HAL
open science

# Analyse du BIM appliqué à la rénovation

Laurent Joblot, Thomas Paviot, Dominique Deneux, Samir Lamouri

## To cite this version:

Laurent Joblot, Thomas Paviot, Dominique Deneux, Samir Lamouri. Analyse du BIM appliqué à la rénovation. 11th International Conference on Modeling, Optimization and SIMulation (MOSIM 2016), ETS Montréal, Aug 2016, Montréal, Canada. hal-01493629

**HAL Id: hal-01493629**

**https://hal.science/hal-01493629v1**

Submitted on 21 Mar 2017

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

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

*11e Conférence Francophone d'Optimisation et Simulation- MOSIM'16*
*Du 22 au 24 août 2016*
*Montréal, Québec, Canada*
*« L'innovation technologique au service des systèmes : défis et opportunités»*

# Analyse du BIM appliqué à la rénovation

**L. JOBLOT[1], T. PAVIOT[1]**
[1]Arts et Métiers ParisTech
151 boulevard de l'Hôpital
75013 Paris, France
UMR 8201 CNRS (LAMIH) Laboratoire d'automatique et de mécaniques industrielles et humaines

**D. DENEUX[2], S. LAMOURI[1]**
[2]ENSIAME Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis
Le Mont-Houy
59313 Valenciennes Cedex 9
UMR 8201 CNRS (LAMIH) Laboratoire d'automatique et de mécaniques industrielles et humaines

**RESUME :** *Cet article s'intéresse à la pertinence d'une approche numérique de type BIM spécifique au marché de la rénovation, très dynamique et diversifié, essentiellement porté par de Très Petites Entreprises. L'état de l'art montre que peu de références scientifiques sont consacrées à ce sujet, et que les technologies et outils disponibles, souvent très coûteux, ne sont pas adaptés. L'article propose une définition du périmètre et des termes du domaine de la rénovation, montre les intérêts d'une approche BIM, et met en évidence le besoin d'un référentiel de maturité préalable à la spécification d'outils et méthodes qu'il reste à construire pour ce secteur.*

**MOTS-CLÉS :** *BIM, maturité, rénovation, TPE .*

## 1 INTRODUCTION

Quiconque acquiert un bien immobilier a eu ou aura vraisemblablement affaire à un professionnel de la rénovation. Ce secteur, très actif dans tous les pays du monde, l'est tout particulièrement en France. L'étude proposée ici se consacre donc principalement sur cette zone géographique particulièrement significative puisque, dans ce pays, le marché de la rénovation représente plus de 50 milliards d'euros de CA annuel (CAPEB 2015), à noter que ce chiffre est le fait, pour 68% des travaux d'entretien-amélioration, d'entreprises de moins de 20 salariés. La profession rencontre toutefois certaines difficultés ces dernières années. La conjoncture, combinée à des raisons plus techniques, a eu pour effet, ces 8 dernières années, d'augmenter considérablement le nombre de défaillances d'entreprises de la construction. Ce nombre de cessation d'activité évoluait, sensiblement, en France, aux environs de 10000 par an entre 1990 et 2005 pour se stabiliser aux environs de 15000 ces dernières années (Insee 2016). Au cours de cette décennie (2005-2016), et en réaction à ces difficultés d'après crise, le secteur de la construction neuve, les grands groupes en tête, ont redoublé d'efforts pour tenter d'augmenter leur productivité et se sont engagés activement dans la maquette numérique en misant sur l'interopérabilité. On parle alors de BIM. Au regard de la littérature scientifique, cet acronyme peut prendre plusieurs sens (Succar 2009). Dans cet article, en fonction du contexte, en accord avec l'association francophone Mediaconstruct et une large majorité scientifique, il aura le sens de « Building Information Model », c'est-à-dire *la représentation numérique des caractéristiques physiques et fonctionnelles d'un bâtiment ou plusieurs,* mais aussi, celui de « Building Information Modeling », c'est-à-dire *un processus métier de génération et d'exploitation des données du bâtiment pour concevoir, construire et exploiter le bâtiment lors de son cycle de vie.* Il semble intéressant et porteur de se demander si cette transition vers le BIM, (et les changements organisationnels qu'il engendre) est adaptée et utilisée à ce jour pour soutenir ou améliorer l'activité et la satisfaction client en rénovation. Cet article vérifiera comment et dans quelle mesure le BIM a, jusqu'à aujourd'hui, pu profiter au secteur de la rénovation. Après avoir rappelé et défini le vocabulaire relatif à ce secteur en section 2, la section 3 dressera un état de l'art quant à sa situation vis-à-vis du BIM. La section 4 ouvrira sur la problématique scientifique de notre recherche. Enfin, la section 5 proposera un bilan.

## 2 PÉRIMÈTRE ET VOCABULAIRE EN VIGUEUR POUR L'ETUDE

La littérature scientifique et les professionnels de la construction utilisent différents concepts et formules pour évoquer la rénovation d'une construction. Ce terme générique couvre, en réalité, bien des domaines et possède de nombreux niveaux d'action. Pour clarifier notre analyse et définir avec précision les contours de notre étude, quelques références sémantiques et quelques données factuelles sont nécessaires.

### 2.1 Vocabulaire en vigueur en France

Quelques ouvrages institutionnels ou normatifs permettent de clarifier certaines pratiques. D'après (Ministère de l'agriculture et de la pêche 2001) **Conserver** corres-

pond à veiller, essentiellement par des mesures préventives, à ce que le patrimoine ne se dégrade pas. **Sauvegarder** revient à prendre des mesures comme l'étaiement d'un bâtiment menaçant ruine, etc., le plus souvent dans l'urgence et à titre provisoire, pour éviter la progression d'une dégradation. **Restaurer** signifie rétablir, remettre en bon état, sans pour autant vouloir effacer les traces des interventions ultérieures (idéalement, la restauration impliquerait la remise en état technique, en état d'usage : un moulin devrait pouvoir moudre, un four à pain devrait pouvoir cuire. Lorsque certains éléments du patrimoine doivent être remplacés, seuls les matériaux, les techniques et les façons de faire traditionnels sont légitimes). **Réaffecter** désigne le fait de donner une nouvelle fonction. **Rénover** consiste à remettre à neuf un bâtiment ou un objet jugé vétuste. La rénovation peut aller (de façon assez surprenante) jusqu'à la destruction complète de l'objet et sa **reconstruction**. **Réhabiliter** correspond à remettre aux normes de confort, d'hygiène et de sécurité des habitats jugés trop anciens au regard des exigences contemporaines. **Restituer**, c'est rétablir, remettre dans son état premier. Ce mode d'intervention aboutit souvent à une reconstruction dans un état originel qui n'a jamais existé entraînant la destruction de toutes les parties postérieures à la date de construction. Ces activités peuvent être complétées ensuite par (AFNOR 2007 p. 50)**,** à savoir que **Moderniser** correspond à modifier ou améliorer en prenant en compte les avancées technologiques tandis que (AFNOR 2010) considère qu'**Améliorer** représente l'ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à améliorer la sûreté de fonctionnement d'un bien sans changer sa fonction. Les aspects dépannage, maintenance ou entretien seront considérés comme hors du périmètre de notre étude car complémentaires et représentant un secteur d'activité à part entière.

## 2.2 La vision scientifique

Après l'analyse d'une centaine de références scientifiques ou émanant d'industriels, il s'avère, en revanche, que les notions, les nuances et les contours dans ce contexte sont moins tranchés. La majorité des notions précédentes *Rehabilitation, restoration, upgrading, renovation* sont explicitées dans les normes internationales (ISO 2010) ou (ISO 2013). Pour les systèmes de canalisations en plastique par exemple, dans (ISO 2013) « rénovation » s'apparente à une amélioration et « réhabilitation » à une remise en état ou à une amélioration. Les définitions citées en 2.1 sont proches de celles utilisées par (Rosenfeld and Shohet 1999), qui rappellent cependant qu'il existe une forte imbrication des concepts. Cette étude résume la « complexité » de ce secteur au travers la Figure 1.

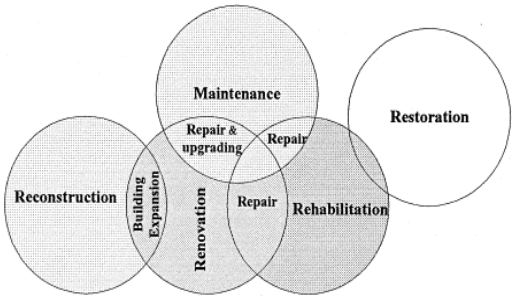


Figure 1 : Imbrication des termes utilisés en rénovation selon (Rosenfeld and Shohet 1999)

D'autres études comme celles de (Teo and Lin 2011) tentent de relier les termes au degré d'obsolescence de la construction (voir Figure 2) ce qui ne correspond pas aux définitions évoquées au 2.1.

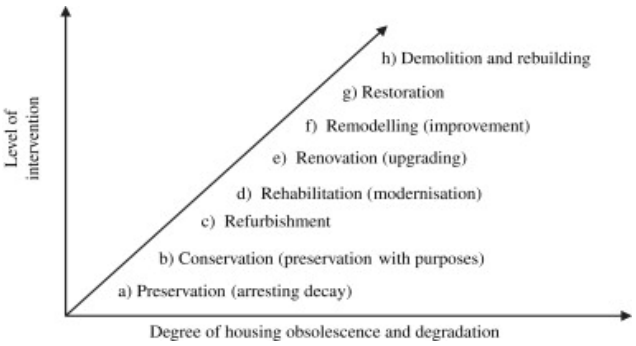


Figure 2 : proposition de hiérarchisation des concepts en fonction du degré d'obsolescence d'après (Teo and Lin 2011)

La notion de *refurbishment* est considérée ici comme une amélioration des performances, alors qu'elle est synonyme de *renovation* selon (Oxford Dictionary, 2013). Enfin, la notion *retrofit* utilisée dans les publications scientifiques est définie, quant à elle, dans (ISO 2015) pour les applications sismiques comme étant l'action de remettre l'édifice dans un état fonctionnel identique à ce qu'il était avant l'incident. Cependant on peut constater que dans un contexte sismique (Georgiou et al. 2014) ou (Charalambos and Dimitrios 2014) utiliseront le terme *rehabilitation*. Les utilisations lexicales sont donc parfois multiples. Il est ainsi décidé, dans cet article, de considérer que le terme « rénovation » englobe pour nos recherches *retrofit, rehabilitation, renovation, restoration et refurbishment* et qu'il est donc important d'analyser les publications utilisant l'ensemble de ces termes (sans qu'aucune hiérarchisation entre eux ne soit opérée).

Les activités, les concepts et le vocabulaire à considérer étant définis, la section 2.3 va maintenant présenter les spécificités de la rénovation et les solutions BIM théoriques.

## 2.3 Les spécificités de ce secteur

### *2.3.1 Quelques constats*

Contrairement au cas de la construction d'édifices neufs pour lesquels de nombreuses règles métiers, juridiques ou normatives sont établies, il n'existe pas de processus partagé et encore moins universel des activités de rénovation. Pour de nouvelles constructions on trouve, par exemple, la loi relative à la Maîtrise d'Ouvrage Publique (MOP) en France qui précise clairement les étapes et les modalités techniques d'exécution des éléments de mission de maîtrise d'œuvre confiés, par des maîtres d'ouvrage publics, à des prestataires de droit privé (Ministère français de l'industrie, des postes et télécommunications et du commerce extérieur 2016). Selon cette loi, il faut préciser qu'on entend par « maître d'ouvrage » la personne morale pour laquelle l'ouvrage est construit. La maîtrise d'œuvre est la mission confiée à une personne ou à un groupement de personnes qui doit permettre d'apporter une réponse architecturale, technique et économique au programme mentionné par le maître d'ouvrage. Ces deux notions, créées en France pour le secteur de la construction, s'étendent aujourd'hui à toutes les industries dès lors qu'il s'agit de mener à bien un projet. Pour la conception ou la construction de bâtiments neufs, il est également possible d'adopter une approche processus lors de la conception des bâtiments présentée dans (ISO 2006). En revanche, pour des activités de rénovation, on constate une grande variété de situations en fonction de l'existence ou non de Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE), de l'existence ou non de maquette numérique, de la présence ou non d'un géomètre, de la présence ou non d'architecte d'intérieur, du degré d'urgence et de l'état du bien ((Teo and Lin 2011), voir Figure 3. La situation sera également différente selon que la maitrise d'ouvrage est confiée au propriétaire ou à une tierce personne (un économiste par exemple).

### *2.3.2 Les chiffres clefs du secteur*

En France, selon (CAPEB 2015), les 2/3 du CA du secteur bâtiment sont réalisés par des entreprises de moins de 20 personnes. Ces entreprises de petite taille ont effectué, en 2013, 57% de leur CA dans l'entretien-amélioration de bâtiments. L'Insee va même plus loin (Insee 2015), en rappelant que 96% des entreprises de la construction en France ont moins de 10 salariés et peuvent être apparentées à de Très Petites Entreprises (TPE). En moyenne, celles-ci possèdent 2,5 salariés.

D'autres faits permettent de cerner davantage les enjeux et la problématique. La Figure 3 révèle que le secteur de la rénovation ne peut pas se résumer au simple volet de la rénovation énergétique, activité majoritairement considérée à ce jour dans les publications scientifiques du domaine (Tableau 1). En se restreignant à ce seul créneau, les besoins utilisateurs et les développements logiciels à effectuer s'en trouvent plus limités.

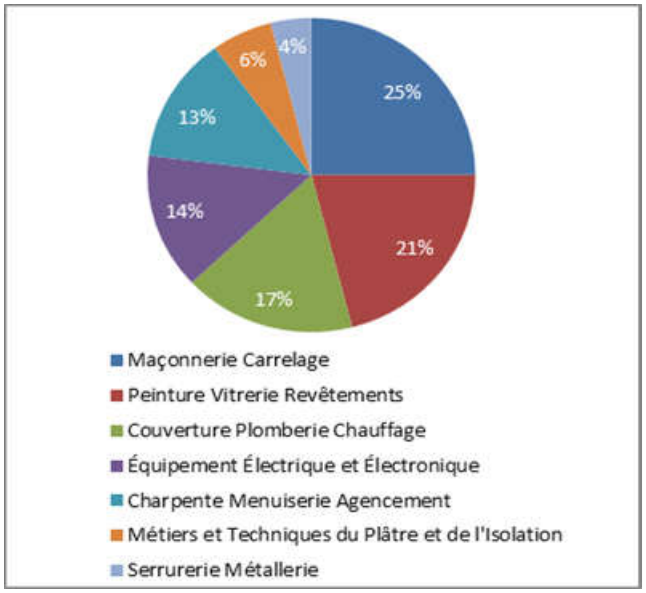


**Figure 3 : Répartition, par ordre d'importance, des entreprises de - de 20 salariés du bâtiment par activités (d'après (CAPEB 2015))**

### *2.3.3 Vision idéaliste du BIM appliqué à la rénovation*

De prime abord, les besoins pour accroître la productivité du secteur sont nombreux. La littérature scientifique présente les innovations technologiques liées au BIM et cette partie se propose d'analyser les apports du BIM en rénovation.

Le BIM, innovation technologique majeure, pourrait bien évidemment améliorer l'interopérabilité et favoriser l'unicité de l'information (une seule version de maquette numérique remplaçant diverses versions de plans ou de maquettes incompatibles entre elles), faciliter la planification temporelle de la construction (4D) et le suivi des coût (5D), l'accès aux informations diffusées par les fournisseurs, l'optimisation des approvisionnements en matériaux, comme le suggère la synthèse réalisée par (Ibem and Laryea 2014), même si les logiciels actuels n'y parviennent encore que partiellement. On imagine assez facilement travailler de manière plus efficace en anticipant les phases de conception par un processus de consultation avancée améliorant ainsi l'organisation générale du projet. Ces gains sont représentés par la courbe dite de « MacLeamy » et, de manière plus globale, cette anticipation fait partie intégrante des leviers d'action du lean appliqué à la construction (Dupin 2014). Le BIM en rénovation pourrait également aider au suivi et au respect des règlementations actuelles et à venir, faciliter l'arrivée, l'installation, les mises à jour et la maintenance de solutions domotiques. Il faut souligner aussi les potentiels gains de temps pour rechercher, structurer, stocker de l'information, mais aussi pour calculer, pré fabriquer etc. Cette vision est partagée et constitue un des objectifs du gouvernement français au travers des différents rapports d'études commandés qui évoquent le souhait de créer et de déployer (dans les programmes neufs) le « carnet de santé » du bâtiment (Hovorka and Mit 2014) (Cau et Pouget 2014). D'autres possibilités sont parfois évoquées ou souhaitées par les acteurs de la

profession, comme l'aide aux montages de dossiers de labellisations. Le Label RGE (Reconnu Garant de l'Environnement) en est un exemple. Son obtention par un artisan ou une entreprise du bâtiment, sur présentation d'un dossier, peut être facilitée s'il existe des références ou des expériences BIM. Il serait imaginable, de plus, que des solutions numériques soient en mesure d'extraire et de compiler des données issues de la maquette pour constituer et mettre à jour les dossiers qu'il convient de reconstituer et compléter chaque année. La maitrise du BIM peut permettre d'accéder à de nouveaux projets / chantiers / partenariats selon la conjoncture du moment. Un « artisan » autonome sur de tels logiciels pourra migrer plus facilement sur le marché du neuf et s'ouvrir au secteur de la sous-traitance dans divers projets publics, projets qui seront prochainement obligatoirement au format numérique comme cela est rappelé dans le rapport (Delcambre 2014). Pour un propriétaire, les arguments ne manquent pas également puisque le fait de travailler sur maquette 3D améliorera les relations client/fournisseur, aidera à se projeter, à confirmer ou infirmer des choix etc. et limitera, par la suite, les reprises. De ce fait, les marchés pourraient se renforcer car la maquette numérique possède un côté rassurant et engageant comme l'évoque (Gholami et al. 2013) dans le cadre de la rénovation énergétique. La capitalisation des données ainsi réalisée facilitera de fait la revente d'un bien « estimable » de manière factuelle, dossier BIM à l'appui ou le service après-vente (par le propriétaire actuel ou futur).

Toutes les solutions citées précédemment pourraient permettre enfin de valoriser la transmission des entreprises qui posséderaient alors un véritable fichier clientèle et une bien meilleure capitalisation des travaux effectués.

La section suivante vise donc à vérifier si ces promesses et vœux de la profession ou des clients sont dès aujourd'hui réalisés, réalisables ou même simplement envisageables.

## 3 ETAT DE L'ART DU BIM APPLIQUÉ À LA RÉNOVATION

### 3.1 Littérature scientifique évoquant le BIM à des fin de rénovation

La recherche de publications scientifiques comportant BIM dans le titre donne plus de 3000 réponses en lien avec la construction sur Google Scholar (GS) et environ 200 pour Science Direct (SD). Cependant, en ajoutant dans le titre *renovation, refurbishment, rehabilitation* ou *retrofit,* seulement 30 articles sont identifiés. Les thèmes qui ressortent sont présentés dans le Tableau 1. Certaines caractéristiques des développements ou des chantiers étudiés utiles pour la suite de notre analyse sont également ajoutées dans le tableau.

La recherche de BIM et *restoration* sur SD ne donne aucun résultat et seulement 4 sur GS. Ces derniers se focalisant principalement sur la numérisation et l'acquisition de données au sein de bâtiments historiques, ils n'ont pas été présentés dans le tableau 1 qui résume le contenu des publications issues des bases de données GS et SD comportant BIM et *renovation* ou *refurbishment* ou *rehabilitation* ou *retrofit* dans le titre.

| sujet majeur traité | GS avec BIM et *refurbishment* | GS avec BIM et *renovation* | GS avec BIM et *retrofit* | GS avec BIM et *rehabilitation* | SD avec BIM *et renovation ou retrofit ou rehabilitation* |
|---|---|---|---|---|---|
| [De] | | (Cheng and Ma 2013) ← | | → | X |
| [So] | (Kim and Park 2013)<br>(Park and Kim 2014)<br>→logements au RU | (Roorda and Liu n.d.)<br>→ Galerie d'art de l'Alberta | | | |
| [Ge] | (Sheth et al. 2010)<br>→dans un contexte hospitalier | | (Vital and Cory 2015)<br>→après numérisation d'un bâtiment d'environ un siècle | | |
| [Bi] | (Ilter and Ergen 2015) | | | | |
| [RE] | (Alwan 2015)<br>(Blenkarn 2015)<br>(Gholami et al. 2013) | (Aldanondo et al. 2014)<br>(Di Mascio and Wang 2013)<br>(Hammond et al. 2014) | (Alliata 2015)<br>(Cimino and Colombo 2015)<br>(Elmani 2015)<br>(Guo et al. 2014)<br>(Miller 2014)<br>(Gholami et al. 2015)<br>(Bu et al. 2015) | (Lagüela et al. 2013) ← | → X<br>(Giuda et al. 2015) |
| [WBS] : | | (Cha and Lee 2014)<br>→ Budget de 6,3 $10^9$ KRW soit environ 4,7 million d'€ | | | |
| [OB] | | (Lin 2012) | | | |
| [4D] | | | (Chaves et al. 2015) →habitat social, ensemble de 7 maisons | | |
| [Pr] | | (Peabody and Coffin 2008)<br>→locaux University of California San Francisco | | | |
| [SCo] | | | (Ghosh 2015)<br>→Projet de 400 million de $ | | |
| [St] | (Ahmad 2014) | | | | |
| [Se] | | | | (Georgiou et al. 2014)<br>(Charalambos and Dimitrios 2014) | |

**Tableau 1 : Synthèse des publications issues des bases de données GS et SD comportant BIM et « renovation » ou « refurbishment » ou « rehabilitation » ou « retrofit » dans le titre**

Détails des sujets majeurs présents dans le tableau 1 :

[De] : Estimation du volume de déchets avant rénovation ou destruction
[So] : Etude et sondages concernant les intérêts et des freins à l'introduction du BIM dans la rénovation
[Ge] : Vision très généraliste des intérêts du BIM et des objectifs de la rénovation (confort, esthétique, énergie, aide au choix…)
[Bi] : Synthèse Bibliographique des publications scientifiques ayant pour mot clef « *BIM, Maintenance, Refurbishment, renovation Facility Management ou Retrofit* »
[RE] : Maquette numérique et rénovation environnementale
[WBS] : Gains financiers et de planification obtenus en décomposant les tâches selon le principe du Work Breakdown Structure (WBS) défini par le PMI ( Project Management Institute).
[OB] : Etude des gains obtenus à Taipei sur des constructions de type « open building » grâce au BIM en travaillant sur les approvisionnements, sur la disponibilité des plans et les quantifications automatiques
[4D] : Gains liés à la 4D
[Pr] : Gains liés à la préfabrication
[SCo] : Etudes des gains dans le cadre d'un site produisant des semi-conducteurs
[St] : Standardisation des espaces et des équipements, optimisation Coûts/délais/qualité dans le contexte à « gros budgets » du milieu hospitalier au Royaume-Uni
[Se] : Estimation des dommages et des coûts de rénovation en cas de séisme.

Ce bilan, même partiel puisque toute les bases de données n'ont pas été interrogées, a deux vertus. Il justifie le choix qui a été fait en introduction de considérer 5 mots clefs de façon assez « ouverte », et il souligne bien également que le secteur de la rénovation n'est pas le cœur de cible des applications BIM, avec seulement 30 publications spécifiquement dédiées à ce secteur sur des milliers publiées ces 15 dernières années. (Ilter and Ergen 2015) [Bi] avaient obtenu 5 résultats sur 500 articles en interrogeant d'autres BDD. Le tableau 1 révèle également une vision restreinte du secteur de la rénovation puisque près de 50% des publications visent l'optimisation énergétique.
Par la suite, notre recherche sera complétée par une analyse des autres avancées et développements susceptibles d'intéresser la construction de bâtiments neufs comme la rénovation de bâtiments anciens.

### 3.2 Publications BIM applicables en rénovation sous certaines conditions

En introduction les travaux de (Volk et al. 2014), Figure 4, résument assez bien ce que peuvent être les cas de figure à considérer.

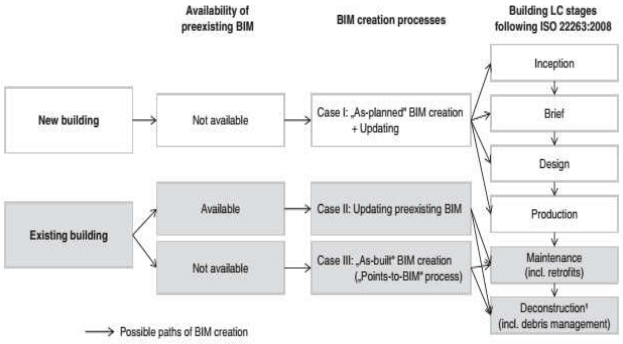


**Figure 4 : Synthèse par (Volk et al. 2014) du processus de création de la maquette BIM au regard du cycle de vie d'une construction neuve ou existante.**

En rénovation, la maquette numérique est une technologie trop récente pour être a priori disponible. Il conviendra donc de la construire à l'image du bâtiment existant. On parle alors de maquette « *As-Built* ». C'est une tâche complexe en raison des imperfections du bâtiment réel, et cette restitution met en œuvre diverses solutions de numérisation décrites notamment par (Landrieu et al. 2013) ou (Volk et al. 2015). Pour améliorer la précision et la rapidité de cette acquisition, de nombreuses solutions tendent à se développer comme la reconnaissance d'objets et l'insertion/prévision automatique des objets invisibles (Tang et al. 2010). Les professionnels développent également des moyens de relevés toujours plus innovants dont ils vantent la performance, l'ergonomie et la précision. (3dlasermapping 2015) propose, par exemple, un procédé d'acquisition permettant l'obtention de 43200 points par seconde avec une précision annoncée de +/- 0,1% et ne nécessitant qu'un simple déplacement, appareil en main, à l'intérieur du bâtiment. La maîtrise de ces solutions de réingénierie n'est toutefois réalisable qu'au prix d'importants investissements financiers (directs ou indirects : mains d'œuvre à former par exemple).
D'après (Nath et al. 2015), la préfabrication sera facilitée dans les cas où une maquette BIM préexistera ou même lorsque celle-ci sera créée de toutes pièces. (Larsen et al. 2011) considèrent même que des gains de temps seront réalisables grâce à l'amélioration de la planification ou à l'optimisation énergétique en travaillant sur les choix de matériaux. Ce dernier aspect est l'un des plus souvent évoqués. Il est abordé selon différents volets : la simulation et l'optimisation d'éclairage (Khosrowshahi and Alani 2011), le développement d'applications d'optimisation d'investissement s'appuyant sur les fichiers au format IFC (Ahn et al. 2014) (Di Mascio and Wang 2013), l'étude de « simulateurs » permettant la visualisation et le suivi de travaux sur tablettes, (Nicolas et al. 2013) pour la rénovation de bâtis classés monuments historiques. Outre les gains déjà présentés dans le tableau 1, cette liste de développements serait incomplète sans aborder d'autres exemples dont l'amélioration possible de la sécurité des collaborateurs au cours des travaux (Wang et al. 2015), de la gestion des approvisionnements (Ibem and Laryea 2014), d'optimisation de la maintenance du bâtiment (Motawa and Almarshad

2013), ou d'optimisation de l'occupation d'espace de type *bureau* en vue de travaux (Yee P 2013)

Toutefois, il faut souligner le paradoxe qui se pose ici : pour être en mesure d'exploiter tout ou partie de ces innovations technologiques, il faut posséder et maitriser un logiciel BIM et la maquette numérique du bâtiment concerné ou les outils de numérisation permettant de l'établir. Or la majorité des entreprises concernées ne paraissent pas en avoir les moyens. L'exécution de travaux de rénovation est, en effet, en grande majorité, le fruit en France d'entreprises dont la taille moyenne est de 2,5 salariés. Ces applications et les gains escomptés sont-ils donc réels et véritablement à la portée des artisans acteurs de ce secteur ? Sont-ils assurés de rentabiliser leur passage à la 3D ? L'ensemble des secteurs de la rénovation (couverture, CVC : *Chauffage, Ventilation et Climatisation*, plomberie sanitaire etc.) présentés Figure 3, sont-ils tous concernés et de manière systématique ? La suite de cet article tentera de répondre en partie à toutes ces interrogations.

### 3.3 Le BIM et les TPE (Très petites entreprises de moins de 10 salariés) en rénovation

Beaucoup de données mettent en lumière des gains obtenus grâce au BIM. Cette partie a pour objectif de vérifier celles qui concernent concrètement les TPE en rénovation. Il semble également pertinent de se demander comment ces dernières pourront passer le cap et convertir leurs entreprises au BIM, et tout simplement si les professionnels seront tentés de le faire.

Pour promouvoir le BIM, et justifier son déploiement, la FFB (Fédération Française du Bâtiment) évoque dans son rapport (Léglise et Ferriès 2009) les coûts des défauts d'interopérabilité. Ces derniers sont au minimum, de 35 €/m2 en construction pour les entreprises, et de 2,3 €/m2/an en exploitation pour les Maîtres d'ouvrage et les gestionnaires de patrimoine. Toutefois, rien dans ce rapport n'évoque le contexte de la rénovation.

Bien d'autres chiffrages attestent de la rentabilité et des gains d'interopérabilité mais ces derniers sont très souvent réalisés dans des contextes éloignés de notre champ de recherche. On trouve, en effet, des travaux s'appuyant sur de nouvelles constructions (Eastman et al. 2011) p 346, évoquant la nécessité d'investir dans 13 stations de travail BIM. (Barlish and Sullivan 2012) détaillent les gains obtenus dans le cadre de travaux réalisés au sein d'une entreprise de semi-conducteurs et avec une expérience en BIM de plus de 10 ans. 3 cas d'études de plusieurs centaines de milliers de $ sont à l'origine de l'étude de (Azhar 2011). 6 articles présentés dans le Tableau 1 concernent des programmes et des budgets « hors du commun » pour une entreprise artisanale caractéristique du secteur de la rénovation.

Sans parler des solutions de numérisation qui, pour des raisons financières et techniques, restent pour l'instant hors de portée de la majorité des TPE en France, le simple coût des licences BIM et des équipements pour passer de la 2D à la 3D pose question. (Delcambre 2014) évoque une fourchette de 8000 à 15000 € selon CINOV, sans parler des heures de formations nécessaires à la maitrise de ces outils numériques.

Un chef d'entreprise ou un utilisateur convaincu ne pourra par ailleurs que constater, en questionnant le menu « rechercher » de sites tels que buildingsmart.org, nationalbimstandard.org ou mediaconstruct.fr, qu'aucun article, conseil ou recommandations concernant le secteur de la rénovation n'est disponible en réponse aux mots clefs « Refurbishment », « Renovation », « restoration ». Les témoignages dans la presse ou sur internet émanent pour la plupart de grands groupes et tous font la part belle aux expériences dans le secteur du neuf. Les expériences évoquant la rénovation sont généralement plus mitigées comme celle publiée récemment dans Les Cahiers Techniques du Bâtiment (Rochard 2015) qui confirment nos interrogations et remarques sur ce monde à deux vitesses et le temps perdu par les TPE pour se former et tenter de passer au numérique. Pour simplifier certaines démarches de capitalisation, des solutions numériques commencent à voir le jour, comme l'application GISELE, mémoire technique de la construction et guide d'information sur le bon usage des équipements (QUALITEL 2016). Cette dernière, développée par l'association Qualitel en 2010 et mise à l'essai depuis, permet des échanges et du stockage d'informations pour des logements sociaux ou des copropriétés « neuves » ayant obtenu un label énergétique délivré par CERQUAL. Cette base de données pourra ensuite être utilisée à des fins de rénovation ou d'entretien de ces mêmes logements. Cette application ne concerne toutefois que des constructions récentes et elle n'est actuellement pas compatible avec des logiciels BIM. Il est difficile, dans ces conditions, de parler de tremplin vers le BIM. C'est une expérience supplémentaire qui peut être perçue comme encourageante par certains acteurs, ou incitant à la prudence pour d'autres, selon la « maturité » de leur entreprise.

Conscient du retard pris par le secteur de la rénovation, signalons enfin qu'en France, le Ministère du logement, de l'égalité des territoires et de la ruralité, tente d'inverser la tendance. Pour faciliter l'accès au numérique aux TPE, il a en effet lancé un Recensement d'Initiatives concernant le carnet numérique de suivi et d'entretien du logement et a également édité en juin 2015 sa « feuille de route opérationnelle » (Ministère du Logement, de l'Égalité des territoires et de la Ruralité 2015) insistant sur la nécessité « *d'embarquer dans le numérique tous les acteurs du bâtiment, et notamment les entreprises artisanales du secteur (moins de 10 salariés) qui représentent 98 % des entreprises*». Nous ne sommes bien là qu'au début d'un défi organisationnel et technologique majeur.

Par conséquent, il est bel et bien difficile d'affirmer à ce stade de la recherche si l'investissement est à la portée de ces TPE et doit être rendu systématique. De nombreuses solutions nécessitent de posséder la maquette de l'édifice ou de la reconstruire mais la question de la faisabilité et de la rentabilité des investissements nécessaires reste largement discutable en rénovation. Des

solutions ou des intentions voient le jour mais on peut s'attendre pour l'instant à ce que seuls quelques précurseurs, incités d'ailleurs à faire part de leurs expériences, aient suffisamment d'assurance et de confiance pour se lancer.

## 4 BESOIN D'UN MODELE DE MATURITE

Les parties précédentes ont donc révélé un manque certain de données quant à l'introduction et au déploiement du BIM en rénovation.

Les données existantes aujourd'hui, notamment pour le marché français, ne permettent pas de définir ce que sont les priorités d'un chef d'entreprise en rénovation. Ce dernier pourra s'interroger entre le passage à la maquette numérique ou l'obtention de labels reconnus du public et de sa clientèle. Il a d'ailleurs été rappelé dans cet article qu'il trouvera sur Internet assez peu de conseils ou d'aides spécifiques à son activité en vue du déploiement du BIM au sein de son entreprise.

Les besoins de la profession sont variés mais il n'y a pas de trace de l'ensemble des processus métiers ou cas de figure pouvant se présenter. Il est difficile d'affirmer dans ces conditions que les produits BIM disponibles sur le marché correspondent à l'ensemble des besoins de terrain. Cette diversité des métiers et des activités est également peu prise en compte dans les développements et études scientifiques puisque près de 50% de ces dernières concernent la seule rénovation environnementale.

Les éditeurs de logiciels eux-mêmes dans (Hovorka and Mit 2014) soulignent « *que le principal frein au développement actuel d'outils BIM n'est pas technique mais porte sur la connaissance des besoins et des attentes de chaque acteur* ». L'étude de (Miettinen and Paavola 2014), reprend également ce point en rappelant l'intérêt de mener les développements avec et pour les utilisateurs ; elle prédit également une évolution lente et nécessaire d'environ 20 ans dans le cadre de la construction neuve, dans une logique d'évolution pas à pas, de terrain, en capitalisant progressivement. Le BIM doit s'adapter à ces réalités autant que le milieu doit s'adapter au BIM, ce qui justifie la suite de nos travaux

Les autres mises en avant du BIM en rénovation concernent souvent, comme l'indique le tableau 1, des chantiers ou des programmes de réhabilitation hors de portée de la grande majorité des TPE qui constituent le noyau dur des entreprises en rénovation. De nombreuses attentes ou développements sont également encore à imaginer pour satisfaire, aider et convaincre les professionnels du secteur d'investir dans la maquette numérique. (Hartmann and Fischer 2009) ajoutent d'ailleurs à ce sujet qu'il existe bien évidemment des risques de résistance au changement, lors de l'implantation de solutions numériques dans le bâtiment. Ils insistent donc sur la nécessité de travailler au plus près du terrain lors du développement.

La numérisation est souvent évoquée et de nombreuses solutions voient le jour ou sont imaginées par la communauté scientifique. Toutefois, les informations concernant les proportions de travaux de rénovation nécessitant l'intervention de géomètres et/ou d'architectes d'intérieur capables de réaliser ces relevés, font défaut. Il est difficile d'identifier quelles sont les spécificités des entreprises qui auront les moyens et sauront sans cela effectuer ces relevés. Il est également délicat d'identifier la proportion de travaux nécessitant même une numérisation et qui ne verront pas leurs coûts s'envoler en raison de ces nouvelles technologies et des investissements qu'elles requièrent. La présence et le rôle d'un coordinateur BIM dans le secteur de la rénovation n'est, par ailleurs, jamais débattue ou évoquée dans les publications présentées dans cet article, alors que son rôle est essentiel.

On constate donc ici que les professionnels de la rénovation n'ont pas aujourd'hui et n'auront pas dans les années à venir, tous les mêmes besoins, les mêmes compétences. Ils n'aspireront pas tous au même niveau de maitrise des outils mis à leur disposition. La rénovation ne peut pas et ne pourra jamais, en effet, être résumée par un processus normatif et unique. Envisager pour tous un même processus optimal n'est donc ni réaliste ni cohérent. Par conséquent, pour accélérer la mutation numérique des entreprises et mieux cartographier les situations qui coexistent (et celles qui pourraient coexister demain), l'élaboration d'un référentiel de maturité -adaptable à chacune des situations uniques que fait naitre la rénovation- parait pertinente. Pour l'élaborer, il sera nécessaire de référencer les meilleures pratiques mises en place par les professionnels ; ce qui, par ailleurs, permettra d'éclairer tout ou partie des questions qui se posent encore d'un point de vue scientifique. Cette notion de maturité a été créée pour caractériser et évaluer, au sein d'une organisation, le degré de maîtrise des processus et des outils qu'elle utilise. La caractérisation de la maturité se traduit par des niveaux, en général de 1 à 5 : pour chacun d'entre eux, on identifie les activités, l'organisation et les outils types. Cette maturité peut être utilisée par l'entreprise comme une grille de lecture pour déterminer la qualité de sa maîtrise. Cette note permet ainsi, dans un premier temps, de se comparer aux marchés puis, dans un second temps d'établir un chemin de progression. Voilà pourquoi ce mode de représentation du niveau de maturité d'une entreprise et de l'effort qu'elle doit fournir pour atteindre progressivement le niveau de maturité supérieur constitue assurément une aide essentielle qu'il conviendra, dans la suite de nos travaux d'analyser plus profondément. Cette profession doit, en effet, être accompagnée dans cette mutation technique, organisationnelle et numérique car les parts de Marché de ce secteur sont aujourd'hui majeures au regard de l'ensemble du secteur de la construction et le resteront encore longtemps en France. 55% des résidences principales ont, en effet, plus de 40 ans. Parmi elles, 25% ont été construites avant 1949 (FNAIM 2014). Selon le Commissariat général au Développement durable / Service de l'Observation et des Statistiques, 77,5 % des habitats en France en 2001 sont des habitations individuelles. La rénovation de l'habitat individuel -dans toute sa diversité- s'avère donc être un enjeu capital du BIM de demain.

## 5 CONCLUSION

Cet article a permis de mettre en exergue la non exhaustivité des données et des informations à notre disposition pour convertir le secteur de la rénovation au BIM, dont l'importance en termes d'activités et de CA a été rappelée ici pour un pays tel que la France. Faire évoluer les pratiques par le BIM et le BIM en lui-même, pour le rendre plus efficient en rénovation, constitue une opportunité et un défi stimulants. Une réflexion plus complète sur les processus métiers en rénovation devra donc être conduite pour tenter de mieux cerner les besoins et spécificités des acteurs de ce marché. A court terme, il est prévu d'adapter ou de construire un référentiel de maturité approprié, pour préciser le positionnement des TPE de la rénovation vis-à-vis du marché, des partenaires, des éditeurs de logiciels, et pour cibler par la suite les actions à conduire.

## 6 REFERENCES


3DLASERMAPPING. ZEB1 [en ligne]. Disponible sur : <http://www.3dlasermapping.com/zeb1-indoor-mapping/> (Oct. 12, 2015).

AFNOR. Maintenance - États de référence des biens : vocabulaire des activités de rénovation et de reconstruction Maintenance - Reference conditions for items : vocabulary of renovation and reconstruction activities. NF X50-501 Paris : ANOR, 2007

AFNOR. Maintenance. Terminologie de la maintenance. NF EN 13306. Paris : AFNOR, 2010

Ahmad, A. M. (2014). "The use of refurbishment, flexibility, standardisation and BIM to support the design of a change-ready healthcare facility." Thesis, © Ahmad Mohammad Ahmad.

Ahn, K.-U., Kim, Y.-J., Park, C.-S., Kim, I., and Lee, K. (2014). "BIM interface for full vs. semi-automated building energy simulation." *Energy and Buildings*, The 2nd International Conference on Building Energy and Environment (COBEE), 2012, University of Colorado at Boulder, USA, 68, Part B, 671–678.

Aldanondo, M., Barco-Santa, A., Vareilles, E., Falcon, M., Gaborit, P., and Zhang, L. (2014). "Towards a BIM Approach for a High Performance Renovation of Apartment Buildings." *Product Lifecycle Management for a Global Market*, IFIP Advances in Information and Communication Technology, S. Fukuda, A. Bernard, B. Gurumoorthy, and A. Bouras, eds., Springer Berlin Heidelberg, 21–30.

Alliata, A. (2015). "Involucri innovativi per il retrofit energetico - Pametrizzazione BIM e applicazione di un sistema tecnologico sperimentale." Doctoral dissertation, Politecnico di Torino.

Alwan, Z. (2015). "A proposal for a BIM performance framework for the maintenance and refurbishment of housing stock." *Structural Survey*.

AZHAR, S. (2011). "Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry." *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 241–252.

Barlish, K., and Sullivan, K. (2012). "How to measure the benefits of BIM — A case study approach." *Automation in Construction*, 24, 149–159.

Blenkarn, N. (2015). "Building Information Modelling (BIM) for refurbishment." *Journal of Building Survey, Appraisal & Valuation*, 4(1), 55–62.

Bu, S., Shen, G., Anumba, C. J., Wong, A. K. D., and Liang, X. (2015). "Literature review of green retrofit design for commercial buildings with BIM implication." *Smart and Sustainable Built Environment*, (P. Geoffrey Shen, ed.), 4(2), 188–214.

CAPEB. Artisanat du bâtiment LES CHIFFRES CLÉS 2015. [En ligne]. Disponible sur : <http://www.capeb.fr/media/document/chiffre-cles-2015-v4.pdf> (june. 7, 2016).

CAU, E., and POUGET, A. Rapport final du groupe de travail: RENOVATION DES LOGEMENTS : DU DIAGNOSTIC A L'USAGE INVENTONS ENSEMBLE LA CARTE VITALE DU LOGEMENT. [En ligne]. Disponible sur : <http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Rapport_-_Construisons_ensemble_la_carte_vitale_du_logement_VD.pdf> (may. 29, 2016).

Cha, H. S., and Lee, D. G. (2014). "A case study of time/cost analysis for aged-housing renovation using a pre-made BIM database structure." *KSCE Journal of Civil Engineering*, 19(4), 841–852.

Charalambos, G., and Dimitrios, V. (2014). "Damage Assessment, Cost Estimating, and Scheduling for Post-Earthquake Building Rehabilitation Using BIM." *Proceedings of the 31st International Conference of CIB W78, Orlando, Florida, USA, 23-25 June, 398-405*.

Chaves, F., Tzortzopoulos, P., Formoso, C., and Shigaki, J. S.-I. (2015). "Using 4D BIM in the Retrofit

Process of Social Housing." conference, Lecce, Italy.

Cheng, J. C. P., and Ma, L. Y. H. (2013). "A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning." *Waste Management*, 33(6), 1539–1551.

Cimino, S., and Colombo, M. (2015). "BIM and interoperability : the lighting retrofit of Palazzo di Città in Turin." Doctoral dissertation, Politecnico di Torino.

Delcambre, B. (2014). *rapport mission numerique batiment*. [En ligne]. Disponible sur : http://www.territoires.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_mission_numerique_batiment.pdf, <http://www.territoires.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_mission_numerique_batiment.pdf> (Sep. 19, 2015).

Dupin, P. (2014). *Le lean appliqué à la construction: comment optimiser la gestion de projet et réduire coûts et délais dans le bâtiment. 5.1 Maitrise d'ouvrage : IPD p.49-55*. Editions Eyrolles.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. John Wiley & Sons.

Elmani, A. H. (2015). "A Framework for Benchmarking Energy Retrofit Systems through Building Information Modeling (BIM)." Thesis.

FNAIM. Bilan FNAIM des marchés du logement en 2014. [En ligne] Disponible sur : <http //www.fnaim.fr/cms_viewFile.php?idtf=1890&path=d3%2F1890_370_FNAIM-Logement_en_France-2014-publication-mars-2015-.pdf> (Feb. 8, 2016).

Georgiou, C., Christodoulou, S., and Vamvatsikos, D. (2014). "BIM-based damage assessment and scheduling for post-earthquake building rehabilitation." *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction*, CRC Press, 187–193.

Gholami, E., Kiviniemi, A., Kocaturk, T., and Sharples, S. (2015). "Exploiting BIM in Energy Efficient Domestic Retrofit: Evaluation of Benefits and Barriers." Tokyo, Japan.

Gholami, E., Sharples, S., Abrishami, S., and Kucaturk, T. (2013). "Exploiting BIM in energy efficient refurbishment:a paradigm of future opportunities." *PLEA2013*, W. Lang, ed., Fraunhofer IRB Verlag, Munich, Germany, 1–6.

Ghosh, A. (2015). "Analyzing the Impact of Building Information Modeling (BIM) on Labor Productivity in Retrofit Construction: Case Study at a Semiconductor Manufacturing Facility." Thesis, ARIZONA STATE UNIVERSITY.

Giuda, G. M. D., Villa, V., and Piantanida, P. (2015). "BIM and Energy Efficient Retrofitting in School Buildings." *Energy Procedia*, 6th International Building Physics Conference, IBPC 2015, 78, 1045–1050.

Guo, L., Bu, S. S., Zhu, Z. G., Su, Y. F., and Liang, X. (2014). "The Research of BIM Theory Applied in Decision Making of Commercial Building Green Retrofit." *Applied Mechanics and Materials*, 667, 68–71.

Hammond, Nawari, and Walters. (2014). "BIM in Sustainable Design: Strategies for Retrofitting/Renovation." *Computing in Civil and Building Engineering (2014)*, American Society of Civil Engineers, 1969–1977.

Hartmann, T., and Fischer, M. (2009). "A process view on end-user resistance during construction IT implementations." *ITcon: Special Issue Next Generation Construction IT: Technology Foresight, Future Studies, Roadmapping, and Scenario Planning*, 14, 353–365.

Hovorka, F., and Mit, P. (2014). Plan Bâtiment Durable Rapport groupe de travail BIM et Gestion du patrimoine. [En ligne]. Disponible sur : <http://www.planbatimentdurable.fr/publication-du-rapport-final-bim-et-gestion-du-a790.html> (Jan. 20, 2016).

Ibem, E. O., and Laryea, S. (2014). "Survey of digital technologies in procurement of construction projects." *Automation in Construction*, 46, 11–21.

Ilter, D., and Ergen, E. (2015). "BIM for building refurbishment and maintenance: current status and research directions." *Structural Survey*, 33(3), 228–256.

Insee. (2015). "Les entreprises en France." <http://www.insee.fr/fr/ffc/docs_ffc/ENTFRA15.pdf> (Aug. 2, 2016).

Insee. (2016). "Nombre de défaillances d'entreprises par date de jugement - Cumul brut glissant sur 12 mois - France - Construction." *Bases de données Insee*,

<http://www.bdm.insee.fr/bdm2/index> (Dec. 2, 2016).

ISO. Conception de l'environnement des bâtiments -- Environnement intérieur -- Principes généraux. ISO 16813:2006. Genève : ISO, 2006

ISO. (2010). " 'Bases du calcul des constructions -- Évaluation des constructions existantes. ISO 13822:2010. Genève : ISO, 2010

ISO. Systèmes de canalisations en plastique pour la rénovation des réseaux de branchements et de collecteurs d'assainissement enterrés sous pression. ISO 11297-1:2013. Genève : ISO, 2013

ISO. Évaluation sismique et réhabilitation de structures en béton. ISO 16711:2015. Genève : ISO, 2015

Khosrowshahi, F., and Alani, A. (2011). "Visualisation of impact of time on the internal lighting of a building." *Automation in Construction*, Building Information Modeling and Changing Construction Practices, 20(2), 145–154.

Kim, K. P., and Park, K. S. (2013). "BIM Feasibility Study For Housing Refurbishment Projects In The UK." *Organization, Technology & Management in Construction: An International Journal*, 5(Special), 765–774.

Lagüela, S., Díaz-Vilariño, L., Martínez, J., and Armesto, J. (2013). "Automatic thermographic and RGB texture of as-built BIM for energy rehabilitation purposes." *Automation in Construction*, 31, 230–240.

LANDRIEU, J., PÈRE, C., NUGRAHA BAHAR, Y., and NICOLAS, G. (2013). "Représentation hybride du modèle numérique pour la gestion d'un patrimoine bâti dit ancien." Confere 2013.

Larsen, K. E., Lattke, F., Ott, S., and Winter, S. (2011). "Surveying and digital workflow in energy performance retrofit projects using prefabricated elements." *Automation in Construction*, 20(8), 999–1011.

Léglise, M., and Ferriès, B. (2009). "Evaluation 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." <http://lra.toulouse.archi.fr/club-des-usag-es/file.php/1/Documentation/Rapp_Final_FFB_35.pdf> (Dec. 20, 2015).

Lin, C. (2012). "BIM-SCM-RFID Oriented Study for Open Building Renovation-The Old Building Case Study." Master's Thesis.

Di Mascio, D., and Wang, X. (2013). "Building information modelling (BIM)-supported cooperative design in sustainable renovation projects." *Cooperative Design, Visualization, and Engineering*, Springer, 205–212.

Miettinen, R., and Paavola, S. (2014). "Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling." *Automation in Construction*, 43, 84–91.

Miller, C. (2014). "Bim-Extracted Energyplus Model Calibration for Retrofit Analysis of a historically listed Building in Switzerland." ASHRAE, 331–338.

Ministère de l'agriculture et de la pêche. (2001). *Guide de valorisation du patrimoine rural*. Ministère de l' agriculture.

Ministère du Logement, de l'Égalité des territoires et de la Ruralité. (2015). "FEUILLE DE ROUTE OPÉRATIONNELLE." <http://www.batiment-numerique.fr/uploads/PDF/PTNB%20-%20Feuille%20de%20route%20operationnelle.pdf> (Nov. 30, 2015).

Ministère français de l'industrie, des postes et télécommunications et du commerce extérieur. (2016). *Arrêté du 21 décembre 1993 précisant les modalités techniques d'exécution des éléments de mission de maîtrise d'oeuvre confiés par des maîtres d'ouvrage publics à des prestataires de droit privé (consolidée au 5 février 2016)*.

Motawa, I., and Almarshad, A. (2013). "A knowledge-based BIM system for building maintenance." *Automation in Construction*, 29, 173–182.

Nath, T., Attarzadeh, M., Tiong, R. L. K., Chidambaram, C., and Yu, Z. (2015). "Productivity improvement of precast shop drawings generation through BIM-based process re-engineering." *Automation in Construction*, 54, 54–68.

NICOLAS, G., LANDRIEU, J., NUGRAHA BAHAR, Y., and Père, C. (2013). "Hybrid representation of digital mockup for heritage buildings management." *XXIV International CIPA Symposium*, Strasbourg, France, 453–457.

Park, K. S., and Kim, K. P. (2014). "Essential BIM Input Data Study for Housing Refurbishment: Home-

owners' Preferences in the UK." *Buildings*, 4(3), 467–487.

Peabody, E., and Coffin, C. (2008). "BIM Augments Sustainability in UCSF Laboratory Renovation: A Case Study in Sustainable BIM Use." *Sustainability Conference*.

QUALITEL. GISELE L'EXTRANET DU LOGEMENT [En ligne] Disponible sur : <http://www.qualite-logement.org/certification-et-labels/gisele-lextranet-du-logement.html> (Oct. 1, 2016).

Rochard, U. La fièvre du BIM. *Les Cahiers techniques du batiment*, 2015, 345, p. 138.

Roorda, D., and Liu, K. M. (n.d.). "Implementation of Building Information Modeling (BIM) on the Renovation of the Art Gallery of Alberta in Edmonton, Alberta." *Structures Congress 2008*, American Society of Civil Engineers, 1–15.

Rosenfeld, Y., and Shohet, I. M. (1999). "Decision support model for semi-automated selection of renovation alternatives." *Automation in Construction*, 8(4), 503–510.

Sheth, A. Z., Price, A. D. F., and Glass, J. (2010). "BIM and refurbishment of exisiting healthcare facilities." Proceedings 26th Annual ARCOM Conference.

Succar, B. (2009). "Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders." *Automation in Construction*, 18(3), 357–375.

Tang, P., Huber, D., Akinci, B., Lipman, R., and Lytle, A. (2010). "Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques." *Automation in Construction*, 19(7), 829–843.

Teo, E. A. L., and Lin, G. (2011). "Determination of strategic adaptation actions for public housing in Singapore." *Building and Environment*, 46(7), 1480–1488.

Vital, R., and Cory, J. (2015). "Digital Documentation integrated in BIM for Building Reuse and Sustainable Retrofit." *CAADRIA 2015 / Daegu 20-22 May 2015, pp. 407-416*.

VOLK, R., SEVILMIS, and SCHULTMANN. (2015). "Deconstruction project planning based on automatic acquisition and reconstruction of building information for existing buildings."

Volk, R., Stengel, J., and Schultmann, F. (2014). "Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs." *Automation in Construction*, 38, 109–127.

Wang, J., Zhang, S., and Teizer, J. (2015). "Geotechnical and safety protective equipment planning using range point cloud data and rule checking in building information modeling." *Automation in Construction*, 30th ISARC Special Issue, 49, Part B, 250–261.

Yee P, F. M. (2013). "Automated identification of occupant interactions in renovations of occupied buildings." *ITcon Vol. 18, pg. 182-213* (Feb. 28, 2016).