

François Lefebvre-Albaret 5GCU bâtiment
Antoine Mainguy 5GCU aménagement



Projet d'Initiation à la Recherche et au Développement :

**Proposition de cahier des charges pour un outil de
transfert de données d'un logiciel de CAO
vers un logiciel de simulation thermique**



Tuteurs : Jean-Jacques ROUX
Jean NOEL

Année 2006-2007

I. Remerciements

Merci à toutes les personnes sans qui ce PIRD n'aurait pas été réalisable :

- Jean-Jacques Roux qui a pris le temps de discuter avec nous afin de définir une problématique plus claire.
- La société Plancal qui a mis à notre disposition deux versions du logiciel Nova ainsi qu'un formateur qui nous a sensibilisé aux difficultés inhérentes à la ressaisie des bâtiments.
- Jean Noël qui nous a fait partagé son expérience de travail dans la simulation du comportement thermique du bâtiment.
- Werner Keilholz qui a mis à notre disposition des versions de SimCAD qui nous ont permis d'exporter des données vers les logiciels CoDyBa et TRNSYS.

II. Sommaire

I. REMERCIEMENTS	2
II. SOMMAIRE	2
III. POSITIONNEMENT DE NOTRE PROBLEMATIQUE	4
IV. MODELE DE DONNEES STANDARD D'UN OUTIL CAO.....	5
IV.1. FICHIER .DXF.....	5
IV.2. FICHIER .DWG	6
IV.3. FICHIER IMAGE DE PLAN	6
IV.4. FICHIER IFC	6
V. MODELE DES DONNEES GEOMETRIQUES NECESSAIRES A UNE SIMULATION THERMIQUE.....	8
VI. DONNEES A RAJOUTER AUX INFORMATIONS D'UN FICHIER CAO POUR EFFECTUER UNE SIMULATION THERMIQUE.....	9
VI.1. DESCRIPTION DU BATIMENT.....	9
VI.2. CONTEXTE D'EXPLOITATION DU BATIMENT	9
VII. SOLUTIONS DEJA EXISTANTES	10
VII.1. SIMCAD.....	10
VII.1.a. <i>SimCAD : outil de CAO</i>	10
VII.1.b. <i>De SimCAD à TRNSYS</i>	13
VII.1.c. <i>De SimCAD à CoDyBa</i>	15
VII.2. NOVA DE PLANCAL.....	16
VII.2.a. <i>Mise à l'échelle du fichier image</i>	16
VII.2.b. <i>Définition de la composition des parois</i>	17
VII.2.c. <i>Dessin des murs</i>	18
VII.2.d. <i>Raccordement des murs</i>	18
VII.2.e. <i>Visualisation</i>	19
VII.2.f. <i>Importation dans le module de calcul de charge thermique de chauffage</i>	19
VII.3. COMPARATIF AVEC D'AUTRES LOGICIELS DISPONIBLES.....	20

VII.4. VERS UNE UNIFORMISATION DES FORMATS D'ÉCHANGE	21
VII.4.a. <i>Les IFCs, une solution d'avenir</i>	21
VII.4.b. <i>Le modèle de donnée NBDM</i>	22
VIII. FONCTIONNALITE A INTEGRER DANS UN LOGICIEL DE TRANSFERT DE DONNEES (CAO->THERMIQUE).....	23
VIII.1. FORMAT D'IMPORTATION	23
VIII.2. SAISIE DES CARACTERISTIQUES DES PAROIS ET OUVERTURES	23
VIII.3. RESSAISIE DES PLANS	23
VIII.3.a. <i>Ressaisie du plan d'un étage</i>	23
VIII.3.b. <i>Extrusion et saisie des étages suivants</i>	24
VIII.3.c. <i>Création d'ombres lointaines</i>	24
VIII.4. ENTREE DES CHARGES THERMIQUES ET VENTILATION	24
VIII.5. CONSIGNES DE CHAUFFAGE, CLIMATISATION, HUMIDITE RELATIVE	24
VIII.6. POSSIBILITE DE ZONAGE	25
VIII.7. FORMAT D'EXPORTATION	25
IX. POSSIBILITE DE REMONTEE DES RESULTATS DE LA SIMULATION A UN LOGICIEL DE CAO.....	26
X. CONCLUSION	28
XI. BIBLIOGRAPHIE	29
XII. ANNEXES	30
XII.1. NORME VDI 2078	30
XII.2. INTRODUCTION AUX IFC	31
XII.3. FICHIER BUI DU BATIMENT MOZART CREE PAR SIMCAD	32

III. Positionnement de notre problématique

Depuis 1975 (création de TRNSYS [1]), plusieurs logiciels ont été développés dans le but d'analyser dynamiquement les performances thermiques et hydriques des bâtiments soumis à des conditions climatiques variées.

Des logiciels comme CODYBA [12] (développé à l'origine par le CETHIL) ou TRNSYS [1] permettent de remplir ces fonctions ; ils fournissent également une évaluation dynamique de la consommation d'énergie du bâtiment.

Le principal frein à l'utilisation de ces applications est l'important travail de préparation des données préalable à une simulation. En effet, l'utilisateur ne dispose souvent que de plans à partir desquels il doit définir et qualifier les objets utiles à la simulation : constitution de zones (aires, volumes, etc), définition des surfaces séparatrices (constitution et orientation)...

Le but de ce présent rapport est de proposer un cahier des charge pour un « logiciel passerelle » entre un fichier de CAO et un logiciel de simulation thermique. Pour cela, nous décrirons dans un premier temps les types de données d'entrée et de sortie que devra prendre en compte cette passerelle. Nous ferons ensuite le point sur les différentes solutions disponibles actuellement pour remplir cette fonction. Notre exposé sera basé sur l'exploitation et le traitement de l'exemple du logement « Mozart » [13] proposé par le CSTB [14] sur lequel a déjà été effectué un certain nombre de simulations thermiques.

Pour finir, nous proposerons un cahier des charges en énumérant les fonctionnalités incontournables, facultatives ou optionnelles de la passerelle.

IV. Modèle de données standard d'un outil CAO

Nous décrirons dans cette section les principaux formats de fichiers pouvant être générés par une application de CAO et exploitables après transformation dans le cadre d'une simulation thermique.

IV.1. Fichier .DXF

Le format dxf¹ (Drawing Interchange File) est un format ASCII (le fichier est un texte) créé par AutoCAD pour l'échange des données graphiques décrites dans AutoCAD ou d'autres logiciels de CAO.

La structure du fichier dxf est toujours la même :

1. ENTETE – Informations générales sur le dessin codé par des variables d'état [donner des exemples]
2. TABLEAUX – Cette section contient les définitions des paramètres suivants.
 - Tableau des types de ligne (LTYPE)
 - Tableau des calques (LAYER)
 - Tableau des styles de texte (STYLE)
 - Tableau des vues (VIEW)
 - Tableau des systèmes de coordonnées utilisateur (UCS)
 - Tableau des configurations de visualisation (VPORT)
 - Tableau des styles de dimension (DIMSTYLE)
 - Tableau des identifiants d'application [chercher ce que ça signifie] (APPID)
3. BLOCS – Cette section contient la définition des blocs ainsi que des entités qui les composent.
4. ENTITES – Cette section contient les entités dessinées en incluant les références aux blocs.
5. FIN DU FICHIER

Sans rentrer dans le détail de la syntaxe de codage proprement dite, nous donnerons dans les lignes qui suivent une description de la matière dont sont codées les données graphiques.

Les entités sont des objets simples. En voici une liste non exhaustive : face3D, arc de cercle, cercle, cotation, ligne, point, polyligne, forme, solide, texte, sommet, bloc, etc.

La plupart de ces entités font référence à des entités de plus bas niveau : par exemple, la ligne s'appuie sur deux points. Le bloc est caractérisé par un point d'insertion, une échelle, un angle d'insertion et un réseau rectangulaire d'insertion (nombre et espacement des lignes, nombre et espacement des colonnes) et référence un objet de type bloc.

Seuls les blocs permettent de regrouper des entités totalement différentes. Par exemple, il sera possible de définir un bloc fenêtre contenant à la fois la vue volumique de la fenêtre et les vues projetées ainsi qu'une cotation éventuelle.

¹ http://www.relief.hu/h_dxf12.html

IV.2. Fichier .DWG

Le fichier .dwg n'est rien d'autre qu'un codage binaire des informations contenues dans un fichier .dxf.

IV.3. Fichier image de plan

Tous les logiciels de CAO permettent également d'exporter les plans sous forme d'image.

Une image n'est rien d'autre qu'une matrice de pixels. Chaque pixel est caractérisé par sa couleur et éventuellement par sa transparence.

On distingue les formats non compressés (format bitmap .bmp) des formats compressés (.jpg, .gif, .tiff, etc).

L'emploi d'image comme aide à la saisie des données géométriques pose forcément des problèmes que nous avons pu plusieurs fois expérimenter :

- La précision des intersections estimée est au maximum la distance entre deux pixels adjacents.
- Chaque redimensionnement de l'image induit forcément une dégradation dans sa qualité.
- Il serait nécessaire d'intégrer dans la passerelle de traduction CAO → thermique un module de reconnaissance de forme (en l'occurrence de reconnaissance de lignes) pour permettre un accrochage automatique sur les intersections des lignes.

IV.4. Fichier IFC

Actuellement, le format IFC est en cours de développement. Bien qu'il y ait déjà quelques modules de visualisation pour ces fichiers, il n'existe pas encore à l'heure actuelle de logiciels qui les exploitent pour effectuer des simulations thermiques.

Une description précise de ce format de donnée et des applications potentielles des IFC est donnée en annexes (voir Annexes ")

Introduction aux IFC" page 31)

V. Modèle des données géométriques nécessaires à une simulation thermique

Dans le cas d'un outil de calcul, la description géométrique d'un bâtiment ne passe pas par un positionnement des entités sur un plan maillé, mais par un positionnement des entités les une par rapport aux autres.

Les entités qui doivent être définies sont les suivantes :

- 1) Les volumes d'air, volumes élémentaires de la simulation. Un volume est défini par ses dimensions : hauteur, profondeur, largeur ou géométrie plus détaillée.
- 2) Les parois, qu'elles soient extérieures ou intérieures. Une paroi est définie par :
 - ses dimensions : largeur, hauteur ou géométrie plus détaillée
 - sa constitution : nature et épaisseur des différentes couches
 - son repérage spatial
- 3) Les ouvertures, qu'elles donnent sur l'extérieur ou qu'elles soient entre deux pièces. Une ouverture est définie par :
 - ses dimensions : largeur, hauteur, profondeur
 - sa constitution : nature et épaisseur des différentes couches
 - son repérage spatial
 - éventuellement un ou plusieurs masques (casquettes par exemple)

Chaque entité est repérée par un identifiant unique et apparaît avec un nom qui la différencie.

Les logiciels de calcul CODYBA et TRNSYS se différencient sur la définition des données géométriques du bâtiment :

- Dans CODYBA, les volumes, les parois et les ouvertures sont créées indépendamment. On indique dans un deuxième temps pour chaque paroi (ou ouverture) les deux volumes qu'elle sépare.
- Dans TRNSYS au contraire, les parois sont définies à la frontière d'un volume. Ainsi, une paroi entre deux pièces devra être créée une fois dans chaque volume.

VI. Données à rajouter aux informations d'un fichier CAO pour effectuer une simulation thermique

Cette partie traitera le problème du rajout d'informations indépendamment de la passerelle employée pour la jonction entre le fichier CAO et le logiciel de simulation thermique. En effet, les informations contenues dans le fichier CAO relatives à la description géométriques du bâtiment ne sont pas utilisables directement à l'heure actuelle. Quel que soit le programme envisagé, une **ressaisie au moins partielle de la géométrie du bâtiment** est incontournable.

VI.1. Description du bâtiment

Une première étape permet de dégager plusieurs caractéristiques du bâtiment simulé :

- Volume des différentes pièces
- Surface et orientation des parois
- Position des ouvertures (portes et fenêtres)
- Présence éventuelle des masques solaires
- Relations de voisinage entre ces différents éléments

Une seconde étape est **d'affecter à chaque paroi et chaque volume des caractéristiques physiques**. Voici une liste non exhaustive de paramètres :

- Masse volumique, conductivité, capacité des matériaux, éventuellement loi de comportement des matériaux en fonction de l'humidité
- Constitution des couches : matériau et épaisseur
- Coefficient d'échange par convection et par rayonnement des surfaces

VI.2. Contexte d'exploitation du bâtiment

A la géométrie du bâtiment il faut rajouter les systèmes et les données d'exploitation :

- Charges thermiques et taux de renouvellement d'air
- Position et puissance des régulateurs (température et hygrométrie)
- Profils d'activité pour les charges thermiques et les régulateurs

Les données météo sont en générales déjà incluses dans les logiciels de simulation thermique, il suffit donc d'y faire référence peu avant la simulation.

VII. Solutions déjà existantes

VII.1. SimCAD

SimCAD est un prototype créé par le CSTB qui diffuse TRNSYS en France pour faciliter la saisie des données. Ce logiciel de CAO est donc utilisé pour créer un format intermédiaire (avec une extension en .bui) qui contient les informations nécessaires relatives à l'enveloppe du bâtiment et de la structure. L'utilisateur va donc utiliser un tel logiciel pour saisir simplement la structure du bâtiment, puis le fichier de sortie sera complété dans le programme TRNBuild où des détails non architecturaux comme l'occupation, la ventilation, etc seront inclus. Ce dernier fichier pourra ensuite servir à une simulation avec le logiciel TRNSYS.

VII.1.a. SimCAD : outil de CAO

SimCAD permet de créer un bâtiment de toute pièce, mais il permet aussi l'importation de plans sous forme de fichier ifc, xml ou dxf (obligatoirement dxf version 12 d'AutoCad) comme le montre la Figure 1 ci dessous. Par contre, il est impossible d'importer les plans sous forme d'image.

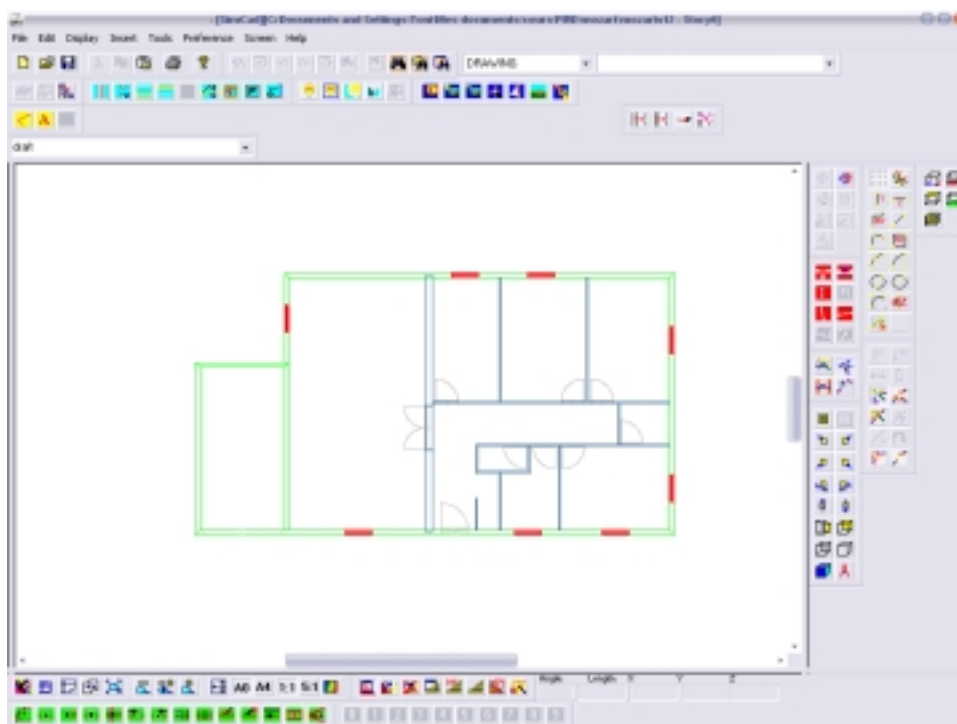


Figure 1 : importation du plan DXF sous SimCAD

VII.1.a.i. Définition de la composition des parois

Avant le tracé des parois, il est nécessaire de définir leur composition. Cette définition s'effectue directement dans les fichiers .lib, que l'on peut exploiter à l'aide du programme Excel. Tout d'abord, il faut définir les différentes couches dans Prgwlay, avec nom, épaisseur et plusieurs caractéristiques du matériau. Le problème immédiat réside dans l'obligation de définir l'épaisseur de la couche. Ainsi,

si deux types de parois utilisent le même matériau avec des épaisseurs différentes, il est obligatoire de créer deux couches différentes.

Ensuite, dans Prgwwall, nous définissons pour chaque type de mur l'empilement des couches, en faisant simplement référence aux couches définies dans Prgwlay. Enfin, il est possible de définir des fenêtres, dans Prgwin, avec définition du nombre de couches, de leur épaisseur, composition, caractéristiques, etc.

VII.1.a.ii.Tracé des murs et des fenêtres

Après avoir choisi le type de mur voulu, nous pouvons tracer en se calant sur le dxf importé. Pour faciliter le positionnement des murs, qui se créent directement dans l'épaisseur, nous pouvons choisir si le mur se crée à droite, gauche ou au centre de la ligne tracée. La création des murs est ainsi très simple, le logiciel permet un accrochage sur les éléments déjà créés. De plus, il détecte automatiquement les murs non liés qui posent problème lors de l'exportation des données. Une fois les murs mis en place, il n'est pas possible directement de visionner le bâtiment créé en 3D, car il est nécessaire de nommer les différentes pièces et de créer les zones correspondantes aux différentes zones thermiques considérées. Nous voyons sur la Figure 2 ci-dessous le plan obtenu, ainsi que la représentation 3D du bâtiment à ce niveau de modélisation.



Figure 2 : Création des murs sous SimCAD et visualisation 3D

Le logiciel SimCAD propose normalement un accrochage au plan dxf importé pour la création des murs et fenêtres, mais nous n'avons jamais réussi à utiliser cette fonctionnalité pourtant très intéressante.

Ensuite, le positionnement des fenêtres se fait facilement grâce à l'accrochage automatique aux parois. Pour chaque fenêtre, il est possible de choisir son type (choix dans la bibliothèque), ses dimensions et sa hauteur d'implantation.

La création des planchers et/ou plafonds est elle aussi extrêmement simple, puisqu'il suffit de choisir le matériau et créer un rectangle autour de bâtiment pour créer un plancher sur l'entière surface de celui-ci.

Il est bien sûr possible de créer plusieurs niveaux et de modifier leur hauteur. L'utilisateur travaille ainsi sur différents calques, qu'il peut afficher indépendamment ou en superposition.

VII.1.a.iii. Création du toit

La création du toit nous a posé quelques soucis, bien que la méthode soit très simple. Nous choisissons d'abord le type de toit (même bibliothèque que les murs), puis nous renseignons la hauteur de la base du toit ainsi que la hauteur du faîte ou le pourcentage de pente. Ensuite, nous dessinons un rectangle sur la zone à couvrir, le toit est alors créé. Nous pouvons aussi engendrer des toits plus compliqués, en dessinant les différentes lignes du toit, mais leur manipulation est très difficile.

Le problème que nous avons eu sur l'exemple "Mozart" vient de la composition du toit en deux parties, une horizontale (toit terrasse sur la garage) et l'autre en pente. Comme le montre la Figure 3, la mise en place du toit sur la partie habitée ne cause aucun problème, mais dès que l'autre partie du toit (horizontale) est créée, cela entraîne différents bugs, dont un a été de faire disparaître la fenêtre normalement présente dans le cercle rouge.

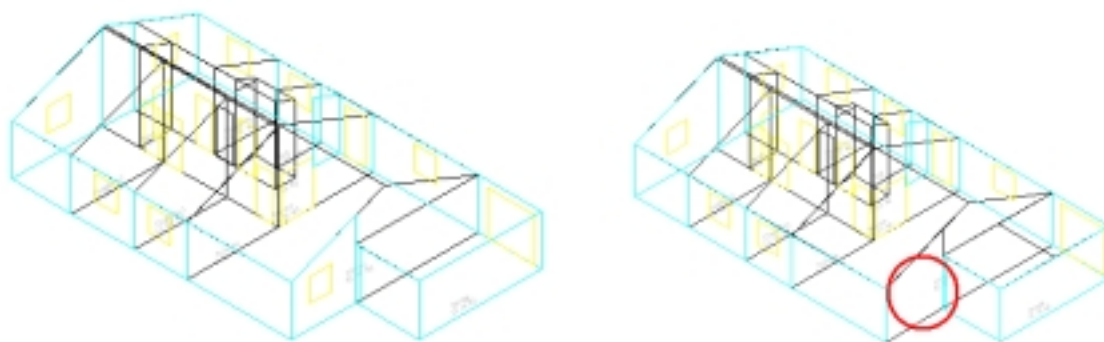


Figure 3 : Problèmes liés à la modélisation du toit

La solution pour pallier à ces problèmes a été de créer un étage supérieur au dessus de la partie habitée, dont la hauteur minimale est de 50 cm. Ensuite, la création des toits ne cause plus de problème, mais les volumes en jeu ne sont plus les mêmes.

VII.1.a.iv. Résultat final satisfaisant

Le résultat obtenu par cette modélisation est donc satisfaisant, comme on peut le voir sur la Figure 4. Cependant, la prise en main du logiciel a été longue car certaines fonctionnalités sont peu intuitives et l'aide étant existante seulement sous forme de page web, l'interaction est difficile.

Après prise en main du logiciel, le temps mis pour créer le bâtiment Mozart est d'environ 15 minutes, auquel il faut rajouter 10 minutes de définition des parois et des fenêtres.

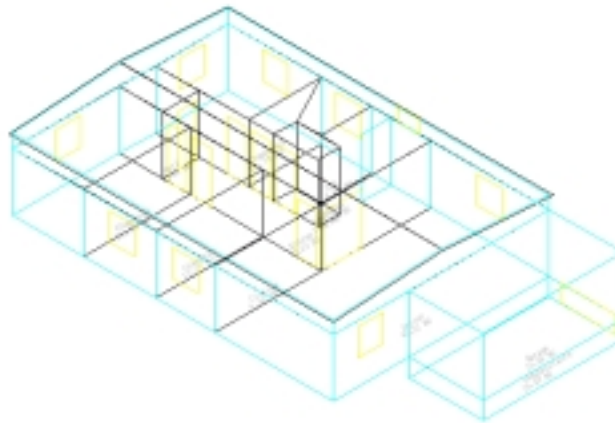


Figure 4 : Bâtiment Mozart modélisé sous SimCAD

Le format de fichier utilisé par SimCAD (.rdb) est propre à ce logiciel. Cependant, un fichier .bui est créé en parallèle du fichier .rdb, ce fichier nous intéresse car il contient toutes les informations de topologie du bâtiment sous forme de fichier texte. Ce fichier est donné en annexes, voir

Fichier Bui du bâtiment Mozart créé par SimCAD" page 32.

Ce fichier bui, utilisé ensuite dans le logiciel de simulation thermique (TRNSYS), présente donc l'intérêt de contenir toutes les informations relatives à la topologie du bâtiment. Le gain de temps est donc très important, puisque la saisie de toutes ces informations directement dans TRNSYS ou Codyba aurait été de plusieurs heures.

VII.1.b. De SimCAD à TRNSYS

L'exemple qui suit tiré de l'importation du fichier Mozart montre la démarche à suivre pour effectuer une simulation thermique avec TRNSYS à partir du fichier .bui.

VII.1.b.i. Définition des charges thermiques, de la ventilation et des consignes de chauffage/climatisation

Une fois le fichier .bui ouvert à l'aide de TRNBuild, il est nécessaire de définir les paramètres complémentaires des simples données topologiques et géométriques nécessaires à la simulation.

- Un profil d'activité qui sera réutilisé pour spécifier la ventilation de pièces est d'abord défini. Ce profil journalier vaut 1 de 8H à 22H et 0 le reste du temps.
- La ventilation est définie différemment selon qu'il s'agit des pièces chauffées ou non chauffées (garage, comble, vide sanitaire). Le profil précédemment défini est utilisé pour spécifier une ventilation variable en fonction de l'heure de la journée.
- Pour les pièces chauffées, sont définies des consignes de chauffage et de climatisation constantes en fonction de l'heure du jour (respectivement 19 et 26 °C).

- Les charges thermiques sont équivalentes à une couche de bois d'inertie 20 kJ/K.m^2 . Dans le cas qui nous préoccupe, l'inertie résultante de cette couche virtuelle est sommée à l'inertie du volume d'air contenu dans la pièce.

Une fois cette étape terminée, le fichier .bui est exploité pour créer d'autres fichiers exploitables par le simulateur de TRNSYS (fichiers .bld, .nbu, .nvz).

VII.1.b.ii. Inclusion des fichiers générés par TRNBuild dans le module de Simulation de TRNSYS

L'ouverture directe des fichiers générés par TRNBuild pour une simulation dans TRNSYS cause systématiquement deux erreurs fatales dont nous n'avons pas encore trouvé la cause à ce jour.

La démarche adoptée pour l'importation des fichiers créés par TRNBuild est alors de créer un bâtiment fictif (File->new->Building Project (multizone)). Le bâtiment créé (un cube de $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$) est ensuite remplacé par le fichier .bui de Mozart.

Le graphe obtenu est le suivant :

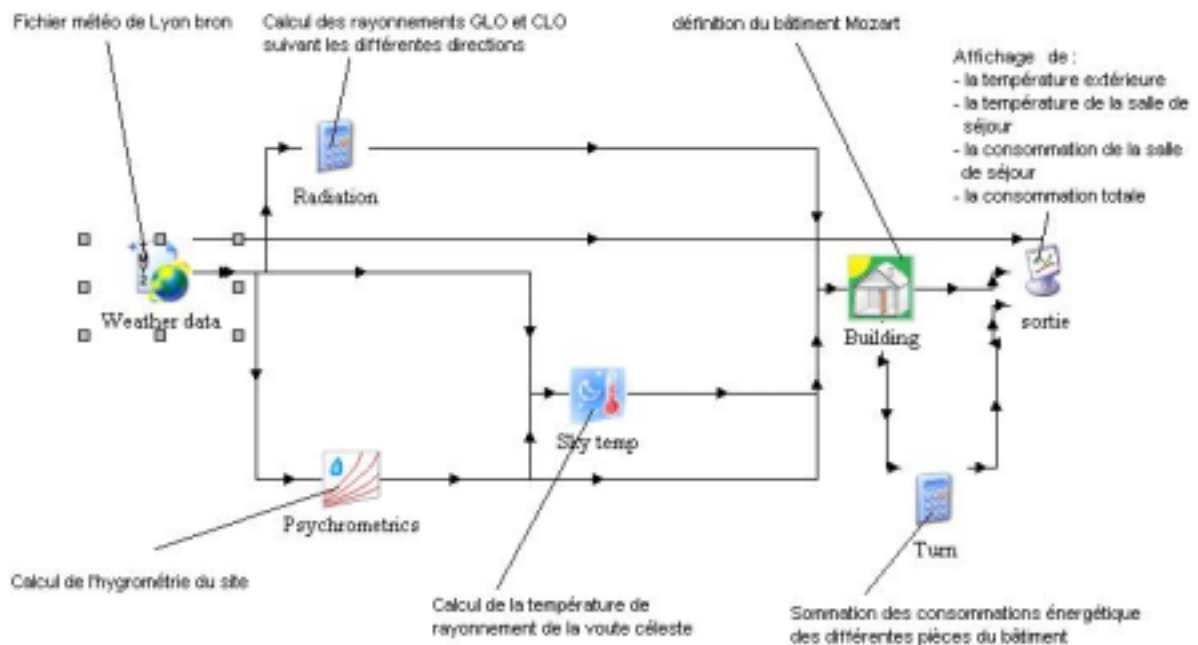


Figure 5 : graphe créé dans le logiciel de simulation TRNSYS

Les connections entre les composants radiation, building, sky temp, turn et sortie sont effectuées manuellement.

Le composant turn est reprogrammé pour sommer toutes les puissances instantanées utilisées par les différentes pièces à des fins de climatisation ou de chauffage.

VII.1.b.iii. Estimation du temps nécessaire de l'intégration d'un fichier SimCAD à la simulation

Ce temps est voisin de 20 minutes réparties de la manière suivante :

- 15 minutes de définition et contrôle des différentes consignes de chauffage, ventilation, modification des inerties des pièces
- 7 minutes d'exportation des données vers le simulateur de TRNSYS et raccordement des liaisons manquantes dans le graphe TRNSYS

Le temps de définition des consignes de chauffage pourrait aisément être ramené sous le seuil des 5 minutes s'il était possible de définir des types d'espaces. Chaque type aurait une consigne de chauffage, de climatisation et de renouvellement d'air. On affecterait ensuite à chaque espace un type de pièce.

VII.1.c. De SimCAD à CoDyBa

Le fichier .bui généré par SimCAD peut aussi être utilisé lors d'une simulation avec Codyba. Voila la démarche suivie pour pouvoir réaliser une simulation avec Codyba.

VII.1.c.i. Intégration des charges thermiques dans le fichier .bui

Les masses thermiques de chaque pièce, nous l'avons vu dans le paragraphe précédent, sont représentées par un mur en bois d'inertie 20 kJ/K.m². Si cela n'a pas été fait sous SimCAD, il est plus rapide de modifier le fichier .bui directement en l'ouvrant avec un éditeur de texte. A chaque pièce il faut rajouter un mur interne, dont la surface est égale à la surface de la zone.

VII.1.c.ii. Transformation du fichier .bui en .cdb

Codyba importer des fichiers .bui par le biais d'un utilitaire qui transforme le fichier .bui en .cdb. Cet utilitaire assure une mise en forme des données sans rajout d'information.

VII.1.c.iii. Codyba : ventilation, climatisation et chauffage

Nous obtenons donc un fichier Codyba qui contient toute la topologie du bâtiment. Le gain de temps de la conversion bui / cdb est importante pour ce genre de bâtiment par rapport à la saisie des données directement dans Codyba. On peut déplorer le fait que Codyba ne dispose pas de module de visualisation. Ceci rend extrêmement difficile l'identification des éléments importés (murs, fenêtres...) en vue d'une modification ultérieure.

Le travail du thermicien commence alors par la définition des profils nécessaires : taux de renouvellement d'air, consigne de chauffage, consigne de climatisation. Ensuite, le travail répétitif de saisie commence, puisqu'il faut pour chaque zone créer un régulateur de ventilation auquel on applique le profil de renouvellement d'air défini précédemment. Pour les zones habitées, il faut également créer un régulateur de chauffage et un régulateur de climatisation.

Il faut également définir le fichier météo correspondant à la ville d'implantation du bâtiment, ou le sélectionner dans une bibliothèque du logiciel.

Après ce travail, nous pouvons réaliser la simulation. De l'exploitation du fichier .bui à la simulation, il faut compter environ 20 minutes, temps qui ne peut guère être réduit, car la majeure partie de celui-ci consiste à créer les différents régulateurs dans chaque zone. Nous en arrivons à la même conclusion que TRNSYS, c'est-à-dire que le temps pourrait être réduit si l'on pouvait créer des types d'espace ayant des régulateurs, ce qui permettrait de s'affranchir d'une grosse partie du travail

(pour cet exemple). Il faudrait, pour effectuer un copier/coller des régulateurs de volume à volume, intervenir directement sur les sources du fichier bui, ce qui risquerait de causer des erreurs de lecture par TRNSYS.

VII.2. Nova de Plancal

Ce logiciel est une application de CAO développée par la société Plancal tout à fait similaire à Autocad, dédiée au calcul de réseaux d'eau, de chauffage, de climatisation, de ventilation et d'électricité. Ce logiciel inclut un module de saisie qui permet de reconstituer automatiquement la topologie d'un bâtiment.

Un module de calcul permet ensuite d'évaluer les charges caloriques ou frigorifiques nécessaires aux impératifs fixés dans chaque pièce en termes de charges thermiques, de renouvellement d'air et de consigne de température. Ces paramètres sont rentrés par l'utilisateur ou bien définis automatiquement en fonction de la catégorie de la pièce.

Les calculs sont menés d'après la norme VDI 2078 [11] dont le principe est expliqué en annexe (« Norme VDI 2078 » page 30).

Les différentes étapes nécessaires à la définition d'un bâtiment seront détaillées pour l'exemple du bâtiment « Mozart » [13].

VII.2.a. Mise à l'échelle du fichier image

La topologie est retrouvée directement à partir du fichier image (voir Figure 6).

Le logiciel Nova dispose d'un module de redimensionnable automatique des fichiers DXF ou DWG issus d'autres logiciels de CAO (voir «

Modèle de données standard d'un outil CAO » page 5 pour la description de ces formats). Par contre, il n'est pas possible d'effectuer de redimensionnement direct pour les fichiers images. La plus grande dimension sur le plan (ici 15,8 m) est mesurée et détermine l'échelle la plus adaptée pour le plan et le facteur d'agrandissement/réduction qu'il est nécessaire d'appliquer à l'image du plan. Cette opération d'homothétie sur l'image est réalisée à l'aide d'un éditeur d'image comme le logiciel PAINT.

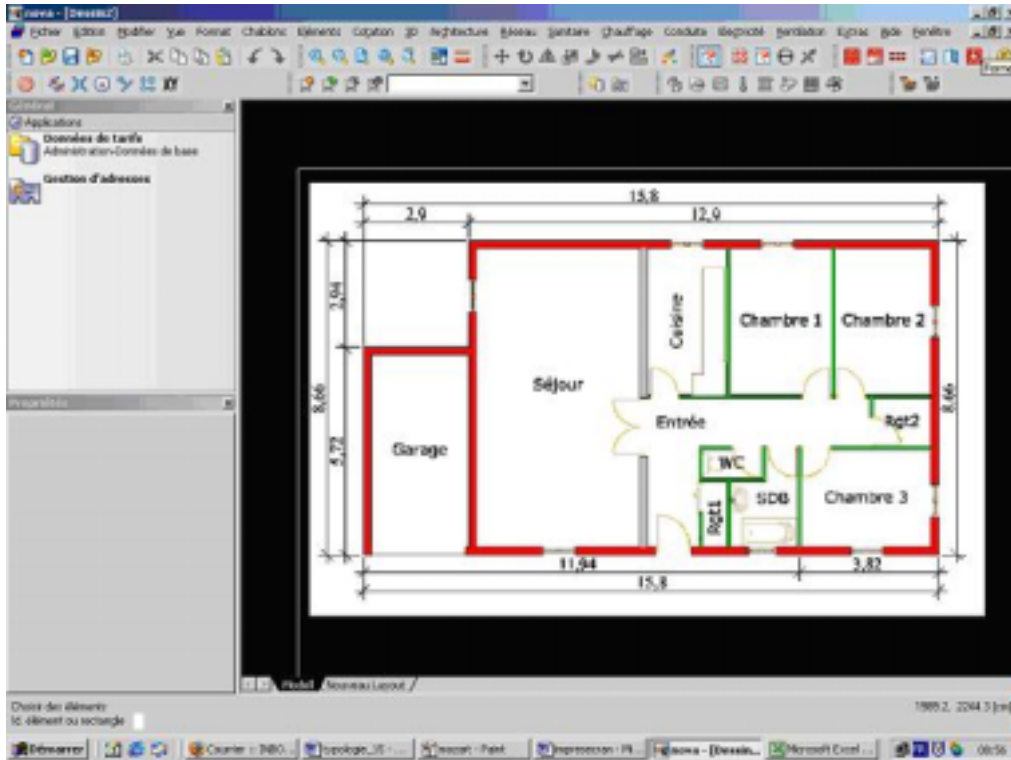


Figure 6 : insertion de l'image (.bmp) du plan après redimensionnement dans le logiciel Paint

VII.2.b. Définition de la composition des parois

Il est ensuite nécessaire de définir pour chaque type de paroi une composition spécifique en détaillant chacune de ses couches.

Pour chaque paroi, on définit :

- Son nom
- Son type (Mur extérieur / mur intérieur / porte extérieure / plafond / toit ...)
- Le matériau de chaque couche
- L'épaisseur de chaque couche
- La conductivité de chaque couche
- La masse volumique de chaque couche

Il est à noter que la capacité thermique du mur n'est pas prise en compte directement (voir descriptif de la norme VDI 2078 [11])

Des grandeurs physiques supplémentaires sont disponibles directement à l'édition du bâtiment (étape 3) :

- Absorption CLO
- Absorption GLO
- Pourcentage de contact avec la terre pour les murs semi enterrés

D'autres renseignements sont aussi à donner pour les fenêtres :

- Facteur de transparence
- Surface vitrée
- Facteur de protection solaire

VII.2.c. Dessin des murs

Les murs sont ensuite directement dessinés au dessus de l'image du plan. Il est à noter que Nova ne permet que l'accrochage à des lignes dans le cas de fichier .DXF. Il est donc nécessaire d'apprécier directement les longueurs et de zoomer lors de l'implantation des murs de manière à obtenir le plus de précision possible. Ceci explique le décalage visible sur l'impression d'écran qui suit.

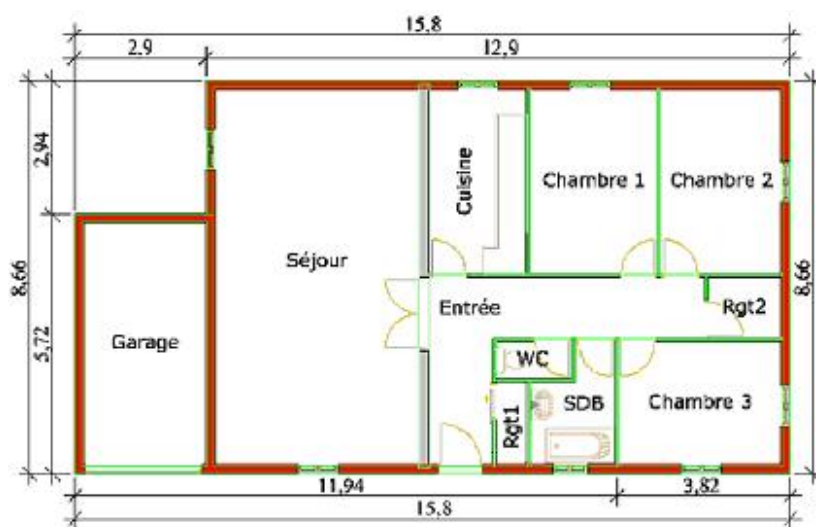


Figure 7 : Dessin des murs au dessus de l'image (.bmp) du plan du bâtiment Mozart

Les portes et les fenêtres sont ensuite glissées et collées à l'intérieur des parois. Il est évidemment possible de définir tous les paramètres des fenêtres et des portes (épaisseur, hauteur, largeur, position dans le mur, composition, etc).

VII.2.d. Raccordement des murs

Pour finir, il est nécessaire d'effectuer un raccordement des murs aux quelques endroits où le logiciel nova ne le fait pas automatiquement. Ce cas est visible sur l'impression d'écran suivante.

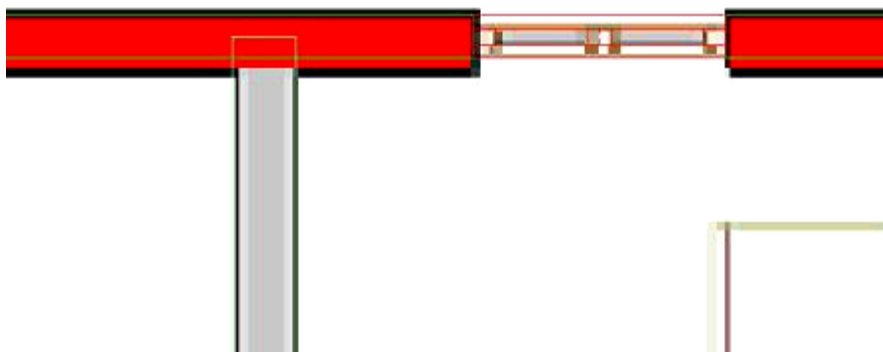


Figure 8 : nécessité de rectification pour la jonction de deux murs

VII.2.e. Visualisation

Après avoir rajouté le plafond et le plancher, il est possible de visualiser le bâtiment. En cliquant à l'intérieur de chaque pièce, on peut définir plusieurs zones de chauffage et détailler leurs caractéristiques en terme de température minimale, taux de renouvellement d'air, etc. L'ensemble de ces paramètres est d'ailleurs visible dans l'impression d'écran (voir Figure 12 : liste des paramètres de l'espace « chambre 1 » page 20)

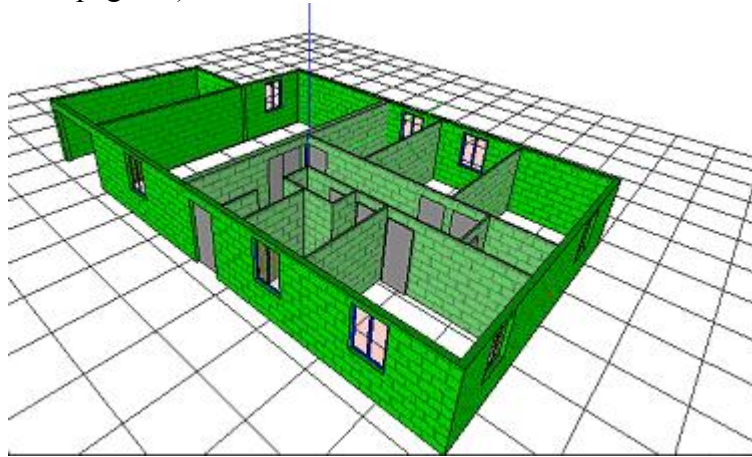


Figure 9 : Visualisation 3D de l'habitation Mozart

VII.2.f. Importation dans le module de calcul de charge thermique de chauffage



Figure 10 : importation des pièces

Le dessin ainsi réalisé est importé dans le module de calcul de charges thermique pour le chauffage d'hiver. On crée un nouveau bâtiment d'un étage et on affecte à cet étage le dessin qui vient d'être créé.

Remarque : dans le cas d'un bâtiment à étages multiples et identiques de type immeuble, il est très simple d'affecter le même dessin à plusieurs étages.

On peut facilement accéder à l'ensemble des paramètres de chaque pièce. Par exemple, voici l'ensemble des parois extérieures bordant la chambre1.

Remarque : chaque paroi est caractérisée par sa valeur U (conductance) et par un identifiant ; il serait ainsi possible dans un deuxième temps de réaffecter à tous les murs du même identifiant une structure différente.






Description de surface				Transmission		Remarques						
	Paroi	OR	n	touché à	b m	l/h m	A_{brut} m^2	$A_{n,brut}$ m^2	A_{net} m^2	$\theta_{d'iso}$ $^{\circ}C$	Valeur U	Φ_T Watt
	MI	O	I	Cuisine (Cuisine)	4,32	2,50	10,80	10,80	10,80	20	1,5	0
	ME	N	I	Air extérieur	2,89	2,50	7,22	7,22	6,09	-12	0,45	68
	FE	N	I	Air extérieur	0,90	1,25	1,13	1,13	1,13	-12	1,7	61
	MI	E	I	Chambre2 (Chambre à ...)	4,32	2,50	10,80	10,80	10,80	20	1,5	0
	MI	S	I	Entrée+Rgt1 (Vestibule)	2,89	2,50	7,22	7,22	5,72	20	1,5	0
	PI	S	I	Entrée+Rgt1 (Vestibule)	0,75	2,00	1,50	1,50	1,50	20	2	0
	PL	H	I	Air extérieur	4,32	2,89	12,47	12,47	12,47	-12	0,35	140
	DA	H	I	Air extérieur	4,32	2,89	12,47	12,47	12,47	-12	0,3	120

Figure 11 : liste des parois de l'espace chambre 1

Espace SIA384.201

No : Désignation :

Unité d'habitation :

Géométrie

Longueur :

Largeur :

Surface de base :

Hauteur d'étage :

Epaisseur de dalle :

Surface d'encerclement :

Volumétrie :

Hauteur vide :

Données

☒ Chauffé

Température intérieure :

☐ à l'intérieur

Cotation :

Débit d'air minimal :

Surpuissance de relance...

Infiltration

Taux de renouvellement d'air (n50) :

Altitude :

Facteur correctif de hauteur :

Facade :

Coefficient d'exposition :

Ventilation mécanique...

Transmission

Coefficient de déperdition de chaleur :

Déperdition de chaleur :

...vers l'extérieur :

Débit d'air / Chauffage d'appoint

Coefficient de déperdition de chaleur :

Déperdition de chaleur :

Facteur de réchauffage :

Relance chauffage :

Total

Charge thermique spéc. par m² :

Charge thermique spéc. par m² :

Charge thermique Nette :

Norme - Charge thermique :

Figure 12 : liste des paramètres de l'espace « chambre 1 »

VII.3. Comparatif avec d'autres logiciels disponibles

logiciel testé	points positifs	points négatifs
Alcyone	<p>Importation de fichiers image</p> <p>Composition des parois par défaut suivant leur position (extérieur, intérieur, plancher ...)</p> <p>Intégration d'un vide sanitaire sous le plancher bas si l'utilisateur le décide</p> <p>Génération automatique des masques solaires</p> <p>Tracé de la toiture très ergonomique</p> <p>Regroupement des espaces saisis par zone</p> <p>Association avec le logiciel de simulation thermique PLEIADES + COMFIE</p>	<p>Pas d'importation de fichier .dxf</p> <p>Pas de visualisation de l'épaisseur des murs</p> <p>Impossibilité de régler le pas de la grille d'accrochage</p>

DesignBuilder	Modes d'accrochage bien adaptés Composition des parois par défaut suivant leur position (extérieur, intérieur, plancher ...) Modèle de données directement compatible à court terme avec les IFC Profils d'activité par défaut en fonction des types d'espaces Possibilité de tracer de manière simple des parois inclinées Visualisation de la constitution des parois agréable (vue en coupe) Inclusion d'un logiciel de simulation thermique basé sur la librairie Energy+	Pas de possibilité simple d'importation de fichier image Manque de la fonction pour choisir la position de la paroi par rapport à l'esquisse de la paroi
Plancal	Modes d'accrochage bien adaptés Profils d'activité par défaut en fonction des types d'espaces Possibilité de tracer de manière simple des parois inclinées Visualisation de la constitution des parois agréable (vue en coupe) Groupement avec un logiciel de simulation thermique	Difficulté pour importer des images et les redimensionner Pas de compatibilité avec la norme française RT2005
SimCAD	Permet l'export du fichier vers TRNSYS et Codyba	Interface peu conviviale Pas de possibilité d'ouvrir des images Pas de rajout simple de matériau et de structure de mur Pas de mise à jour récente

Une étude de plusieurs autres logiciels [17] a été menée, afin de comparer le maximum d'outils disponibles. Cependant, ces logiciels ont tous été développés par des laboratoires de recherche de divers pays, et leur suivi n'a pas été assuré. Ainsi, ils ne présentent dès lors plus aucun intérêt majeur pour notre étude, puisque leurs fonctionnalités sont sensiblement les mêmes que celles de leur homologue français SimCAD. Nous avons étudié les logiciels DOMUS [15], LIDER et DEST [16].

VII.4. Vers une uniformisation des formats d'échange

L'étude comparative que nous avons menée entre plusieurs logiciels (TRNSYS, CoDyBa, Design Builder, pléiade/Comfie, SimCAD et Plancal) fait ressortir à la fois une grande similarité dans le modèle des objets employés dans les logiciels et une impossibilité presque systématique d'échange de modèles de simulation d'une application à l'autre. Pour palier à cette difficulté, il est urgent de mettre au point des formats d'échanges normalisés. Plusieurs formats sont actuellement à l'étude, et dans la partie suivante nous traiterons principalement des formats IFC (Industrial Foundation Classes) et NBDM (Neutral Buiding Data Model).

VII.4.a. Les IFCs, une solution d'avenir

Les IFCs permettent de décrire les différents composants d'un bâtiment (volume, parois, espaces, etc), leur géométrie, ainsi que leurs relations topologiques (se reporter aux annexes pour une représentation plus approfondie de ce modèle de données). Les données IFC peuvent déjà être

produites par le logiciel ArchiCAD 10. Quelques rares logiciels comme Climcad et Climawin (développés par BBS SLAMA) permettent déjà l'import de ce format IFC.

Cependant, nos recherches ne nous ont pas permis de trouver un logiciel de simulation thermique qui exporte aussi son modèle au format IFC. Ceci est certainement dû à la complexité des IFC. En effet, si le format est bien adapté pour la transmission de la topologie et de la géométrie des bâtiments, il est en revanche extrêmement délicat de transmettre les paramètres spécifiques à une simulation thermique (composition des parois, caractéristiques des régulateurs, profils d'occupation, etc). Une analyse des IFC montre d'ailleurs qu'il existe actuellement uniquement un domaine HVAC (heating, ventilating and air conditioning) qui ne contient pas encore tous les types de données nécessaires à une simulation thermique.

Il est cependant tout à fait imaginable que le besoin d'interopérabilité entre les différents logiciels de simulation thermique favorise dans les années à venir l'émergence d'objets IFC plus spécialisés dans le transfert de caractéristiques thermiques des systèmes.

VII.4.b. Le modèle de donnée NBDM

Parallèlement au développement des IFC, un groupe de travail sous la responsabilité de Mrs Jammet et Despretz est en train de développer un autre format nommé NBDM (Neutral Building Data Model) qui permette le transfert de données entre Codyba, TRNSYS, Pleiade/Comfie et Clima-win.

Ce format, basé sur XML permettra à ces quatre logiciels d'échanger l'ensemble des données nécessaires à la simulation. Etant donné la simplicité de ce format d'échange ainsi que le faible nombre de partenaires impliqués dans la création de ce format, ce projet devrait aboutir rapidement.

Ce projet est d'autant plus prometteur qu'il permettra d'une part l'ajout de nouvelles caractéristiques par la création de nouveaux types de balises XML et d'autre part une compatibilité à moyen terme avec un modèle de donnée IFC.

VIII. Fonctionnalité à intégrer dans un logiciel de transfert de données (CAO->thermique)

VIII.1. Format d'importation

Le logiciel doit impérativement pouvoir exploiter les formats .dxf et .bmp (ou tout autre format d'image). Il est important de s'assurer dès l'importation que le plan est à l'échelle souhaitée, ce qui doit être le cas pour le .dxf, mais pas forcément pour fichier image. La solution proposée pour s'assurer du bon dimensionnement du plan importé est de faire mesurer à l'utilisateur la longueur d'un mur, puis de lui faire rentrer la longueur réelle. La mise à l'échelle du plan est alors réalisée par le logiciel.

VIII.2. Saisie des caractéristiques des parois et ouvertures

La définition des différents éléments (murs, fenêtres portes, etc) utilisés dans la suite du projet n'est pas indispensable au début de la saisie, mais cela permet par la suite d'affecter directement aux éléments créés leurs caractéristiques. L'autre méthode consiste à leur affecter une référence, et à définir la composition de cette référence plus tard.

Il faut commencer par définir les différents matériaux utilisés dans une **bibliothèque de matériau** avec un éditeur intégré au logiciel ou bien un format de donnée lisible (.xls, .xml, .txt) où ne figurent pas les épaisseurs. Chaque matériau est défini par ses caractéristiques thermiques (masse volumique, conductivité, capacité des matériaux), son comportement en fonction de l'humidité, et il est possible d'importer une image de l'apparence de ce matériau, ce qui permettra une meilleure représentation du bâtiment par la suite. Suivant les formats utilisés, les caractéristiques des matériaux peuvent être amenées à être plus détaillées. Par exemple, la conductivité thermique pourra prendre la forme d'un tableau en fonction d'un autre paramètre (chaleur, humidité) ou d'un tenseur.

Ensuite, l'utilisateur doit pouvoir **composer les murs** par empilement de couches : référence, matériaux utilisés ainsi que leur épaisseur. De plus, il est souhaitable de pouvoir créer des **parois composites** composées de plusieurs catégories de murs définis par leur pourcentage.

Enfin, l'utilisateur doit pouvoir **créer ses ouvertures** (fenêtres et portes) avec dimensions, définition de l'empilement des matériaux, pourcentage de clair et hauteur d'intégration dans la paroi.

VIII.3. Ressaisie des plans

La stratégie la plus commode utilisée dans Nova et dans Simcad consiste à redessiner les murs à partir des plans des différents étages. Le logiciel devrait donc utiliser cette stratégie. Les fonctionnalités suivantes sont indispensables pour une ressaisie rapide des plans :

VIII.3.a. Ressaisie du plan d'un étage

Après importation du plan sous format .dxf ou .bmp, l'utilisateur doit effectuer la ressaisie du plan. Pour cela, il choisit le type de mur utilisé et l'endroit d'implantation du mur par rapport à la souris (la souris pointe la gauche, la droite ou le centre du mur). L'utilisateur peut alors dessiner les

murs au dessus du plan importé, il est important d'avoir une **possibilité d'accrochage** aux extrémités et aux croisements.

Le logiciel effectue alors une **reconnaissance automatique des espaces**, mais l'utilisateur peut modifier ce référencement, notamment ajouter / supprimer des espaces ainsi que modifier leur nom.

Pour les ouvertures, l'utilisateur doit pouvoir **ancrer les ouvertures** sur les murs tracés. Pour chaque ouverture, il doit être possible de définir un **masque**.

Pour chaque mur créé, il doit être possible de **spécifier ses conditions aux limites** : température fixée, flux nul par rapport à l'extérieur, coefficient d'échange par convection. Ces conditions aux limites font indirectement partie de la ressaisie du plan, dans le sens où elles sous-tendent la présence d'autres pièces non représentées (combles, vide sanitaire, etc).

VIII.3.b. Extrusion et saisie des étages suivants

Concernant la hauteur des étages et l'extrusion du plan dessiné, l'utilisateur doit pouvoir indiquer créer des étages en indiquant leur **altitude** par rapport au niveau du sol ainsi que la **hauteur des murs**. Ainsi, le logiciel va proposer une vue 3D de l'extrusion ainsi réalisée.

Concernant les étages suivants, après les avoir créés, l'utilisateur va sélectionner le calque de l'étage considéré pour dessiner dessus. Il peut utiliser le même plan que l'étage précédent ou importer un nouveau plan (.dxf ou .bmp) avec possibilité de **redimensionnement et recalage** par rapport au plan précédemment importé.

Ainsi, chaque étage est créé sur un calque différent, et chaque plan importé a aussi son propre calque. Ainsi, à tout moment, l'utilisateur peut choisir quel(s) calque(s) il faut afficher.

VIII.3.c. Création d'ombres lointaines

Si le bâtiment est situé à proximité d'éléments hauts modifiant l'ensoleillement, il est intéressant de pouvoir définir des ombres lointaines.

VIII.4. Entrée des charges thermiques et ventilation

Pour chaque pièce, il est possible de rentrer des charges thermiques. Pour cela, l'utilisateur va créer des **profils d'activité** qu'il pourra affecter ensuite à la pièce en renseignant la référence du profil souhaité. Le logiciel doit en outre proposer un découplage des charges thermiques en bilan latent/sensible, CLO et GLO.

De plus, concernant le renouvellement d'air, des **profils de ventilation** pourront être créés afin de les appliquer aux différentes pièces.

Pour faciliter le travail, le logiciel disposera **d'une bibliothèque de charges thermiques type et de profils de ventilation** en fonction du type de local.

VIII.5. Consignes de chauffage, climatisation, humidité relative

Concernant les consignes de chauffage, climatisation et humidité relative, l'utilisateur pourra créer des profils de ces différentes consignes (en fonction des heures de la journée et des jours de la

semaine) et les affecter aux différentes pièces en précisant la puissance maximale des appareils de chauffage/climatisation en fonction de la surface/du volume.

VIII.6. Possibilité de zonage

Pour éviter une saisie des différentes consignes (chauffage, climatisation, taux de renouvellement d'air..) pour chaque espace, il doit être possible de **regrouper des espaces en zones**. Ainsi, pour chaque zone, on définit les espaces qu'elle contient, ainsi que l'une ou la totalité des propriétés suivantes qui seront obligatoirement affectées aux différents espaces :

- consignes de chauffage et climatisation
- puissance maximale des appareils de chauffage/climatisation en fonction de la surface/du volume
- charges thermiques surfaciques
- taux de renouvellement d'air

Ceci permettrait en outre d'avoir une consommation générale pour la zone fournie par le logiciel de simulation thermique. Par contre, si l'utilisateur renseigne une propriété pour la zone (par exemple une consigne de chauffage), mais que cette zone contient une pièce ayant déjà cette propriété, la priorité est donnée à la propriété de la pièce et non de la zone.

VIII.7. Format d'exportation

Concernant l'exportation des données, l'utilisateur pourra choisir différents formats en fonction du logiciel de simulation thermique utilisé ensuite. Nous proposons l'export en format .nbdm en cours de développement. Evidemment, il serait souhaitable d'intégrer un module d'exportation au format .ifc lorsque ceci sera envisageable.

Pour permettre une utilisation dans les logiciels de simulation actuels, le logiciels doit aussi fournir un format d'export type .bui pour TRNSYS et Codyba et un format basé sur le langage .xml qui sera plus utilisé dans les prochaines années.

IX. Possibilité de remontée des résultats de la simulation à un logiciel de CAO

Les modèles de données que nous avons pu analyser contiennent tous un type d'objet nommé volume ou espace selon les logiciels. Ils ont également la possibilité de générer des profils qui sont utilisés pour définir des consignes de renouvellement d'air, de chauffage ou de climatisation.

Il paraît alors tout à fait possible de faire remonter dans un premier temps les résultats au module de ressaisie des données CAO sous forme de tableaux décrivant les profils de température, dépense de chauffage climatisation, apports solaires, etc. Ces données pourraient alors être visualisées sous forme de courbes qui apparaîtraient au centre des différents espaces. Cependant, ce problème de remontée des données devra être envisagé seulement lorsque le problème de transmission des données de CAO vers les logiciels de simulation thermique sera résolu.

Les solutions actuelles de remontée des données de simulation dans des formats intermédiaires fonctionnent toutes sur le même schéma : les résultats sont stockés dans un fichier distinct et sont uniquement référencés par pointage.

La remontée au logiciel de CAO est plus problématique dans le sens où le logiciel de CAO ne dispose pas des renseignements abstraits tels que la définition des espaces, des murs et des ouvertures.

Voici une solution de remontée des données que nous proposons et qui ne saurait être la seule imaginable pour visualiser les données dans le logiciel de CAO :

- Lors de la ressaisie, on cherche la plus grande sphère pouvant être contenue dans chaque espace, on inscrit alors dans le fichier destiné au logiciel de simulation les coordonnées de son centre et son rayon. Notons que les champs x, y et z actuellement non renseignés dans CoDyBa pourraient avantageusement être utilisés à cet effet
- Lors de l'ouverture du logiciel de simulation thermique, sont ouverts à la fois le fichier de transfert de données de simulation et le fichier .dxf correspondant au plan de référence du bâtiment à modéliser.
- Après simulation, plusieurs calques sont créés dans le fichier .dxf. Ceux-ci correspondent respectivement aux catégories température, consommation de chauffage, à la consommation climatisation et sont tous de couleurs différentes. Pour chaque catégorie, peuvent être créés des calques ou seront dessinés les graphes pouvant être visualisés selon plusieurs points de vue.
- Les graphes sont dessinés de manière à être contenus dans la sphère définie lors de la ressaisie du plan. Ils sont également conçus de manière à pouvoir être superposés si l'utilisateur le désire.

Voici ce que donnerait une telle solution dans le cas de notre exemple Mozart :

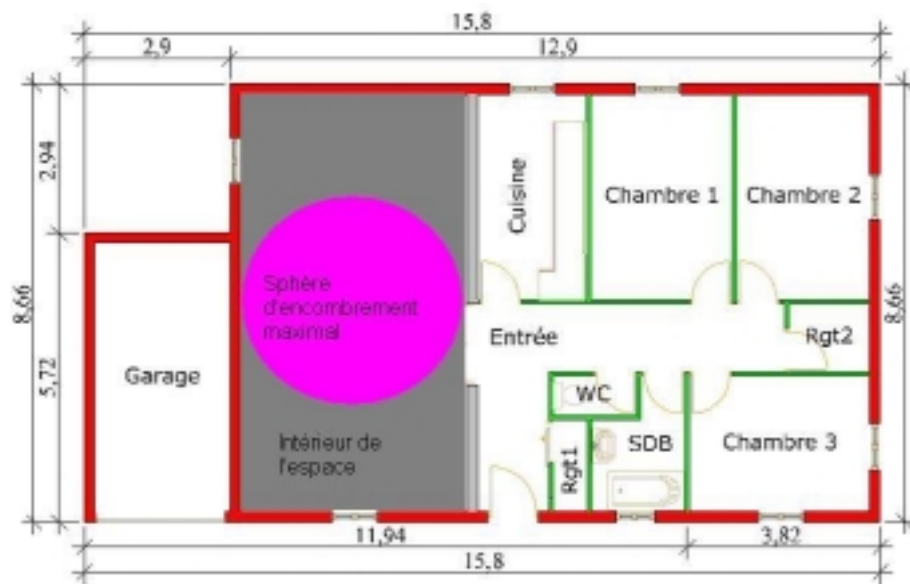


Figure 13 : définition de sphères d'encombrement maximum lors de la ressaisie

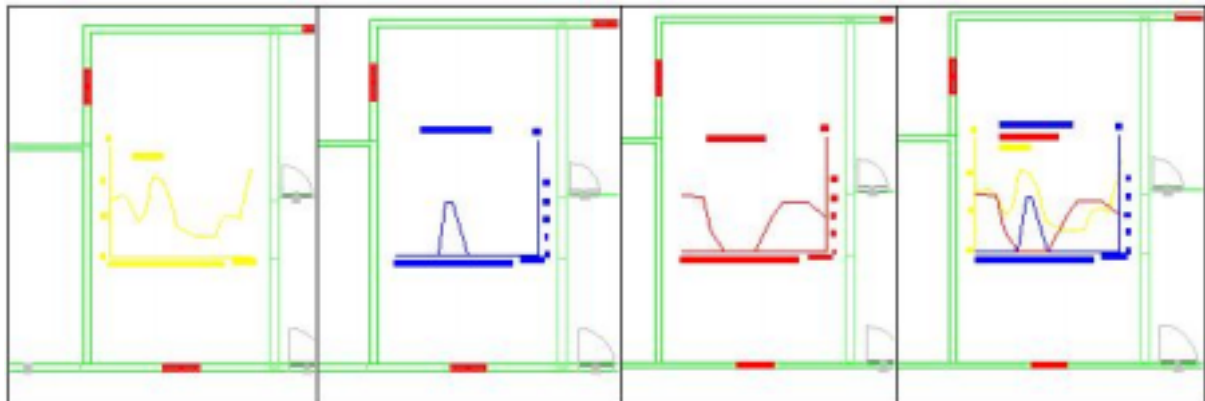


Figure 14 : retour dans un fichier CAO avec de gauche à droite : la température, la puissance de refroidissement, la puissance de chauffe et la superposition de ces trois graphes

X. Conclusion

En conclusion, ce projet aura permis de mieux cerner les impératifs liés au transfert de données entre un logiciel de CAO et un programme effectuant une simulation thermique de bâtiment. Plusieurs points sont à souligner dans l'évolution actuelle des logiciels prenant en charge cette tâche :

- Une intégration des informations topologiques et des données orientées objet dès la conception des plans (c'est le cas d'Archicad)
- Un développement simultané des logiciels de simulation thermique des bâtiments et des modules de ressaisie de plan
- Une évolution de la plupart des logiciels français vers du calcul réglementaire

Il est actuellement incontournable pour tout logiciel de simulation thermique du bâtiment de disposer d'un programme permettant de réutiliser, au moins en partie, les informations déjà contenues dans un fichier CAO.

Dans cette perspective, nous avons proposé un cahier des charges mettant en relief les principales fonctionnalités à intégrer dans un tel logiciel, et cela à l'aide d'exemples illustrés.

Se pose enfin la question de la remontée des résultats vers le fichier de CAO pour lequel nous apportons également des éléments de réponse sur les procédés qu'il serait possible de mettre en oeuvre.

Espérons que de nouveaux formats d'échange de donnée orienté objets type IFC verrons le jour au cours des années à venir pour permettre d'enregistrer toutes les données de CAO et de thermique dans un même fichier et éviter ainsi les problèmes de ressaisie et d'incompatibilité de format.

XI. Bibliographie

- [1] TRNSYS, Solar energy laboratory, university of wisconsin-Madison, <http://gel.me.wis.edu/trnsys>
- [2] François GUENA « le raisonnement par classification appliqué à la CAO » HSR, 16 mai 1997, université de Caen
- [3] K. SILHADI, M. MIRAMOND, M. ABED, JJ ROUX « X2A-SE : a duelling CAD System with integrated experts systems for thermal designers » 1990 ISME International Solar Energy Conferences Miami Florida, April 1-4, 1990
- [4] Bernard FERRIES, « Faciliter l'usage des logiciels de simulation grâce aux échanges d'objets IFC », Conférence IBPSA 2002, Paris, Oct. 2002
- [5] Bernard FERRIES, Jean-Pierre BEDRUNE, « Des logiciels de CAO et de Gestion de Patrimoine à la Simulation Thermique : l'apport des IFC », Rapport Final, Juillet 2001. www.laurenti.com/ademe
- [6] Bernard FERRIES, « Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur les IFC... en trois pages », Avril 2005. www.iai-france.org/telechargement/IFC_en_3_pages.pdf
- [7] Werner KEILHOLZ, Jean-Pierre BEDRUNE, Bernard FERRIES, « Couplage entre outils de CAO et outils de simulation thermique de bâtiments ».
- [8] Jean NOEL, Jean-Jacques ROUX, Werner KEILHOLZ, David BRADLEY, « Liens entre les logiciels SIMCAD, TRNSYS et CODYBA », V^o Colloque Interuniversitaire Franco-Québécois, Thermique des Systèmes, Lyon, Mai 2001.
- [9] Olivier BARBAUX, « Industry Foundations Classes », Examen Probatoire en Informatique, Décembre 2006
- [10] www.iai-france.org Site d'information sur les IFC et sur les activités du chapitre francophone.
- [11] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE „Berechnung de Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln)“ juillet 1996
- [12] Jean NOEL « descriptif du logiciel CoDyBa » [mis à jour le 8 février 2007] [consulté le 6 mars 2007] en ligne sur www.jnlog.com/codyba1.htm
- [13] Jean NOEL « cas d'exemple CoDyBa à partir de la typologie CSTB des bâtiments » Mars 2007 9 p.
- [14] M. AHMAD « Inertie thermique des logements et confort d'été (Etude de sensibilité réalisée par le CSTB) » Collection technique CIMBETON, document B.63
- [15] N. MENDES, R. DE OLIVEIRA, G. DOS SANTOS, « Domus 1.0 : A brazilian PC program for building simulation », Août 2001. http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2001/BS01_0083_90.pdf
- [16] <http://www.dest.com.cn>
- [17] D. CRAWLEY, J. HAND, M. KUMMERT, B. GRIFFITH, « Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs », Juillet 2005. http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/pdfs/contrasting_the_capabilities_of_building_energy_performance_simulation_programs_v1.0.pdf

XII. Annexes

XII.1. Norme VDI 2078

La norme allemande VDI 2078 [11] a été à l'origine introduite en 1972 pour effectuer une estimation des charges thermiques nécessaires à la climatisation des locaux.

Elle se décompose en deux parties :

- Calcul rapide (manuel) des charges thermiques de refroidissement
- Calcul en simulation par ordinateur des charges thermiques de refroidissement

C'est cette deuxième partie de la norme qui est exploitée dans le code de Nova lorsqu'on cherche à effectuer une simulation conforme à la norme allemande.

Concrètement, le principe de base de la simulation reste tout à fait classique avec un modèle de calcul pas à pas.

Le modèle intègre les apports thermiques sous forme convective ou rayonnée. Peuvent ainsi être intégrées sous forme de profils les activités des personnes, des machines et des installations de ventilation. Il est aussi possible d'intégrer des consignes de chauffage ou de refroidissement variables en fonction du temps.

L'installation à étudier est décrite sous forme de murs caractérisés par leur valeur U et par leur classe. La classe du mur (de très léger à lourd) est une information presque qualitative sur la capacité d'accumulation thermique du mur. La capacité thermique du mur n'apparaît donc pas en tant que telle.

De nombreuses corrections sont introduites pour tenir compte de l'accumulation des murs :

- La différence de température prise en compte pour calculer les flux thermiques traversant un mur est une combinaison linéaire des différences de température entre les deux faces du mur prises aux deux pas de temps précédents.
- Tous les apports thermiques rayonnés sont répartis sur plusieurs pas de temps. Ceci permet leur distribution progressive dans la pièce.
- Pour la même raison, les apports thermiques pris en compte pour une occupation humaine des locaux variera fortement suivant la classe d'inertie du bâtiment.

Il est important de noter que l'algorithme de simulation ne différencie pas les charges sensibles des charges latentes d'une manière directe. Pour en tenir compte, les apports thermiques sont répartis différemment dans le temps. Il est également à noter que l'algorithme ne prend pas en compte l'humidité de la pièce.

Il est possible d'intégrer au calcul différents climats normalisés d'Allemagne corrigés en fonction de l'altitude. Sont ainsi pris en compte à la fois les apports solaires, la température extérieure et le vent.

XII.2. Introduction aux IFC

Les IFC sont des classes d'objets spécifiques à la construction et destinées à répondre aux besoins d'échange et de partage d'information entre tous les intervenants pour toutes les phases du cycle de vie d'une construction. Elles permettent de modéliser les différents objets d'un ensemble, et leurs relations (exemple d'un mur, de sa composition, et son environnement). Le modèle couvre donc un spectre très large dans le domaine du bâtiment, puisqu'il peut être utilisé tout au long du cycle de vie (programmation, conception, construction, gestion) et selon différents points de vue (architecture, structure, thermique, exploitation...). Le modèle que constitue les IFC est riche et complexe, à l'image de la réalité à modéliser. Mais cette complexité restera au niveau des développeurs de logiciels, les utilisateurs n'ayant aucun besoin de connaître son fonctionnement pour l'utilisation.

Nous allons maintenant expliquer rapidement la structuration du modèle, afin de comprendre comment il répond aux attentes de tous les utilisateurs.

Les IFC sont regroupés en schémas qui sont organisés en couches (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ci dessus). La couche inférieure contient des ressources, entités d'usage général (exemple : géométrie des objets et relations topologiques). Le noyau (kernel) et ses extensions contiennent la base de toute la structure IFC. Dans le noyau, le niveau de généralisation est très important (les concepts d'objets, de relations et de propriétés y sont modélisés), les extensions spécialisent ce noyau. La couche supérieure contient les concepts ou classes communes à plusieurs domaines, comme les éléments partagés (exemple des parois : murs, parties, fenêtres, dalles, poteaux...). Enfin, la couche la plus haute organise les entités par domaine (exemples : architecture, étude des structures, gestion du patrimoine...).

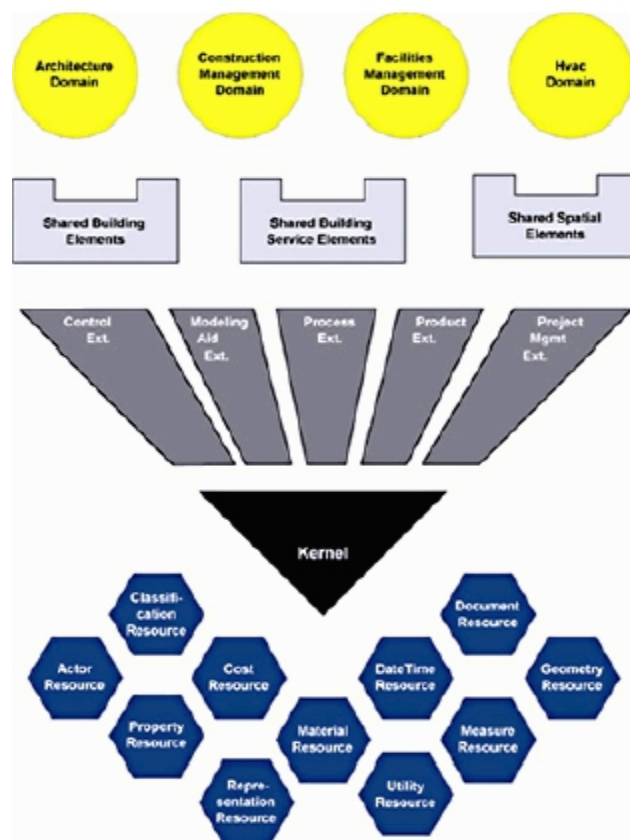


Figure 15 : Architecture des IFC (version 2.0)

Par cette explication rapide de la structure des IFC, il est aisé de se rendre compte de la complexité d'un tel modèle, mais aussi des bénéfices que cela peut apporter au domaine de la construction. Si chaque intervenant sur la réalisation d'un bâtiment complète les données spécifiques à son domaine dans le fichier IFC commun, la saisie des données communes à tous (géométrie, topographie...) sera éliminée, et l'on aura un fichier exploitable très rapidement par tous. Le gain de temps sera très important pour la majorité des intervenants. En guise d'exemple, une étude américaine a évalué l'incidence financière des défauts d'interopérabilité, par nature, par phase et par intervenant.

Montants en M\$	Programmation et conception	Construction	Gestion	Total	%
Maîtrise œuvre	1 007	147	16	1 170	7
Entreprises	486	1 265	50	1 802	11
Fabricants	442	1 762	0	2 204	14
Gestionnaires	723	898	9 027	10 648	67
Total	2 658	4 072	9 093	15 824	100

Tableau 1: Résultats de l'étude américaine sur l'incidence des défauts sur l'interopérabilité.

d'ouvrage, qui sont aussi gestionnaires de patrimoine, d'impulser un changement en développant l'utilisation de fichiers IFC.

Les résultats de l'étude sont contenus dans le Tableau 1 ci contre.

En répartissant le total de ces gains sur l'ensemble du patrimoine américain (3,6 milliards de m²), on peut évaluer le coût des défauts d'interopérabilité à 53€ par m² pour l'ensemble des intervenants d'une opération et à 2€ par m² et par an pour le gestionnaire.

Nous nous rendons compte en analysant rapidement le tableau qu'améliorer l'interopérabilité profite à tous les acteurs, et surtout ceux qui sont impliqués dans la gestion du patrimoine. C'est donc aux maîtres

XII.3. Fichier Bui du bâtiment Mozart créé par SimCAD

```
* SimCad BUI generator
*
* TRNSYS TYPE 56 BUILDING DESCRIPTION FILE
* FOR BUILDING: C:\Documents and Settings\Toni\Mes documents\cours\PIRD\mozart\v20\mozartv20.bui
* Created by SimCAD 1.3.9

* Questions ? Remarks ? Comments ? mailto:software@estb.fr

* PROJECT
*+++ PROJECT
*+++ TITLE=BUI for TRNSYS 15.0
*+++ DESCRIPTION=Generated by SimCAD
*+++ CREATED=iisibat@estb.fr
*+++ ADDRESS=CSTB
*+++ CITY=F-06904 Sophia Antipolis
*-----

*-----
* PROPERTIES
*-----
PROPERTIES
DENSITY=1.204 : CAPACITY=1.012 : HVAPOR=2454.0 : SIGMA=2.041E-007 : ;
RTEMP=293.15
TYPES

*-----
* LAYERS
*-----
LAYER PLANCHERBOIS2
THICKNESS=0.02 : CONDUCTIVITY=0.432 : CAPACITY=1 : DENSITY= 900
LAYER ISOLANT8
THICKNESS=0.08 : CONDUCTIVITY=1.44 : CAPACITY=1 : DENSITY= 35
LAYER LAMEDAIR12
THICKNESS=0.12 : CONDUCTIVITY=0.684 : CAPACITY=1 : DENSITY= 1.218
LAYER PLATRE1.3
THICKNESS=0.013 : CONDUCTIVITY=1.26 : CAPACITY=1 : DENSITY= 900
LAYER ISOLANT16
THICKNESS=0.16 : CONDUCTIVITY=1.44 : CAPACITY=1 : DENSITY= 35
LAYER OSSMUREXT12
THICKNESS=0.12 : CONDUCTIVITY=0.1548 : CAPACITY=1 : DENSITY= 35
LAYER BOIS2
```


THICKNESS=0.02 : CONDUCTIVITY=0.432 : CAPACITY=1 : DENSITY= 700
 LAYER OSSREFEND20
 THICKNESS=0.20 : CONDUCTIVITY=0.7812 : CAPACITY=1 : DENSITY= 35
 LAYER PLATRE1
 THICKNESS=0.01 : CONDUCTIVITY=1.26 : CAPACITY=1 : DENSITY= 900
 LAYER LAMEDAIR3
 THICKNESS=0.03 : CONDUCTIVITY=0.684 : CAPACITY=1 : DENSITY= 1.218
 LAYER TUILE1
 THICKNESS=0.01 : CONDUCTIVITY=2.32 : CAPACITY=1 : DENSITY= 1650

* dummy layers (for auto-cut surfaces, to be verified by the user)

LAYER DUMMY1
 RESISTANCE= 0.695
 LAYER DUMMY2
 RESISTANCE= 0.695

*-----

* INPUTS

*-----

*-----

* schedules

*-----

*-----

* WALLS

*-----

WALL "PLABAS
 LAYERS=PLANCHERBOIS2 ISOLANT8 LAMEDAIR12 PLATRE1.3
 ABS-FRONT=0.6 : ABS-BACK=0.6
 HFRONT=11 : HBACK=64
 WALL "PLAFOND
 LAYERS=PLATRE1.3 ISOLANT16
 ABS-FRONT=0.6 : ABS-BACK=0.6
 HFRONT=11 : HBACK=64
 WALL "MUREXT
 LAYERS=PLATRE1.3 OSSMUREXT12 BOIS2
 ABS-FRONT=0.6 : ABS-BACK=0.6
 HFRONT=11 : HBACK=64
 WALL "REFEND
 LAYERS=PLATRE1.3 OSSREFEND20 PLATRE1.3
 ABS-FRONT=0.6 : ABS-BACK=0.6
 HFRONT=11 : HBACK=64
 WALL "CLOINT
 LAYERS=PLATRE1 LAMEDAIR3 PLATRE1
 ABS-FRONT=0.6 : ABS-BACK=0.6
 HFRONT=11 : HBACK=64
 WALL TOIT
 LAYERS=TUILE1
 ABS-FRONT=0.6 : ABS-BACK=0.6
 HFRONT=11 : HBACK=64

* dummy walls (for auto-cut surfaces, to be verified by the user)

WALL DUMMY_ADJW
 LAYERS = DUMMY1
 THICKNESS= 0.000
 ABS-FRONT= 0.50 : ABS-BACK= 0.50
 HFRONT = 11 : HBACK= 11
 WALL DUMMY_ADJF
 LAYERS = DUMMY2
 THICKNESS= 0.000
 ABS-FRONT= 0.50 : ABS-BACK= 0.50
 HFRONT = 11 : HBACK= 11

*-----

* WINDOWS

*-----

WINDOW "DOUBLE
 WINID= 2001 : HINSIDE= 11.00 : HOUTSIDE= 64.00 : SLOPE= 90.00 ; ;
 FFRAME= 0.15 : UFRAME= 8.17 : RISHADE= 0.60 : RESHADE= 0.00 ; ;
 REFLISHADE= 0.00 : CCISHADE= 0.50

WINDOW "PORTEBOIS
WINID= 1001 : HINSIDE= 11.00 : HOUTSIDE= 64.00 : SLOPE= 90.00 ; ;
FFRAME= 0.99 : UFRAME= 8.17 : RISHADE= 0.60 : RESHADE= 0.00 ; ;
REFLISHADE= 0.00 : CCISHADE= 0.50

*-----
* DEFAULT GAINS

* OTHER GAINS
* INFILTRATION

* VENTILATION

*-----
* HEATING
*-----

HEATING H_Garage
ON=20
POWER=999999999
HUMIDITY=0
PRAD=0

HEATING H_Sejour
ON=20
POWER=999999999
HUMIDITY=0
PRAD=0

HEATING H_Cuisine
ON=20
POWER=999999999
HUMIDITY=0
PRAD=0

HEATING H_Chambre1
ON=20
POWER=999999999
HUMIDITY=0
PRAD=0

HEATING H_Chambre2
ON=20
POWER=999999999
HUMIDITY=0
PRAD=0

HEATING H_Chambre3
ON=20
POWER=999999999
HUMIDITY=0
PRAD=0

HEATING H_Wwc
ON=20
POWER=999999999
HUMIDITY=0
PRAD=0

HEATING H_SdB
ON=20
POWER=999999999
HUMIDITY=0
PRAD=0

HEATING H_Entree
ON=20
POWER=999999999
HUMIDITY=0
PRAD=0

HEATING H_Rgt2
ON=20
POWER=999999999
HUMIDITY=0

PRAD=0

HEATING H_VideSan
ON=20
POWER=999999999
HUMIDITY=0
PRAD=0

HEATING H_Combles
ON=20
POWER=999999999
HUMIDITY=0
PRAD=0

*-----

* COOLING

*-----

COOLING C_Garage
ON=24
POWER=999999999
HUMIDITY=100

COOLING C_Sejour
ON=24
POWER=999999999
HUMIDITY=100

COOLING C_Cuisine
ON=24
POWER=999999999
HUMIDITY=100

COOLING C_Chambre1
ON=24
POWER=999999999
HUMIDITY=100

COOLING C_Chambre2
ON=24
POWER=999999999
HUMIDITY=100

COOLING C_Chambre3
ON=24
POWER=999999999
HUMIDITY=100

COOLING C_Wwc
ON=24
POWER=999999999
HUMIDITY=100

COOLING C_SdB
ON=24
POWER=999999999
HUMIDITY=100

COOLING C_Entree
ON=24
POWER=999999999
HUMIDITY=100

COOLING C_Rgt2
ON=24
POWER=999999999
HUMIDITY=100

COOLING C_VideSan
ON=24
POWER=999999999
HUMIDITY=100

COOLING C_Combles

ON=24
POWER=999999999
HUMIDITY=100

*-----
* ZONE declarations

*-----
ZONES Garage Sejour Cuisine Chambre1 Chambre2 Chambre3 Wwc SdB Entree Rgt2 VideSan Combles

*-----
* ORIENTATIONS

*-----
ORIENTATIONS NORTH SOUTH EAST WEST NORTHWEST NORTHEAST SOUTHWEST SOUTHEAST HORIZONT
DOWNUNDER

* BUILDING

BUILDING

*-----
* ZONES

*-----
ZONE Garage
WALL="PLABAS : AREA=16.489 : ADJACENT=VideSan : FRONT : COUPL=0.000
WALL="PLAFOND : AREA=16.489 : EXTERNAL : ORI=HORIZONT : FSKY=1.000
WALL="MUREXT : AREA=6.797 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : FSKY=0.500
WALL="MUREXT : AREA=12.834 : ADJACENT=Sejour : FRONT : COUPL=0.000
WALL="MUREXT : AREA=6.797 : EXTERNAL : ORI=NORTH : FSKY=0.500
WALL="MUREXT : AREA=12.834 : EXTERNAL : ORI=WEST : FSKY=0.500
REGIME
HEATING = H_Garage
COOLING = C_Garage
CAPACITANCE=45.504 : VOLUME=37.920
TINITIAL=20 : PHINITIAL=50
WCAPR=1.00
*-----

ZONE Sejour
WALL="PLABAS : AREA=40.510 : EXTERNAL : ORI=DOWNUNDER : FSKY = 0.0
WALL="PLAFOND : AREA=40.510 : ADJACENT=Combles : FRONT : COUPL=0.000
WALL="MUREXT : AREA=9.779 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : FSKY=0.500
WINDOW= "DOUBLE : AREA=1.080 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : ESHADE=0 : FSKY=0.500
WALL="REFEND : AREA=6.965 : ADJACENT=Entree : FRONT : COUPL=0.000
WINDOW= "PORTEBOIS : AREA=3.000 : ADJACENT=Entree : FRONT : ORI=EAST
WALL="REFEND : AREA=9.769 : ADJACENT=Cuisine : FRONT : COUPL=0.000
WALL="MUREXT : AREA=10.859 : EXTERNAL : ORI=NORTH : FSKY=0.500
WALL="MUREXT : AREA=5.820 : EXTERNAL : ORI=WEST : FSKY=0.500
WINDOW= "DOUBLE : AREA=1.080 : EXTERNAL : ORI=WEST : ESHADE=0 : FSKY=0.500
WALL="MUREXT : AREA=12.834 : ADJACENT=Garage : BACK : COUPL=0.000
REGIME
HEATING = H_Sejour
COOLING = C_Sejour
CAPACITANCE=111.804 : VOLUME=93.170
TINITIAL=20 : PHINITIAL=50
WCAPR=1.00
*-----

ZONE Cuisine
WALL="PLABAS : AREA=9.990 : EXTERNAL : ORI=DOWNUNDER : FSKY = 0.0
WALL="PLAFOND : AREA=9.990 : ADJACENT=Combles : FRONT : COUPL=0.000
WALL="CLOINT : AREA=3.910 : ADJACENT=Entree : FRONT : COUPL=0.000
WINDOW= "PORTEBOIS : AREA=1.500 : ADJACENT=Entree : FRONT : ORI=SOUTH
WALL="CLOINT : AREA=9.769 : ADJACENT=Chambre1 : FRONT : COUPL=0.000
WALL="MUREXT : AREA=4.330 : EXTERNAL : ORI=NORTH : FSKY=0.500
WINDOW= "DOUBLE : AREA=1.080 : EXTERNAL : ORI=NORTH : ESHADE=0 : FSKY=0.500
WALL="REFEND : AREA=9.769 : ADJACENT=Sejour : BACK : COUPL=0.000
REGIME
HEATING = H_Cuisine
COOLING = C_Cuisine
CAPACITANCE=27.576 : VOLUME=22.980
TINITIAL=20 : PHINITIAL=50
WCAPR=1.00

* -----

ZONE Chambre1

WALL="PLABAS : AREA=12.269 : EXTERNAL : ORI=DOWNUNDER : FSKY = 0.0
WALL="PLAFOND : AREA=12.269 : ADJACENT=Combles : FRONT : COUPL=0.000
WALL="CLOINT : AREA=5.144 : ADJACENT=Entree : FRONT : COUPL=0.000
WINDOW= "PORTEBOIS : AREA=1.500 : ADJACENT=Entree : FRONT : ORI=SOUTH
WALL="CLOINT : AREA=9.769 : ADJACENT=Chambre2 : FRONT : COUPL=0.000
WALL="MUREXT : AREA=5.564 : EXTERNAL : ORI=NORTH : FSKY=0.500
WINDOW= "DOUBLE : AREA=1.080 : EXTERNAL : ORI=NORTH : ESHADE=0 : FSKY=0.500
WALL="CLOINT : AREA=9.769 : ADJACENT=Cuisine : BACK : COUPL=0.000
REGIME
HEATING = H_Chambre1
COOLING = C_Chambre1
CAPACITANCE=33.864 : VOLUME=28.220
TINITIAL=20 : PHINITIAL=50
WCAPR=1.00
* -----

ZONE Chambre2

WALL="PLABAS : AREA=11.934 : EXTERNAL : ORI=DOWNUNDER : FSKY = 0.0
WALL="PLAFOND : AREA=11.934 : ADJACENT=Combles : FRONT : COUPL=0.000
WALL="CLOINT : AREA=0.981 : ADJACENT=Entree : FRONT : COUPL=0.000
WINDOW= "PORTEBOIS : AREA=1.500 : ADJACENT=Entree : FRONT : ORI=SOUTH
WALL="CLOINT : AREA=3.981 : ADJACENT=Rgt2 : FRONT : COUPL=0.000
WALL="MUREXT : AREA=8.689 : EXTERNAL : ORI=EAST : FSKY=0.500
WINDOW= "DOUBLE : AREA=1.080 : EXTERNAL : ORI=EAST : ESHADE=0 : FSKY=0.500
WALL="MUREXT : AREA=6.462 : EXTERNAL : ORI=NORTH : FSKY=0.500
WALL="CLOINT : AREA=9.769 : ADJACENT=Chambre1 : BACK : COUPL=0.000
REGIME
HEATING = H_Chambre2
COOLING = C_Chambre2
CAPACITANCE=32.940 : VOLUME=27.450
TINITIAL=20 : PHINITIAL=50
WCAPR=1.00
* -----

ZONE Chambre3

WALL="PLABAS : AREA=10.787 : EXTERNAL : ORI=DOWNUNDER : FSKY = 0.0
WALL="PLAFOND : AREA=10.787 : ADJACENT=Combles : FRONT : COUPL=0.000
WALL="MUREXT : AREA=7.478 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : FSKY=0.500
WINDOW= "DOUBLE : AREA=1.080 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : ESHADE=0 : FSKY=0.500
WALL="MUREXT : AREA=5.588 : EXTERNAL : ORI=EAST : FSKY=0.500
WINDOW= "DOUBLE : AREA=1.080 : EXTERNAL : ORI=EAST : ESHADE=0 : FSKY=0.500
WALL="CLOINT : AREA=3.981 : ADJACENT=Rgt2 : FRONT : COUPL=0.000
WALL="CLOINT : AREA=3.077 : ADJACENT=Entree : FRONT : COUPL=0.000
WINDOW= "PORTEBOIS : AREA=1.500 : ADJACENT=Entree : FRONT : ORI=NORTH
WALL="CLOINT : AREA=6.668 : ADJACENT=SdB : FRONT : COUPL=0.000
REGIME
HEATING = H_Chambre3
COOLING = C_Chambre3
CAPACITANCE=29.772 : VOLUME=24.810
TINITIAL=20 : PHINITIAL=50
WCAPR=1.00
* -----

ZONE Wwc

WALL="PLABAS : AREA=1.540 : EXTERNAL : ORI=DOWNUNDER : FSKY = 0.0
WALL="PLAFOND : AREA=1.540 : ADJACENT=Combles : FRONT : COUPL=0.000
WALL="CLOINT : AREA=6.319 : ADJACENT=Entree : FRONT : COUPL=0.000
WINDOW= "PORTEBOIS : AREA=1.500 : ADJACENT=Entree : FRONT : ORI=NORTH
WALL="CLOINT : AREA=4.268 : ADJACENT=SdB : FRONT : COUPL=0.000
REGIME
HEATING = H_Wwc
COOLING = C_Wwc
CAPACITANCE=4.248 : VOLUME=3.540
TINITIAL=20 : PHINITIAL=50
WCAPR=1.00
* -----

ZONE SdB

WALL="PLABAS : AREA=4.868 : EXTERNAL : ORI=DOWNUNDER : FSKY = 0.0
WALL="PLAFOND : AREA=2.973 : ADJACENT=Combles : FRONT : COUPL=0.000
WALL="PLAFOND : AREA=1.895 : ADJACENT=Combles : FRONT : COUPL=0.000
WALL="MUREXT : AREA=3.464 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : FSKY=0.500
WINDOW= "DOUBLE : AREA=1.080 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : ESHADE=0 : FSKY=0.500

WALL="CLOINT : AREA=6.668 : ADJACENT=Chambre3 : BACK : COUPL=0.000
 WALL="CLOINT : AREA=5.444 : ADJACENT=Entree : FRONT : COUPL=0.000
 WINDOW="PORTEBOIS : AREA=1.500 : ADJACENT=Entree : FRONT : ORI=NORTH
 WALL="CLOINT : AREA=4.268 : ADJACENT=Wwc : BACK : COUPL=0.000
 REGIME
 HEATING = H_SdB
 COOLING = C_SdB
 CAPACITANCE=13.440 : VOLUME=11.200
 TINITIAL=20 : PHINITIAL=50
 WCAPR=1.00
 * -----

ZONE Entree
 WALL="PLABAS : AREA=15.204 : EXTERNAL : ORI=DOWNUNDER : FSKY = 0.0
 WALL="PLAFOND : AREA=15.204 : ADJACENT=Combles : FRONT : COUPL=0.000
 WALL="CLOINT : AREA=6.319 : ADJACENT=Wwc : BACK : COUPL=0.000
 WINDOW="PORTEBOIS : AREA=1.500 : ADJACENT=Wwc : BACK : ORI=SOUTH
 WALL="CLOINT : AREA=5.444 : ADJACENT=SdB : BACK : COUPL=0.000
 WINDOW="PORTEBOIS : AREA=1.500 : ADJACENT=SdB : BACK : ORI=SOUTH
 WALL="CLOINT : AREA=3.077 : ADJACENT=Chambre3 : BACK : COUPL=0.000
 WINDOW="PORTEBOIS : AREA=1.500 : ADJACENT=Chambre3 : BACK : ORI=SOUTH
 WALL="CLOINT : AREA=1.798 : ADJACENT=Rgt2 : FRONT : COUPL=0.000
 WINDOW="PORTEBOIS : AREA=1.500 : ADJACENT=Rgt2 : FRONT : ORI=EAST
 WALL="CLOINT : AREA=0.981 : ADJACENT=Chambre2 : BACK : COUPL=0.000
 WINDOW="PORTEBOIS : AREA=1.500 : ADJACENT=Chambre2 : BACK : ORI=NORTH
 WALL="CLOINT : AREA=5.144 : ADJACENT=Chambre1 : BACK : COUPL=0.000
 WINDOW="PORTEBOIS : AREA=1.500 : ADJACENT=Chambre1 : BACK : ORI=NORTH
 WALL="CLOINT : AREA=3.910 : ADJACENT=Cuisine : BACK : COUPL=0.000
 WINDOW="PORTEBOIS : AREA=1.500 : ADJACENT=Cuisine : BACK : ORI=NORTH
 WALL="REFEND : AREA=6.965 : ADJACENT=Sejour : BACK : COUPL=0.000
 WINDOW="PORTEBOIS : AREA=3.000 : ADJACENT=Sejour : BACK : ORI=EAST
 WALL="MUREXT : AREA=5.414 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : FSKY=0.500
 WALL="CLOINT : AREA=5.228 : INTERNAL
 REGIME
 HEATING = H_Entree
 COOLING = C_Entree
 CAPACITANCE=41.964 : VOLUME=34.970
 TINITIAL=20 : PHINITIAL=50
 WCAPR=1.00
 * -----

ZONE Rgt2
 WALL="PLABAS : AREA=2.482 : EXTERNAL : ORI=DOWNUNDER : FSKY = 0.0
 WALL="PLAFOND : AREA=2.482 : ADJACENT=Combles : FRONT : COUPL=0.000
 WALL="CLOINT : AREA=3.981 : ADJACENT=Chambre3 : BACK : COUPL=0.000
 WALL="MUREXT : AREA=3.298 : EXTERNAL : ORI=EAST : FSKY=0.500
 WALL="CLOINT : AREA=3.981 : ADJACENT=Chambre2 : BACK : COUPL=0.000
 WALL="CLOINT : AREA=1.798 : ADJACENT=Entree : BACK : COUPL=0.000
 WINDOW="PORTEBOIS : AREA=1.500 : ADJACENT=Entree : BACK : ORI=EAST
 REGIME
 HEATING = H_Rgt2
 COOLING = C_Rgt2
 CAPACITANCE=6.852 : VOLUME=5.710
 TINITIAL=20 : PHINITIAL=50
 WCAPR=1.00
 * -----

ZONE VideSan
 WALL="PLABAS : AREA=16.489 : ADJACENT=Garage : BACK : COUPL=0.000
 WALL="MUREXT : AREA=0.529 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : FSKY=0.500
 WINDOW="PORTEBOIS : AREA=1.540 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : ESHADE=0 : FSKY=0.500
 WALL="MUREXT : AREA=3.906 : EXTERNAL : ORI=EAST : FSKY=0.500
 WALL="MUREXT : AREA=2.069 : EXTERNAL : ORI=NORTH : FSKY=0.500
 WALL="MUREXT : AREA=3.906 : EXTERNAL : ORI=WEST : FSKY=0.500
 REGIME
 HEATING = H_VideSan
 COOLING = C_VideSan
 CAPACITANCE=13.848 : VOLUME=11.540
 TINITIAL=20 : PHINITIAL=50
 WCAPR=1.00
 * -----

ZONE Combles
 WALL="PLAFOND : AREA=11.934 : ADJACENT=Chambre2 : BACK : COUPL=0.000
 WALL="PLAFOND : AREA=9.990 : ADJACENT=Cuisine : BACK : COUPL=0.000
 WALL="PLAFOND : AREA=15.204 : ADJACENT=Entree : BACK : COUPL=0.000

WALL="PLAFOND : AREA=40.510 : ADJACENT=Sejour : BACK : COUPL=0.000
 WALL="PLAFOND : AREA=2.973 : ADJACENT=SdB : BACK : COUPL=0.000
 WALL="PLAFOND : AREA=1.540 : ADJACENT=Wwc : BACK : COUPL=0.000
 WALL="PLAFOND : AREA=10.787 : ADJACENT=Chambre3 : BACK : COUPL=0.000
 WALL="PLAFOND : AREA=2.482 : ADJACENT=Rgt2 : BACK : COUPL=0.000
 WALL="PLAFOND : AREA=1.895 : ADJACENT=SdB : BACK : COUPL=0.000
 WALL="PLAFOND : AREA=12.269 : ADJACENT=Chambre1 : BACK : COUPL=0.000
 WALL=TOIT : AREA=54.921 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : FSKY=0.978
 WALL=TOIT : AREA=54.921 : EXTERNAL : ORI=NORTH : FSKY=0.978
 WALL="MUREXT : AREA=5.998 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : FSKY=0.500
 WINDOW= "PORTEBOIS : AREA=0.455 : EXTERNAL : ORI=SOUTH : ESHADE=0 : FSKY=0.500
 WALL="MUREXT : AREA=5.600 : EXTERNAL : ORI=EAST : FSKY=0.500
 WALL="MUREXT : AREA=6.453 : EXTERNAL : ORI=NORTH : FSKY=0.500
 WALL="MUREXT : AREA=5.600 : EXTERNAL : ORI=WEST : FSKY=0.500
 REGIME
 HEATING = H_Combles
 COOLING = C_Combles
 CAPACITANCE=85.824 : VOLUME=71.520
 TINITIAL=20 : PHINITIAL=50
 WCAPR=1.00
 * -----

* END ZONES

OUTPUTS
 TRANSFER : TIMEBASE=1.00
 DEFAULT
 END