

Enrichissement des modèles BIM par l'évaluation des enveloppes des bâtiments pour une réhabilitation/déconstruction durable

Résumé du sujet de thèse

Face aux enjeux énergétiques et environnementaux, la rénovation des bâtiments existants constitue une part considérable pour atteindre les objectifs de réduction de la consommation d'énergie. La conception et la réalisation de ces travaux de réhabilitation, ainsi que les travaux de maintenance reposent sur la qualité des informations disponibles dans la maquette numérique de bâtiments (dites maquettes BIM). En effet, cette dernière est désormais largement utilisée en phase de construction. Ces modèles permettent de simuler numériquement les phases du cycle de vie de l'ouvrage et d'en optimiser, par exemple, la gestion de la maintenance (cas du BIM GeM - gestion exploitation maintenance). A ce jour, dans le cadre d'une opération de réhabilitation ou de déconstruction d'un bâti, les modèles numériques sont souvent créés a posteriori par des campagnes de numérisation (scan). Une fois ces (coûteux) modèles reconstruits, les informations qu'ils contiennent sont liées à la peau du bâtiment et ne permettent pas de connaître la composition, par exemple, des parois de l'édifice. L'objectif de ce projet est d'évaluer, par une méthode non destructive donc sans démontage des parois, la composition des enveloppes du bâti afin d'enrichir sa maquette BIM en vue de planifier et d'optimiser la réhabilitation/déconstruction durable de celui-ci. C'est une 1^{ère} étape vers la création d'un Jumeau Numérique de Smart-Building dédié à la réhabilitation des ouvrages.

Partenaires du projet

ENSAM Paris – laboratoire LCPI (lieu de thèse)
Université de Bordeaux – laboratoire I2M

Problématique scientifique

Les maquettes numériques de bâtiments (dites maquettes BIM pour Building Information Modeling) sont désormais largement utilisées en phase de construction. Le BIM révolutionne la gestion des installations et ouvre de nouvelles perspectives. De nos jours, le BIM est essentiellement utilisé dans la phase de planification d'un projet de construction et permet aux parties prenantes de gérer la complexité ainsi que la collaboration entre les parties prenantes du projet, autour d'une donnée unifiée. La planification, la construction, l'entretien et le développement peuvent être réunis en un seul processus global. Cela permet notamment aux prestataires de services d'accroître leur efficacité. Ces modèles permettent également de simuler numériquement les phases du cycle de vie de l'ouvrage et d'en optimiser, par exemple, la gestion de la maintenance (cas du BIM GeM - gestion exploitation maintenance) ou la phase de déconstruction.

A ce jour, dans le cadre d'une opération de réhabilitation ou de déconstruction d'un bâti, les modèles numériques sont souvent créés a posteriori par des campagnes de numérisation (scan). Une fois ces modèles reconstruits, les informations qu'il contient sont liées à la peau du bâtiment et ne permettent pas de connaître la composition, par exemple, des parois de l'édifice. En effet, les niveaux de détails nécessaires à une réhabilitation maîtrisée (ISO 19650 ; LOD&LOIN300) ne sont pas disponibles dans la maquette BIM dédiée aux phases de réhabilitation/déconstruction [1]. Par conséquent, aucune information précise sur la composition de la paroi ne peut être extraite de ces mesures. La maquette numérique ne permet pas donc à elle seule de donner la composition et les positions des éléments qui composent les parois d'un bâtiment en service. Il est donc nécessaire de développer de nouveaux outils qui permettent d'alimenter les maquettes numériques avec des informations sur la composition de la paroi sans la démonter par l'utilisation des méthodes non destructives.

L'objectif de cette thèse est d'évaluer, par une méthode non destructive, la composition des enveloppes du bâti afin d'enrichir sa maquette BIM en vue de planifier et d'optimiser la réhabilitation/déconstruction durable de celui-ci.

Une fois le modèle BIM de l'ouvrage enrichi de données liées à la paroi, celui-ci pourra servir à anticiper les phases de réhabilitation ou de déconstruction. En particulier, la connaissance de la composition des parois permettra une gestion optimisée des étapes clés de la déconstruction : anticipation des étapes de curage et décontamination, déconstruction, tri des déchets en vue de leur valorisation/recyclage, etc.

A notre connaissance, cet usage de la maquette BIM n'a pas encore été envisagé. L'état de l'art montre que certains éditeurs mentionnent l'aide apportée en phase de construction uniquement « Le jumeau numérique a généré d'autres idées au sein de l'équipe projet sur place, notamment celle de déterminer si le modèle pouvait être utilisé pour vérifier la faisabilité de la construction et identifier les lacunes avant de commencer les travaux », et qui conduit alors à la production de « simulations de méthodes de construction (Construction Method Simulation) » [2]. L'utilisation de méthodes non destructives pour cette application reste aussi très marginale avec des applications de la thermographie infrarouge par exemple qui montre une difficulté à remonter à la composition d'une paroi. Cependant, les travaux récents ont montré le potentiel de la technique électromagnétique radar pour reconstruire la composition d'une paroi.

Ce projet est également une 1^{ère} brique technologique vers la création d'un Jumeau Numérique de la déconstruction qui permettra de simuler des processus, des matériaux et des systèmes mais aussi d'élaborer des scénarios de bâtis, tout en optimisant l'efficacité énergétique. Il pourra notamment intéresser les grands constructeurs et/ou grands éditeurs de logiciels BIM.

Objectifs

Ce projet de thèse a pour objectif de s'appuyer sur les travaux antérieurs du laboratoire LCPI sur :

- a. la définition des maquettes BIM, par exemple avec des moyens LiDAR de reconstructions légers, et donc à forte utilisabilité, tels que ceux embarqués dans les smartphones ou tablettes expérimentés lors de travaux de thèse avec la SNCF[3],
- b. les capteurs IoT à intégrer dans les Smart-Products [4]

afin d'enrichir les modèles BIM de données issues des campagnes expérimentales de mesure de paroi par méthode CND. Ces modèles enrichis serviront de support pluridisciplinaire pour la prise de décision collaborative dans certaines phases clé du projet de construction/gestion exploitation maintenance/déconstruction. Ils seront complétés par des représentations intermédiaires issus de Fabrication Additive afin de tangibiliser les supports de médiation. Afin de permettre un échange efficace entre les 2 laboratoires, des revues de thèse conjointes seront programmées pour échanger et co-construire les expérimentations menées.

Résultats attendus

Les résultats de cette thèse seront embarqués sur un démonstrateur BIM enrichi pour le secteur de la réhabilitation/déconstruction. Le 1^{er} résultat consistera en une proposition méthodologique innovante d'enrichissement des modèles BIM par les données de mesure de paroi par méthode CND. Le 2^{ème} résultat consistera en un outillage de cette méthode (métaphores de représentation des informations, supports utilisés, capteurs, IoT etc...) afin de permettre une prise de décision collaborative en revue de projet de construction/gestion exploitation maintenance/déconstruction.

Profil

Vous êtes titulaire d'un Grade de Master, d'un diplôme d'architecte et/ou d'ingénieur. Vous avez une volonté forte de produire des travaux de recherche sur les sujets relatifs aux BIM dans un contexte industriel. Vous êtes en mesure de prendre en charge des problématiques complexes, incluant des acteurs nombreux. Vous êtes organisé, vous savez faire preuve de prises d'initiatives dans un domaine technique; vous avez de bonnes capacités à communiquer et à argumenter vos choix.

Localisation : Paris

Financement :Carnot

Date de début souhaitée : Novembre 2024

Contact : Pr Frédéric SEGONDS : frederic.segonds@ensam.eu

Bibliographie :

[1] ISO 19650-1:2018, Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM). Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction-Partie 1: Concepts et principes

[2] Article sur le site <https://www.autodesk.com/fr/>

[3] Catharia, O., Richard, F., Vignoles, H., Véron, P., Aoussat, A., & Segonds, F. (2023). Smartphone LiDAR Data: A Case Study for Numerisation of Indoor Buildings in Railway Stations. *Sensors*, 23, 1967. doi: <https://doi.org/10.3390/s23041967>

[4] Briard, T., Jean, C., Aoussat, A., & Véron, P. (2024). Sensors capabilities as a creativity tool for engineering product design. *Journal of Engineering Design*, 1–26. <https://doi.org/10.1080/09544828.2024.2333195>