
Vers une scénarisation non déterministe de l'usage d'un bâtiment

S. THIOUB, O. GRAZIANI, F. SFILIGOÏ TAILLANDIER

samboudiang.thioub@etu.unice.fr, olivier.graziani@ac-nice.fr, franck.taillandier@u-bordeaux.fr.

*Polytech Lab - Université Nice Sophia Antipolis - 930 Route des Colles - BP 145- 06903 Sophia Antipolis – France
Université de Bordeaux, I2M, CNRS UMR 5295, F-33400 Talence, France*

RÉSUMÉ. Cette communication s'intéresse à la modélisation de scénarios d'usages et d'aléas inhérents au bâtiment dans le but d'en estimer les impacts sur des indicateurs tels que la consommation énergétique, la qualité de l'air, le confort thermique, acoustique, ... Pour cela, nous avons utilisé le modèle Li-BIM déjà existant, qui permet de simuler le comportement d'occupants dans un bâtiment, et pour lequel nous avons développé un module additionnel dédié à la formalisation et à la simulation de scénario. Les scénarios sont composés de briques de scénario élémentaires, qui constituent une base de connaissances réutilisables ; ils peuvent être déterministes, stochastiques ainsi qu'interactifs. Le module « Scénario » a été conçu avec un souci de flexibilité permettant de prendre en compte une grande variété de situations (panne de courant, changement des occupants, détérioration des matériaux...). Un exemple d'application est présenté dans cet article afin d'illustrer le fonctionnement du module.

ABSTRACT. This communication is concerned with the modelling of scenario of use and hazards that are inherent to the building in order to estimate their impact on indicators such as energy use, air quality, thermal and acoustic comfort, ... For that purpose, we used the already existing Li-BIM model which enables the simulation of occupants' behaviour in a building, and for which we developed an additional module dedicated to the formalisation and simulation of scenarios. Scenarios are composed of elementary scenario bricks, which constitute a reusable knowledge base; they can be deterministic, stochastic as well as interactive. The Scenario module has been designed with a special care for flexibility to take into account a wide variety of situations (power failure, change of occupants, deterioration of materials...). An application case is presented in this article to illustrate how the module works.

MOTS-CLÉS: Li-BIM, comportement des occupants, scénario d'usage, aléas

KEY WORDS: Li-BIM, occupants' behaviour, scenario of use, hazards

1. Introduction

Dans le cadre des bâtiments performants énergétiquement, le mode de vie des habitants, leur comportement, ainsi que les aléas naturels (e.g. variations météorologiques) et technologiques (e.g. panne électrique) ne peuvent plus être négligés. La non prise en compte des usages et des aléas est une source d'écarts significatifs entre « comportements simulés » issus de la modélisation et « comportements réels » constatés *in Situ* [CAL 16 ; DEL 17]. Si les méthodes de conception actuelles tentent d'y remédier en intégrant des scénarios d'usage, les modélisations des usages et des comportements utilisées sont peu précises et présentent des impacts déterministes [RIN 18]. Afin de répondre à cet enjeu, nous avons développé le modèle Li-BIM [TAI 17], permettant de simuler le comportement d'occupants dans un bâtiment. Ce modèle est structuré autour d'un modèle Agent permettant d'importer une représentation BIM du bâtiment (IFC) et intégrant une architecture cognitive BDI (Belief-Desire-Intention) ainsi qu'un modèle relationnel pour les occupants.

Le modèle Li-BIM permet de simuler le comportement d'occupant dans un bâtiment. Toutefois, il ne propose pas de scénario d'usage. Les occupants dans Li-BIM sont guidés par le modèle cognitif et s'adapte à l'évolution de l'environnement ; on ne peut pas orienter leurs usages et leurs pratiques. De plus le modèle n'intègre pas d'aléas (occurrence d'une situation non prévue) ou de variations intrinsèques des agents (e.g. variation du nombre d'occupants, dégradation des matériaux, ...). Afin de répondre à ce double enjeu (aléa et scénario d'usage), cet article présente un module additionnel à Li-BIM permettant de simuler des scénarios d'usages et des aléas, de façon stochastique et interactive.

2. Description du module « Scénario » de Li-BIM

Le module « scénario » est intégré sous la forme d'un agent dans le modèle Li-BIM. Un scénario est composé de plusieurs éléments : (a) les paramètres de la simulation (date de début, date de fin...), (b) les entrées Li-BIM classiques (IFC, fichier occupants...), et (c) des briques de scénario, qui sont elles-mêmes des agents (« Scénario brick »). Une brique de scénario va décrire un événement. Elle est définie par une condition de déclenchement, un ensemble de variables affectées au modèle, et l'impact sur ces variables. Par exemple : la brique de scénario « Fired » est définie par la modification de l'attribut « Job » de l'occupant ciblé en lui attribuant la valeur « false ». Les briques de scénario sont paramétrables, c'est l'agent scénario qui va préciser quelles sont les briques utilisées et les paramètres associés. Par exemple, un scénario peut utiliser la brique « Fired » en précisant l'occupant touché et la date à laquelle cela se produit (condition de déclenchement).

Afin de pouvoir intégrer plus de variabilité au système, il est possible de probabiliser les conditions de déclenchement ainsi que les effets de la brique. Par exemple, pour la brique « Fired », on peut conditionner son déclenchement au travers d'un tirage aléatoire et d'une probabilité d'occurrence (e.g. « il y a une probabilité de 30% que mon occupant perde son emploi chaque mois »).

Une autre possibilité offerte par ce module est d'introduire de l'interactivité dans la simulation, permettant de faire rentrer Li-BIM dans une logique de simulation participative ; i.e. une simulation multi-agents avec lequel les humains interagissent directement en contrôlant un des agents du système [GUY 06]. Dans cet usage, l'utilisateur contrôle les paramètres associés aux briques et notamment la condition de déclenchement. Ce mode a un réel intérêt pour comprendre comment fonctionne le modèle et quelles sont les conséquences d'un aléa (approche « Si...alors »). Par exemple, l'utilisateur peut questionner le modèle sur ce qui se passerait s'il y avait une panne de courant généralisée à tout le quartier (brique « Power cut »).

Un point important du modèle retenu est sa polyvalence. Au travers du système de scénario et des briques, il est possible de simuler une grande variété d'événements aux cinétiques variées. Par exemple, il est possible de construire une brique « Insulation Material deterioration » qui va permettre de réduire la résistance thermique d'un isolant en respectant une cinétique définie. Cette brique ne sera utilisée que pour des scénarios d'une longue durée. Une autre brique peut simuler un événement beaucoup plus soudain, comme par exemple une panne de courant « Power cut » ; cet événement aura peu d'influence sur la consommation moyenne prise sur une longue durée (sauf si les pannes sont très répétées), mais peut être intéressant à étudier si l'on s'intéresse au comportement des occupants face à un aléa.

Un autre atout majeur du système par brique est sa capacité à formaliser des connaissances qui peuvent être facilement réutilisées par la suite. Ainsi, une bibliothèque de briques de scénarios est en cours de création. Lorsque l'on veut construire un scénario, il suffit de préciser les briques à utiliser ainsi que les paramètres associés.

3. Exemple d'intégration d'aléas dans un scénario d'usage

Afin d'illustrer le fonctionnement du modèle, nous proposons de simuler un scénario. Le bâtiment considéré est une maison individuelle à Nice d'environ 75m². La famille se compose de deux adultes (Jean et Marianne qui travaillent trente-cinq heures par semaine) et d'une fille (Pepita qui va à l'école). Le modèle BIM a été réalisé avec Revit (Autodesk). Toutes les données (IFC pour Revit et CSV pour Excel) ont été importées par Li-BIM.

La maison est un classique des années 2010 en ce qui concerne sa conception et répond aux exigences réglementaires de la RT2005, devant conduire à une consommation énergétique inférieure à 150 kWh/an.m².

Le scénario simulé intègre les événements suivants :

- (1) Jean perd son travail (déclenchement à une date aléatoire de cet aléa) ;
- (2) Etant ancien fumeur, il se remet alors à fumer ;
- (3) Il ouvre systématiquement la fenêtre du séjour lorsqu'il fume ;
- (4) Parfois, il oublie de la refermer, laissant d'autres membres de la famille le faire ;
- (5) Jean retrouve du travail au moins 3 mois plus tard (de manière aléatoire), mais continue de fumer ;
- (6) Il gagne 2 fois plus d'argent que lors de son travail précédent.

Ces 6 événements correspondent à 6 briques de scénario différentes et vont impacter les indicateurs suivis (notamment la consommation énergétique) de différentes façons. Le (1) induit une plus forte présence à son domicile. De ce fait, durant la journée, alors qu'aucun occupant n'était présent à la maison et qu'il n'y avait pas

nécessité de maintenir le chauffage à une température de confort, cela devient nécessaire. Le (2) n'a pas de conséquence immédiate sur la consommation énergétique (mais pourrait en avoir sur la santé de l'occupant et la qualité de l'air), mais couplé au (3) induit une perte de chaleur en hiver à cause de l'ouverture d'une fenêtre. Le (4) augmente cette perte et conduit à réduire la température intérieure et ainsi le confort des occupants. Le (5) permet de revenir à une occupation identique à celle initiale (avec les trois membres de la famille absent en semaine en journée). Le (6) peut induire une modification du comportement. En effet, Li-BIM intègre une caractérisation des occupants basée sur des profils types qui vont guider les actions. Par exemple, un occupant ayant une conscience écologique forte et/ou disposant de faibles moyens financiers sera plus soucieux d'économiser de l'énergie, quitte à réduire un peu son confort, qu'un occupant n'ayant pas de souci financier et peu soucieux de l'environnement.

La figure 1 présente une comparaison des résultats pour le poste de consommation énergétique pour le chauffage (les autres postes de consommation ne sont pas indiqués ici), sur une année, avec et sans le scénario défini (résultats de 100 itérations). Comme attendu avec l'application du scénario, la consommation énergétique augmente (10,6% en moyenne). On peut noter aussi que la variabilité sur le résultat est plus importante en raison de la nature stochastique du scénario.

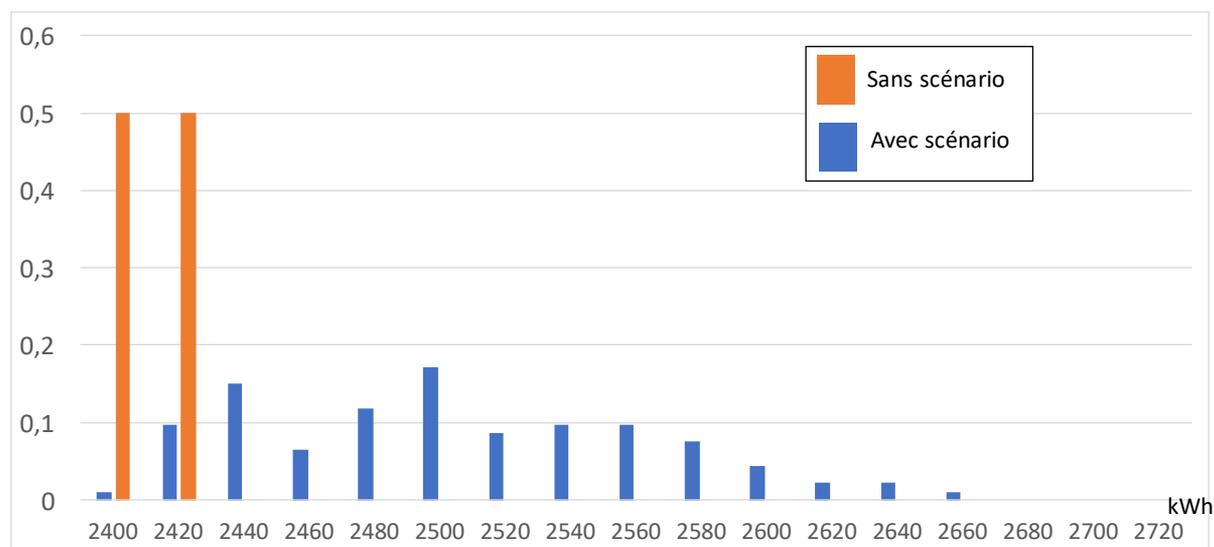


Fig. 1. Distribution des résultats vis à vis de la consommation de chauffage, sans ou avec le scénario défini

4. Discussion

Le scénario considéré dans l'exemple peut paraître quelque peu caricatural, mais il est pourtant représentatif d'une réalité sociale. En effet, selon les données de Pole Emploi et de l'INSEE, il y a environ 1 million de licenciements par an et 28,5% des chômeurs de moins de 50 ans retrouvent un emploi le trimestre suivant. De plus, pour les anciens fumeurs le taux de reprise de la cigarette est particulièrement élevé (selon une enquête de *Santé publique France* parue en mai 2017, près d'une personne en recherche d'emploi sur deux fume quotidiennement). La littérature scientifique [WAT 18] atteste que les situations de stress et de déprime sont plus à même de faire reprendre ou commencer la cigarette.

Le module Scénario de Li-BIM offre une grande flexibilité d'usage, permettant, selon son intérêt de simuler de nombreuses situations. Notamment, il permet de prendre en compte des phénomènes observables dans les données statistiques (e.g. la probabilité de perdre son emploi et d'en retrouver un autre le trimestre suivant).

Une de ses forces est aussi de pouvoir coupler différents événements permettant de simuler des scénarios complexes. Par exemple, il est possible d'étudier simultanément des aléas d'usagers mais aussi de les coupler à des aléas sur les systèmes (fenêtre cassée, chaudière en panne, ...) et même des aléas liés au bâti (dégradation de la performance des matériaux). La combinaison d'événements constitutifs d'un scénario est alors infinie. La pertinence d'un scénario dépendra de sa probabilité d'apparition ainsi que de la gravité de ses impacts sur les indicateurs étudiés. Par ailleurs, être en mesure de simuler un scénario complexe combinant plusieurs événements dont l'issue est difficile à appréhender sans une simulation numérique, est particulièrement intéressant dans une optique d'aide à la décision en phase de conception ou d'exploitation (e.g. paupérisation des occupants, couplée

à un vieillissement du bâti). En effet, les résultats du scénario ainsi élaboré peuvent permettre de conclure sur la pertinence d'une solution technologique difficilement appréhendable autrement (e.g. solution demandant un entretien régulier et/ou un comportement attendu de l'occupant).

Toutefois, le couplage de 2 scénarios peut avoir des conséquences contradictoires. Par exemple, le fait d'ouvrir une fenêtre afin d'améliorer la qualité de l'air d'une pièce peut être paradoxale d'un point de vue acoustique en particulier pour des bâtiments proches d'un important trafic routier. Si le modèle Li-BIM enrichi de son module « Scenario » est en mesure d'évaluer l'impact de tels scénarios, il ne fournit en revanche pas de réponse quant aux critères et solutions à privilégier. Un nouveau module d'aide à la décision multicritères/multi-objectifs devrait alors être ajouté pour répondre à ces problématiques.

5. Conclusion

Nous avons présenté dans cet article un module « Scenario » pour le modèle de simulation du comportement des occupants d'un bâtiment Li-BIM. Ce module permet, sur une logique d'assemblage de briques élémentaires de scénario, de construire des scénarios d'usages et d'aléas complexes pouvant être simulés au travers de Li-BIM. Cela constitue un outil prometteur dans la démarche de corrélation entre le comportement réel et le comportement simulé.

Des améliorations significatives sont en cours de développement. En effet, l'apparition d'une bibliothèque de briques interactives va considérablement simplifier l'élaboration de scénarios :

- Permettant d'intégrer rapidement suffisamment d'évènements afin d'élaborer un scénario réaliste dans sa complexité,
- Permettant de faciliter la commande de certaines actions comme la gestion des conditions de déclenchement.

Un autre aspect concerne l'établissement de règles de construction de scénario, permettant de générer des scénarios pertinents selon le bâtiment considéré. Enfin, l'outil bénéficiera d'avancés sur Li-BIM lui-même, notamment au travers du développement de nouveaux indicateurs de performance ; des indicateurs (et les modèles associés) pour évaluer la qualité de l'air intérieur et l'impact environnemental sont en cours d'implémentation.

6. Bibliographie

- [CAL 16] CALÌ, D., T. OSTERHAGE, R. STREBLOW AND D. MÜLLER, "Energy performance gap in refurbished German dwellings: Lesson learned from a field test." *Energy and Buildings*, vol. 127, 2016, p. 1146-1158.
- [DEL 17] DELZENDEH, E., S. WU, A. LEE AND Y. ZHOU, "The impact of occupants' behaviours on building energy analysis: A research review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 80, 2017, p. 1061-1071.
- [GUY 06] GUYOT P., *Simulations multi-agents participatives*, Thèse de Doctorat, Université Paris 6, 2006.
- [RIN 18] RINALDI, A., M. SCHWEIKER AND F. IANNONE, "On uses of energy in buildings: Extracting influencing factors of occupant behaviour by means of a questionnaire survey." *Energy and Buildings*, vol. 168, 2018, p. 298-308.
- [TAI 17] TAILLANDIER, F., P. TAILLANDIER AND A. MICOLIER. Li-BIM – Simulation du comportement des occupants d'un bâtiment à partir d'une maquette numérique, *35èmes Rencontre Universitaires de Génie Civil*, Nantes, 2017.
- [WAT 18] WATSON, N. L., K. G. DEMARREE AND L. M. COHEN, "Cigarette craving and stressful social interactions: The roles of state and trait social anxiety and smoking to cope." *Drug and Alcohol Dependence*, vol. 185, 2018, p. 75-81.