

Evaluation des échanges au format IFC dans le cadre de la réglementation thermique

**John Schrayen, Vincent Delfosse, Roland Juchmès,
Pierre Leclercq**

*Université de Liège
Chemin des chevreuils, 1 Bât B52
4000 Liège - Belgique
John.Schrayen@ulg.ac.be*

RÉSUMÉ. Pour répondre au défi énergétique, les réglementations thermiques sur les bâtiments sont de plus en plus exigeantes. Les variables prises en compte sont de plus en plus nombreuses et les méthodes de calcul de plus en plus complexes. Nous avons donc besoin de modèles de bâtiment sémantiquement riches, détaillés et précis pour vérifier le respect des exigences réglementaires. Dans cet article, nous discutons l'utilisation du format IFC pour alimenter un logiciel réglementaire d'évaluation de la performance énergétique des bâtiments. Nous présentons les difficultés rencontrées à la fois du point de vue de la modélisation du bâtiment et du point de vue du développement d'un tel outil.

MOTS-CLÉS : maquette numérique, BIM (Building Information Modeling), IFC (Industry Foundation Classes), réglementation thermique.

Contexte

En 1985, lorsque la première réglementation thermique entre en application en Wallonie, elle porte uniquement sur l'isolation des parois de l'enveloppe (coefficient U_{\max}) et sur l'isolation globale du bâtiment (coefficient K). En 1996, les exigences sont renforcées et élargies au domaine de la ventilation. En 2010, l'application de la directive européenne 2002/91/CE renforce une nouvelle fois les exigences qui prennent désor-

mais aussi en compte le système de chauffage, l'utilisation d'énergies renouvelables, l'inertie thermique ou encore l'éclairage pour les bâtiments non résidentiels.

Ces renforcements successifs de la réglementation entraînent une complexification des méthodes de calcul et par là des modèles (thermiques) manipulés. La procédure qui consistait simplement en 1995 à remplir un formulaire nécessite aujourd'hui le recours à un logiciel complexe (PEB : *Performance énergétique des bâtiments*) exigeant plusieurs jours de formation.

Pour faciliter l'encodage de ce modèle, l'administration a souhaité développer un modèleur 3D intégré à l'application (Juchmes et al. 2009) qui permet d'encoder rapidement un projet conformément à la réglementation. Le développement d'un tel outil se justifie car, contrairement aux modèleurs classiques, il permet de manipuler des concepts directement liés à la réglementation comme le *volume protégé*, le *secteur énergétique* ou encore la *zone de ventilation*. Le développement d'un outil spécialisé présente cependant deux inconvénients majeurs :

- Le développement et la mise à jour du logiciel nécessitent un lourd investissement au départ et des budgets pour la maintenance qui peuvent difficilement être garantis sur le long terme par l'administration ;
- il nécessite un apprentissage supplémentaire pour l'architecte qui voit souvent d'un mauvais œil l'appropriation d'un nouvel outil accompagné d'une nouvelle logique de modélisation.

Pour répondre à cette double difficulté, une piste envisagée consiste à importer dans le logiciel PEB la maquette numérique de type BIM (*Building Information Model*) produite par l'architecte dans son logiciel habituel et d'en extraire les informations nécessaires à l'encodage du projet dans le logiciel réglementaire. Le format IFC (*Industry Foundation Classes*) constituant le standard libre et ouvert le plus complet et le mieux supporté à l'heure actuelle, il est le candidat idéal pour ce rôle.

Concrètement, notre projet consiste à évaluer la faisabilité d'une procédure de certification réglementaire dans le domaine de l'énergie basée sur des échanges de données au format IFC. La procédure que nous proposons pour remplacer l'approche actuelle du modèleur dédié se déroule en 3 étapes :

1. Modéliser le projet dans un logiciel BIM commercial ;
2. Exporter ce modèle au format IFC ;

3. Extraire du modèle IFC les informations nécessaires à la réglementation, puis convertir les données au format PEB utilisé par le logiciel de la Région Wallonne.

Nous présentons dans cet article quelques difficultés qui apparaissent aux différentes étapes de ce processus et proposons quelques pistes ou conseils pour le lecteur qui souhaiterait adopter les IFC, que ce soit en tant qu'auteur de projet, de développeur d'outils informatiques voire en tant qu'administration responsable de l'application des réglementations.

La maquette numérique BIM (Building Information Modeling)

Conformément à la définition de l'*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE 2009), l'objectif du BIM est de "saisir les aspects physiques et fonctionnels de l'édifice, afin de générer un modèle précis, utilisable durant toute la vie du bâtiment : de la conception initiale jusqu'à l'occupation et le fonctionnement". *Archicad* de *Graphisoft* ou *Revit* d'*Autodesk* sont des exemples de logiciels BIM. À côté des solutions commerciales, le format IFC (*Industry Foundation Classes*) s'impose comme le meilleur candidat de standard ouvert pour l'interopérabilité des BIM (Liebich et al. 2011).

Les avantages de l'adoption BIM sont nombreux, tant quantitativement que qualitativement (Azhar et al. 2008). Cependant, malgré les efforts d'une grande partie de la communauté BIM pour la promotion de l'IFC au cours des 15 dernières années, il semble que son adoption pratique dans le cadre de projets réels soit restée limitée. Plusieurs auteurs identifient des raisons à la fois technologiques, sociologiques et organisationnelles (Coates et al. 2010, Deutsch 2011).

La littérature scientifique regorge d'exemples d'utilisation des IFC pour l'évaluation du bâtiment. Par exemple, dans le domaine qui nous intéresse, Verstraeten et al. (2008 et 2011) utilisent les données au format IFC pour alimenter le logiciel de régulation thermique et acoustique fournie par le gouvernement flamand. Cependant, ces recherches ont plutôt pour objectif le développement de démonstrateurs que la mise à disposition d'outils dans le cadre de projets réels. Notre objectif ici est de confronter les aspects pratiques de l'interopérabilité, dans l'état actuel des développements IFC, à la fois avec les discours théoriques de la littérature et avec les discours commerciaux des éditeurs de logiciels.

Extraction du modèle thermique à partir de l'IFC

De manière très simplifiée, le modèle thermique d'un bâtiment PEB est constitué de *volumes* caractérisés par des données climatiques et techniques (température, taux de ventilation, système de chauffage etc.) séparés par des *frontières* caractérisées par des propriétés thermiques dont la plus importante est évidemment le coefficient de conductivité thermique U. Ces propriétés des volumes et des frontières peuvent être intégrées dans le fichier IFC à travers le mécanisme des *property sets* dont l'objectif est d'enrichir le format IFC de données spécifiques tout en garantissant la transférabilité du format.

La figure ci-dessous illustre la conversion opérée par notre outil. Le modèle est construit dans le logiciel BIM de l'architecte (ici *Archicad13*) (fig. b1) et exporté au format IFC. Notre outil extrait les volumes et les frontières du format IFC. Le résultat est ici visualisé (fig. b2) avec le logiciel *Solibri*. A partir de ces données, nous produisons le modèle conforme à la réglementation thermique que nous exportons dans le logiciel PEB (fig. b3).

Cette conversion n'est pas automatique. Elle nécessite des traitements algorithmiques dont la description sort du cadre de cet article. Par exemple, dans la réglementation thermique, les faces doivent être planes et les surfaces d'échange doivent être mesurées sur la face extérieure des parois.

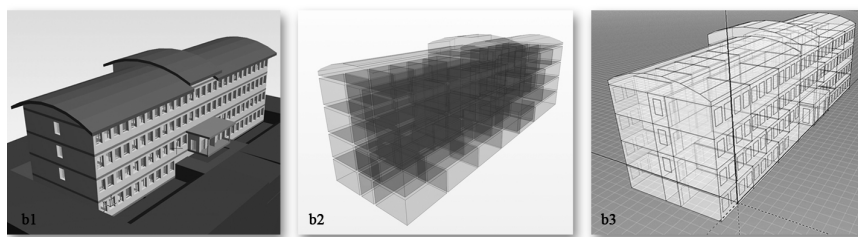


Figure 1. Modélisation dans Archicad (b1) , fichier IFC affiché dans Solibri (b2) et modèle thermique importé dans le logiciel PEB (b3).

Stratégies de modélisation pour l'IFC

Avant d'être importées puis converties au format PEB par notre outil, les informations bâtiment doivent être encodées dans un logiciel BIM qui

les exporte au format IFC. Cette première étape soulève déjà certaines difficultés que nous illustrerons par l'exemple simple d'un bâtiment dont les espaces du dernier étage sont situés sous une toiture en pente.

Le premier exemple est tiré de l'utilisation de *Revit*. Le concept d'espace est présent dans le logiciel *Revit* sous le terme *zone*. Lors de l'export, les zones de *Revit* sont converties en *IfcSpace* dans le fichier IFC.

Revit dispose d'un outil convivial de définition des zones sur le plan. Par défaut les zones ainsi définies constituent des volumes prismatiques. Pour tenir compte de la pente du toit, il faut réaliser une seconde opération qui consiste à "couper" la zone avec le plan de toiture (fig. 2a). Cette opération fonctionne très bien dans *Revit* mais le résultat n'est pas transmis lors de l'export IFC. Comme le montre la figure 2, la zone sous toiture dans *Revit* (fig. 2a) a bien été exportée vers l'IFC (fig. 2b) mais ses frontières n'ont pas été découpées (fig. 2c). Il en résulte un métré incorrect qui fausse évidemment l'évaluation de la performance énergétique. La seule solution que nous avons trouvée à ce problème est la découpe a posteriori dans le logiciel *PEB*.

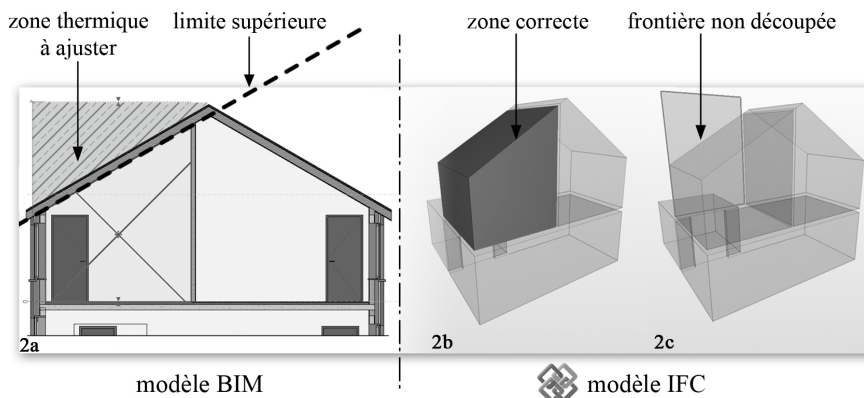


Figure 2. Volumes thermiques dans *Revit Architecture* et export IFC.

Un exemple comparable se rencontre dans *Archicad* qui propose un outil permettant de lier de manière dynamique la toiture avec les murs qui la supportent grâce à l'outil "*trim/join wall to roof*". Le grand avantage de cet outil est de maintenir la relation entre toit et murs même lors de modifications a posteriori comme l'adaptation de la pente du toit par exemple. Cependant, comme le montre la figure 3, l'opération de découpe de la géométrie du mur est perdue lors de l'export au format IFC. La solution ici consiste à renoncer à l'outil de liaison dynamique pour utiliser à la

place la soustraction booléenne classique qui, elle, génère un modèle IFC correct mais qui n'est pas dynamique.

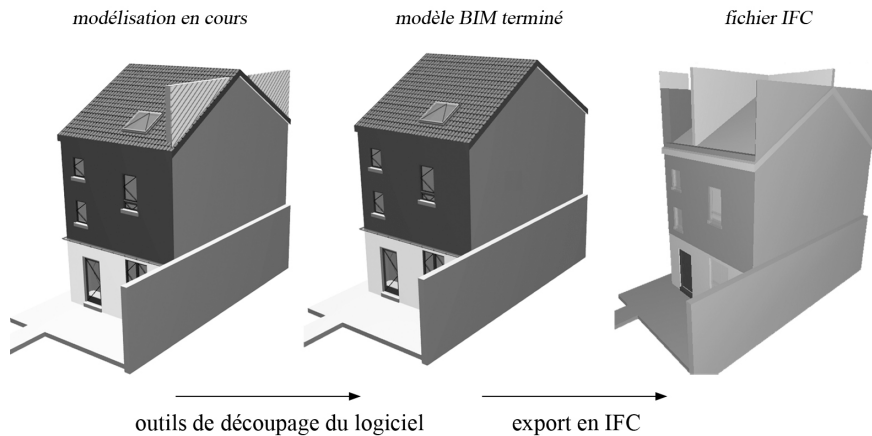


Figure 3. Liaison mur-toit dans Archicad® et export IFC.

Les deux exemples présentés ci-dessus sont évidemment anecdotiques. De nombreux autres exemples auraient cependant pu être présentés. Ils ne remettent évidemment pas en cause l'utilisation de l'IFC comme format d'échange. Ils permettent cependant de mettre en avant un point essentiel : ce n'est pas parce qu'un logiciel exporte vers IFC que toutes ses fonctionnalités avancées sont correctement exportées vers IFC.

De ces 2 exemples, nous pouvons conclure qu'une très bonne connaissance à la fois du format IFC et des outils de modélisation est nécessaire pour un bureau qui mettrait en place un processus basé sur les échanges en IFC. Le conseil que nous pouvons donner est de tester les différentes fonctionnalités des logiciels de modélisation afin de vérifier leur export vers IFC. Ensuite, il faut définir un sous-ensemble de fonctions compatibles IFC avec lesquels le bureau travaille, même si cela doit limiter l'efficacité du logiciel, afin d'éviter les mauvaises surprises lors du transfert de données.

Stratégies d'appropriation de l'IFC

IFC est un modèle de données défini sur base du langage de modélisation EXPRESS. Les fichiers IFC utilisent le format STEP (Standard for Exchange of Product Model Data). La norme IFC est à la fois très

complète et complexe. Son appropriation nécessite une bonne connaissance et un savoir-faire en modélisation du bâtiment, ainsi que des compétences en informatique. Nous donnons dans cette section quelques pistes permettant d'appréhender plus facilement l'IFC.

La principale source de documentation est le site *buildingSMART* (<http://www.buildingsmart.com/>) qui est sans doute le meilleur endroit pour débiter avec l'IFC. Il contient une description exhaustive de toutes les classes ainsi que des informations utiles sur la sémantique des différentes relations.

En dépit de cette importante source d'information, il faut beaucoup de temps pour s'appropriier le format IFC. D'abord parce que la plupart de la documentation disponible est composée d'informations de bas niveau, suivant de près la notation EXPRESS. Ensuite à cause de certains choix de conception du modèle IFC.

Premièrement, l'IFC repose beaucoup sur l'héritage. Par exemple, *IfcWallStandardCase*, la représentation la plus courante d'un mur en IFC, est au bout d'une chaîne d'héritage longue de 7 parents. Cela entraîne une surcharge d'apprentissage car d'autres classes peuvent avoir des liens avec *IfcWallStandardCase* à travers l'un de ces ancêtres.

Ensuite, l'IFC a réifié ses relations, ce qui est un mécanisme puissant pour découpler les éléments et leurs relations et qui permet d'attacher des propriétés aux relations. Cependant, cela augmente aussi la courbe d'apprentissage, puisqu'il est nécessaire de parcourir de nombreuses classes pour comprendre comment certains éléments spécifiques sont liés entre eux.

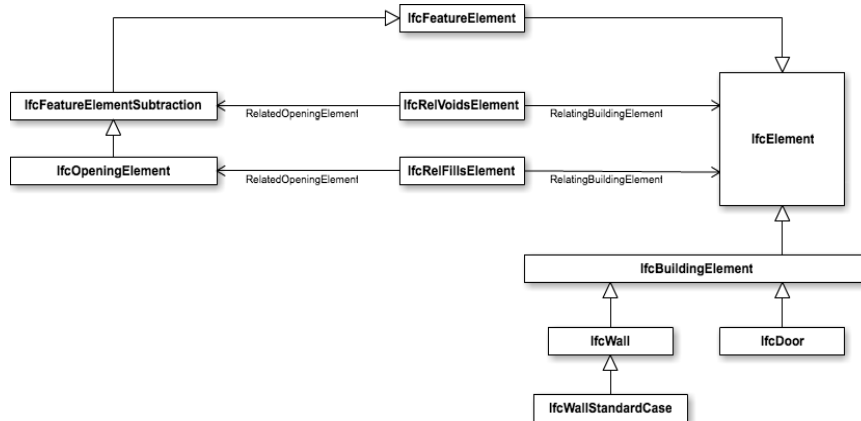


Figure 4: Diagramme de classes UML pour les relations entre un mur et une porte (traduit directement de EXPRESS).

L'exemple ci-dessus illustre ce fait. La figure 4 montre le diagramme de classes décrivant les relations entre un mur et une porte. Dans l'IFC, ces deux éléments héritent de *IfcElement*. Il n'y a pas de relation directe entre un mur et une porte. Au lieu de cela, une *IfcElement* peut être liée à une *IfcFeatureElementSubtraction* travers une *IfcRelVoidsElement*. Un *IfcOpening* est de type *IfcFeatureElementSubtraction*, et peut être lié à un autre *IfcElement*, comme une porte, à travers une *IfcRelFillsElement*.

Après réflexion, ce schéma prend tout son sens, mais la documentation fait défaut à ce sujet, il faut donc déduire ce schéma de la lecture des descriptions de toutes ces classes.

Plutôt que d'essayer de comprendre le format IFC en lisant ses descriptions de classe uniquement, nous conseillons de travailler avec une approche par "diagramme d'objets". La stratégie consiste à modéliser un exemple simple reprenant les éléments et les relations que vous souhaitez étudier dans un outil de modélisation compatible IFC, d'exporter son fichier IFC, et de décortiquer ensuite le document produit. Si l'on ne considère que les objets "concrets", la relation mur-porte va ressembler à la figure suivante qui est beaucoup plus facile à comprendre:

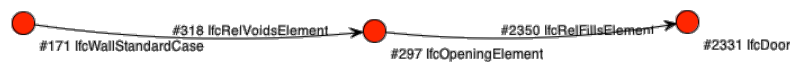


Figure 5: Graphe des objets pour les relations entre un mur et une porte.

En se concentrant uniquement sur des objets concrets, nous évitons la hiérarchie lourde des IFC, et en affichant toutes les relations qui lient ces objets, nous n'avons pas à étudier a priori la sémantique exacte des relations. Une fois que nous avons suffisamment appris "par l'exemple" avec nos diagrammes d'objets, nous pouvons revenir à la documentation des classes et facilement reconstruire le diagramme de classes présenté plus haut.

Cette approche s'avère très efficace pour se lancer dans la compréhension du format. Elle demande par contre de réunir la double compétence architecture et informatique : les modèles simples produits par l'architecte étant analysés par l'informaticien.

Discussion

Dans cet article, nous avons adopté une approche très pragmatique pour évaluer l'utilisabilité actuelle des IFC dans le cadre d'une réglemen-

tation thermique en développant un outil d'import IFC pour le logiciel PEB. Nous avons identifié deux sources principales de difficultés : les limitations actuelles des logiciels BIM commerciaux (qui doivent produire le modèle IFC) et les différences entre le format IFC et les modèles conceptuels utilisés à la fois par la réglementation thermique et par les logiciels BIM.

Limitations dues aux logiciels BIM

Parmi les problèmes rencontrés, le cas le plus simple est celui du bug lors de l'export IFC. L'exemple que nous avons donné sous *Revit* fait partie de cette catégorie. Même s'il peut s'avérer très contraignant, ce type de problème est généralement corrigé lors des mises à jour du logiciel. Un second cas concerne les fonctionnalités avancées d'un logiciel qui ne sont pas traduites correctement dans le modèle IFC, c'est par exemple le cas des objets paramétrique ou des liens dynamiques entre les objets (voir l'exemple présenté sous *Archicad*).

Ce manque de maturité des outils de modélisation est en général compensé par l'intérêt de récupérer au moins une partie du modèle sans devoir le réencoder. Cependant dans le cadre d'un processus réglementaire dont le résultat peut avoir des conséquences critiques pour le projet (allant jusqu'au refus de permis si les performances ne sont pas atteintes), ces limitations sont un frein indéniable à l'adoption des IFC.

Difficultés liées aux modèles conceptuels

Une difficulté importante qui doit être soulignée – particulièrement dans le cadre d'un processus certificatif - concerne les inévitables pertes lors des conversions entre formats. Ces pertes sont dues aux différences entre les modèles conceptuels de données du logiciel BIM et l'IFC. Par exemple, dans les logiciels BIM, les espaces sont exclusifs : on ne peut pas définir un espace à l'intérieur d'un autre espace. Dans l'IFC au contraire un *IfcSpace* peut être composé de plusieurs autres *IfcSpace*. De même, dans la réglementation thermique, le *volume protégé* se décompose en *secteurs énergétiques*. Les logiciels BIM ne peuvent donc supporter dans ce cas qu'une partie de la richesse et de la complexité du modèle IFC et du modèle réglementaire.

Malgré sa très grande richesse, le modèle IFC ne peut pas non plus être exhaustif. Nous avons par exemple rencontré le problème des parois en contact avec le sol. Elles sont très importantes à identifier puisque

l'évaluation des déperditions vers le sol est soumise à une méthode de calcul différente. Jusqu'à la version 2.3, une frontière du modèle IFC (*IfcSpaceBoundary*) ne connaissait pas la nature des environnements qu'elle séparait. Depuis la version 2.4, la propriété *IfcInternalOrExternalEnum* a été étendue et distingue maintenant les espaces voisins intérieurs, extérieurs, le sol, de l'eau ou un bâtiment voisin. Encore faut-il que les logiciels BIM soient capables de produire ces informations.

En conclusion, à l'heure actuelle, il est difficile de mettre en place un processus de certification du bâtiment basé sur des échanges au format IFC. Pour y parvenir, il est prioritaire de poursuivre l'amélioration du support IFC proposé par les logiciels BIM commerciaux ainsi que l'enrichissement de la documentation IFC à destination des développeurs.

Bibliographie

- ASHRAE 2009, *An Introduction to Building Information Modeling*. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning, 2009.
- Azhar, S., Hein, M. and Sketo, B.: 2008, Building Information Modeling: Benefits, Risks and Challenges, *Proceedings of the 44th ASC National Conference*, Auburn, Alabama, USA.
- Coates P., Arayici Y., Koskela L., Kagioglou M., Usher C. and O' Reilly K.: 2010, The limitations of bim in the architectural process, First International Conference on Sustainable Urbanization (ICSU 2010) Hong Kong, China,
- Deutsch R.: 2011, BIM and Integrated Design - strategies for architectural practice, Wiley.
- Juchmès R., Dawans A., Delfosse V., Dawans A. and Leclercq P.: 2009, Modélisation architecturale pour l'évaluation de la performance énergétique, In J-C Bignon, G. Halin, S. Kubicki (eds): Actes du 3ème séminaire de conception architecturale numérique: Conception architecturale numérique et approches environnementales, Nancy, 14-15 mai 2009.
- Liebich T., Adachi Y., Forester J., Hyvarinen J., Karstila K., Reed K., Richter S., Wix J., Industry Foundation Classes IFC2x Edition 3 Technical Corrigendum 1, <http://www.iai-tech.org/ifc/IFC2x3/TC1/html/index.htm> (last accessed on 30th. August 2011).
- Verstraeten, R., Jonckheere, T., De Meyer, R. and Van Campenhout, J.: 2011, A nice thing about standards..., Sustainable Construction & Design, Ghent, Belgium, 16 - 17 Feb. 2011.
- Verstraeten R., Pauwels P., DeMeyer R., Meeus W., VanCampenhout J. and Lateur G.: 2008, IFC-based calculation of the Flemish energy performance standard, In A. Zarli & R. Scherer (eds.): Proceedings of the 7th European Conference on Product and Process Modelling, , London, 2008, pp. 437-443.