0801 - Chauffe-eau électrique	IND	15/11/2018	
	1	0802 - Mousseurs	ETF	16/11/2018	
	1	1107 - Ampoule LED	ETF	16/11/2018	
	1	1804 - Boîtes aux lettres intérieures individuelles	IND	15/11/2018	
	1	2501 - Clé porte d'entrée	IND	15/11/2018	
	1	2502 - Clé boîtes aux lettres	IND	15/11/2018	
	1	2503 - badge contrôle d'accès	IND	15/11/2018	
	1	2504 - Télécommande portail	IND	15/11/2018	
	1	2505 - Clé DOM accès immeuble	IND	15/11/2018	
	1	2506 - Clé porte accès cave	IND	15/11/2018	
	1	2507 - Clé porte cave	IND	15/11/2018	
	1	2508 - Clé local vélo	IND	15/11/2018	
	1	2509 - Clé portail de garage	IND	15/11/2018	
	1	2510 - Clé de portillon	IND	15/11/2018	
Entrée					
	1	0407 - Menuiseries extérieures PVC		03/04/2018	
	1	1105 - Appareillage électrique (VV, PC, PTT, TV)	EXC	04/04/2018	
	1	1106 - Appareillage lumineux (douille, dcl linolite)	EXC	04/04/2018	
	1	1505 - revêtements de sols plastiques logements	IND	17/05/2018	

Figure 22 : Extrait de la base de données technique du PGI de TGH (Source : Prem'Habitat)

Afin de définir les données techniques à inventorier en priorité, j'ai étudié les opérations de maintenance réalisées par TGH sur les trois dernières années. J'ai ainsi créé un tableau des équipements nécessitant une maintenance régulière, ainsi que les données requises afin d'optimiser l'opération :

Eléments	Données requise
La toiture	Surface - matériaux
Les façades	Surface - matériaux
Les menuiseries (intérieures et extérieures)	Quantité - modèle - matériaux - dimensions
Les terminaux CVC (Chauffage – Ventilation – Climatisation)	Quantité - modèle - dimensions
Les ascenseurs	Quantité - modèle
Les revêtements (sol, murs, plafond)	Surface - matériaux
Les équipements de sécurité	Quantité - modèle
Les espaces extérieurs	Surface - type
Les parties communes	Surface - matériaux

Tableau 2 : Eléments à intégrer au PGI et données requises (Source : personnelle)

En complément de ces données, afin de pouvoir réaliser un prévisionnel des travaux de maintenance, il serait nécessaire de renseigner pour chaque élément :

- son état (mauvais – bon – très bon),
- sa date de pose/renouvellement (JJ/MM/AAAA),
- son prix (unité ou m²),
- son manuel d'utilisation (pour les ascenseurs, et terminaux CVC).

Ces informations se situent dans les Dossiers des Ouvrages Exécutés (DOE) et les Dossiers des Interventions Ultérieures sur l'Ouvrage (DIUO) rendus par les maîtres d'œuvres en fin de construction. TGH conserve ces dossiers dans sa salle d'archives.

Durant la réunion de présentation de l'audit, a été évoqué le besoin de recenser les réseaux de canalisation d'eaux et de chauffage pour les bâtiments à réhabiliter. Cela a été pris en compte durant la réunion ultérieure.

Concernant l'état du parc immobilier de TGH, en me basant sur le Plan Stratégique du Patrimoine (PSP) de TGH, j'ai relevé que TGH produit environ 350 logements neufs tous les ans et que son parc est composé à 50% de logements de plus de 30 ans et 50% de logements récents, et que la part de logements individuels était assez élevée (23%) (voir tableau 3).

	Total	collectif	Individuel	Mixte
Nbre de sites	305	157	137	11
Nbre de logements	4192	3012	983	197

Tableau 3 : Extrait de l'inventaire des résidences de TGH (Source : personnelle)

III.3 Stratégie de numérisation du parc envisagée

A l'issue de la réunion post-audit, le groupe projet a décidé de développer un projet de numérisation de son parc immobilier. Afin d'optimiser la procédure de numérisation du parc, nous avons décidé d'adapter le mode de numérisation en fonction des cas :

Opérations de construction de logements neufs :

M.TOULET, directeur général de TGH, souhaite développer l'usage du BIM pour ses opérations de construction de logements neufs et de réhabilitations importantes (touchant à la structure du bâtiment). Il a ainsi été décidé que les opérations de constructions de logements neufs importantes (plus de 30 logements) seraient désormais réalisées en BIM de niveau 2. Le livrable attendu de la part de la maîtrise d'œuvre sera une maquette numérique DOE (sous forme d'un dossier contenant les différentes maquettes numériques métiers) et d'une maquette numérique de gestion. Le rendu avec deux maquettes est celui utilisé par les bailleurs I3F et Habitat 76 dans leurs opérations BIM et est recommandé par les éditeurs SITP. Le contenu de la maquette de gestion sera fixé par l'intermédiaire d'un cahier des charges type ABV+, adapté aux équipements cités durant l'audit.

Les opérations de construction de moins de 30 logements ne se verront pas imposer l'usage du BIM, mais TGH demandera comme livrable une maquette numérique de gestion (dont le contenu a été défini au paragraphe précédent).

Le but de ces directives est de récupérer dès à présent pour les nouveaux logements, des maquettes numériques de gestion que l'on peut intégrer aux SITP, plutôt que d'obtenir des plans au format pdf ou dwg, qu'il faudra faire transformer en plan connectés.

Opérations sur le patrimoine existant :

Pour le patrimoine existant qui représente plus de 90% des logements de TGH, le groupe projet a séparé les logements en deux groupes : les logements de plus de 30 ans allant faire l'objet d'une réhabilitation prochaine, et les logements récents.

Les logements récents nécessitent seulement une maintenance, ils seront ainsi modélisés en plans connectés 2D.

Il a été constaté que durant la réhabilitation d'un bâtiment, un relevé est systématiquement effectué par un géomètre afin de fournir à la maîtrise d'œuvre un plan exact de l'existant, servant de base au projet de réhabilitation. Ce plan de l'existant sera désormais délivré sous la forme d'une maquette de gestion, contenant en plus la

modélisation des réseaux d'eaux et de chauffage. Le maître d'œuvre pourra se servir de cette maquette numérique de gestion comme base de son projet de réhabilitation.

III.4 Estimation des coûts du projet

Au travers des entretiens réalisés auprès des organismes sociaux et des éditeurs de SITP, j'ai recueilli des grilles tarifaires me permettant de réaliser des synthèses du coût de chacune des phases du projet, de l'AMO BIM aux licences progiciels BIM GEM. Certaines de ces grilles étant confidentielles et dépendant du volumes de bâtiments à modéliser, je montrerai ici des tarifs issus des moyennes des grilles à ma disposition, prenant en compte le nombre et le type de logements de TGH.

III.4.1 Audit/Conseil, coût de l'AMO BIM

Mon étude auprès de TGH étant limitée dans le temps, le bailleur devra se faire accompagner par un AMO BIM, un assistant à la maîtrise d'Ouvrage durant toute la durée du projet. Les AMO BIM sont des ingénieurs et livrent des prestations intellectuelles, facturées à la journée. Le prix d'un AMO BIM peut varier en fonction de son expérience, allant en moyenne de 640€ HT à 860€ HT¹⁷ par jour.

Il est difficile de chiffrer en amont le nombre de jours que va représenter la mission d'assistance de l'AMO BIM. Le suivi d'une opération BIM de conception/réalisation d'un bâtiment de 50 logements représente environ 20 jours de travail en Temps Pleins (TP), entre la personnalisation du cahier des charges, l'aide à l'analyse des protocoles et notices qualité BIM des concurrents et le contrôle des maquettes à chaque phase. L'accompagnement sur une opération de construction peut donc s'élever dans les 15 000€ HT.

D'après mon travail sur ce projet en tant qu'AMO BIM novice, j'estime le temps passé d'un AMO BIM pour la mise en place du projet au sein d'une structure comme TGH de 4300 logements à 30 jours TP pour l'audit et la définition de la stratégie, au moins 4 suivis d'opérations BIM de 50 logements, 20 jours TP par an d'assistance pour la numérisation du patrimoine existant. J'estime donc la charge de l'AMO BIM sur mon

¹⁷ Statistiques établies à partir de l'analyse des 16 réponses à la consultation pour la mise en place d'un accord-cadre pour l'exécution de prestations d'AMO BIM ; maître d'ouvrage I3F ; printemps 2016.

opération entre 170 et 200 jours sur 3 ans, soit un total entre **130 000€ HT à 150 000€ HT** à l'issue de la mission.

Cette fourchette de prix est bien entendu une estimation et peut varier en fonction de l'implication du gestionnaire dans le projet. Tout ce que fait le maître d'ouvrage sera une tâche en moins pour l'AMO BIM, comme le contrôle des maquettes ou la supervision des projets BIM.

III.4.2 Collecte des données et création des dossiers patrimoniaux

Pour la modélisation des bâtiments existants, il faut réaliser une phase de collecte des données et créer des dossiers patrimoniaux par résidence. Cette phase de collecte dans les archives et les différents services peut être laissée à un prestataire dans le cas d'un gestionnaire de taille importante comme I3F ou Mesolia, mais sera gérée en interne par TGH, qui, bien que n'ayant pas encore programmé la phase de numérisation de son patrimoine existant, souhaite faire réaliser cette étape par des intérimaires ou des employés saisonniers, afin de ne pas perturber son organisation actuelle et devoir réaffecter ses postes en place.

En considérant qu'il est estimé qu'un employé réalise environ trois dossiers patrimoniaux par jour et que le patrimoine de TGH compte actuellement 305 résidences, à mon sens, la collecte de données et la constitution des dossiers patrimoniaux devrait ainsi représenter 102 jours de travail TP, soit environ **13 000€ HT** en utilisant des intérimaires.

TGH possédant d'ores-et-déjà la totalité de ses plans au format *.pdf* sur cédéroms, il est possible que la phase de collecte soit moins onéreuse que cette estimation.

III.4.3 Modélisation du parc et saisie des informations

Lors de la définition de la stratégie concernant la modélisation du parc, j'ai exposé à TGH trois scénarii : le premier (tableau 4) faisait état d'une modélisation entière de leur parc à partir des plans DOE (type Abyla/Active 3D/Alfa) en 2D et 3D, le second (tableau 5) était basé sur une modélisation intégrale en maquettes précises par relevé au scanner 3D, et enfin le dernier (tableau 6) représentant notre stratégie (des maquettes numériques de gestion pour les bâtiments anciens et des plans connectés pour le patrimoine récent).

Scénario 1 : modélisation à partir de plans DOE

Tarifs de modélisation à partir de plans DOE		Type de logement		
		Collectif	Individuel	Total parc
Prix/logement	2D	40 €	90 €	53 €
	3D	80 €	180 €	105 €
Nombre de logements		3000	1000	4000
Prix Total	2D	120 000 €	90 000 €	210 000 €
	3D	240 000 €	180 000 €	420 000 €

Tableau 4 : Prix de modélisation à partir de plans DOE

Ce scénario représente la stratégie de constitution d'un SITP par le livre blanc de la Caisse des Dépôts. Ces tarifs sont ceux recensés auprès des éditeurs, bailleurs et prestataires modeleurs. Nous devons tenir compte de l'évolution de ces prix, en fonction du volume de logements modélisés. Ainsi, I3F et ses 300 000 logements n'auront pas les mêmes tarifs que TGH et ses 4000 logements. J'ai également séparé les maquettes 2D et 3D, car il est possible de faire modéliser des maquettes 3D à partir des plans DOE, ce qui revient toujours moins cher que la modélisation de maquettes numériques par relevé scanner. Nous obtenons donc un total pour le parc de TGH de 210 000 € estimé pour une modélisation en plans connectés et 420 000 € pour des maquettes numériques ifc.

Scénario 2 : modélisation à partir de relevés scanners

Tarifs de modélisation à partir de relevés 3D		Type de logement		
		Collectif	Individuel	Total parc
Prix/logement	Relevé 3D	270 €		
	Maquettes numériques IFC	70 €	160 €	93 €
Nombre de logements		3000	1000	4000
Prix Total	Maquettes numériques IFC	1 020 000 €	430 000 €	1 450 000 €

Tableau 5 : Prix de modélisation à partir de relevés scanners

Dans ce scénario, j'ai tout d'abord estimé le coût d'un relevé par scanner 3D en me fiant aux tarifs de mon entreprise d'accueil Urbactis. 270 €, c'est le coût moyen d'une intervention pour un logement, quelle que soit sa typologie. J'ai ensuite démarché des prestataires spécialisés dans la modélisation 3D et même au sein d'Urbactis pour définir les tarifs de modélisation 3D à partir d'un nuage de points dense. Il s'en dégage un prix de modélisation du parc entier de TGH en maquettes numériques IFC à 1 450 000 €.

Scénario 3 modélisation de la stratégie prévue

Tarifs de modélisation pour la stratégie prévue		Type d'opération			
		Construction	Parc ancien	Parc récent	Total sur le parc
Prix/logement	Relevé 3D		270 €		
	Modélisation de maquettes	Intégré dans le prix de l'offre	93 €	53 €	181 €
Nombre de logements		350	2000	2000	4350
Prix Total	Maquettes 3D précises		726 000 €	105 000 €	831 000 €

Tableau 6 : Prix de modélisation de la stratégie prévue

Ce troisième scénario sépare le parc en segments d'immeubles, comme convenu dans le plan d'action. Pour les maquettes issues des constructions nouvelles, le prix de leurs constitutions sera intégré au prix du contrat de construction (il est possible que cela engendre des frais supplémentaires au début, mais c'est à négocier avec la maîtrise d'œuvre). Ce plan d'action entraîne une estimation du prix de la numérisation du parc à **831 000 €**.

Il est à noter que ces estimations proviennent du cahier des charges établi, donc ces maquettes ne contiennent que les éléments que TGH demande. Ces tarifs sont donc pour des modélisations de maquettes sans les réseaux, avec une saisie d'informations orientée vers la représentation graphique. L'option de modélisation des réseaux peut faire augmenter le prix des maquettes de près de 70€ par logements (soit 300 000€ sur le parc de TGH).

Le prix de saisie des informations complémentaires n'a pas pu être estimé, car il dépend de la stratégie du gestionnaire, du contrat passé avec le prestataire modéleur, des processus de mise à jour décidés, etc. Je place donc cette information dans un coût interne lié au prix des licences progiciels et des formations des employés.

III.4.4 Coûts internes (licences, formations, restructurations)

Afin de réaliser une estimation des coûts internes de TGH sur le projet, je me suis basé principalement sur les retours d'expériences du livre blanc de la Caisse des Dépôts et des éditeurs de SITP. Pour le premier point, les licences, le prix d'un SITP compatible avec les PGI est de l'ordre de 40 000 € à 100 000 € en fonction des modules attachés et de la taille du parc. Pour TGH, j'estime le prix de cette licence à 50 000 €. Ensuite vient le prix de la prestation de mise en service et de la maintenance, réalisées par l'éditeur de progiciel. Cette prestation pour un organisme comme TGH avec peu de postes est de l'ordre de 70 000 € à 80 000 €. Enfin, il reste le prix des formations au nouvel outil et de la restructuration interne, cela dépendra du niveau en informatique des employés, mais j'estime ce coût à environ 60 000 € compte tenu des échanges réalisés avec la direction de l'organisme social et de l'audit.

Nous obtiendrions un coût interne de l'ordre de **180 000 €**.

III.4.5 Synthèse du coût du projet

Le cumul de ces différents coûts nous donne ainsi une estimation du coût global du projet (tableau 7) :

Synthèse du coût du projet	Prix HT (€)
AMO BIM	140 000
Collecte	13 000
Modélisation	831 000
Coûts internes	180 000
Total	1 164 000

Tableau 7 : Synthèse des coûts du projet

Ce projet, d'un montant estimé à 1 164 000 €, sera étalé sur une durée de 3 à 5 ans. Il n'est pas recommandé d'après I3F de le faire durer plus longtemps afin de ne pas s'essouffler et atteindre plus rapidement la possibilité de rentabiliser son investissement.

III.5 Finalisation de l'étude

Ma mission dans le groupe projet de TGH s'est terminée avec la remise de cette estimation financière du projet de numérisation et du plan d'action. Je n'ai pas estimé l'impact que risque d'avoir le projet sur le processus de fonctionnement interne de l'entreprise. J'ai néanmoins émis plusieurs recommandations pour la suite du projet.

Le pôle technique va être le premier service concerné par le projet. Tous les protocoles des phases de construction seront à retravailler, de l'appel d'offre au livrable final. Cela va également perturber la maîtrise d'œuvre et les entreprises locales qui vont devoir s'adapter aux nouvelles demandes sous peine de perdre une partie de leur marché. TGH n'ayant pas d'expérience dans le BIM, l'AMO BIM et les chefs de projets nommés auront un rôle très important, car ils jugeront de la faisabilité de la stratégie actuelle et de l'orientation du projet.

D'après les AMO BIM des sociétés de conseil : Pro BIM, So BIM et Dat BIM que j'ai rencontrées à l'occasion du salon BIM World 2019, outre le manque d'expérience et de compétences des acteurs sur les premières opérations, la vraie difficulté en BIM construction concerne la conformité du livrable remis en fin d'opération et son contrôle. Le cahier des charges peut se révéler trop complexe pour certains maîtres d'œuvres, d'autres sous-estiment le travail de paramétrage de la maquette. Dans les deux cas, il faudra alors soit réduire ses exigences et adapter la maquette par la suite, soit accompagner la formation de la maîtrise d'œuvre.

Un autre point à surveiller est la phase de transition entre l'organisation actuelle des services et celle à mettre en place. Je recommande d'adopter une transition progressive, comme fait le groupe I3F, en impliquant son personnel dans la définition de son futur processus de gestion et en formant son personnel à l'utilisation des nouveaux outils (SITP, Viewers, BIM Checkers, etc.).

Conclusion

L'enjeu premier de ce travail de fin d'étude était de dresser un état des lieux des solutions permettant de continuer d'exploiter le BIM après la construction de l'immeuble. Le BIM se développe progressivement en France et de plus en plus de maîtres d'ouvrages sont tentés par le processus.

Cependant, j'ai constaté que cinq ans après le Plan Transition Numérique dans le Bâtiment (PTNB), seul un document national apporte des éléments concrets sur le BIM pour la gestion immobilière et il s'agit de l'Atelier BIM Virtuel + (ABV+). Ce document permet aux maîtres d'ouvrages de contrôler la structure et le contenu des maquettes numériques qu'ils reçoivent de la maîtrise d'œuvre, cependant, cela ne signifie pas qu'ils pourront exploiter ces maquettes numériques.

L'extraction des informations des maquettes numériques en vue d'une constitution de base de données technique du bâtiment est réservée aujourd'hui en France aux Systèmes d'Information Techniques et Patrimoniaux (SITP). Ces systèmes d'informations forment la passerelle obligatoire entre les maquettes numériques et les Progiciels de Gestion Intégrée (PGI) des gestionnaires de patrimoine.

J'ai réalisé durant mon étude du SITP Abyla que les SITP pouvaient extraire les informations des maquettes numériques ifc, mais que toute autre opération sur la maquette numérique nécessitait une conversion de la maquette numérique vers un format propriétaire, ce qui interrompt le processus BIM.

Le développement du BIM durant la phase Gestion/Exploitation/Maintenance des bâtiments va ainsi s'effectuer au travers de l'amélioration des offres SITP, avec par exemple une meilleure gestion du format IFC, l'ajout de logiciels de simulations sur les maquettes numériques, de domotique (smartbuilding), etc.

Cependant, le BIM étant un processus de collaboration ouvert, ne serait-il pas plus judicieux pour la France de développer des solutions nationales permettant de se passer des SITP ? La définition d'un format d'échange des données standardisées comme le document anglais COBie, l'imposition d'une structuration minimale des maquettes numériques avec l'imposition du cahier des charges BIM du projet ABV+ ou la création d'un BIM Checker national adapté à la gestion patrimoniale permettraient d'encadrer les pratiques BIM et faciliteraient la création d'outils spécialisés.

Les SITP constituent malgré tout une avancée majeure dans le domaine de la gestion de patrimoine immobilier, qu'il serait dommageable de ne pas exploiter compte tenu des bénéfices exposés par certains gestionnaires pionniers comme Habitat 76 et Habitat 29, ayant finalisé la numérisation de leur parc immobilier.

Bibliographie

Ouvrages imprimés

CELNİK Olivier & LEBEGUE Eric (dir.), BIM et maquette numérique pour l'architecture, le bâtiment et la construction. Paris, coédition Eyrolles/CSTB/MediaConstruct, 2016, 768 p.

FONT Fabien, GRUA Hervé. LEAN CONSTRUCTION Optimiser coûts, qualité, sécurité et délais en mode collaboratif. Paris, Dunod, 2018, 281p.

LHEUREUX Christophe. BIM pour le maître d'ouvrage : Comment passer à l'action. Paris, Eyrolles, 2017, 100 p.

THOMAS Jean-Louis. ERP et PGI : sélection, déploiement et utilisation opérationnelle : comment réussir le changement. Paris, Dunod, 2005, 325 p.

Travaux universitaires

BOUILLON Loïc, Le BIM, comme support de la gestion foncière des immeubles bâtis et des ouvrages complexes [En ligne]. Mémoire de diplôme d'ingénieur, Mans : CNAM ESGT, 2016, 75 p.

GUESNE Malo, Mise en place d'un processus BIM-PLM dans une démarche de gestion de patrimoine immobilier : réflexion et premières préconisations [En ligne]. Mémoire de Master, Lyon : ENTPE, 2016, 89 p.

KEHILY D, Modelling to address the barriers that prevent the widespread adoption of life cycle costing by quantity surveyors [En ligne]. Degree of Doctor of Philosophy, Salford, UK, 2016, 363 p.

MEISTERMANN Y, Management des Systèmes d'information (SI) [En ligne]. Conférence DSCG UE5 – Master CCA, Nice, 2015, 21 p.

MIKLASZ Marion. Etude et mise en œuvre d'une démarche BIM à Brest Métropole [en ligne]. Mémoire de diplôme d'ingénieur, Mans : CNAM ESGT, 2018, 89 p.

Articles de périodiques électroniques

Évaluation des coûts des défauts d'interopérabilité supportés par entreprises, maîtres d'ouvrage et exploitants, dans le cadre de la construction et l'exploitation de bâtiments – Cabinet LAURENTI, Michel Léglise et Bernard Ferriés – décembre 2009

Cahier pratique des travaux publics et du bâtiment, le point sur BIM/Maquette numérique, contenu et niveaux de développement – Le Moniteur n°5763 – 9 mai 2014

Les Cahiers techniques du bâtiment, Dossier BIM et Maquette numérique, Le bâtiment fait sa révolution, Opportunités, freins, enjeux – n°350 – Avril 2016

Rapports professionnels

AMUE. Résultats d'enquête - Systèmes d'information et de pilotage de la gestion de patrimoine, 2013.

BRESSON Jean-Yves, HOVORKA Franck, SEVANICHE Alain. Livre blanc Maquette numérique et gestion du patrimoine – Préparer la révolution numérique de l'industrie immobilière, 2014.

CGDD/MEDDAT/SEEI. Calcul en coût global : objectifs, méthodologie et principes d'application selon la norme ISO/DIS 15686-5, 2009.

FFB. Bâtiment en chiffres, 2018.

HOVORKA Franck, MIT Pierre. Plan Bâtiment Durable - Rapport groupe de travail « BIM et Gestion du patrimoine » - Tome 1, 2014.

Entretiens

ABOULKER Frank, Next BIM – 31/03/2019

BARRAL Manuel – EnerBIM – 18/04/2019

DELECOURT Maxime, Stereograph – 31/03/2019

EMMANUELLI Petru-Maria, Géomètre-Expert Foncier D.P.L.G. – 31/03/2019

GUENO Adeline, Labeo – 31/03/2019

LACAZE Romain, Université de Caen Normandie – 31/03/2019

LHEUREUX Christophe, I3F – 04/04/2019

NATIVELE David, Wizzcad – 31/03/2019

NYA Frank, Habitat 76 – 17/04/2019

PIRO Charles, PIRO CIE – 31/03/2019

RATOLAJANAHARY Rado, eTech – 31/03/2019

TENDIL Philippe – Habitat Marseille Provence – 24/04/2019

Liste des figures

Figure 1 : Evolutions comparées de la productivité des secteurs entre 1995 et 2014 (Source : MCKinsey Global Institute, Reinventing Construction, février 2017).....	5
Figure 2: Chiffre d'affaire des entreprises du secteur du Bâtiment (Source : FFB, 2018)	9
Figure 3 : Activités principales du Bâtiment (Source : FFB, 2018).....	10
Figure 4 : Transmission de l'information par SI conventionnel (Source : Yves MEISTERMANN – Master CCA, 2015)	12
Figure 5 : Transmission de l'information par PGI (Source : Yves MEISTERMANN – Master CCA, 2015).....	13
Figure 6 : Schématisation du processus BIM (Source : buildipedia.com)	18
Figure 7 : Diagramme de maturité BIM (source : Bew et Richards, 2008)	21
Figure 8 : Assemblage de maquettes métiers dans Aodesk Navisworks (Source : Autodesk.fr).....	21
Figure 9 : Environnement de Données Commun (EDC) (Source : PAS 1192-2).....	25
Figure 10 : Extrait d'un document COBie (Source : NBS)	25
Figure 11 : Plan connecté d'un étage (Source : AbylaWeb).....	27
Figure 12 : processus de numérisation des informations techniques des organismes sociaux (Source : personnelle)	33
Figure 13 : Courbe de MacLeamy sur le coût et l'effort de modification du projet en fonction de son avancement. (Source : BuildingSMART International)	37
Figure 14 : Définition du site d'étude (Source : géoportail.gouv.fr)	39
Figure 15 : Représentation en trois dimensions du site d'étude (Source : Google Maps)	39
Figure 16 : Maquette numérique du bâtiment A (Source : viewer BIM Vison).....	41
Figure 17 : Maquette numérique du bâtiment B (Source : viewer BIM Vison).....	41
Figure 18 : Affichage de la maquette numérique dans Abyla (Source : Abyla)	42
Figure 19 : Maquette IFC bâtiment B (Aodesk Viewer).....	43
Figure 20 : Maquette Revit bâtiment B (Autodesk Viewer)	43
Figure 21 : décomposition de la maquette numérique par étage (Source : Viewer BIM Vison)	44
Figure 22 : Extrait de la base de données technique du PGI de TGH (Source : Prem'Habitat)	46

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des coûts cachés récupérables par la constitution d'une base de données techniques de son patrimoine (Source : personnelle)	36
Tableau 2 : Eléments à intégrer au PGI et données requises (Source : personnelle)	47
Tableau 3 : Extrait de l'inventaire des résidences de TGH (Source : personnelle)	47
Tableau 4 : Prix de modélisation à partir de plans DOE	51
Tableau 5 : Prix de modélisation à partir de relevés scanners.....	51
Tableau 6 : Prix de modélisation de la stratégie prévue.....	52
Tableau 7 : Synthèse des coûts du projet	53

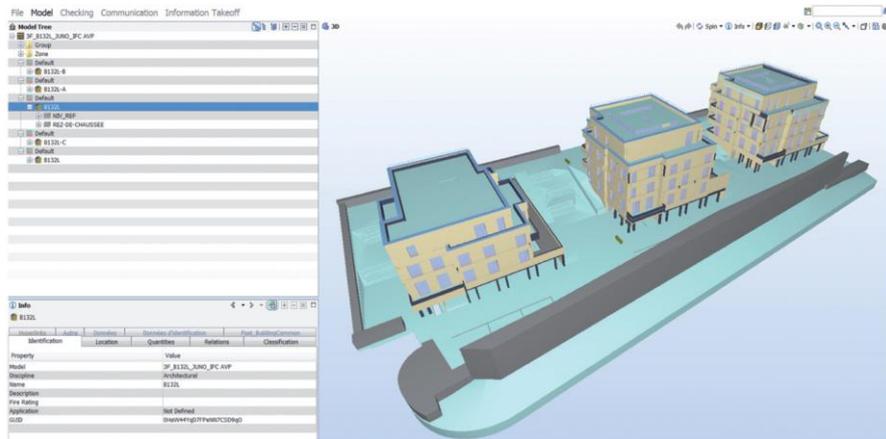
Table des annexes

Annexe 1 Les 12 défauts récurrents des maquettes numériques de gestion.....	61
Annexe 2 Inventaire des solutions BIM Gestion utilisables en France.....	65
Annexe 3 Exemple type du dossier patrimonial.....	66
Annexe 4 Différence entre les plans DOE et les données du PGI.....	68

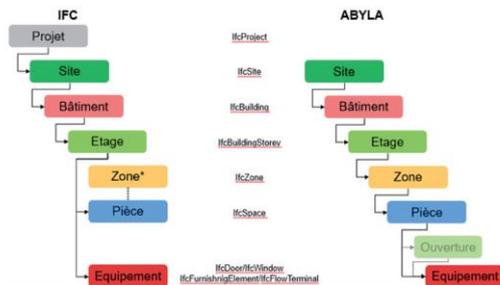
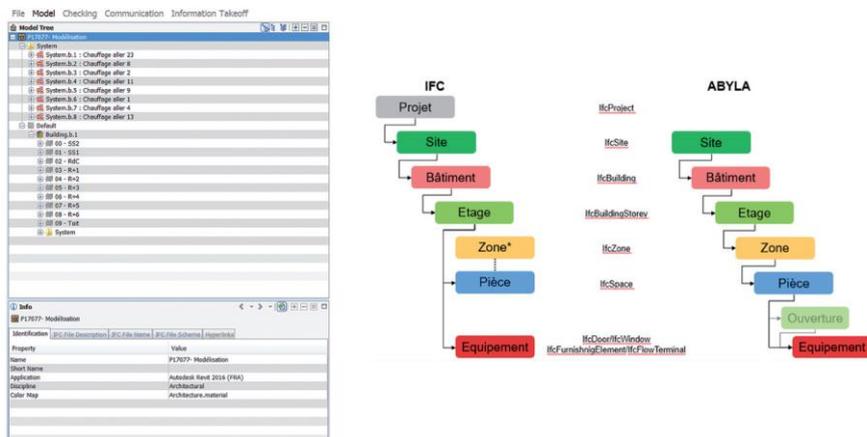
Annexe 1

Les 12 défauts récurrents des maquettes numériques de gestion

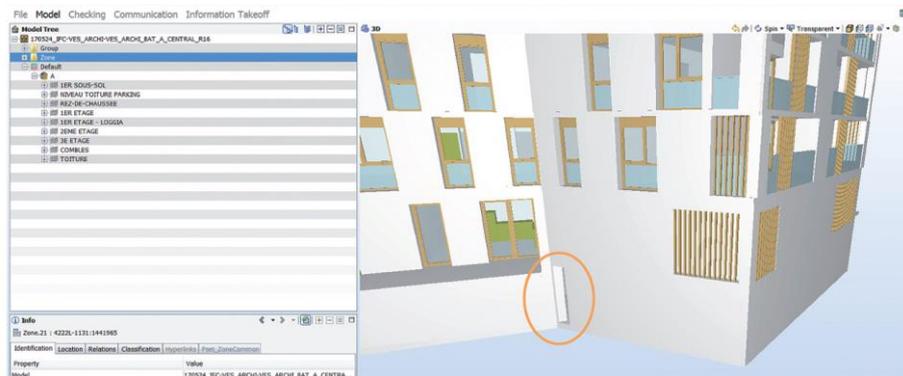
1. Plusieurs bâtiments sont modélisés dans une même maquette



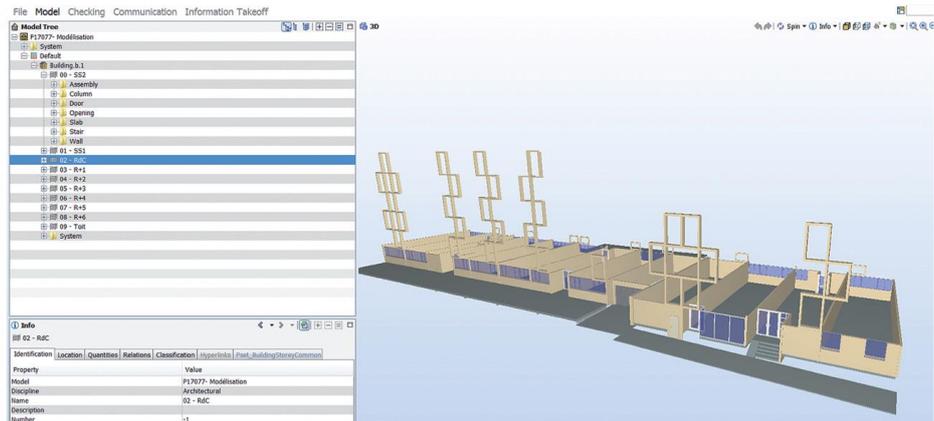
2. L'arborescence décrite dans la maquette ne respecte pas celle détaillée dans la charte BIM



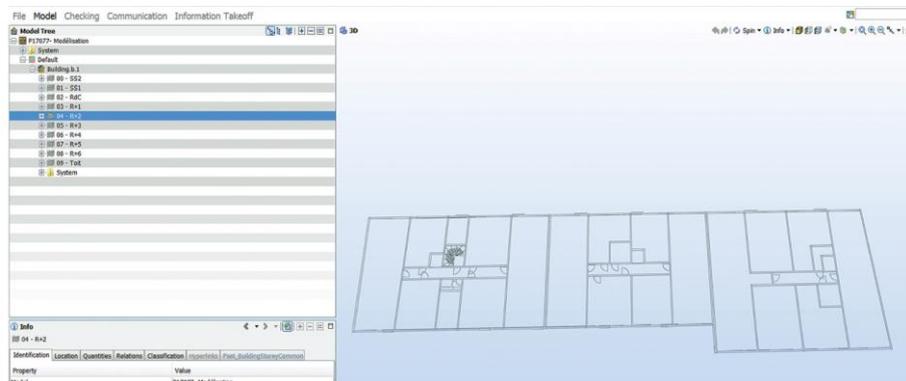
3. Des éléments manquent dans la maquette (ex : absence de certains murs ou morceaux de dalle).



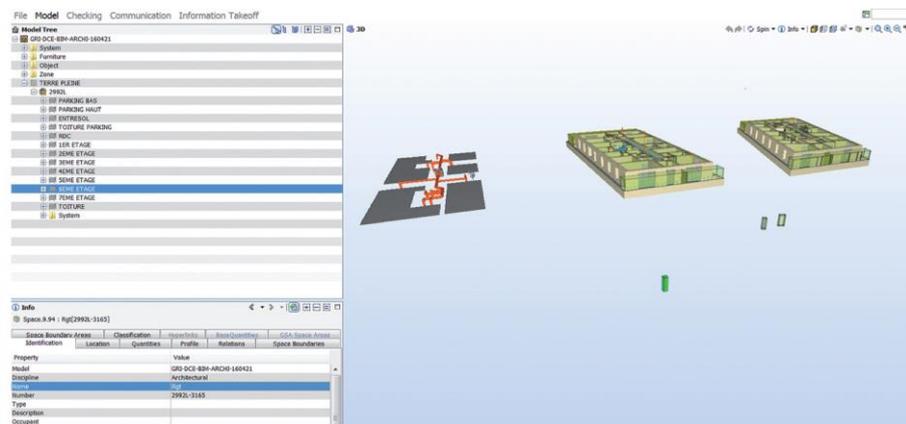
4. Les murs ne sont pas découpés par étage



5. Les espaces et/ou les zones ne sont pas représentés



6. Des éléments ne sont pas rattachés au bon étage



Annexe 2

Inventaire des solutions BIM Gestion utilisables en France

Outils	Site @	Entreprise	Cycle de vie			Catégorie/type	Acteurs Projet		Langues			Format Import (I) / Export (E) - Certifié V2.0 (C)						
			Conception	Exécution	Exploitation		MOA	Exploitant/Maintene	Fran	Ang	Autres	IFC	RVT	PLN/PLA	DWG/D	COBii	Autres	
Abyla	http://www.abyla.fr/	Labeo			X	GTP	X	X	X									JPEG, CSV, PDF...
Alfa Web	https://www.allplan.com/fr/softw	Nemetschek			X	GTP	X	X	X	X	Allemand, Italien, Espagnol	I / E - C					I/E	JPEG, CSV, PDF...
Archibus	http://www.archibus.com/?lang	Archibus			X	GTP	X	X		X								JPEG, CSV, PDF...
Bentley Facilities V8i	https://www.bentley.com/en/sof	Bentley Systems			X	GTP	X	X	X	X					I/E ?	E		JPEG, CSV, PDF...
EcoDomus	http://www.ecodomus.com/	EcoDomus	X	X	X	GTP	X	X		X								JPEG, CSV, PDF...
Facility Online	http://www.facility-online.cz/o	Stephanos			X	GTP	X	X									E	JPEG, CSV, PDF...
FM Systems	https://fmsystems.com/our-softw	FM Systems			X	GTP	X	X		X								JPEG, CSV, PDF...
Isi For You	http://www.suez-environneme	Suez Environnement			X	GTP	X											JPEG, CSV, PDF...
Lascom AEC - BIM Edition	http://www.lascom.fr/industries	Lascom			X	GTP	X											JPEG, CSV, PDF...
Onuma System	https://www.onuma.com/	Onuma	X	X	X	GTP	X	X										JPEG, CSV, PDF...
OneTools	http://www.onetools.de/en/	OneTools			X	GTP	X	X										JPEG, CSV, PDF...
TEIA	http://www.stereograph-group	Stereograph			X	GTP	X	X	X	X			I					JPEG, CSV, PDF...
CN-BIMES	http://main.enerbim.com/fr/part	EnerBIM			X	GTP	X	X	X									JPEG, CSV, PDF...
Active3D	http://www.active3d.net/	Active3D	X	X	X	GTP / GMAO	X	X	X	NON	NON					I		JPEG, CSV, PDF...
ArchiFM	http://www.archifm.net/	Vintocon			X	GTP / GMAO	X	X		X	Japonais							JPEG, CSV, PDF...
FaMe	http://www.fame-online.de/fam/	FaMe			X	GTP/GMAO/FMAO	X	X		X	Allemand, Arabe						E	JPEG, CSV, PDF...
TMA SYSTEMS	http://www.tmasystems.com/	TMA Systems			X	GTP/GMAO/FMAO	X	X		X			I					
IBM TRIRIGA	http://www-03.ibm.com/software	IBM			X	GTP/GMAO/FMAO	X	X		X								
Agility	http://www.softsolsgroup.com/	SoftSols Group			X	GTP/GMAO/FMAO	X	X		X								

Annexe 3 Exemple type du dossier patrimonial

COLLECTIF 01



Nom du bâtiment:	A
Code :	A0
Nom détaillé :	Bâtiment A
Adresse :	13, 15, 17 Rue Bèche
Code Postal :	82000
Ville :	MONTAUBAN

Nombre de niveaux en sous-sol	1
Nombre de niveaux aériens	R + 3
Nombre de logements	20
Nombre de parkings / garages	14

	Présence	Type de support	Plans levés
Plans niveaux	OUI	Papier	non
Plans terrasse/toiture	OUI	Papier	non
Plans coupes	OUI	Papier	non
Plans façades	OUI	Papier	non
Plans détails	OUI	Papier	non
Photos	NON		

Etat général du bâtiment 4 : Bon

Revêtements extérieurs	Crépi lissé / parement en brique
Revêtement couverture	TUILE
Revêtements intérieurs - Soles	
Parties Communes	DALLES PVC (bleu)
Hall d'entrée	CARRELAGE (tomette carrée rouge)

Logements - Pièces sèches	DALLES PVC
Logements - Pièces humides	DALLES PVC

Revêtements intérieurs - murs	
Parties Communes	CREPI GOUTTELETTES (blanc)
Hall d'entrée	BETON BANCHE (rouge clair)

Logements - Pièces sèches	CREPI GOUTTELETTES (blanc)
Logements - Pièces humides	PEINTURE (beige) + fayence sdb

Revêtements intérieurs - Plafonds	FAUX-PLAFOND (blanc)
-----------------------------------	----------------------

	Isolation	Matériau	Occultation
	OUI	Bois peint (gris)	PERSIENNE PIN (ETAGES) (gris)
	OUI	Bois peint (gris)	PERSIENNE FER (RDC) (gris)

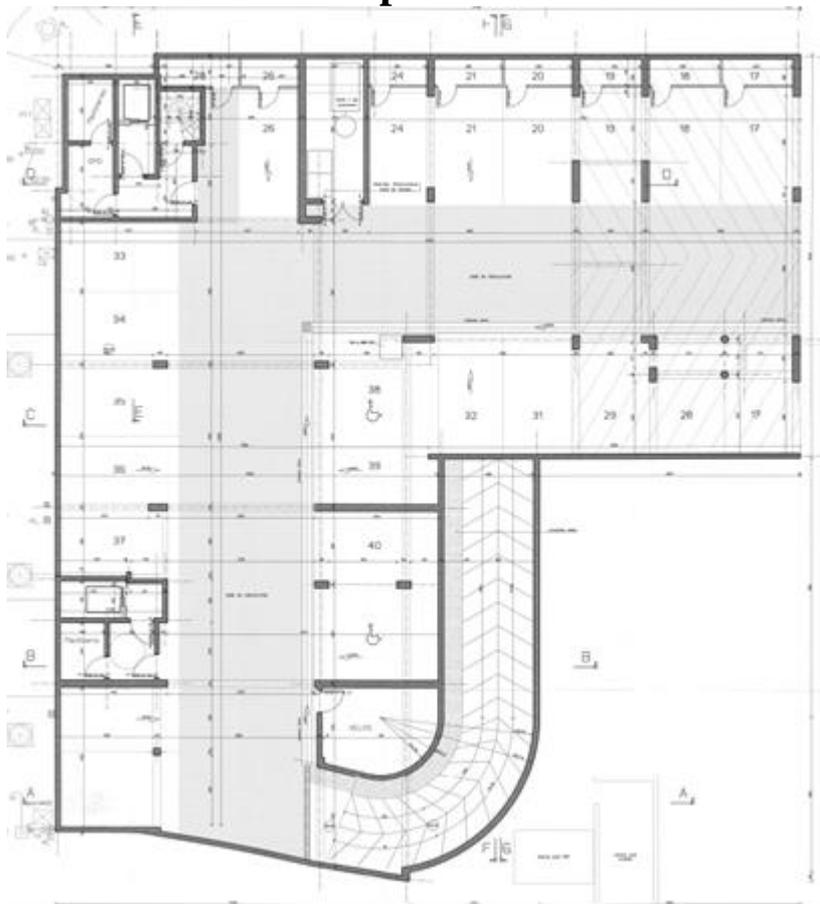
CHAUFFAGE - E.C.S		Chaudière	Radiateurs	ECS
Collectif				
Individuel		Chaudière gaz condensation : instantané sans veilleuse	Panneaux en Acier	OUI

Cage d'escaliers :	
Murs rideaux :	Armature métallique peinte (gris)
Marches :	PVC (bleu)

COLLECTIF 01

N° ETAGE	REFERENCE PLAN	NOM USUEL DU BIEN	CODE GESTION LOC.	TYPE DE BIEN
00	T5 N° 1	Lgt 001 Rs. La Constellation A	0629A101	T4/5
00	T5 N° 2	Lgt 002 Rs. La Constellation A	0629A102	T5
01	T4 N° 3	Lgt 003 Rs. La Constellation A	0629A103	T3/4
01	T3 N° 4	Lgt 004 Rs. La Constellation A	0629A104	T3
02	T4 N° 5	Lgt 005 Rs. La Constellation A	0629A105	T3/4
02	T3 N° 6	Lgt 006 Rs. La Constellation A	0629A106	T3
03	T4 N° 7	Lgt 007 Rs. La Constellation A	0629A107	T3/4
03	T3 N° 8	Lgt 008 Rs. La Constellation A	0629A108	T3
00	H.L.M	Loc 041 Rs. La Constellation A	0629A141	LOCAL
00	T5 N° 9	Lgt 009 Rs. La Constellation A	0629A209	T4/5
01	T3 N° 10	Lgt 010 Rs. La Constellation A	0629A210	T3
01	T4 N° 11	Lgt 011 Rs. La Constellation A	0629A211	T3/4
02	T3 N° 12	Lgt 012 Rs. La Constellation A	0629A212	T3
02	T4 N° 13	Lgt 013 Rs. La Constellation A	0629A213	T3/4
03	T3 N° 14	Lgt 014 Rs. La Constellation A	0629A214	T3
03	T4 N° 15	Lgt 015 Rs. La Constellation A	0629A215	T3/4
00	T4 N° 16	Lgt 016 Rs. La Constellation A	0629A316	T3/4
01	T5 N° 17	Lgt 017 Rs. La Constellation A	0629A317	T4/5
02	T5 N° 18	Lgt 018 Rs. La Constellation A	0629A318	T4/5
01	T3 N° 19	Lgt 019 Rs. La Constellation A	0629A319	T3
03	T4 N° 20	Lgt 020 Rs. La Constellation A	0629A320	T3/4
R-1	GAR N° 15	Gar 015 Rs. La Constellation A	0629AG15	GARAGE
R-1	GAR N° 14	Gar 017 Rs. La Constellation A	0629AG17	GARAGE
R-1	GAR N° 8	Gar 018 Rs. La Constellation A	0629AG18	GARAGE
R-1	GAR N° 2 (droite)	Gar 021 Rs. La Constellation B	0629BG21	GARAGE
R-1	GAR N° 7	Gar 023 Rs. La Constellation B	0629BG23	GARAGE
R-1	GAR N° 3	Gar 024 Rs. La Constellation B	0629BG24	GARAGE
R-1	GAR N° 5	Gar 040 Rs. La Constellation B	0629BG40	GARAGE
R-1	GAR N° 6	Gar 039 Rs. La Constellation B	0629BG39	GARAGE
R-1	GAR N° 10	Gar 038 Rs. La Constellation B	0629BG38	GARAGE
R-1	GAR N° 12	Gar 037 Rs. La Constellation B	0629BG37	GARAGE
R-1	GAR N° 13	Gar 036 Rs. La Constellation B	0629BG36	GARAGE
R-1	GAR N° 23	Gar 035 Rs. La Constellation B	0629BG35	GARAGE
R-1	GAR N° 25	Gar 034 Rs. La Constellation B	0629BG34	GARAGE
R-1	GAR N° 27	Gar 028 Rs. La Constellation B	0629BG28	GARAGE

Annexe 4 Différence entre les plans DOE et les données du PGI



Plan d'architecte du sous-sol – Bâtiment B « La Constellation »

16	29	21	20	35	18	17	16	15	14	8	2	4	7	3
B602	B602	B611	B620	B630	B610	B619		B615	B617	B618		B621	B623	B624
37	B607													
B606	38													
B605	39													
B603	40													
B602	01													
0523 CONSTRUCTION														
PLAN DE MESSE DU PARKING SOUS SOL														

Croquis des lots du PGI affectés aux places de parkings du sous-sol – Bâtiment B

Etude du concept BIM appliqué à l'optimisation de la gestion de patrimoine des bailleurs sociaux, de la réflexion à sa mise en place.

Mémoire d'Ingénieur C.N.A.M., Le Mans 2019

RESUME

L'usage du BIM révolutionne le domaine de la construction mais il n'est encore que trop peu répandu dans sa phase Exploitation/Maintenance. Les freins à l'innovation sont multiples : projet d'entreprise restructurant l'organisation interne, coûts élevés, projet R&D, durée de projet élevée, retours d'expériences très limités et retours sur investissement pas garantis.

Le BIM appliqué à la gestion d'immeubles a un important potentiel, mais demande de la rigueur et de l'implication afin de pouvoir être utilisé de manière optimale.

Cette étude a pour objectif d'apporter des réponses quant aux processus à mettre en place et des outils à utiliser afin d'assurer une bonne conduite de projet.

Mots clés : BIM GEM, Gestion, Exploitation, Maintenance, Patrimoine, SITP, FM, BIM, bailleur, gestionnaire, Abyla. Active3D.

SUMMARY

Using the BIM method is a revolution for building construction but it is seldom applied in its operation phase. Multiple factors are slowing down its development : company restructuring projects which affect internal organisation, high costs, R&D project, limited experience feedbacks, and low-guarantee returns of interests.

The BIM used for managing building has a significant potential, but demands rigour and implication to draw its optimal benefits.

This analysis strives to provide answers as to which processes and softwares would ensure for the project to be conducted efficiently.

Key words : FM BIM, Management, Patrimoine, FM, BIM, social housing, property manager, Abyla. Active3D.