



2008

DEPARTEMENT :
GENIE CIVIL et URBANISME
Equipe : CETHIL – Thermique du Bâtiment

**PROJET D'INITIATION A LA
RECHERCHE ET AU
DEVELOPPEMENT
(PIRD)**

**Modes de saisie et de traitement des
données d'un bâtiment en vue de la
simulation thermique dynamique**

GIRAULT Mathilde
LEBRET Clémentine

Tuteurs : M. ROUX Jean-Jacques
M. NOEL Jean

27 mai 2008

Remerciements

Nous tenons à remercier M. Jean-Jacques ROUX, notre tuteur au sein du laboratoire du CETHIL, ainsi que M. Jean NOEL, qui nous ont conseillées, guidées et aidées à comprendre l'importance des enjeux de la problématique d'interopérabilité dans le domaine du BTP.

Nous remercions également M^{me} Pascale BURCKHARDT et la société PLANCAL pour avoir mis à notre disposition une version de leur logiciel NOVA et pour leur collaboration durant la première partie de notre PIRD.

Résumé

De nombreux acteurs sont appelés à intervenir tout au long d'un projet de construction. Les échanges d'informations restent fastidieux, du fait de la multitude de logiciels utilisés, et du nombre de formats de fichiers existants. Ainsi, le développement de l'interopérabilité des logiciels métiers est devenu un enjeu majeur dans le secteur de la construction. La solution des IFC apparaît idéale, mais demande encore du temps pour être pleinement opérationnelle. De nouvelles idées pour le court terme sont en cours de développement : le format NBDM, similaire à des « IFC simplifiés », et des passerelles spécifiques entre logiciels.

Ce rapport présente d'une part l'étude de la passerelle entre les logiciels NOVA (CAO) et KoZiBu (simulation thermique), et d'autre part le développement d'un module interne à KoZiBu, dans le but d'optimiser la saisie des données et d'en avoir un rendu visuel 3D du bâtiment.

Abstract

Many participants are bound to get involved throughout a construction project. The information exchanges remain tedious, because of the multitude of software used, and because of the number of file formats existing. Thus, the development of the interoperability of those tools has become a major issue in the building industry. The IFC solution appears to be ideal, but it requires more time to be fully operational. New short-term ideas are under development: the NBDM format, which is similar to "simplified IFC", and specific converters between software.

This report presents first the study of the converter between NOVA (a CAD software) and KoZiBu (a thermal simulation tool), and then the development of an internal component of KoZiBu, designed to optimize the data acquisition and to give a 3D visual of the building.

Sommaire

| | |
|---|---------------|
| Introduction | - 5 - |
| I. Panorama des recherches d'interopérabilité entre logiciels de CAO et de thermique du bâtiment | - 6 - |
| A. Des formats de fichiers pour l'interopérabilité: IFC et NBDM | - 7 - |
| 1. La maquette numérique et les IFC : le futur du monde du BTP ?..... | - 7 - |
| 2. Le format NBDM | - 10 - |
| B. Les passerelles existantes | - 11 - |
| 1. DesignBuilder / Energy+..... | - 11 - |
| 2. Couplages avec SketchUp..... | - 12 - |
| 3. SimCAD / TRNSYS..... | - 12 - |
| 4. SimCAD / CoDyBa..... | - 13 - |
| 5. CAO / TRNSYS via ClimaWin | - 13 - |
| 6. Les passerelles vers KoZiBu..... | - 14 - |
| II. Couplage de la CAO et de la thermique : exemple des logiciels NOVA et KoZiBu..... | - 16 - |
| A. Présentation du transfert..... | - 16 - |
| B. Description des étapes de la chaîne..... | - 16 - |
| 1. Saisie de la géométrie sous NOVA | - 16 - |
| 2. Exportation en fichier .xml..... | - 18 - |
| 3. La passerelle de KoZiBu | - 19 - |
| C. Avantages et limites de la méthode..... | - 20 - |
| D. Arrêt de l'étude..... | - 22 - |
| III. Optimisation de la saisie des données géométriques pour la simulation thermique dynamique sous KoZiBu | - 23 - |
| A. Présentation du module de KoZiBu : saisie de la géométrie et visualisation 3D..... | - 23 - |
| 1. Saisie du bâtiment dans un fichier texte (format NFMT) | - 23 - |
| 2. Conversion | - 23 - |
| 3. Visualisation..... | - 24 - |
| B. Les limites actuelles et pistes de développement..... | - 26 - |
| 1. Implantation des ouvertures | - 26 - |
| 2. Géométries non réalisables..... | - 27 - |
| 3. Bâtiments multi-étages | - 28 - |
| 4. Prise en compte des masques | - 28 - |
| 5. Vers l'intégration d'un module de calcul réglementaire ?..... | - 28 - |
| Conclusion..... | - 29 - |
| Bibliographie | - 30 - |
| Annexes | - 32 - |

Introduction

Les enjeux de l'interopérabilité dans le domaine du bâtiment¹

Un projet de construction fait appel à de multiples acteurs aux compétences complémentaires : architectes, bureaux d'études, économistes, conducteurs de travaux, entreprises tout corps d'état, bureaux de contrôle, maîtres d'ouvrage... Chacun utilise ses propres outils pour résoudre les problématiques qui lui sont posées : logiciels de conception, de dessin, de conduite de projet, de calcul de structures ou d'études thermiques. Chaque fois qu'une étape du projet est terminée, il est nécessaire de transmettre le contenu des études à un autre acteur qui le reprendra à son tour pour ses travaux et ainsi de suite...

Jusqu'à ce jour, le plan et la vision graphique sont utilisés pour collaborer entre acteurs d'un même projet. Toutefois, du fait des divers standards d'échanges (souvent imposés par un éditeur, mais non normalisés), les différents outils informatiques ne peuvent pas échanger d'informations. Il est donc souvent nécessaire de reprendre manuellement les données pour les réintroduire dans chaque logiciel « métier ». Ce travail de préparation et de resaisie est coûteux (en temps et donc en argent) et peut entraîner des erreurs du fait de la multiplication des étapes. Les bureaux d'études ont donc tendance à faire le maximum de simplifications dans la géométrie des bâtiments afin d'allouer moins de temps à cette tâche sans valeur ajoutée, ce qui peut être préjudiciable pour la qualité des modèles.

Ainsi, au cours des années, un intérêt grandissant a été porté à l'interopérabilité des logiciels utilisés dans les phases de conception, de réalisation et de maintenance du bâtiment. L'objectif est de réutiliser tout ou partie des informations renseignées dès la conception, et de les compléter au fur et à mesure de l'avancement du projet, en fonction des objectifs recherchés. A l'heure actuelle, ces enjeux sont cruciaux car les réglementations sont de plus en plus contraignantes et les logiciels de simulation interviennent dès les premières phases de la conception.

De nombreux groupes d'étude ont été créés afin d'essayer d'apporter une réponse à ce manque d'interopérabilité. Le projet le plus approfondi à ce jour est celui de l'IAI² (International Alliance for Interoperability), créée en octobre 1995. C'est une association d'entreprises du secteur de la construction et d'éditeurs de logiciels qui s'est donné pour objectif de définir un langage commun : le format IFC (Industry Foundation Classes).

Ce format de données est aujourd'hui en cours de développement. Bien qu'il ait été utilisé à titre expérimental pour quelques projets et qu'il ait fait ses preuves, il n'est pas encore utilisé à grande échelle par les bureaux d'études car il n'a pas encore été intégré par l'ensemble des logiciels et nécessite une formation. En attendant le développement futur des IFC et pour répondre de manière immédiate au besoin des bureaux d'études, il faudrait donc imaginer une alternative, à la fois fiable et simple d'utilisation.

C'est donc l'objet de ce Projet d'Initiation Recherche et Développement. A travers l'exemple de la thermique du bâtiment, nous étudierons dans un premier temps une passerelle entre le logiciel de CAO Nova et le logiciel de simulation thermique KoZiBu. Puis, nous présenterons le travail de développement d'un module de saisie de données et de visualisation 3D interne à KoZiBu.

¹ Sources : [3], [4], [5]

² www.iai-international.org

I. Panorama des recherches d'interopérabilité entre logiciels de CAO et de thermique du bâtiment

Le tableau suivant compare les formats de fichiers acceptés et exportés par les logiciels courants de CAO et de thermique. Une présentation succincte de ces logiciels est donnée en annexe 1.

| | | CAO | | | Thermique | | | |
|--------------------|-------|---------|--------|------|-----------|------------------|--------|-----------------|
| | | AutoCAD | SimCAD | Nova | ClimaWin | Pleiades +Comfie | TRNSYS | CoDyBa / KoZiBu |
| Formats de fichier | .dwg | | | | | | | |
| | .dxf | | | | | | | |
| | IFC | | | | | | | |
| | .xml | | | | | | | |
| | .bui | | | | | | | |
| | .nvz | | | | | | | |
| | .ndb | | | | | | | |
| | .zei | | | | | | | |
| | .cw | | | | | | | |
| | .nbdm | | | | | | | |
| | .plp | | | | | | | |
| | .trn | | | | | | | |
| | .bld | | | | | | | |
| | .nfmt | | | | | | | |
| .cdb | | | | | | | | |

Tableau 1.1 : Formats acceptés par les logiciels de CAO et de thermique courants

Ceci illustre bien l'hétérogénéité des formats de données pour des logiciels dont les fonctions sont pourtant complémentaires.

De nombreuses recherches sont en cours afin d'établir un lien entre la CAO et les autres outils utilisés en bureau d'étude. Deux types de solutions se présentent :

- des logiciels uniques et complets (CAO et calculs thermiques) tels qu'Ecotect de SquareOne (voir annexe 2). Cependant, cette solution n'est pas en accord avec le principe d'interopérabilité : permettre aux divers intervenants de travailler ensemble en transférant les données entre logiciels. De plus, il paraît impossible qu'une telle solution soit réalisable :
 - pour un même projet, il faudrait que tous les intervenants possèdent et travaillent sur le même logiciel ;
 - comment se ferait le choix du logiciel en question ? Décision arbitraire du maître d'œuvre, ou décision commune prise lors d'une réunion (interminable...) ? ;
 - selon les projets, le logiciel utilisé ne serait pas forcément le même, et il faudrait donc que les intervenants les possèdent tous pour être ouverts à tous les marchés.
- la création de passerelles entre ces logiciels (type de solution présenté par la suite).

Ces passerelles ont pour but d'apporter des réponses à court terme au problème d'interopérabilité. Cependant, on comprend l'intérêt de développer également en parallèle un format universel pour le transfert de données entre logiciels afin d'éviter aux bureaux d'études d'acquiescer la licence de tous les logiciels nécessaires à la passerelle et de perdre des informations lors de la conversion des données d'un format à l'autre.

A. Des formats de fichiers pour l'interopérabilité: IFC et NBDM

1. La maquette numérique et les IFC : le futur du monde du BTP ?³

La maquette numérique se présente comme une solution au problème de l'interopérabilité : c'est un modèle de méthodes de projet et de travail collaboratif entre les différents acteurs du BTP. C'est une plate-forme centralisée permettant l'échange et la gestion de données de conception dans un environnement virtuel à toutes les phases de réalisation d'un projet. Elle présente de nombreux avantages :

- Cela évite la perte d'informations durant la réalisation du projet jusqu'à la réception et la maintenance de l'ouvrage ;
- Elle permet de raccourcir les délais de réalisation des projets (en réduisant le temps entre chaque mise à jour) et donc leur coût ;
- La maquette étant disponible sur un serveur Internet, cela permet à des équipes internationales travaillant sur un même projet d'avoir accès à l'ensemble des informations en temps réel.

Nous allons illustrer les avantages d'une telle maquette à travers l'exemple de la plate-forme Web Active3D⁴, qui a reçu la médaille d'or de l'innovation technologique au salon international BATIMAT à Paris en novembre 2003.

L'infrastructure de la plate-forme est modulaire, basée sur une architecture de services Web développée en JAVA. Le format de données adopté pour la maquette Active3D est l'IFC (**Industry Foundation Classes**).

- **Présentation des IFC⁵ :**

Ce format de données est né de l'initiative de l'IAI, International Alliance for Interoperability, associant des entreprises du secteur de la construction et des éditeurs de logiciels. L'objectif est de favoriser l'interopérabilité dans le domaine de la construction.



Figure 1.1 : Logo de l'IAI

L'IAI s'organise en 11 chapitres, chacun correspondant à un pays ou à un groupe de pays qui se sont associés pour des raisons de proximité ou de langue. L'association Medi@construct représente le chapitre francophone. A ce jour, l'IAI rassemble près de 450 membres appartenant à 24 pays.

³ Sources : [1], [2]

⁴ www.la-griffe.fr/active3d/2006/technologie_concept&technologie.php

⁵ Sources : [6], [7], [10]

Le format IFC, développé depuis plus de 10 ans maintenant, est un format de fichier qui a été créé dans le but d'échanger et de partager des informations entre les différents logiciels. Orienté objet, il associe donc la géométrie 2D/3D des éléments à la « sémantique métier ». Un objet de construction correspond alors à un ensemble de données géométriques enrichi des informations intrinsèques à cet objet : son nom, ses matériaux, ses charges, son ferrailage, le coût au mètre carré, etc. Par exemple, une porte IFC n'est pas seulement une collection de lignes géométriques identifiée comme porte, mais cette porte est reconnue comme porte en tant que telle et possède des attributs correspondant à sa nature.

Enfin, une maquette numérique est un regroupement hiérarchisé d'objets de construction. Par exemple, un projet contient un site, qui contient un bâtiment, lui-même contenant un étage, etc., jusqu'à détailler les composants les plus élémentaires d'un ouvrage. Ainsi le fichier IFC d'un bâtiment complet est un fichier textuel dont la taille peut atteindre 100 Mo.

Le modèle des IFC a été développé de façon progressive. La version la plus récente est IFC 2x3 (février 2006). Son architecture est la suivante :

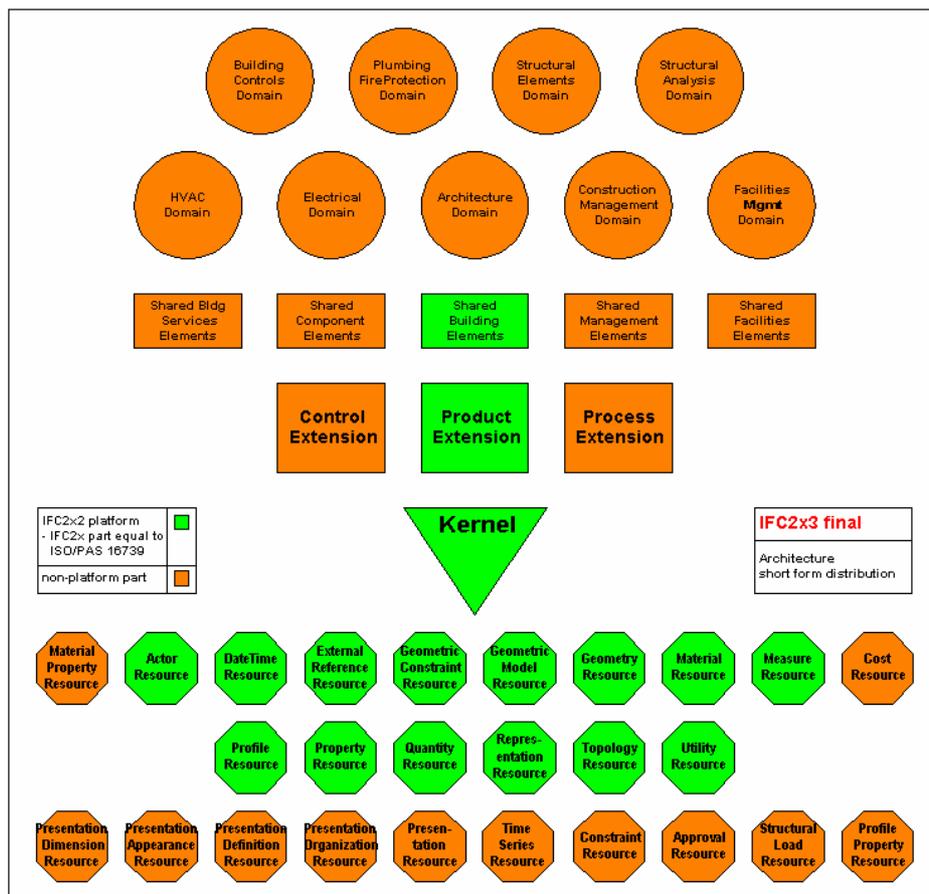


Figure 1.2 : Architecture des IFC

- Les IFC sont regroupés en schémas qui sont organisés en couches :
- La couche inférieure contient des ressources, entités d'usage général (géométrie, matériaux, relations topologiques, etc.) ;
 - Le noyau et ses extensions;
 - La couche supérieure contient les éléments partagés (parois, portes, dalles, fenêtres, poteaux, poutres, ...)
 - La couche la plus haute organise les entités par domaine (génie climatique, architecture,...).

Il est possible de créer une « vue métier » particulière, correspondant à l'activité de l'intervenant. En effet, la nature des éléments, grâce à la définition de leur sémantique, permet de choisir ceux qui sont pertinents pour chaque acteur du projet. Ils sont donc extraits de la plate-forme en fonction des besoins et des droits de l'intervenant et de la taille des données à transmettre sur le réseau. A partir de cette interface, l'intervenant peut mettre à jour la maquette en ajoutant, modifiant ou en supprimant des parties de l'arbre principal, enrichissant ainsi le modèle avec son propre vocabulaire, ses propres concepts et ses propres objets métiers.

- **Les IFC, solution actuelle ou future ?**

La plate-forme collaborative Active3D est utilisée par le Conseil régional de Bourgogne pour la gestion de l'ensemble des lycées publics (1 500 000 m²).

Dans un contexte moins général que la maquette numérique, les IFC peuvent également servir de passerelle entre logiciels. Parmi les logiciels de CAO sachant lire/écrire des fichiers IFC, on peut citer Allplan, Archicad, AutoCAD Architecture, Microstation, De même, certains éditeurs de logiciels de simulation ont intégré le format IFC, pour différents domaines du bâtiment : la structure (Robobat, Graitec), la thermique (ClimaWin), la gestion du patrimoine (Vizélia Technologies, RS Abyla, Inféo), le relevé sur site (VizAll), ...

Il est prévu que la prochaine version des IFC (2x4) s'étende à la description de ponts (avec une intervention du SETRA et du CSTB).

Cependant, l'ajout de modules d'import/export reste complexe et coûteux, ce qui empêche leur développement et donc l'utilisation des IFC par de plus petits éditeurs de logiciels. L'exploitation des IFC est donc très marginale en France. Ce format de fichier est peu connu des acteurs du BTP : les plans au format .dwg/.dxf restent la base des échanges entre les différents intervenants.

Les échanges informatisés font partie du quotidien des ingénieurs et des architectes, mais ils n'aboutissent pas encore à la création systématique d'une maquette numérique. Cette dernière n'assure pas encore assez de flexibilité et de responsabilisation juridique par rapport à l'armoire à plan classique.

Les IFC posent aujourd'hui un problème au niveau de leur utilisation en thermique, à cause de la définition des limites d'espaces. En effet, avec les IFC, une paroi peut être accolée à plus que deux pièces. Pour une simulation thermique, une paroi ne doit séparer, et donc relier, que deux zones thermiques (problème illustré sur la figure 1.3).

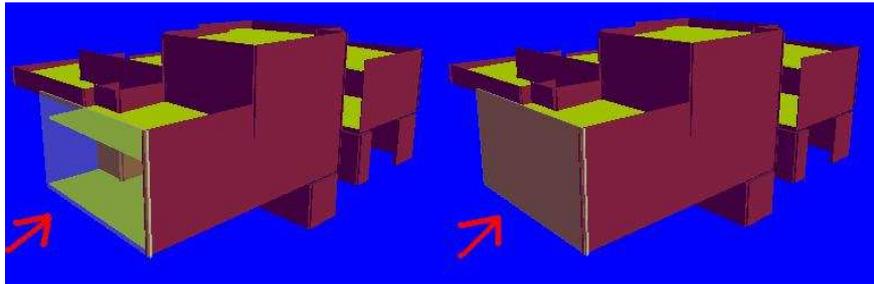


Figure 1.3 : Illustration du problème des « IFC SpaceBoundaries »

Si l'on souhaite utiliser les IFC, il est donc à l'heure actuelle nécessaire de redéfinir la topologie du bâtiment, en découpant toutes les parois en fonction des zones thermiques (pour obtenir des « facettes » de murs ou planchers ne reliant que deux pièces à la fois).

La mise en place d'un nouveau format de fichier, visant à toucher le plus grand nombre d'acteurs du BTP, est un processus long et compliqué, comme le démontrent les limites citées ci-dessus. C'est pourquoi des alternatives aux IFC ont été envisagées, notamment le format de fichiers NBDM.

2. Le format NBDM⁶

La création du format NBDM (développé dans le cadre du PREBAT, Programme de Recherche et d'Expérimentation sur l'Energie dans le BATiment) a pour but d'apporter une réponse à court terme au problème de la mise en application des IFC (mais n'en constitue en aucun cas un format concurrent).

Le modèle de données NBDM (Neutral Building Data Model) est par nature plus simple que les IFC : il ne comporte que 10 classes d'objet contre plus de 650 pour les IFC. Il a été créé dans le même esprit, et les deux formats sont compatibles.

Ainsi, le NBDM fournit une vision applicative de ce qu'il est possible de faire avec des « IFC simplifiés », et donc à terme avec les IFC.

Il est pour le moment uniquement utilisé pour les logiciels de simulation thermique :

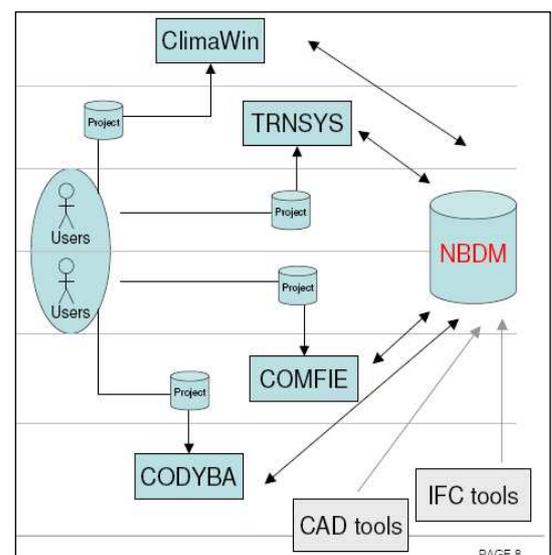


Figure 1.4 : NBDM, un format de données compatible avec les principaux logiciels de thermique

⁶ Sources : [8], [11]

C'est un modèle basé sur le langage **.xml** qui est simple et universel, libre de droit et qui présente des avantages de forme et de manipulation.

Le modèle NBDM est intégrable dans le logiciel ClimaWin 2005 via une interface dédiée à cette fonctionnalité, et intégrée dans l'environnement de travail de l'application. Lors de l'exportation, le logiciel génère le fichier **.xml** correspondant au projet en cours d'étude, en y intégrant toutes les données telles que la structure du bâtiment, les banques de données, Le temps de traitement est quasi instantané, même sur des études importantes, car aucun calcul conséquent n'est effectué par ClimaWin durant cette opération.

De même, un traducteur NBDM vers TRNSYS et vice versa a été implémenté.

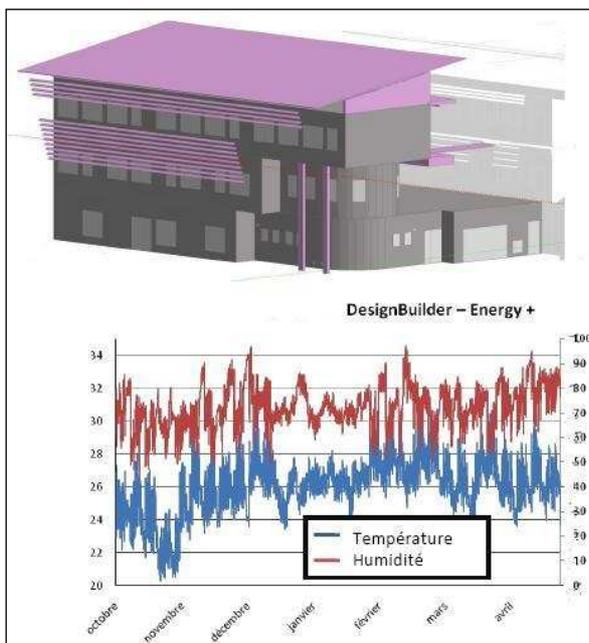
Le convertisseur NBDM<>KoZiBu existe. Il fera l'objet de notre étude. Les difficultés rencontrées proviennent essentiellement des différences entre les modèles de données NBDM et KoZiBu.

Il y a aussi des problèmes lors de l'intégration à Pleiades, dus à des différences de définitions des éléments constitutifs des bâtiments (en particulier les fenêtres, les états de surface, les masques, etc.).

Une documentation insuffisante, l'absence de description géométrique 3D, ou encore la non prise en compte des ponts thermiques, sont des limites actuelles du modèle NBDM. Un projet NBDM2 est lancé dans le but de répondre aux mieux à ces limitations et d'ouvrir le format à d'autres domaines (aérodynamique, éclairage, acoustique,...), tout en préservant sa simplicité.

B. Les passerelles existantes

1. DesignBuilder / Energy+



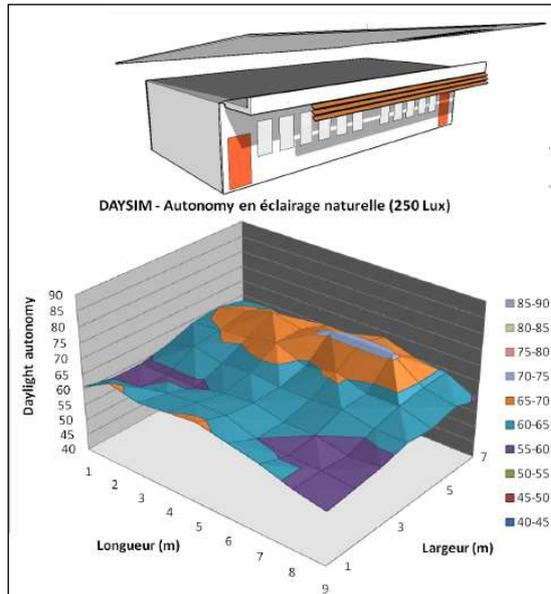
Energy+

Avec l'outil de modélisation des bâtiments DesignBuilder, il est possible de lancer automatiquement le logiciel libre Energy+ afin de réaliser des simulations thermiques, aérodynamiques et d'éclairage.

Figure 1.5 : Couplage de DesignBuilder et

2. Couplages avec SketchUp⁷

Des couplages à partir du logiciel SketchUp sont également en développement. SketchUp est un logiciel de 3D intuitif, développé par Google, très facile à manipuler, et de plus en plus utilisé par les architectes. Une version gratuite et une version « professionnelle » sont téléchargeables sur le site de Google.



L'importation de fichiers .dxf et .dwg est possible. De plus, les matériaux (utilisés pour mettre des « textures » aux parois) sont compatibles avec DaySim qui est un logiciel de simulations d'éclairage naturel et artificiel. Il fournit, entre autres, une carte 2D de l'éclairage sur un plan de travail, et il calcule certains indicateurs tels que le facteur lumière du jour, la luminance annuelle,...

Figure 1.6 : Couplage de SketchUp et DaySim

SketchUp est également couplé à Héliodon (pour la simulation des ombrages), Catt Acoustic et depuis peu avec Energy+. Ce dernier plugin facilite la création et l'édition de bâtiments, et permet de réaliser le zonage, de définir les surfaces et de lancer des simulations thermiques. Une bibliothèque rend possible le choix de composition pour les murs, toits et fenêtres.

3. SimCAD / TRNSYS

Le CSTB est le diffuseur du logiciel américain TRNSYS en France. Afin de faciliter la saisie des données géométriques, il a créé SimCAD, un logiciel de CAO, en vue de générer un fichier directement utilisable dans TRNSYS.

Une description plus détaillée de cette passerelle a été réalisée par des étudiants de l'INSA en 2007, lors du PIRD précédent celui-ci⁸. Nous n'avons pas refait nous-mêmes cette étude, mais nous en reprenons ici les grands principes du transfert des données.

A la différence d'autres outils de CAO, SimCAD est orienté objet, avec une approche par volumes. Il permet de saisir la structure du bâtiment ainsi que les matériaux de construction, et de définir des zones thermiques et des relations entre ces zones et les parois.

⁷ www.eere.energy.gov/buildings/energyplus/energy_design_plugin.html

⁸ Source : [12]

Il est possible de créer un bâtiment entièrement dans SimCAD, mais aussi à partir de plans sous forme de :

- fichiers .dxf pour leur donner ensuite une « sémantique » (limites des murs, zones thermiques,...) ;
- fichiers IFC qui permettent de disposer directement de la structure « logique » du bâtiment ;
- fichiers .xml.

Au fur et à mesure que l'utilisateur définit les murs, portes et fenêtres du bâtiment, le logiciel génère automatiquement en interne un modèle de données orienté objet. Une fois le bâtiment dessiné en plan, SimCAD le modélise en 3D et génère un modèle géométrique dans un fichier .bui qui contient tout le métré du bâtiment. L'utilisateur va donc se servir d'un tel logiciel pour saisir simplement la structure du bâtiment. Le fichier de sortie sera ensuite complété dans un logiciel spécialisé comme TRNSYS pour les détails non architecturaux comme l'occupation, la ventilation, etc.

4. SimCAD / CoDyBa⁹

CoDyBa possède un module de conversion des fichiers .bui en .cdb. Il est donc également possible de récupérer les données géométriques renseignées sous SimCAD. Ainsi, en travaillant sur un même fichier sous TRNSYS et CoDyBa, l'utilisateur peut comparer les résultats obtenus.

5. CAO / TRNSYS via ClimaWin¹⁰

Comme on peut le voir sur le tableau 1.1, ClimaWin peut importer des fichiers .ifc et exporter en .nbdm, format que TRNSYS peut lire. Il est donc possible d'utiliser cette voie pour lire des fichiers IFC produits par des logiciels de CAO.

⁹ Source : [9]

¹⁰ Source : [13]

La figure suivante illustre cette chaîne de transfert :

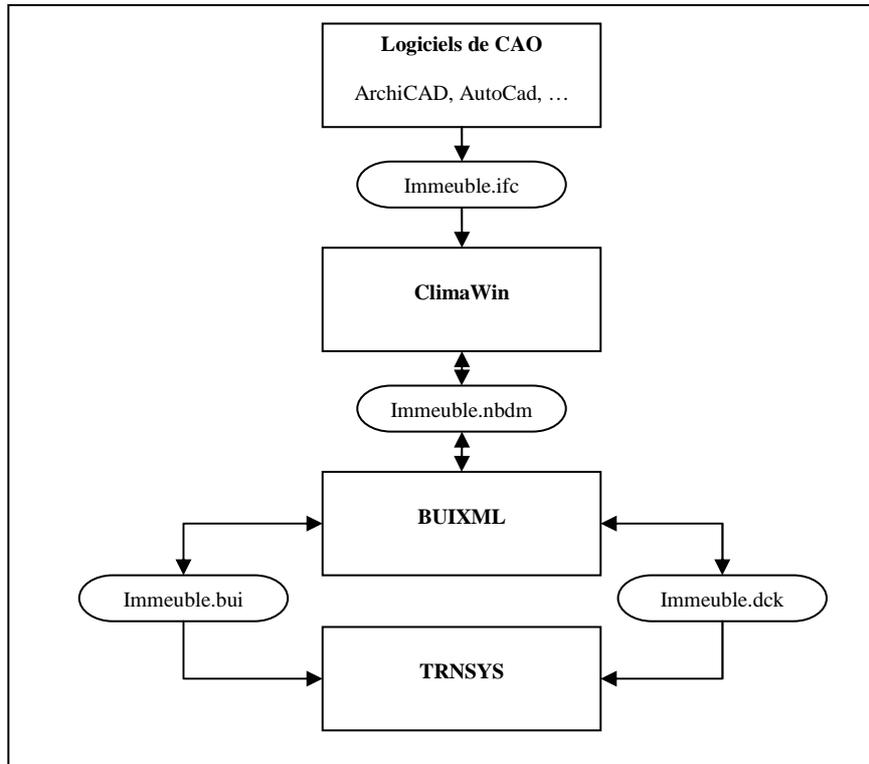
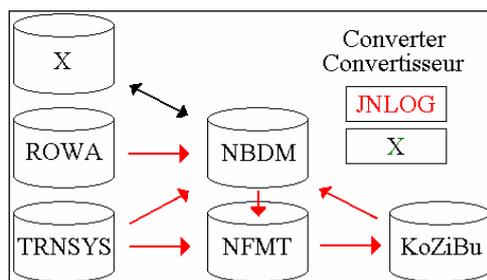


Figure 1.6 : De la CAO à TRNSYS en passant par ClimaWin

Cela permet donc de faire des calculs réglementaires sous ClimaWin et dynamiques sous TRNSYS à partir d'un même fichier de base contenant la géométrie du bâtiment.

6. Les passerelles vers KoZiBu¹¹

KoZiBu possède un module de conversion des fichiers générés par d'autres logiciels dans le format .nfmt :



NFMT : langage neutre de KoZiBu
NBDM : format de fichier d'exportation de données

Figure 1.7 : Schéma de conversion de fichiers pour KoZiBu

¹¹ www.jnlog.com



Figure 1.8 : Module de conversion des fichiers sous KoZiBu

Nous étudierons par la suite plus en détail la passerelle entre le logiciel CAO NOVA, développé par la société suisse PLANCAL, et KoZiBu. Cette passerelle nécessite de passer par ROWA.

Puis, notre étude portera sur la conversion directe de fichiers textes au format KoZiBu.

II. Couplage de la CAO et de la thermique : exemple des logiciels NOVA et KoZiBu

A. Présentation du transfert

Plancal a développé l'exportation de Nova vers le logiciel ROWA de l'éditeur allemand ROWA-Soft. Ce logiciel effectue des calculs de consommation d'énergie (selon la méthode d'évaluation de la consommation énergétique résumée dans la norme allemande DIN V 18599 « Energetische Bewertung von Gebäuden » de juillet 2005), afin de répondre aux exigences allemandes sur l'économie d'énergie EnEV (Energie-Einspar-Verordnung). KoZiBu effectue alors la conversion des données de ROWA.

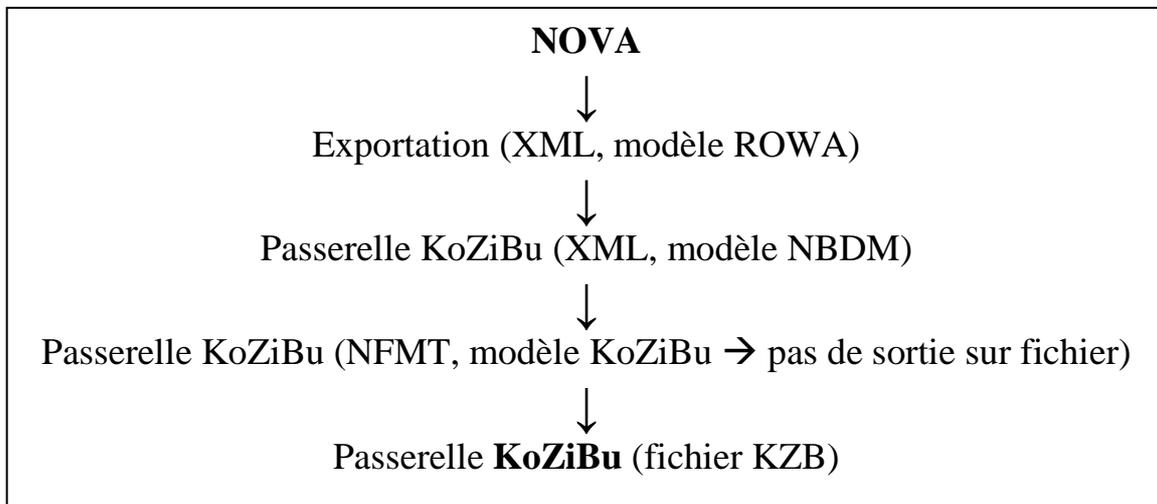


Figure 2.1 : Chaîne de transfert entre NOVA et KoZiBu

La figure précédente illustre la complexité de la passerelle : il faut passer successivement par plusieurs formats de données pour obtenir un format lu par KoZiBu. Cette multiplication des étapes peut entraîner des pertes d'information.

B. Description des étapes de la chaîne

1. Saisie de la géométrie sous NOVA

Il est important de bien organiser les données dès le départ : il faut créer un « projet », puis un « répertoire », dans lequel sont placés les « dessins ».

Le plus simple est de commencer par saisir les murs extérieurs. A la différence d'AutoCAD, les murs ne sont pas juste des lignes mais des objets en tant que tels, avec des propriétés spécifiques : hauteur, épaisseur, composition (et caractéristiques associées : valeur de U, coefficients d'absorption et d'émission).

Le positionnement des murs intérieurs est plus facile que celui des murs extérieurs : grâce aux fonctions « mur parallèle » et « mur perpendiculaire », et aux fonctions d'ajustement (en T, H, ou L), il ne reste plus qu'à entrer l'espace souhaité entre les murs.

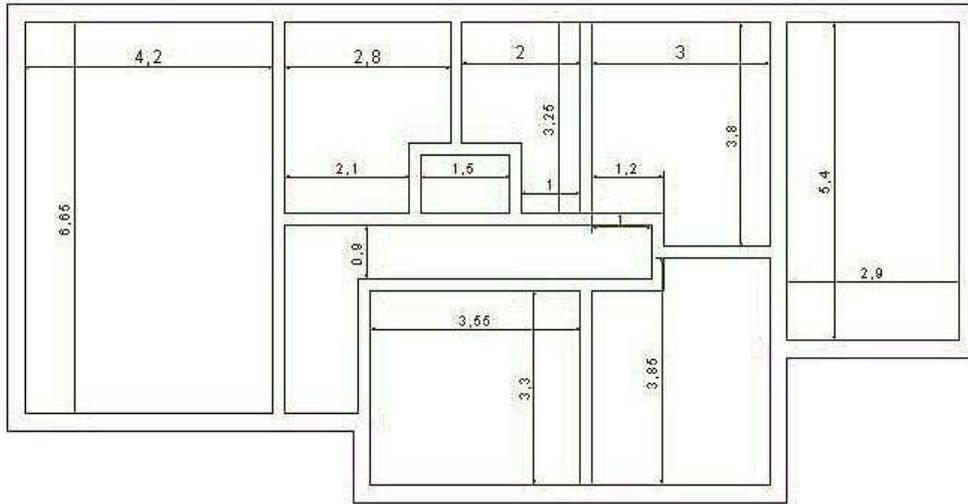


Figure 2.2 : Tracé des murs

Il est alors possible de rajouter les menuiseries : fenêtres, portes-fenêtres et portes.

Il faut ensuite ajouter les planchers et plafonds en les accrochant aux murs (aux bords extérieurs pour avoir la dalle sous les murs).

Une fois ces étapes réalisées, il faut penser à définir les différentes pièces du bâtiment : il suffit d'entrer le nom de la pièce, et avec un simple clic au milieu de celle-ci, la surface est automatiquement détectée. Une pièce peut être définie comme chauffée ou non (température de consigne à préciser).

Pour ajouter la toiture, il est nécessaire de découper le bâtiment afin d'ajouter chaque pente de toit séparément. Il faut indiquer la hauteur de base et, soit la hauteur de faîte, soit l'inclinaison du toit. Il est ensuite possible de sélectionner les murs extérieurs et de les adapter au toit.

Voici une vue globale d'un bâtiment saisi sous NOVA :

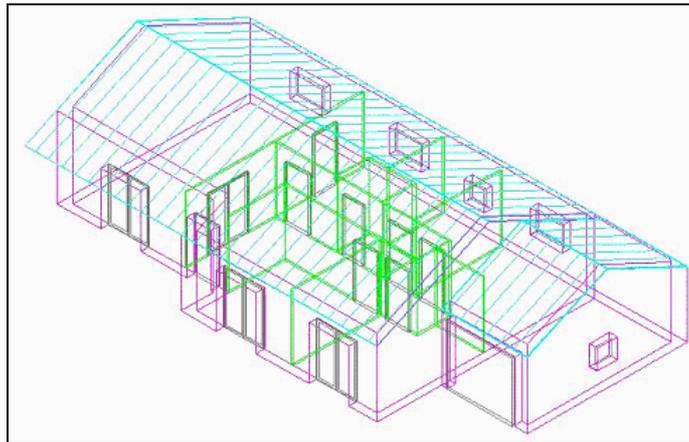
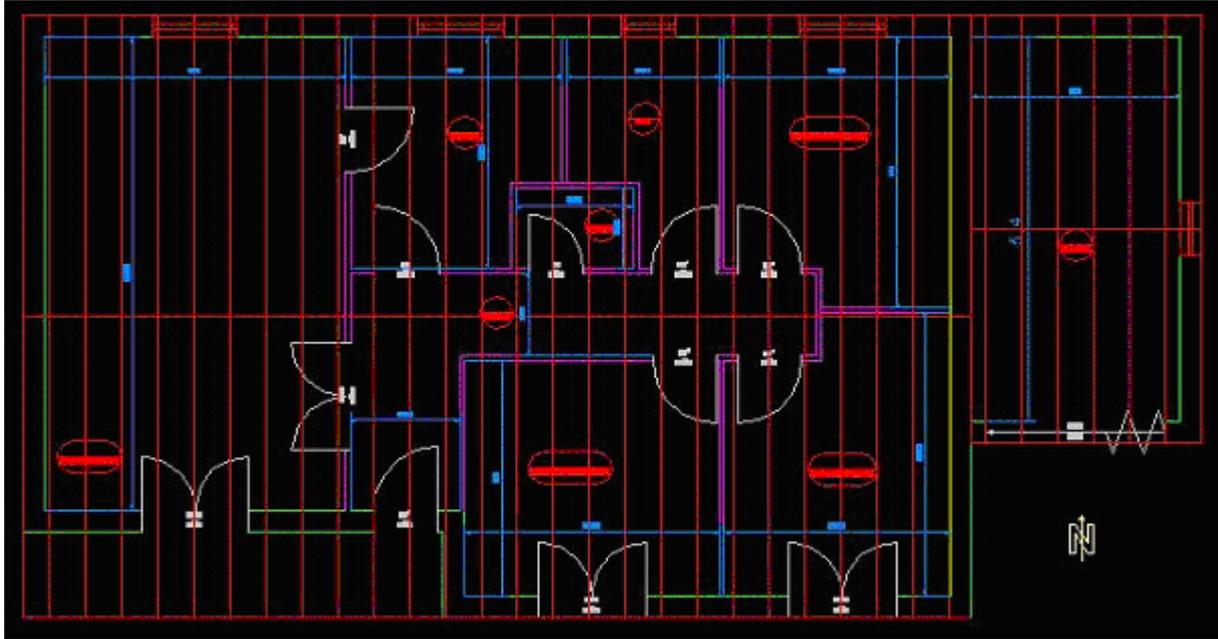


Figure 2.3 : Plan et vue 3D d'un bâtiment saisi sous NOVA

En cliquant sur l'onglet « Applications » et la fonction « Calcul valeur U », l'utilisateur peut définir la composition des parois. Pour chaque couche, il faut préciser l'épaisseur, la masse volumique et la conductivité thermique.

Dans Nova, nous pouvons également définir l'orientation du bâtiment en ajoutant sur le dessin la « flèche Nord ».

2. Exportation en fichier .xml

Nous avons envoyé chaque fichier Nova à la société Plancal, qui nous a ensuite fourni le fichier .xml correspondant après passage par le logiciel ROWA.

L'analyse détaillée d'un de ces fichiers .xml est présentée en l'annexe 3.

3. La passerelle de KoZiBu

A partir du fichier .xml (modèle NBDM), KoZiBu crée un fichier .nfmt (langage neutre du logiciel) pour arriver à un fichier .kzb exploitable pour la visualisation 3D et par la suite pour la simulation thermique.

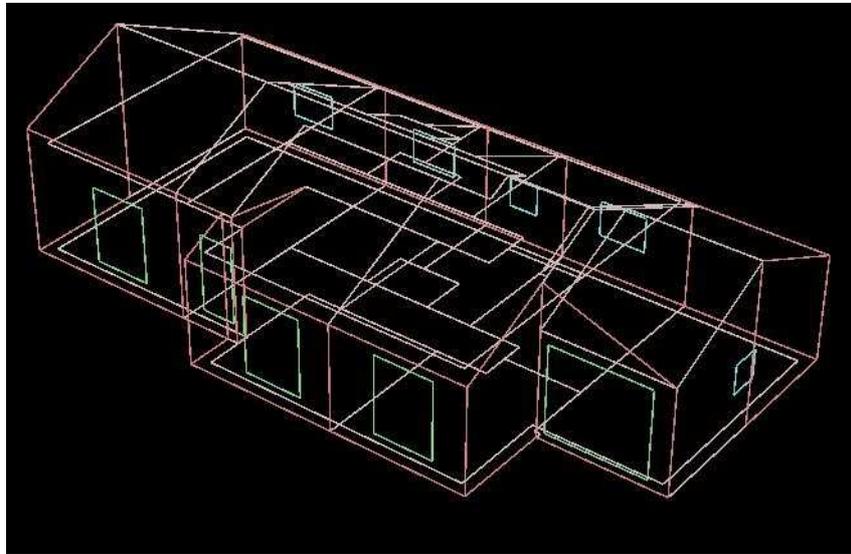


Figure 2.4 : Visualisation 3D du bâtiment sous KoZiBu

Pour comparaison, voici l'image 3D obtenue sous Nova :

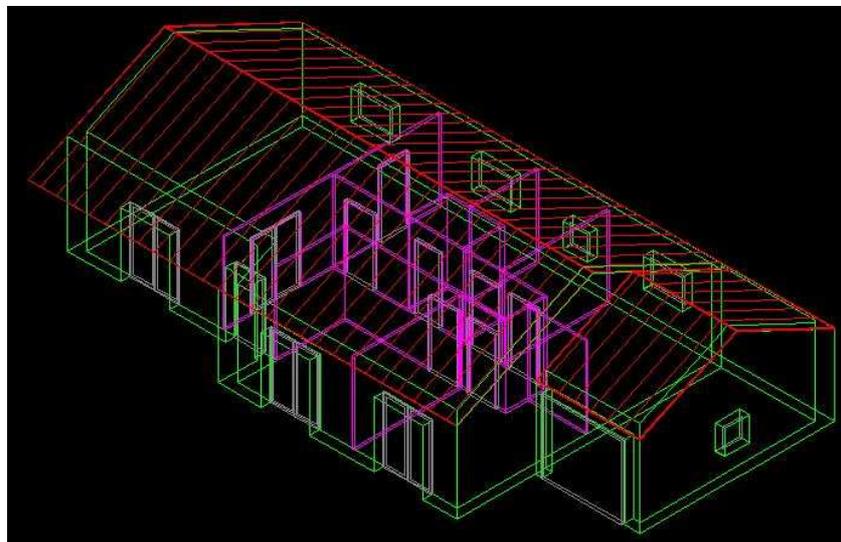


Figure 2.5 : Visualisation 3D du bâtiment sous Nova

On observe que le résultat est globalement satisfaisant. Il y a tout de même quelques différences. Du fait de la définition du bâtiment pièce par pièce dans le fichier .xml généré par ROWA, les murs, planchers, plafonds et toits sont découpés en plusieurs facettes et donc apparaissent comme tels sous KoZiBu.

C. Avantages et limites de la méthode

Le logiciel NOVA nous a semblé très facile d'utilisation. Il nous a fallu très peu de temps pour nous familiariser avec son fonctionnement.

Le mode de définition des bâtiments est assez intuitif. L'utilisateur gère directement des objets avec des caractéristiques propres, ce qui est plus parlant qu'un ensemble de lignes.

Le temps de saisie des données est considérablement réduit par rapport à une démarche où l'ensemble des renseignements est rentré sous un logiciel de thermique tel que CoDyBa.

Cependant, quelques points posent encore problème. Voici les principaux :

➤ Lors du tracé sous NOVA :

- *Dimensions des murs extérieurs* : les longueurs saisies sont considérées par Nova comme celles des fibres moyennes du mur. Il faut donc prendre en compte l'épaisseur des murs, et jouer sur les différents alignements possibles (intérieur, médian, ou extérieur).

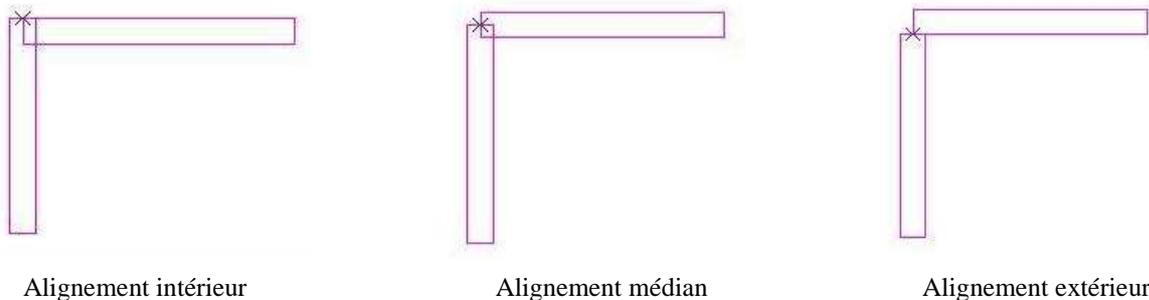


Figure 2.6 : Types d'alignement possibles sur Nova

On observe que selon le mode d'alignement, les côtes extérieures obtenues sont différentes. Pour avoir celles souhaitées, il faut donc choisir un type d'alignement et prendre le temps de calculer les longueurs à entrer pour le tracé.

Suggestion : *Peut-être serait-il plus facile pour l'utilisateur de choisir dès le départ s'il souhaite donner le linéaire extérieur, intérieur, ou la longueur de la fibre moyenne (par exemple une case à cocher) ?*

➤ Données récupérées dans le fichier .xml de ROWA :

- *Confusion entre planchers et plafonds* : les plafonds sont récupérés avec une composition de plancher mais donnent sur l'air extérieur.
- *Double définition des murs intérieurs* : une paroi intérieure sépare 2 pièces, et est donc définie dans chacune d'elles. Il faudra que KoZiBu détecte cette double définition afin de ne garder qu'un seul mur. Ce problème n'est pas visible dans le rendu 3D (lignes confondues), mais pourrait être préjudiciable pour les simulations.
- *Calcul des aires des pièces* : l'algorithme de calcul ne semble pas stable. Certaines surfaces sont correctes et d'autres aberrantes : -1 m², -53146826916488590000...m², -987654m² : nous ne savons pas comment se fait le calcul, et donc d'où proviennent ces erreurs.

- Les pièces définies comme chauffées dans NOVA le sont toujours dans le fichier .xml, mais l'information concernant la température de consigne a disparu.
- *Raccordement au toit* : après la conversion en .xml, certaines parois ne sont pas ajustées au bon pan de toit. A titre d'exemples :

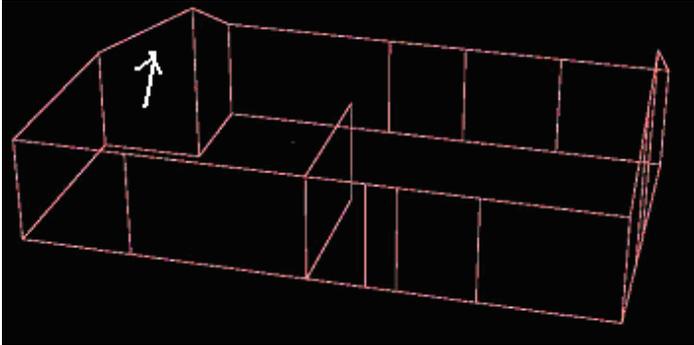


Figure 2.7 : Problème de raccordement au toit

Le mur fléché ne devrait pas être raccordé au toit de la zone d'habitation, mais à la toiture plate du garage.

Les extrémités des parois intérieures touchant un mur extérieur se trouvent raccordées au toit elles aussi.

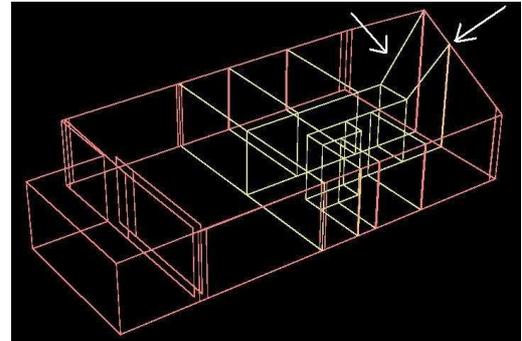


Figure 2.8 : Problème de raccordement au toit des parois intérieures

- Quand on dessine un bâtiment à étages sous NOVA, ces informations ne sont pas récupérées ensuite dans le fichier .xml.
- *Mur pignon d'une maison en contact avec le garage* : ce mur est en partie en contact avec le garage, et en partie avec l'air extérieur (au niveau supérieur). Le fait que ce mur sépare 3 zones thermiques semble poser quelques problèmes : la partie supérieure du mur n'est jamais définie, nous avons donc un trou dans le bâtiment.

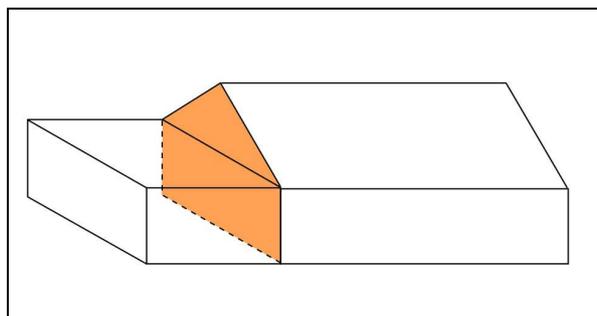


Figure 2.9 : Mur situé entre 3 zones thermiques

Le tableau suivant résume les données entrées sous NOVA, celles que l'on retrouve ensuite dans le fichier .xml puis celles à rajouter dans KoZiBu afin de réaliser une simulation thermique dynamique.

| Données nécessaires à une simulation thermique | | | Nova | Fichier .xml | KoZiBu |
|--|---|--|------|--------------|--------|
| Données géométriques | Volumes d'air | Dimensions | | | |
| | | Repérage spatial | | | |
| | Parois | Dimensions | | | |
| | | Epaisseur des différentes couches | | | |
| | | Repérage spatial | | | |
| | Ouvertures | Dimensions | | | |
| | | Epaisseur des différentes couches | | | |
| | | Repérage spatial | | | |
| | | Masques | | | |
| | Orientation générale du bâtiment | | | | |
| Caractéristiques physiques | Matériaux | Masse volumique | | | |
| | | Conductivité | | | |
| | | Capacité | | | |
| | | Comportement en fonction de l'humidité | | | |
| | Constitution des couches | | | | |
| Contexte d'exploitation du bâtiment | Température de consigne pour le chauffage | | | | |
| | Température de consigne pour la climatisation | | | | |
| | Charges thermiques | | | | |
| | Taux de renouvellement d'air | | | | |
| | Température de l'air soufflé | | | | |
| | Régulateurs | Position | | | |
| | | Puissance | | | |
| | Profil d'activité pour les charges thermiques | | | | |
| | Profil d'activité pour les régulateurs | | | | |
| | Profil d'occupation | | | | |
| | Profil d'éclairage | | | | |
| | Profil pour la température de consigne | | | | |
| Données météorologiques | | | | | |

Tableau 2.1 : Informations entrées sous Nova, conservées dans le fichier .xml, et celles à renseignées dans KoZiBu

D. Arrêt de l'étude

Les résultats obtenus en 3 mois attestent de la faisabilité de ce projet. Cependant, l'exportation NOVA → ROWA est encore appelée à être développée, mais selon un planning qui reste à ce jour indéfini. Leur format de fichier a évolué en fonction des changements de la norme allemande, et des informations qui nous étaient nécessaires pour la passerelle sous KoZiBu ont disparu.

Ces développements futurs étant incompatibles avec nos délais de PIRD (ils reprendront sans doute au deuxième semestre 2008), nous avons dû réorienter notre étude vers le développement d'un module de saisie interne à KoZiBu, en partenariat avec M. NOEL.

III. Optimisation de la saisie des données géométriques pour la simulation thermique dynamique sous KoZiBu

A. Présentation du module de KoZiBu : saisie de la géométrie et visualisation 3D

Le but de cette deuxième étude est de développer un module 3D interne à KoZiBu. Ce dernier doit permettre une saisie rapide, simple et complète de la géométrie du bâtiment afin d'en obtenir une description schématique.

La saisie de la géométrie et de la composition des parois se fera à la manière d'un logiciel de CAO. Dans CoDyBa, l'utilisateur renseigne uniquement l'orientation et l'inclinaison des parois, mais pas leur position les unes par rapport aux autres. Aucune visualisation ne lui permet de vérifier sa saisie.

Jean NOEL développe un convertisseur pour passer d'un fichier .txt (langage NFMT) à un fichier .kzb. Nous participons à ce travail depuis mi-mars 2008, en testant différents cas de bâtiments (notamment typologies CSTB, telles que Mozart, Puccini, Matisse-Mondrian), afin de diagnostiquer les points à améliorer au fur et à mesure des versions.

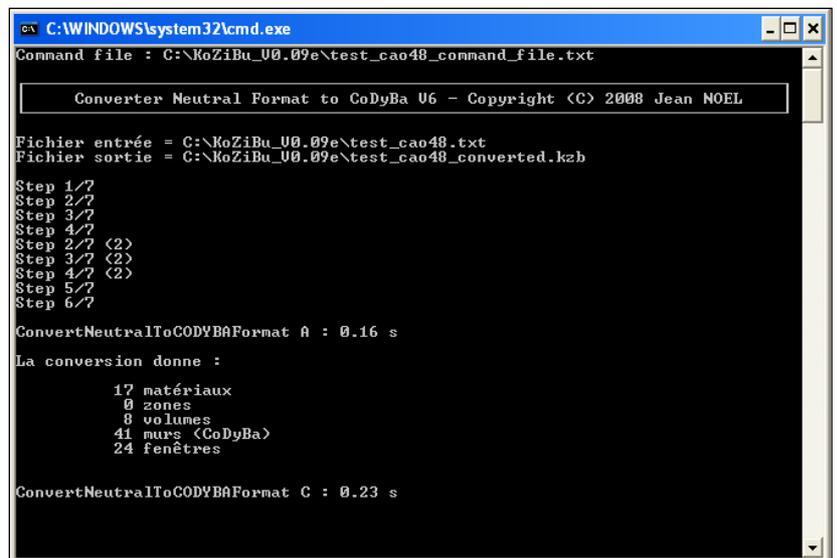
1. Saisie du bâtiment dans un fichier texte (format NFMT)

Pour l'instant, la saisie du bâtiment se fait par l'intermédiaire d'un fichier texte, contenant des lignes de commandes qui sont ensuite interprétées par le convertisseur de KoZiBu.

La définition de la géométrie se fait à base de points (VERTEX), de LINES reliant ces points (qui doivent être situés dans un même plan), de POLYLINES regroupant les LINES, et de SKELETONs permettant d'ajouter une 3^{ème} dimension aux POLYLINES (grâce à un VECTOR). Une description plus complète du fichier .txt est donnée en annexe 4.

2. Conversion

La conversion transfère les données géométriques et les données accessibles via l'explorateur du bâtiment (surfaces et inclinaisons), du format NFMT à un fichier KoZiBu. Le convertisseur est doté d'un module de détection d'erreurs.



```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Command file : C:\KoZiBu_U0.09e\test_cao48_command_file.txt

Convert Neutral Format to CoDyBa U6 - Copyright (C) 2008 Jean NOEL

Fichier entrée = C:\KoZiBu_U0.09e\test_cao48.txt
Fichier sortie = C:\KoZiBu_U0.09e\test_cao48_converted.kzb

Step 1/7
Step 2/7
Step 3/7
Step 4/7
Step 2/7 (2)
Step 3/7 (2)
Step 4/7 (2)
Step 5/7
Step 6/7

ConvertNeutralToCoDYBAFormat A : 0.16 s

La conversion donne :
    17 matériaux
     0 zones
     8 volumes
    41 murs (CoDyBa)
    24 fenêtres

ConvertNeutralToCoDYBAFormat C : 0.23 s
    
```

Figure 3.1: Copie d'écran du résumé de la conversion

3. Visualisation

Après conversion, nous obtenons la visualisation 3D, en filaire, du bâtiment (en rouge : les murs extérieurs, en jaune : les murs intérieurs, en bleu : les fenêtres).

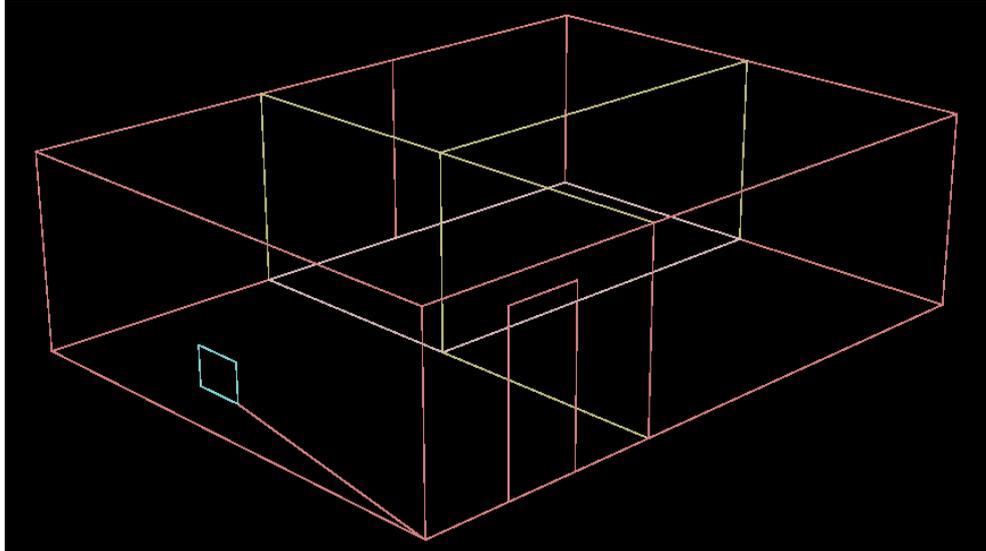


Figure 3.2: Visualisation 3D du bâtiment décrit dans le fichier en annexe 4

Il est possible de choisir les éléments que l'on souhaite ou non afficher, afin de visualiser certains détails particuliers. Le convertisseur contient un algorithme qui permet de classer les surfaces selon 5 types :

- parois extérieures ;
- parois intérieures ;
- planchers/plafonds extérieurs ;
- planchers/plafonds intérieurs ;
- fenêtres extérieures.

Pour reconnaître si les parois sont extérieures ou intérieures, le convertisseur place d'abord les points, puis effectue le tracé des lignes (figure 3.3.a). En faisant le tour de chaque polygone fermé, il détecte si les lignes sont situées entre deux polygones : elles sont alors considérées comme intérieures. Dans le cas contraire, ces lignes seront reconnues comme extérieures (figures 3.3.b et 3.3.c).

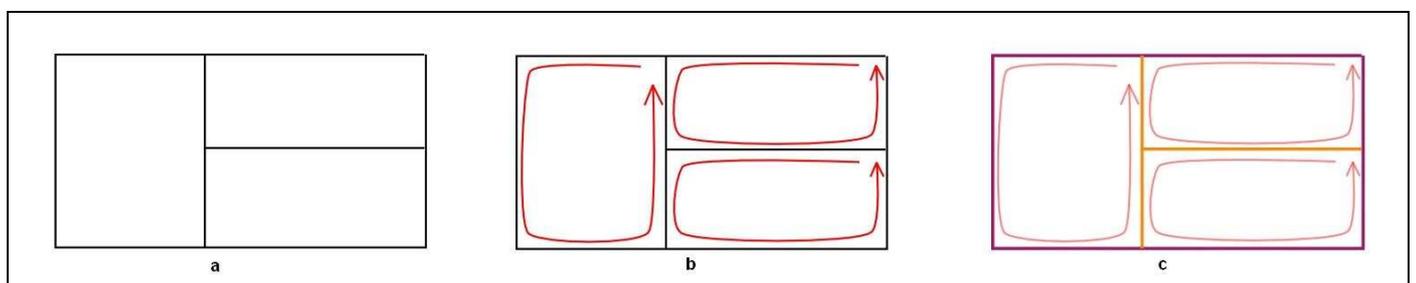


figure c -> Violet : parois extérieures, Orange : parois intérieures

Figure 3.3 : Reconnaissance des parois intérieures et extérieures par KoZiBu

Dans le cas de l'intersection de 2 POLYLINES, ou de 2 SKELETONs, le principe est de détecter ces intersections par la définition de polygones fermés (avec reconnaissance des parois identique au cas précédent), et de découper les faces communes aux 2 volumes à partir de ces polygones fermés.

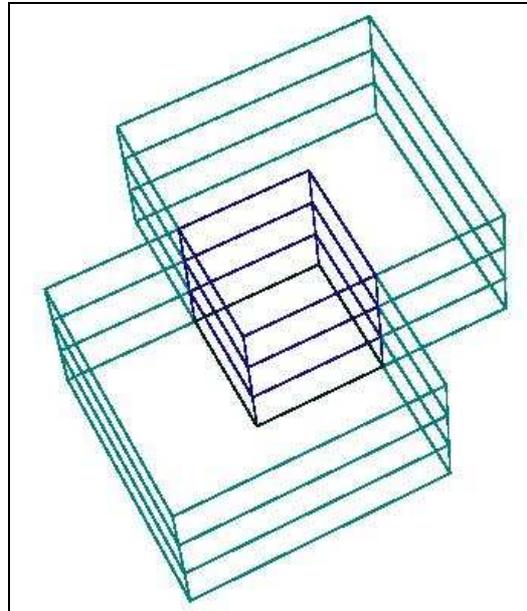


Figure 3.4 : Intersection de 2 volumes

Pour les planchers/plafonds, extérieurs ou intérieurs (bas/hauts ou intermédiaires), la différenciation se fait au moment de l'élévation du SKELETON. S'il y a des planchers/plafonds communs à 2 volumes d'air, le traitement est similaire à celui des faces expliqué précédemment.

Les fenêtres sont traitées comme des éléments appartenant à la paroi : leur contour fait partie de la ligne qui définit le contour du mur. En effet, quand le convertisseur relie les points, il part d'un coin et s'il y a une fenêtre, le contour de celle-ci est inséré dans la ligne. Voici un schéma résumant le principe de traitement :

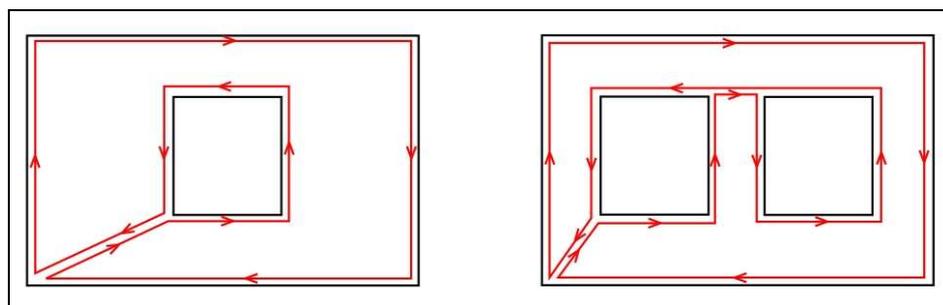


Figure 3.5 : Découpage des fenêtres

Dans le cas où il y a deux ouvertures ou plus sur la même paroi, elles sont reliées les unes aux autres et le principe de découpage reste le même (voir figure 3.5).

➤ **Cas particulier des puits de lumière**

Un SKELETON ne peut être inclus dans un autre. Pour réaliser un puits de lumière, voici donc la démarche à suivre :

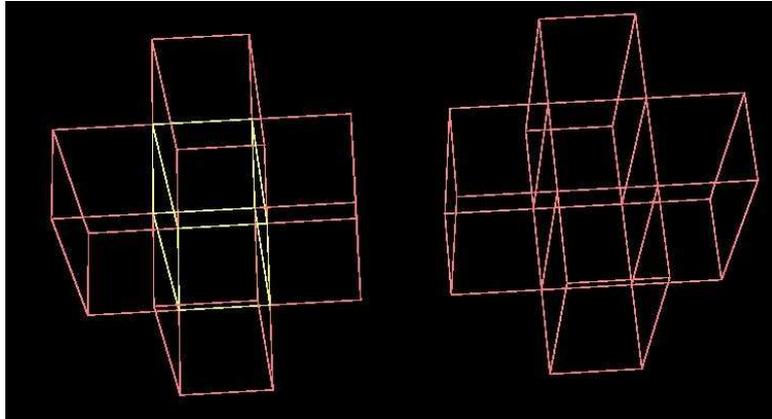


Figure 3.6.a : 1 seul SKELETON **Figure 3.6.b : 2 SKELETONS**

Cette forme est celle de 4 carrés entourant un carré central, qui est donc un "trou". La figure 3.6.b est la bonne façon de faire pour un puits de lumière : les SKELETONs, construits indépendamment à partir des 4 POLYLINEs, ne s'intersectent pas, et le carré central reste vide.

Au contraire, dans le cas de la figure 3.6.a, les 4 lignes définissant les carrés de base sont regroupées en une seule POLYLINE, qui sert donc à élever un seul SKELETON. Avec le mode de reconnaissance des parois, le convertisseur détecte donc les parois intérieures aux 4 volumes comme des murs intérieurs.

On voit la différence entre les deux options aux lignes jaunes qui matérialisent les parois internes.

B. Les limites actuelles et pistes de développement

1. Implantation des ouvertures

Il n'est pas encore possible de définir la position exacte des ouvertures dans la paroi.

Les ouvertures sont réparties au prorata des longueurs entre les 2 points où elles sont insérées. Pour définir leur position précise sur le mur, la seule solution est de rajouter des points équidistants du centre de l'ouverture dans la définition de la LINE.

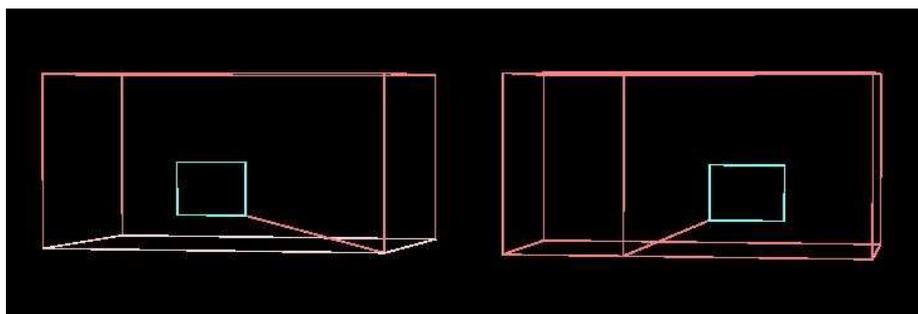


Figure 3.7 : Implantation des ouvertures

Sur l'exemple de gauche de la figure 3.7, la fenêtre est située à équidistance des points de la LINE entre lesquels elle est insérée. A droite, un point a été rajouté pour décentrer la fenêtre. Cependant, dans ce cas, la présence d'un point supplémentaire dans la LINE est trahie par une ligne verticale sur la paroi.

Pour les simulations des échanges thermiques du bâtiment, l'emplacement précis des ouvertures n'est pas indispensable : il suffit juste de savoir leur nombre sur chaque paroi. Cependant, pour une prise en compte future des masques et de la tache solaire dans KoZiBu, la position de la fenêtre devient un paramètre important.

2. Géométries non réalisables

Certaines géométries ne sont pas encore traitées par le convertisseur : surfaces courbes, volumes dont le plancher/plafond n'est pas horizontal (figure 3.8),...

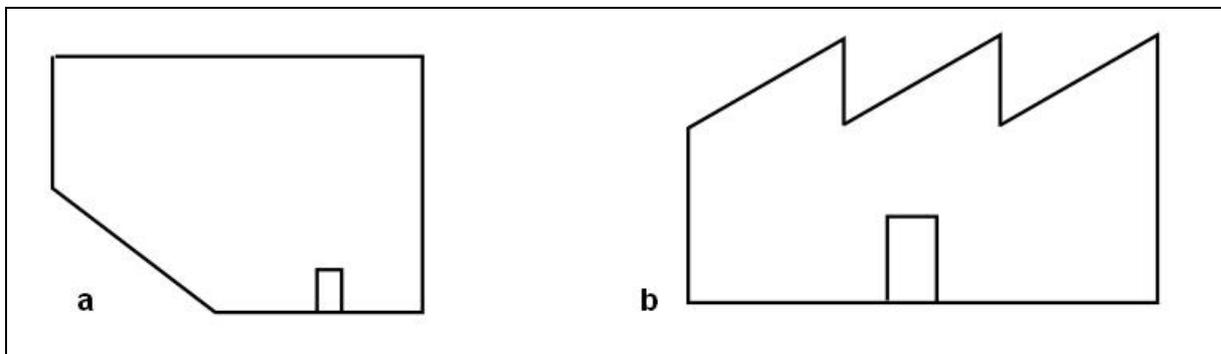


Figure 3.8 : Géométries non réalisables pour le moment sous KoZiBu

De même, les toitures ne sont pas prises en compte.

Il n'est pour l'instant pas possible de réaliser une LINE dont les deux extrémités ne s'appuient pas sur des lignes de contour de la géométrie (voir figure 3.9). Elles entraînent un « warning » qui ne bloque pas la conversion, mais elles n'apparaissent pas ensuite sur le rendu 3D.



Figure 3.9 : LINE dont les 2 extrémités ne s'appuient pas sur le contour

3. Bâtiments multi-étages

Le SKELETON étant construit à partir de l'élévation d'une POLYLINE, si le bâtiment est réalisé avec un SKELETON unique pour la totalité de l'édifice, tous les étages seront identiques au premier. Pour réaliser un bâtiment à étages différents (plans au sol ou implantation des ouvertures non similaires), il est nécessaire de faire un SKELETON pour chaque niveau. Il faut donc pour chaque étage définir la POLYLINE de base, et le SKELETON correspondant.

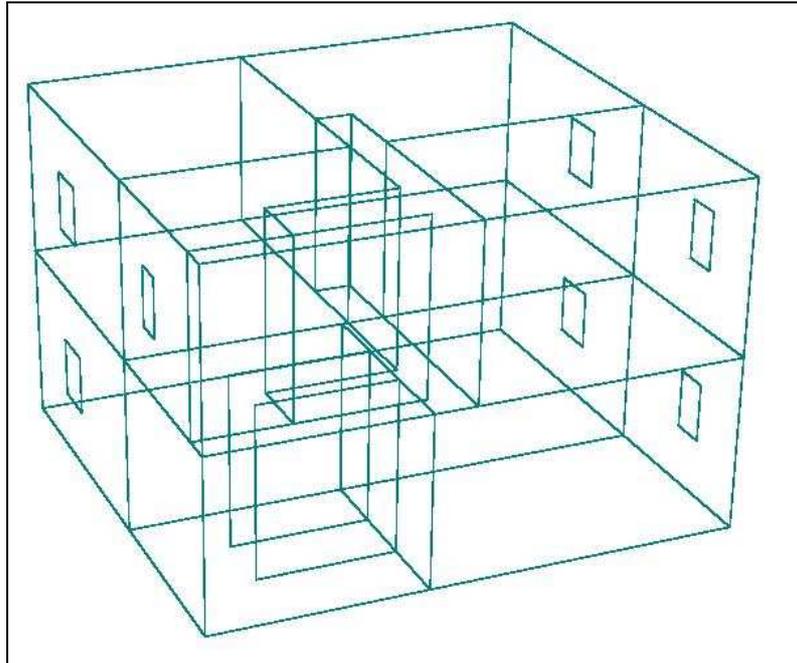


Figure 3.10 : Exemple d'un bâtiment avec 2 étages différents

Cette méthode oblige donc à découper les murs extérieurs en deux parties : une pour chaque étage (ce qui n'est pas obligatoirement le cas dans la réalité).

4. Prise en compte des masques

L'insertion de masques solaires pour les ouvertures n'a pas encore été développée. Il faudrait pouvoir les ajouter en tant qu'attributs des ouvertures.

5. Vers l'intégration d'un module de calcul réglementaire ?

Nous avons étudié les données qui seraient nécessaires pour pouvoir faire des calculs réglementaires sous KoZiBu. Ce travail est présenté en annexe 5.

En attendant que les IFC soient opérationnels, cette solution permettrait à court terme de pouvoir faire une simulation thermique complète, avec calculs réglementaires, sans avoir à utiliser un autre logiciel (tel que ClimaWin).

Conclusion

Ce PIRD nous a permis de comprendre les enjeux de l'interopérabilité entre logiciels dans le BTP et la nécessité de développer des solutions à court terme, telles que le format NBDM ou des passerelles spécifiques entre logiciels. Toutefois, ces passerelles peuvent dans quelque temps s'avérer être un frein à la mise en place des IFC. En effet, si les professionnels s'habituent à leurs nouveaux outils, créés pour répondre à leurs besoins spécifiques, ils risquent d'être réticents à un nouveau changement.

La première partie de ce PIRD prouve que le projet d'interopérabilité à court terme est réalisable : en quelques mois, il a été possible de faire passer de NOVA à KoZiBu une grande partie des données escomptées. Cependant, cette passerelle doit encore être développée pour arriver à une solution opérationnelle.

En ce qui concerne le module interne de saisie et de visualisation de KoZiBu, les résultats sont également très encourageants : les bâtiments de géométrie courante sont entièrement réalisables. Il reste maintenant à développer le couplage avec l'algorithme de simulation dynamique. A terme, l'utilisateur ne renseignera plus les données géométriques en rédigeant des lignes de commande dans un fichier texte : la saisie se fera par un dessin 2D de points reliés par des lignes.

Une des grandes étapes futures importantes pour le développement des simulations thermiques dynamiques seraient également la prise en compte des masques solaires et des ponts thermiques.

Bibliographie

Sites Internet :

- Sites de l'IAI : www.iai-international.org et <http://212.157.43.158/BuildingSmart>
- Site du groupe Plancal : www.plancal.ch
- Site de BBS Slama : www.bbs-slama.com
- Site de Jean Noël : www.jnlog.com
- Site sur la plate forme Web Active3D :
www.lagriffe.fr/active3d/2006/technologie_concept&technologie.php
- Site de l'US Department of Energy :
www.eere.energy.gov/buildings/energyplus/energy_design_plugin.html

Périodiques :

[1] C. CRUZ et C. NICOLLE, « Active3D : vecteur de collaboration – Interopérabilité des logiciels de CAO, entre partage et échange de l'information ». Revue internationale d'ingénierie numérique. Volume 1 – n°2/2005. Editions Lavoisier.

[2] G. ARTHAUD, E. LEBEGUE, A. ANFOSSO, S. SOUBRA, « La maquette numérique, l'avenir de la construction et de la maintenance des ouvrages ». Travaux n°821, Juillet-Août 2005.

Ressources en ligne :

[3] W. KEILHOLZ, JP. BEDRUNE, B. FERRIES, « Couplage entre outils de CAO et outils de simulation de bâtiments », conférence IBPSA France, Sophia-Antipolis, Décembre 1998.
<http://212.157.43.158/BuildingSmart/>

[4] D. FOUQUET, B. GEORGES, « Les B.E.T. Thermique et Energétique face à la modélisation », 4^{èmes} journées TRNSYS francophones, Lyon, Septembre 2001. www.cstb.fr

[5] B. FERRIES, « La pratique de l'interopérabilité dans l'exercice de la maîtrise d'œuvre – Panorama des outils et applications », Mars 2007. <http://212.157.43.158/BuildingSmart/>

[6] B. FERRIES, « Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur les IFC... en trois pages », avril 2005. <http://212.157.43.158/BuildingSmart/>

[7] B. FERRIES, « Faciliter l'usage des logiciels de simulation grâce aux échanges d'objets IFC », conférence IBPSA, Paris, Octobre 2005. <http://212.157.43.158/BuildingSmart/>

[8] Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, « NBDM – A neutral data model to link building energy performance simulation tools », Stand Inn workshop, Février 2007.
www.cstb.fr

[9] J. NOEL, JJ. ROUX, W. KEILHOLZ, D. BRADLEY, « Liens entre les logiciels SIMCAD, TRNSYS et CODYBA », V^{ie} colloque interuniversitaire Franco-Québécois, Thermique des Systèmes, Lyon, Mai 2001. www.jnlog.com

Rapports techniques :

[10] B. FERRIES, JP. BEDRUNE « Présentation du modèle de données IFC – Rapprochement avec les modèles français », Juin 1997.

[11] V. JAMMET, W. KEILHOLZ, D. FOUQUET, J. NOEL, R. MIKOLASEK, T. SALOMON, « Calculs réglementaires : vers une communication simplifiée », Avril 2007.

[12] F. LEFEVBRE-ALBARET et A. MAINGUY, « Proposition de cahier des charges pour un outil de transfert de données d'un logiciel de CAO vers un logiciel de simulation thermique ». PIRD au laboratoire du CETHIL – INSA de Lyon. 2006-2007. Téléchargeable sur www.jnlog.com .

[13] Etude de B. FERRIES, « De la CAO à TRNSYS via ClimaWin », 2008 (format pdf)

Annexes

Annexe 1 : Présentation des logiciels cités

➤ Les logiciels de CAO

- **AutoCAD**

AutoCAD est un logiciel de dessin assisté par ordinateur créé en 1982 par Autodesk. Il est aujourd'hui utilisé par de nombreux corps de métiers, et est le logiciel de DAO le plus répandu dans le monde.

Les fichiers AutoCAD portent l'extension **.dwg** (code binaire), et sont organisés en calques. Le format **.dxf** est un format créé par la société Autodesk (code ASCII), et servant à échanger des fichiers DAO ou CAO entre systèmes n'utilisant pas le même format de fichiers.

- **SimCAD**

SimCAD est un logiciel de CAO (prototype développé par le CSTB) conçu pour la description de bâtiments, en vue de la simulation de leurs performances thermiques. Il est orienté objet, avec une approche par volumes. Il permet de saisir la structure du bâtiment ainsi que les matériaux de construction, et de définir des zones thermiques et des relations entre ces zones et les parois.

- **Nova**

Nova, logiciel développé par la société suisse Plancal¹², est une solution CAO autonome, orientée objet. Il propose de nombreuses fonctions de dessin et d'édition. Il inclut un module de saisie qui permet de reconstituer automatiquement la topologie d'un bâtiment. Nova dispose de profils d'activité par défaut selon le type d'espace, et rend possible le tracé simple de parois inclinées et la visualisation en coupe de la constitution des parois.

Un module de calcul permet aussi d'évaluer les charges calorifiques ou frigorifiques nécessaires pour maintenir les consignes de température, les charges thermiques et le renouvellement d'air fixés pour chaque pièce. Tous ces calculs se font selon la norme allemande VDI 2078 avec ROWA.

Le logiciel permet la lecture et la sortie de fichiers au format **.dwg** et **.dxf**. Lors de l'édition d'un projet, Nova crée 5 fichiers : un **.ndb Nova Datenbank** (banque de données Nova) et un **.nvz Nova Zeichnung** (dessin Nova), un **.lbd**, un **.nvt**, un **.nbu**.

➤ Les logiciels de thermique

Actuellement, les BET thermique français utilisent principalement les logiciels de simulation suivants :

- ClimaWin ;
- Pleiades+Comfie ;
- TRNSYS ;
- CoDyBa.

¹² www.plancal.ch

A l'exception de ClimaWin, ce sont des logiciels de simulation dynamique.

- **ClimaWin**

ClimaWin est un logiciel développé par BBS SLAMA¹³ et agréé par le CSTB pour conformité à la RT2005.

ClimaWin intègre une bibliothèque de matériaux et équipements techniques très riche, avec des produits fabriqués par les fournisseurs les plus fréquents (ISOVER, EFISOL, KNAUFF, DE DIETRICH, etc.). Il est également possible de choisir les constituants en fonction de leur nature et de leurs propriétés physiques (sans référence fournisseur).

Les calculs sont réalisés à partir du moteur développé par le CSTB. Le logiciel permet d'éditer différents documents qui doivent être réglementairement fournis dans le cadre de calculs de performance énergétique, ainsi que les documents récapitulatifs de la saisie.

ClimaWin n'est pas un logiciel de calcul dynamique. Il renvoie les coefficients réglementaires ($U_{\text{bât}}$, C , T_{ic} ...) en statique.

ClimaWin exporte au format **.cw** mais il peut également exporter en **.nbdm**. Un module permettant d'intégrer les **IFC** a été ajouté.

- **Pleiades+Comfie**

Développé par le Centre Energétique de l'Ecole des Mines de Paris, Comfie est un logiciel de simulation dynamique des échanges thermiques multi-zones dans les bâtiments. Il est couplé à l'environnement Pleiades, conçu et développé par Gefosat puis IZUBA énergie¹⁴ avec le soutien de l'ADEME.

La démarche d'utilisation du logiciel est la même que pour ClimaWin. Cependant, ce n'est pas un logiciel réglementaire.

Un éditeur de graphes facilement paramétrable permet l'analyse graphique des résultats et la comparaison des variantes. Les résultats sont exportables sous Excel.

- **TRNSYS**

TRNSYS est un logiciel développé par le Solar Energy Laboratory (SEL), disponible depuis 1975, et permettant la simulation dynamique de bâtiments. Il est dédié au calcul des performances thermiques des bâtiments multi-zones et leurs équipements, ainsi que des systèmes thermiques en général. Il repose sur le principe de modules fonctionnels, prédéfinis ou directement créés par l'utilisateur, que l'on relie ensuite les uns aux autres. Des composants utilitaires permettent de coupler les simulations avec les conditions météorologiques, des plans d'occupation, d'utilisation de différentes formes d'énergie, et de générer les fichiers de résultats souhaités.

La simulation avec TRNSYS nécessite l'utilisation de deux logiciels :

- PREBID pour la saisie des bâtiments multi-zones : il génère des fichiers d'entrées nécessaires à la simulation, sous forme de fichiers **.trn** et **.bld** ;
- IISIBAT qui présente une interface graphique des paramètres de simulation : il permet de manipuler les modules, de les relier entre eux, de saisir les entrées et sorties souhaitées,...

¹³ www.bbs-slama.com

¹⁴ www.izuba.fr/pleiades.htm

Pour la simulation, il existe un module spécial associé à une interface de saisie du bâtiment appelé TRNBUILD.

- **CoDyBa / KoZiBu¹⁵**

CoDyBa est un simulateur de bâtiments multi-zones, développé par le CETHIL depuis 1985. Il permet de prévoir en dynamique le comportement thermique et hydrique d'un local : il est possible d'établir un bilan énergétique ou d'analyser l'influence de certains paramètres (vitrage, protections solaires, orientation du bâtiment,...). Il permet notamment d'estimer les puissances instantanées de chauffage ou de refroidissement pour maintenir une température donnée, et de calculer les températures intérieures lorsque les systèmes de chauffage ou de refroidissement sont sous-dimensionnés ou absents.

On peut diviser le logiciel en 2 parties. La première consiste à charger les études, à gérer des bibliothèques, des fichiers météo, et des représentations graphiques : ce sont les concepts manipulés par l'utilisateur. La seconde partie regroupe la définition et la gestion d'une étude, et la réalisation des simulations : c'est la partie « calcul ».

Les éléments de base sont les volumes d'air, les surfaces (murs, fenêtres) et les matériaux (constituants physiques avec des propriétés thermophysiques définies). Ensuite, les paramètres entrants en jeu sont les régulateurs (appareils de chauffage, climatisation,...), les charges internes et les conditions climatiques.

KoZiBu est un nouveau logiciel développé à partir des bases de CoDyBa et des retours d'expérience. L'objectif principal est de prédire la consommation d'énergie et l'amplitude de la variation de l'humidité et de la température. L'humidité et la thermique sont traitées de la même façon.

A l'aide de l'interface graphique, l'utilisateur peut construire un modèle de son bâtiment en utilisant des éléments de base (murs, fenêtres, volumes d'air), et y ajouter ensuite des charges internes, des éléments de régulation,... avant d'effectuer les calculs. Il n'y a pas de limite au nombre de volumes d'air pour la simulation. C'est surtout le temps de saisie qui devient vite fastidieux.

Comme avec CoDyBa, les sorties sont les suivantes : puissances sensible et latente du bâtiment entier, de chaque volume d'air, températures d'air intérieur, résultante et humidité relative du volume d'air, flux solaires absorbés direct et diffus pour les surfaces et les fenêtres, température de surface, fraction d'ensoleillement, coefficients de transmission direct et diffus, coefficients globaux direct et diffus, puissance des régulateurs. Les graphes obtenus peuvent être exportés vers des logiciels comme Excel ou Word.

¹⁵ Source : www.jnlog.com

Annexe 2 : Présentation du logiciel Ecotect

Ecotect¹⁶ est un outil complet développé par SquareOne et qui associe un modèleur 3D avec des outils d'analyse environnementale. Toutes les fonctions des logiciels de CAO et de simulation dynamique sont réunies : dessin en 3D, orientation du bâtiment, données météorologiques, attribution de la composition des parois, profils d'utilisation, de chauffage, de climatisation, etc...

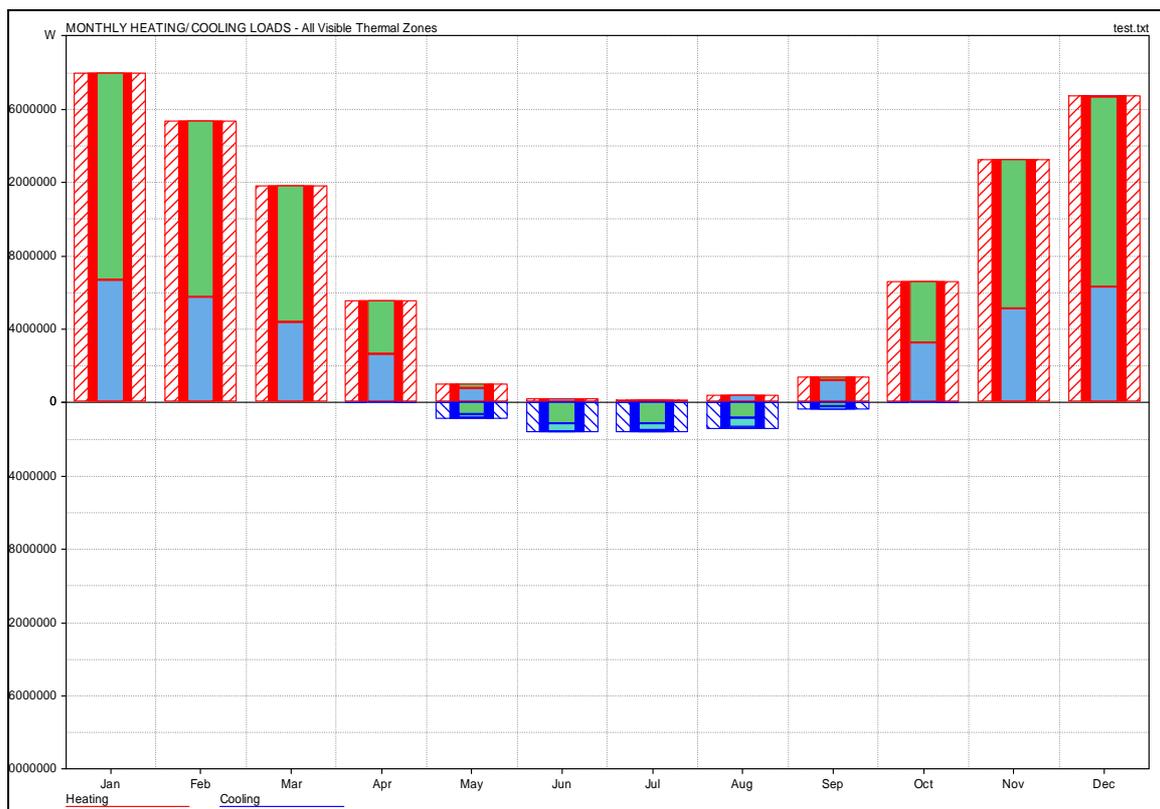
Le logiciel offre un vaste panel d'analyses et de visualisations, dont des calculs thermiques (calculs des besoins de chauffage, de refroidissement, etc...), acoustiques, d'ombrages.

L'avantage de ce logiciel est que les résultats qu'il fournit sont très visuels et très parlants (graphes, visualisations 3D), donc d'une grande aide pour la communication entre équipes d'acteurs aux formations différentes : ingénieurs, architectes, techniciens, ...

Cependant, les résultats obtenus à ce jour pour les simulations thermiques dynamiques ne sont pas très fiables et limitent donc l'utilisation de cet outil¹⁷. Il est en revanche très utile pour la conception des protections solaires et les calculs d'ombrages en phase concours, voire APS.

Exemples de visualisations (images personnelles et copies d'écran venant du site d'Ecotect):

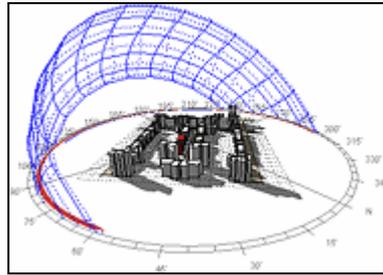
➤ Besoins en chauffage et refroidissement :



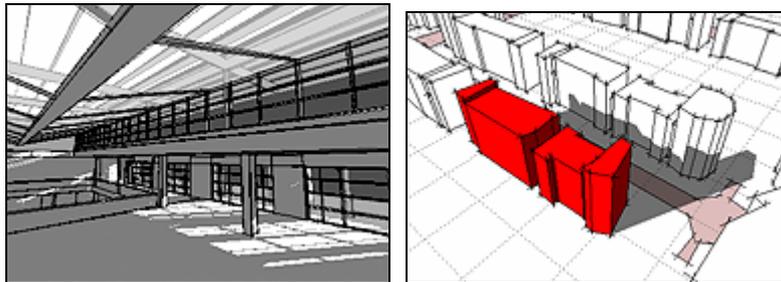
¹⁶ <http://squirrel.com/products/ecotect>

¹⁷ http://forum.i3er.org/index.php?p=forum&f_id=42

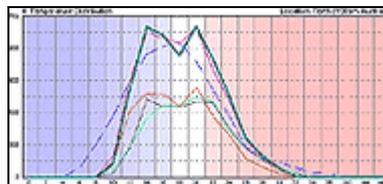
- Chemin du soleil selon le mois :



- Analyse des ombres portées, intérieures et extérieures :



- Températures intérieures annuelles :



Annexe 3 : Architecture générale d'un fichier .xml

Description du projet : code UID, nom et description :

```
<Project UID="A05W94T75K" Name="CoDyBa" Description="CoDyBa">
```

- types de paroi utilisés dans le projet

- UID du groupe de valeur U

```
<UValueGroup UID="A05WODFG93" Name="" Description="Nouveau Groupe-
Valeur U">
```

- Définition paroi par paroi : UID, nom, description, valeur U, définition des couches avec leur propriétés respectives (UID par couche, nom, description, air, matériau, épaisseur, lambda, My, densité)

```
<UValueDefinition UID="A05WODHF93" Name="" Description="Murs_ext1"
UValue="0.36432">
<Layers>
  <Layer UID="A060A662BU" Name="" Description="platre" Air="0"
Material="?!" Width="0.013" Lambda="0.25" My="-987654" Density="825" />
  <Layer UID="A060A6D0BU" Name="" Description="isolant" Air="0"
Material="?!" Width="0.09" Lambda="0.04" My="-987654" Density="100" />
  <Layer UID="A060A6GMBU" Name="" Description="maçonnerie" Air="0"
Material="?!" Width="0.187" Lambda="0.7" My="-987654" Density="1300" />
  <Layer UID="A060A6L2BU" Name="" Description="parement" Air="0"
Material="?!" Width="0.01" Lambda="1.75" My="-987654" Density="1000" />
</Layers>
</UValueDefinition>
```

- Description du bâtiment

```
<Building UID="A05W9LL25K" Name="" Description="- Bâtiment" Nr="001">
```

- Description des pièces

```
<Room UID="A063HVI0VS" Name="" Description="Salle de séjour" Nr="001"
Beheizt="1" RefZone="A063HZBIVS">
<Polygon>
  <Point X="3.91516" Y="5.35259" />
  <Point X="3.91516" Y="12.00259" />
  <Point X="8.11516" Y="12.00259" />
  <Point X="8.11516" Y="5.35259" />
  <Point X="3.91516" Y="5.35259" />
</Polygon>
</Room>
```

Beheizt : 1 = la pièce est chauffée, 0 = elle n'est pas chauffée

RefZone

Polygon : description géométrique de la surface au sol de la pièce

- Description des zones

```
<Zone UID="A063HZBIVS" Name="" Description="Etage">
```

Une zone est un volume défini par ses différentes faces. Chaque face est définie par :

```
<Face UID="A063HZMCXS" RefUvalue="A05WODHF93" Uvalue="0.36432" Type="Wall"
Orientation="W" Area="27.82917" Opposite="Aussenluft"
RefRoom="A063HVI0VS">
```

RefUvalue : fait référence au type de paroi prédéfini

Uvalue : rappelle la valeur du coefficient U de la paroi

Type: Wall, Roof, Floor

Orientation: N, S, E, W, H

Area

Opposite : type de volume situé de l'autre côté du mur : air extérieur, terre

RefRoom : fait référence à la pièce à laquelle appartient la paroi

```
<Geometry>
  <Polygon>
    <Point X="3.61516" Y="5.05259" Z="-0.2" />
    <Point X="3.61516" Y="5.05259" Z="3.08805" />
    <Point X="3.61516" Y="8.07759" Z="4.52" />
    <Point X="3.61516" Y="8.07759" Z="-0.2" />
  </Polygon>
</Geometry>
```

Certaines faces comportent des éléments : portes et fenêtres.

```
<Elements>
- <Element UID="A05WB5DE5K" Name="" Description="Fenster" Area="1.08"
  RefUvalue="A05WOM8O93" Uvalue="1.57046" Type="Window">
- <Polygon>
  <Point X="5.41516" Y="12.15259" Z="0.9" />
  <Point X="5.41516" Y="12.15259" Z="1.8" />
  <Point X="6.61516" Y="12.15259" Z="1.8" />
  <Point X="6.61516" Y="12.15259" Z="0.9" />
</Polygon>
</Element>
</Elements>
```

Annexe 4 : Architecture générale d'un fichier .txt (format NFMT)

Au début du fichier, il faut définir un certain nombre de paramètres, tels que les caractéristiques des menuiseries (dimensions, % de clair,...), les propriétés des matériaux et compositions des parois, les paramètres de simulation (durée, régulation,...),... Toutes ces données serviront par la suite lorsque la simulation thermique dynamique sera réalisable à partir de cette saisie (dans ce PIRD, seul le traitement des données géométriques est étudié).

Ensuite vient la définition géométrique du bâtiment. La saisie se fait en 4 étapes :

- saisie de points par leurs coordonnées cartésiennes :

```
//Contour extérieur
LET PT101 = VERTEX(0;0;0)
LET PT102 = VERTEX(8;0;0)
LET PT103 = VERTEX(8;6;0)
LET PT104 = VERTEX(0;6;0)

//Parois intérieures
LET PT105 = VERTEX(3;0;0)
LET PT106 = VERTEX(3;6;0)
LET PT107 = VERTEX(3;3;0)
LET PT108 = VERTEX(8;3;0)
LET PT109 = VERTEX(5;6;0)
LET PT110 = VERTEX(5;4.5;0)
```

- définition des LINEs qui relient les points :

```
LET BORDER_LINE = LINE(PT101;DOR1;PT105;PT102;PT103;PT104;WND1;PT101)
LET WALL_1 = LINE(PT105;PT106)
LET WALL_2 = LINE(PT107;PT108)
LET WALL_3 = LINE(PT109;PT110)
```

Pour introduire des fenêtres et/ou des portes dans le bâtiment, l'opération doit se faire dès la définition des LINEs : la fenêtre (ou la porte) est définie comme un objet, préalablement décrit (par sa composition et ses dimensions), qui est inséré entre 2 points de la LINE.

```
LET WND1 = WINDOW_TYPE(SND_FENETRE;UFACTOR;CLAIR_PETITE_FENETRE;HAUTEUR_FENETRE1;LARGEUR_FENETRE1)

LET DOR1 = DOOR_TYPE(SND_PORTE_STANDARD;HAUTEUR_PORTE_STANDARD;LARGEUR_PORTE_STANDARD)
```

- définition des POLYLINEs qui regroupent plusieurs LINEs :

```
LET POLYLINE_1 = POLYLINE(BORDER_LINE;WALL_1;WALL_2;WALL_3)
```

- création d'un VECTOR, servant à ajouter une troisième dimension aux POLYLINEs en générant un SKELETON (en déplaçant la POLYLINE d'une ou plusieurs fois le VECTOR, selon le nombre d'étages identiques souhaité):

```
LET V1 = VECTOR(0;0;2.3)  
ADD SKELETON_1 = SKELETON(POLYLINE_1;V1)
```

Annexe 5 : Données nécessaires pour que KoZiBu puisse intégrer un module de calcul réglementaire RT2005 ?

➤ **Les principes de la RT2005**

Pour être certifié conforme à la réglementation thermique actuelle, la RT2005, un bâtiment dont le permis de construire a été déposé après le 1^{er} septembre 2006 doit répondre aux critères suivants :

- Caractéristiques thermiques minimales pour tous les composants de l'enveloppe (parois, menuiseries, ponts thermiques,...) et pour tous les systèmes (ventilation, chauffage, ECS,...) ;
- Condition de consommation : $C_{ep} \leq C_{ep\text{ réf}}$ et $C_{ep} \leq C_{ep\text{ max}}$ pour les logements ;
- Condition de confort d'été : $T_{ic} \leq T_{ic\text{ réf}}$ (sans recours à la climatisation).

Le projet étudié est comparé à un bâtiment dit « de référence » qui a la même géométrie mais dont les caractéristiques thermiques des composants sont fixées à une valeur de référence définie par la RT2005.

➤ **Les données nécessaires à un calcul réglementaire**

On ne donnera pas ici le détail des calculs effectués pour obtenir ces valeurs, mais simplement une liste exhaustive des données nécessaires.

Les fichiers météo doivent contenir les informations nécessaires pour que le moteur de calcul puisse déterminer les grandeurs relatives au site :

- la zone et le département ;
- l'altitude du site : pour l'ensemble des zones, les valeurs de référence correspondent au niveau de la mer. La prise en compte de l'altitude sera effectuée par une diminution de la température extérieure et de l'humidité ;
- le rayonnement direct normal [W/m^2] ;
- le rayonnement diffus horizontal [W/m^2] ;
- la température extérieure [$^{\circ}C$] ;
- la température du ciel [$^{\circ}C$] ;
- l'humidité spécifique de l'air [kg/kg_{as}] ;
- la vitesse du vent [m/s] ;
- la température d'eau froide [$^{\circ}C$].

Les données nécessaires au calcul de $U_{bât}$ sont récapitulées dans le tableau suivant :

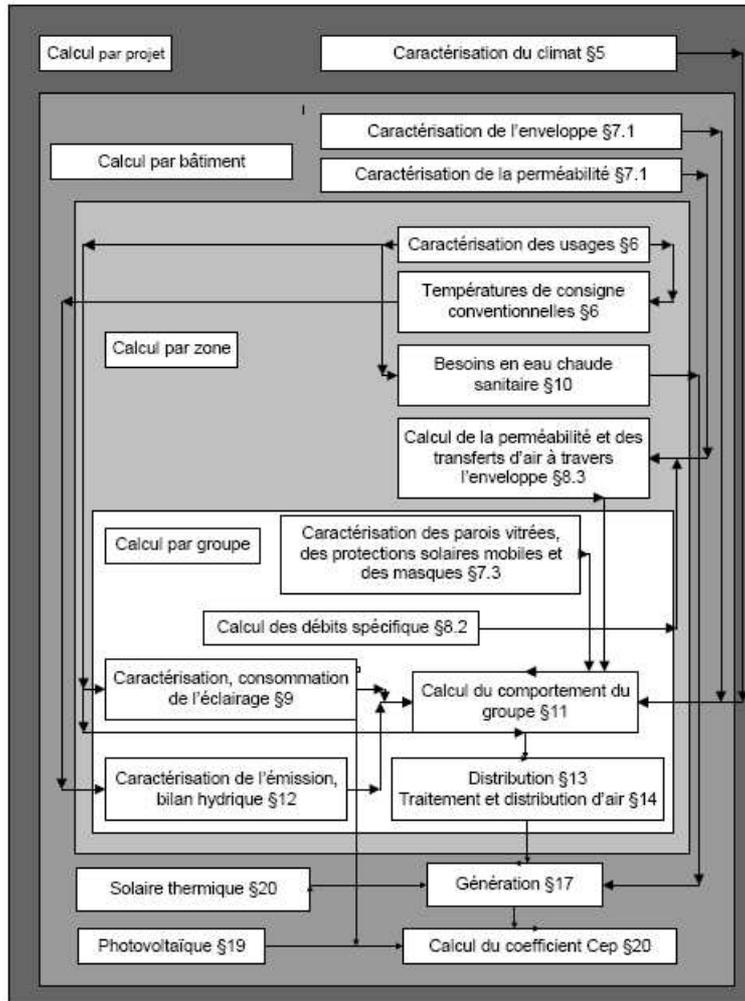
| Données géométriques | Données sur la nature de l'enveloppe | Autres données |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - aire intérieure de chaque paroi de l'enveloppe [m^2] - linéaire de chaque pont thermique [m] | <ul style="list-style-type: none"> - coefficient de transmission thermique de chaque paroi de l'enveloppe [$W/m^2.K$] - coefficient de transmission thermique linéique de chaque pont thermique [$W/m.K$] - coefficient de transmission thermique ponctuel de chaque pont thermique tridimensionnel [W/K] | <ul style="list-style-type: none"> - le débit d'air entrant dans les locaux non chauffés en provenance de l'extérieur [vol/h] |

Tableau A5.1 : Données nécessaires au calcul de $U_{bât}$

Vérification de la condition de consommation :

C_{ep} est la consommation d'énergie primaire du bâtiment pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, le refroidissement et les auxiliaires (ainsi que l'éclairage en non résidentiel).

L'architecture générale de la méthode de calcul Th-C est la suivante :



Source : RT2005 – Méthode de calcul TH-CE §4

Figure A5.1 : Architecture générale de la méthode de calcul Th-C

Les données nécessaires sont :

- le coefficient $U_{bât}$, calculé par les règles Th-U ;
- la classe d'inertie du bâtiment déterminée selon la méthode Th-I :

| Le calcul réglementaire (RT 2005) | | | |
|-----------------------------------|---------------|-----------------|------------------|
| Plancher bas | Plancher Haut | Paroi verticale | Classe d'inertie |
| lourd | lourd | lourde | très lourde |
| - | lourd | lourde | lourde |
| lourd | - | lourde | lourde |
| lourd | lourd | - | lourde |
| - | - | lourde | moyenne |
| - | lourd | - | moyenne |
| lourd | - | - | moyenne |
| - | - | - | très légère |

Source : « Béton & confort thermique » CIMbéton

Figure A5.2 : Classification de l'inertie thermique d'un bâtiment selon les règles Th-I

- les facteurs solaires de la toiture, des parois verticales opaques et des baies (avec et sans protection solaire mobile), donnés par les règles de calcul Th-S ;
- l'usage du bâtiment, la RT2005 définissant 16 types :

| Types d'usage |
|---|
| Établissements sanitaires avec hébergement |
| Logements (bâtiments d'habitation) |
| Hôtellerie et autres hébergements |
| Locaux où il n'est pas possible pour des raisons de conservation des objets entreposés de laisser dériver sensiblement la température |
| Établissement sanitaire sans hébergement |
| Enseignement |
| Bureaux |
| Salles de spectacle, de conférence |
| Commerces |
| Restauration plusieurs repas par jour |
| Locaux non compris dans une autre catégorie |
| Établissements sportifs |
| Stockage |
| Industrie |
| Transport |
| Restauration un repas par jour |

Figure A5.3 : Types d'usage de bâtiment dans la RT2005

- la perméabilité à l'air de l'enveloppe (valeurs par défaut suivant l'usage du bâtiment) ;
- des scénarii d'occupation, de chauffage, de ventilation, d'éclairage pour caractériser l'utilisation du bâtiment ;
- les besoins en eau chaude sanitaire, calculés en fonction du type d'usage de chaque zone et du mois considéré ;
- la puissance d'éclairage installée [W/m^2] ;
- l'accès à l'éclairage naturel (impossible, nul ou effectif) ;
- le système de gestion de l'éclairage du local (détecteur de présence, horloge, interrupteur manuel) ;
- les informations relatives aux systèmes de production et d'émission de chaleur et de froid ainsi que le système de production d'ECS et d'énergie photovoltaïque.

Vérification de la condition de confort d'été :

T_{ic} est la température intérieure conventionnelle. C'est la valeur maximale horaire en période d'occupation de la température opérative. Elle est calculée en adoptant des données climatiques conventionnelles pour chaque zone climatique.

Les modalités de calcul de ces températures sont définies dans la méthode de calcul Th-E.

Le calcul de l'évolution des températures intérieures d'un groupe est mené sur une journée chaude de référence au pas de temps horaire et corrigé par un effet séquentiel.

Les données à renseigner sont :

- les caractéristiques climatiques du site ;
- les masques lointains et proches ;
- l'orientation et l'inclinaison des baies ;
- les caractéristiques thermiques des parois et vitrages (coefficients de transmission, facteurs solaires) ;
- les débits de ventilation (mécanique et naturelle) ;
- l'inertie du bâtiment.