

---

**Travail de fin d'études et stage[BR]- Travail de fin d'études : Adaptation, validation and proof of concept of a BIM to BES open-source toolchain based on the BuildingSystems library.[BR]- Stage d'insertion professionnelle**

**Auteur :** de Barys, Antoine

**Promoteur(s) :** Lemort, Vincent; 12944

**Faculté :** Faculté des Sciences appliquées

**Diplôme :** Master en ingénieur civil électromécanicien, à finalité spécialisée en énergétique

**Année académique :** 2020-2021

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/11662>

---

*Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---

# Adaptation, validation and proof of concept of a BIM to BES open-source toolchain based on the BuildingSystems library.

Antoine de Barsy

Supervisor : Thibaut Helman

Master in Electromechanical Engineering, University of Liège

Academic year 2020-2021

## Abstract

This master thesis is made as part of the bim to pim investigation of Tractebel, division of ENGIE. Its purposes are on the one hand to provide useful tools and results to the hosting company and on the other hand assess the student's skills in electromechanical engineering in the aim of granting him a Master's degree in Electromechanical Engineering.

The work is divided into 3 main tasks, the first one is to provide an open source toolchain of those options to the hosting company, i.e. to apprehend the different methods available to transfer the necessary bim (or pim) data to the beps software in an automated way. Several programs will be compared for the modelisation and the simulation part leading to the choice of *Revit* and *OpenModelica* because the first one produces an ifc file (recommended) and because the second one runs on the *Modelica* language (imposed). The *bim2modelica* converter will be the last piece of the chain of work. The motivation behind the toolchain are diverse but the necessity to create quickly the energetic model, this automatically with an in-end open-source beps software is the greatest. Once this toolchain operational, the second task will begin.

The second goal is to validate the chain of work, which means the results will have to be compared to the ones of another available method that has been validated (which may not be open source) or to several other methods that may not be valid. EnergyPlus will be selected for its validated status and for the great documentation that comes with the associated BESTest studies. If this comparison happens to provide data similar to a certain precision, the benchmark will be validated. As it was not, the strategy adopted was to ensure that any specifications of the BESTest cases could be taken into account. Afterwards, a zone heat balance was performed so as to detect the major differences. Finally, smaller differences were corrected one at a time as one began to have a better understanding of the BuildingSystems library. The third task could finally be entered as the proposed refinements lead to valid results.

The third objective act as a proof of concept and, due to its relation with the nuclear field, it reinforces the need to perform the second task before-hand. The hvac systems in a nuclear building are of importance not to be underestimate as they assure for instance the evacuation of hydrogen coming from the charging of the batteries, the filtration of the atmosphere, the job of maintaining the temperature in an acceptable range for the equipment housed, etc. It is therefore requested to study the effect of a shutdown of the latter, usually made using very conservative assumptions and simplified methods. Nonetheless, the statistical uncertainty analysis method coupled with a beps model is a better estimate calculation way that allows a better understanding of the behaviour of such an event. The maximum temperature that could be reached in a given room will therefore be computed with statistical methods and given data (such as some thermal load, meteorological conditions, geometric constraints,...). The proposed benchmark will in the end fulfill this task and lead to the same deduction as the conservative study thus ending this work.

# Adaptation, validation et preuve de concept d'une chaîne de calcul open-source bim vers bes via la librairie BuildingSystems.

Antoine de Barsy

Promoteur : Thibaut Helman

Master en Ingénieur Electromécanique, University de Liège

Année académique 2020-2021

## Résumé

Ce mémoire est réalisé dans le cadre de l'enquête bim vers pim de Tractebel, division d'ENGIE. Ses objectifs sont d'une part de fournir des outils et des résultats utiles à l'entreprise d'accueil et d'autre part d'évaluer les compétences de l'étudiant en génie électromécanique dans le but de lui décerner un Master en génie électromécanique.

Le travail est divisé en 3 tâches principales, la première est de fournir un benchmark de la chaîne de calcul open source de ces outils à l'entreprise d'accueil, c'est-à-dire d'appréhender les différentes méthodes disponibles pour transférer les données bim (ou pim) nécessaires au logiciel beps de façon automatisée. Plusieurs programmes seront comparés pour la partie modélisation et simulation conduisant au choix de *Revit* et *OpenModelica*. Le premier puisqu'il produit un fichier ifc (recommandé) et le deuxième parce qu'il tourne sur le langage *Modelica* (imposé). Le convertisseur *bim2modelica* sera le dernier élément de la chaîne de travail à être sélectionné. Les motivations derrière cette chaîne sont diverses mais la nécessité de créer rapidement le modèle énergétique, ceci automatiquement avec un logiciel beps open source est la plus grande. Une fois cette chaîne de calcul opérationnel, la deuxième tâche pourra commencer.

Le deuxième objectif est de valider le benchmark, ce qui signifie que les résultats devront être comparés à ceux d'une autre méthode disponible qui a été validée (qui peut ne pas être open source) ou à plusieurs autres méthodes qui peuvent ne pas être valides. EnergyPlus sera sélectionné pour son statut valide et pour l'excellente documentation qui accompagne ses études BESTest. S'il s'avère que cette comparaison fournit des données proches à une certaine précision, le benchmark sera validé. Comme ce n'était pas le cas, la stratégie adoptée était de s'assurer que toutes les spécifications des cas BESTest pouvaient être prises en compte. Ensuite, un bilan thermique zonal a été réalisé afin de détecter les différences majeures. Enfin, les plus petites différences ont été corrigées une par une au fur et à mesure que la bibliothèque BuildingSystems fût prise en main. La troisième tâche pourra enfin être entamée car les améliorations proposées conduiront à des résultats valides.

Le troisième objectif sert de preuve de concept et, du fait de sa relation avec le domaine nucléaire, il renforce la nécessité d'effectuer en amont la deuxième tâche. Les systèmes hvac dans un bâtiment nucléaire sont d'une importance à ne pas sous-estimer car ils assurent par exemple l'évacuation de l'hydrogène provenant de la charge des batteries, la filtration de l'atmosphère, le travail de maintien de la température dans une gamme spécifiée pour les équipements hébergés, etc. Il est donc demandé d'étudier l'effet d'un arrêt de ces derniers, généralement réalisé à partir d'hypothèses très conservatrices et de méthodes simplifiées. Néanmoins, la méthode d'analyse d'incertitude statistique couplée à un modèle beps est un meilleur moyen de calcul estimatoire qui permet une meilleure compréhension du comportement d'un tel événement. La température maximale pouvant être atteinte dans une pièce donnée sera donc calculée avec des méthodes statistiques et des données précises (telles que certaines charges thermiques, conditions météorologiques, contraintes géométriques,...). Le benchmark proposé remplira finalement cette tâche et conduira à la même déduction que l'étude conservatrice ce qui conclura ce travail.

## Key figures

Benchmark proposition of chapter 2 in FIG. 1.

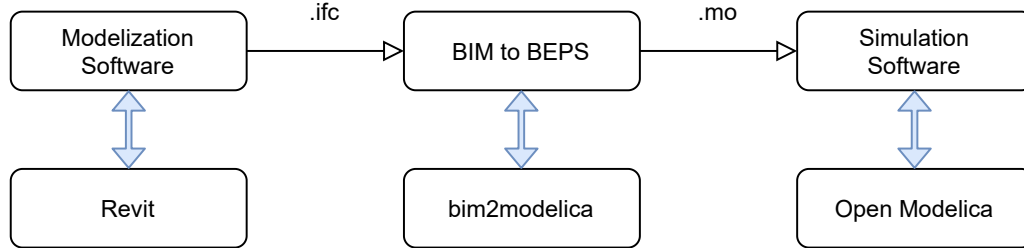


Figure 1: Simplified open-source benchmark flowchart proposition of the BIM to BEPS toolchain.

Validation results of the first analysed case of chapter 3 in FIG. 2.

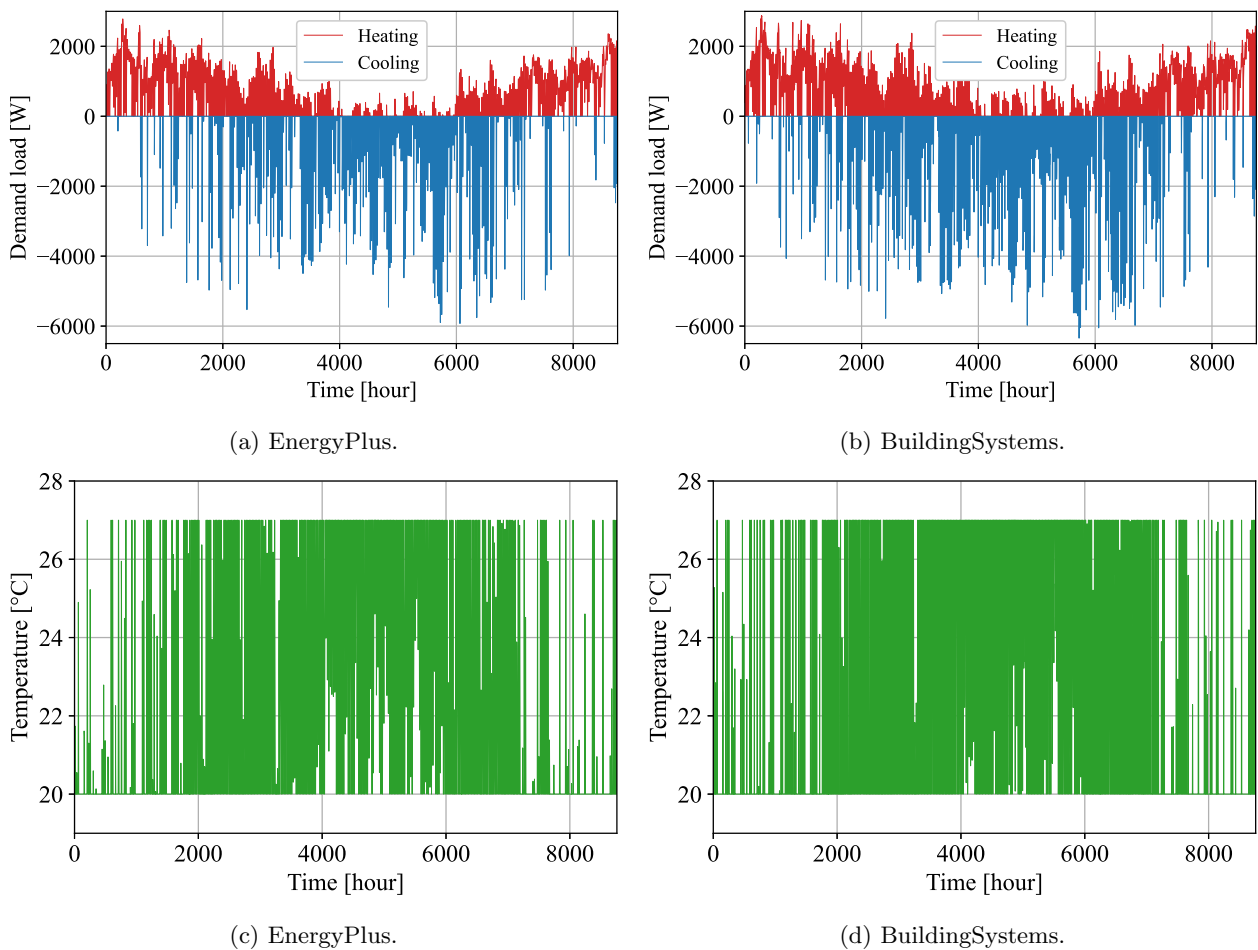
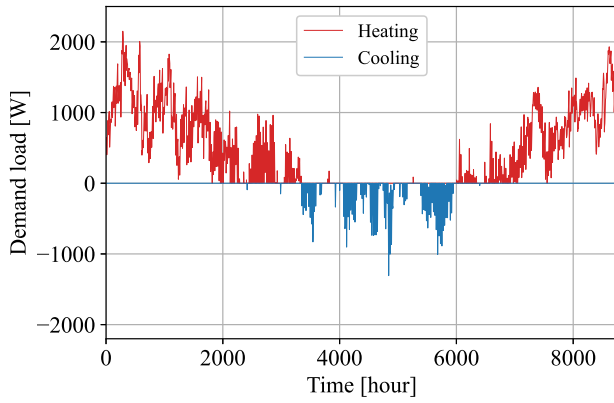
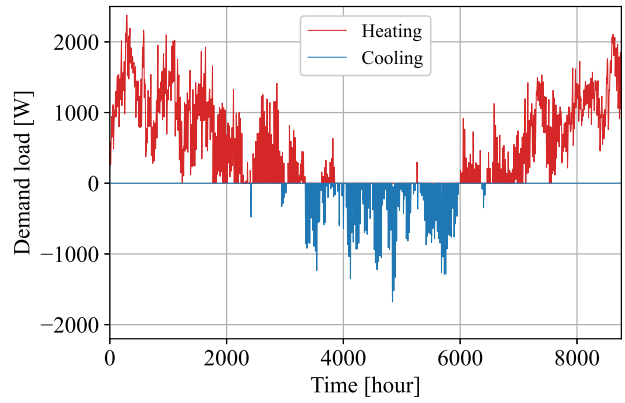


Figure 2: Final validated results regarding the BESTest Case 600's annual zone temperature, heating and cooling load demand.

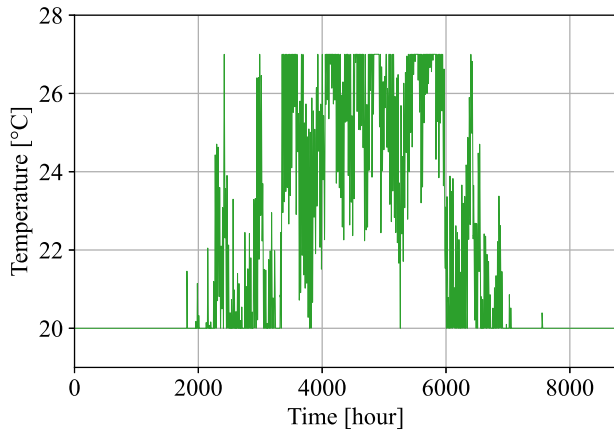
Example of the validation results of the second analysed case of chapter 3 in FIG. 3 and 4.



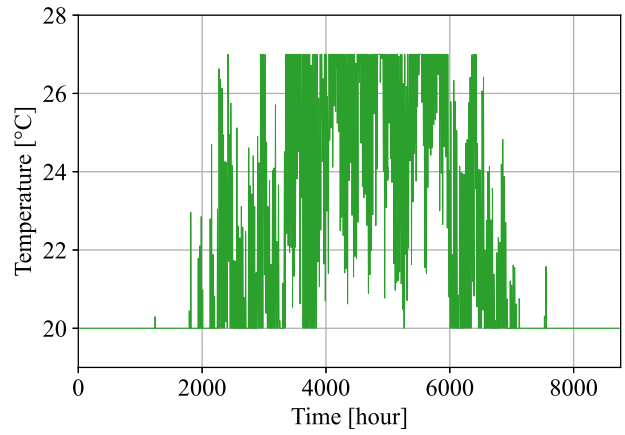
(a) EnergyPlus.



(b) BuildingSystems.

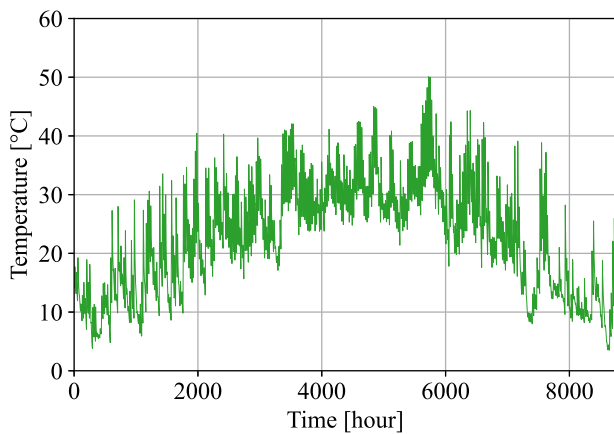


(c) EnergyPlus.

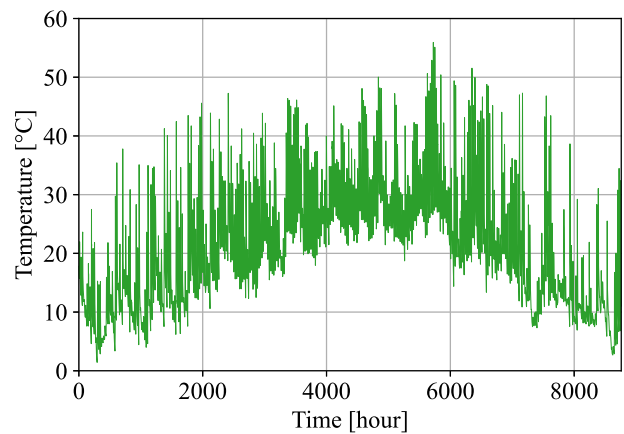


(d) BuildingSystems.

Figure 3: Final validated results regarding the BESTest Case 960's annual zone temperature, heating and cooling load demand of the backspace zone with improvements on the windows model.



(a) EnergyPlus.



(b) BuildingSystems.

Figure 4: Final validated results regarding the BESTest Case 960's annual free floating temperature of the sunspace zone.

Final results of the proof of concept that is the chapter 4 in FIG. 5 and 6.

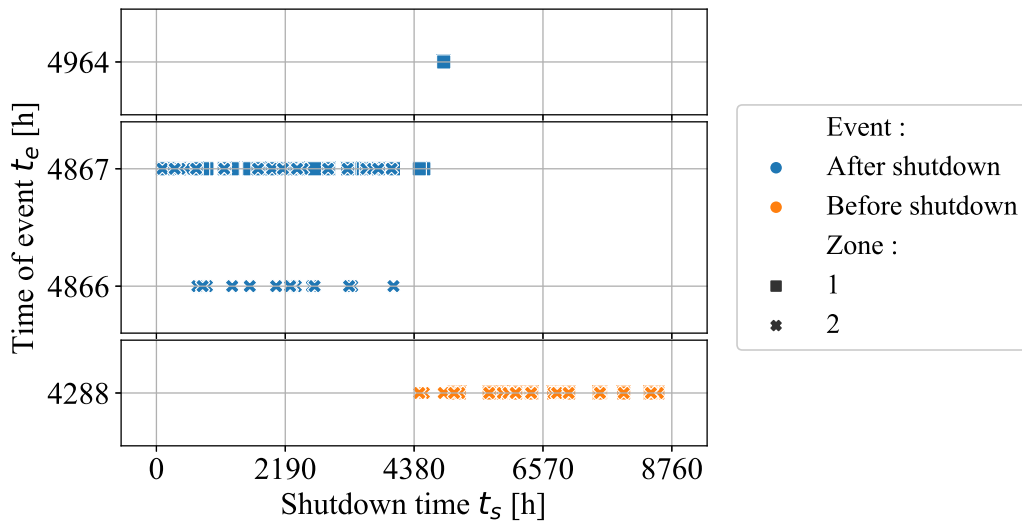


Figure 5: Time of both zones event with respect to the shutdown time  $t_s$  of the HVAC systems.

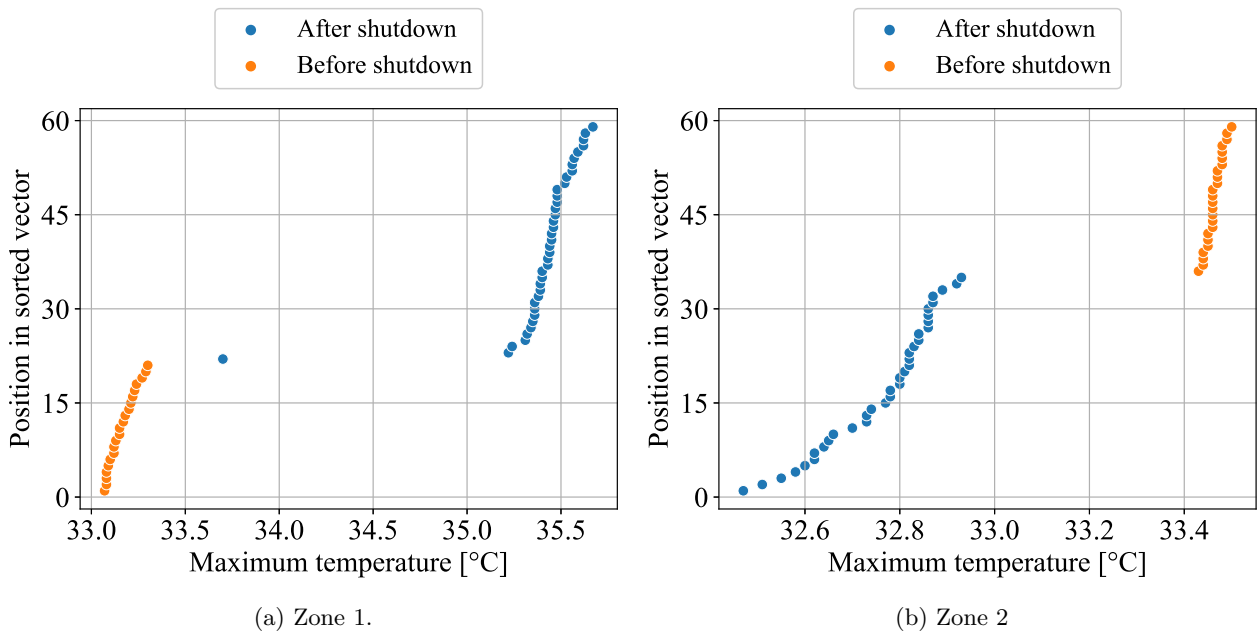


Figure 6: Sorted maximum free floating temperature occurring in each zone of interest of the nuclear related safety study in case of hvac failure with 59 batch simulations for the estimation of the percentile 95 with a 95 % level of confidence.