

MODEL CHECKER

École nationale supérieure d'architecture Paris La Villette

ENSAPLV

Le contrôle automatique dans la maquette numérique BIM de la règlementation sécurité incendie

Réalisé par :

KEHOUL Abdelhasseb

Sous la direction de :

M. GUÉNA François

M. SILVESTRE Joaquim

Me. TUSCHER Anne

Janvier 2018

Remerciement

Arrivant à terme de ce travail, je tiens à exprimer en ces quelques lignes ma reconnaissance à toutes les personnes qui ont participé d'une manière ou d'une autre à son aboutissement.

Je tiens à remercier en particulier M. GUENA François, M. SILVESTRE Joaquim et Me. Tuscher Anne, pour avoir dirigé cette recherche, et qu'ils n'ont jamais manqué de me conseiller et de m'orienter tout au long de sa préparation. Qu'ils trouvent ici l'expression de mon respect et de ma profonde reconnaissance.

Résumé:

Le logiciel Solibri Model Checker (SMC) permet de visualiser les problèmes avant et pendant la construction. Il fournit un grand nombre d'informations pouvant être extraites durant tout le cycle de vie du bâtiment comme le contrôle de l'accessibilité ou encore la conformité au règlementaire.

Durant ce travail je vais vérifier une maquette numérique BIM vis-à-vis la norme de la sécurité incendie de la circulation horizontale à parcourir entre les portes palières et les issus de secours, en conformité à la réglementation locale en France.

Mots-clés:

Solibri model checker, construction, contrôle, conformité, BIM, sécurité incendie, la réglementation locale.

Abstract:

The Solibri Model Checker (SMC) software can visualize problems before and during construction. It provides a wealth of information that can be retrieved throughout the building life-cycle such as accessibility control or regulatory compliance.

During this work I will check a digital model BIM to the standard of fire safety of the horizontal circulation to go between the doors and the emergency exit, in accordance with local regulations in France.

Key words:

Solibri Model Checker, construction, control, compliance, BIM, fire safety, local regulations.

Symboles et abréviations

BIM	Building Information Modeling
BTP	Bâtiment et Travaux Publics
ERP	Établissement Recevant du Public
IFC	Industry Foundation Classes
IGH	Immeuble à Grand Hauteur
PAAD	Projet d'Aménagement et de Développement Durable
PDF	Portable Document Format
PLU	Plan Local Urbain
PMR	Personne à Mobilité Réduite
SMC	Solibri Model Checker

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE 1. INTRODUCTION	04
1.1. L'espace d'analyse	07
1.2. La problématique	07
1.3. Les hypothèses	07
1.4. Les objectifs	07
1.5. La démarche méthodologique	07
CHAPITRE 2. MODEL CHECKER	09
2.1. Initiation aux Models Checkers	10
2.1.1. Autodesk Navisworks	10
2.1.2. Icheck plugin pour Autodesk Revit	11
2.1.3. Solibri Model Checker (SMC)	12
CHAPITRE 3. RÈGLEMENTS DE SÉCURITÉ INCENDIE	14
3.1. Introduction	15
3.2. Définition de la portée	17
3.3. Classement des bâtiments d'habitation	17
3.4. Dispositions constructives	24
3.4.1. Circulations horizontales protégées	24
CHAPITRE 4. ÉTUDE DE CAS	25
4.1. Préparation de la maquette sur Archicad	26
4.2. La classification des données sur SMC	28
4.3. Personnalisation de la règle sécurité incendie	29
4.4. Le contrôle automatique de la maquette	30
4.5. Adaptation de la maquette à la norme de la sécurité incendie	31
CONCLUSION	33
ANNEXES	34
Annexe 1 : SMC Archicad Link	34
BIBLIOGRAPHIE	35

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

La règlementation intervient dans le processus de conception de projet de construction dès sa phase d'esquisse. Durant cette phase le concepteur est invité à respecter un certain nombre de règles issues du droit de l'urbanisme et de la construction : la règlementation sécurité incendie, l'accessibilité aux personnes à mobilité réduite (PMR) et le plan local urbain (PLU). Ce dernier est un document d'urbanisme réglementaire qui applique les orientations du projet d'aménagement et de développement durable (PADD), et ceci par des règles générales déclinées localement, à titre d'exemple : l'occupation du sol, les reculs obligatoires, la hauteur maximale de la construction...etc.

L'architecte et son équipe de maîtrise d'œuvre (ingénieurs, bureaux d'études techniques, spécialistes intervenants dans de multiples domaines tels que la sécurité incendie, l'acoustique, la thermique, l'économie de la construction, la sûreté...etc.) devront totalement concevoir un projet capable de répondre aux souhaits du maître de l'ouvrage, de l'exploitant et des utilisateurs tout en respectant les nombreuses exigences et obligations d'ordre législatif, réglementaire ou technique.

Le respect de la règlementation est important pour éviter toute anomalie vis-à-vis des organismes réglementaires : la mairie, les pompiers... etc. Ceci implique dans le cas de rejet de demande de permis construire une perte de temps et d'argent.

Cependant l'architecte concepteur est invité à vérifier la conformité de son projet vis-à-vis de l'ensemble de règles d'une manière classique, à savoir : calculer manuellement les distances, rechercher les anomalies... etc. Dans certains cas, l'architecte sollicite les bureaux de contrôles, il n'est pas facile de savoir si le projet respecte la règlementation, avant le retour du contrôleur technique.

Ce processus de vérification manuelle entraîne souvent des ambiguïtés, des incohérences dans les évaluations et un retard important sur le processus de construction dans son ensemble, en raison des rectifications apportées par le concepteur à la demande de l'organisme réglementaire.

Aujourd'hui le numérique a permis l'émergence d'outils informatiques de plus en plus puissants, pour accompagner les architectes durant tout leur processus de conception de projet jusqu'à la réalisation. Une des démarches les plus innovantes dans ce secteur du BTP est le Building Information Modeling le BIM, qui implique une grande intégration des différents acteurs du secteur du bâtiment. Des architectes, des ingénieurs, la maîtrise d'ouvrage... etc. Tous réunis autour d'une maquette numérique sur laquelle ils peuvent à tout moment apporter des modifications sur le projet. Ce travail collaboratif enrichi par la donnée permet un gain de temps et une réduction du risque d'erreurs.

Avec ce développement de la technologie BIM, les systèmes automatisés de vérification de la conformité du bâtiment deviennent réalisables. La maquette numérique BIM nous fournit tous les éléments et détails liés à l'architecture, l'ingénierie et la construction, ce qui permet une interprétation de ces données afin de les soumettre à des règles de vérifications de la conformité du bâtiment.

Cependant l'un des enjeux aujourd'hui est de rendre ces règles traitables sous un format numérique et de les adapter aux différents contextes réglementaires

locaux.

Ce travail de recherche s'intéresse à cette problématique de personnalisation des règles de contrôle automatique dans la maquette numérique BIM, en expérimentant la règlementation de sécurité incendie locale. Il sera décliné en trois parties :

La première partie est une présentation des solutions de vérification automatique disponibles sur le marché.

La deuxième partie est consacrée à l'arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation, avec un approfondissement sur un de ces aspects qui est: les circulations horizontales protégées.

La dernière partie est une étude de cas, dans laquelle je prépare une maquette numérique sur Archicad 22 pour l'exporter par la suite vers SMC, afin de la soumettre à la vérification automatique de la règle sécurité incendie locale.

1.1. L'espace d'analyse :

Ce travail s'intéresse au contrôle automatique de la maquette numérique BIM à l'aide du logiciel Solibri Model Checker, pour la vérification de la conformité d'un projet de construction vis-à-vis de la réglementation sécurité incendie locale.

1.2 La problématique :

Le BIM gagne rapidement du terrain dans la filière BTP, il implique une grande intégration des différents acteurs du secteur du bâtiment. Il est temps que l'acteur réglementaire trouve son application numérique pour accompagner cette démarche BIM, par le contrôle des maquettes numériques à l'aide des Models Checkers, en adéquation avec le contexte réglementaire local.

Durant ce travail je tenterai de répondre à la question suivante :

Les modèles checkers pourraient-ils anticiper les clashes au sein des maquettes numériques BIM en se référant à la réglementation en vigueur ?

Par ailleurs, ce travail aura pour objectif d'identifier :

Qu'elles sont les challenges à relever en soumettant une maquette numérique BIM à Solibri Model Checker ?

1.3. Les hypothèses :

Le contrôle automatique de la réglementation au sein de la maquette numérique pourra être la pièce manquante vers une transition BIM fondée sur la collaboration et enrichie par la donnée.

Solibri Model Checker pourra être un outil de contrôle et de vérification des maquettes numériques BIM adapté aux différents contextes réglementaires locaux, et permettra une fiabilité et un gain de temps considérable.

1.4. Les objectifs :

Je vise à travers ce travail :

Produire une connaissance sur le sujet des Models Checkers.

Vérification de la possibilité de personnaliser les règles au sein de Solibri Model Checker, pour les adapter à la réglementation locale.

Faire examiner les limites et les atouts de Solibri Model Checker.

1.5. La démarche méthodologique :

Pour pouvoir répondre aux différents objectifs de cette recherche, j'adopterai une approche méthodologique qui se décline en trois phases :

En premier lieu, j'explorerai les atouts majeurs de Solibri Medel Checker et son potentiel.

Ensuite, je mettrai en avant une des règles de la sécurité incendie, qui est la distance à parcourir entre la porte palière de chaque logement et la porte de l'escalier.

Enfin, je mettrai en application une maquette numérique BIM d'un projet de construction pour le contrôle et la vérification de la règle de la sécurité incendie locale, sous Solibri Model Checker.

CHAPITRE 2

MODEL CHECKER

2.1. Initiation aux Models Checkers :

La transition vers la maquette BIM engendre avec elle d'autres changements de pratiques classiques, et l'un de ces enjeux la vérification de conformité des modèles à la réglementation via des modèles checkers. Se ci se fait soit par l'exportation des maquettes sous format IFC à l'exemple de Navisworks Manage et Solibri Model Checker, ou bien l'intégration de plugin dans le logiciel de conception qui travail en temps réel à l'image de Icheck, plugin intégré dans Autodesk Revit.

2.1.1. Autodesk Navisworks

Navisworks est un produit de la famille AUTODESK, il est décliné sous trois versions, Freedom, Simulate et Manage. Ce dernier m'intéresse en particulier, car il se distingue des autres en se dotant de deux options qui permettent la vérification de la maquette numérique BIM, qui sont :

Clash detection et Clash management.

Il est destiné aux professionnels de l'architecture, de l'ingénierie et de la construction. Il permet de réviser dans leur ensemble les données et modèles intégrés avec les parties prenantes, afin de mieux contrôler les résultats du projet.

Le rôle de Navisworks Manage :

- Détection des conflits et vérification des interférences :
L'outil Clash Detective permet l'identification, l'inspection et le signalement effectifs des interférences (appelées aussi conflits) dans un modèle de projet 3D.
Clash Detective contribue à réduire le risque d'erreurs humaines pendant les inspections des modèles.
- Intégration de BIM 360 Glue :
Une meilleure intégration avec BIM 360 Glue offre la connectivité cloud.
Il permet le partage des données et des flux de travail avec des projets BIM 360.
- Regroupement de données et de fichiers dans les modèles :
Il combine les données de conception et de construction dans un modèle intégré unique à l'aide des outils de publication de modèles et d'agrégation de données et de modèles.
- Simulation de modèles et d'animations :
Il permet l'animation des objets avec une interaction entre eux pour une meilleure simulation du modèle.



Figure 01: Navisworks logo, source: autodesk.fr

2.1.2. Icheck plugin pour Autodesk Revit :

Bureau Veritas Construction et AUTODESK ont dévoilé ICHECK lors du salon BIM World qui s'est déroulé à paris en février 2018.

C'est le 1er module « BIM Model Checker » directement intégré au logiciel Revit. Conçu en partenariat avec la startup Xinaps. Ce plug-in destiné au contrôle automatiquement la conformité du projet en maquette BIM en cours de conception en temps réel .

Cette première version est destinée au contrôle de la conformité par rapport à la réglementation relative à l'accessibilité handicapée et incendie, en France. Puis une généralisation dès 2019 en Europe et aux USA, selon les propos de Anne-Laure de Chammard, CEO – Président Directeur Général, Bureau Veritas.

Ce module logiciel, qui s'intègre à l'outil de conception utilisé par l'architecte, rassemble toutes les qualités indispensables pour en faire un outil pratique et non contraignant. « Pour que l'architecte s'approprie cet outil, il doit être simple à utiliser – aussi simple que le vérificateur orthographique d'un traitement de texte. Nous avons donc conçu avec notre partenaire Xinaps un plug-in qui sera lancé directement depuis le logiciel de conception Revit d'Autodesk, utilisé par 70 % des architectes travaillant en BIM en France. Ce module logiciel signalera en quelques instants les points de non-conformité du projet. La première version se concentrera sur la conformité à la réglementation relative à l'accessibilité. Dans les mois suivants, il s'enrichira des contrôles de conformité à la réglementation incendie, aux ERP... et peu à peu à la majorité des réglementations relatives à la construction immobilière »¹ explique Jérôme Guillou, responsable produit du plug-in chez Bureau Veritas Construction.

Le rôle de Icheck :

- Ce module signalera instantanément et en temps réel les points de non-conformité du projet.
- Il s'inscrit dans une démarche de qualité et d'efficience : optimisation de la conception, réduction du temps de révision des modèles, autocontrôle en cas de modification de concept, amélioration continue par l'indication des sources d'erreur.



Figure 02: Icheck logo, source: bureauveritas.fr

¹ Article de presse, source: <http://construction.bureauveritas.fr/page-bim/icheck/>, consulté le 13 mai 2018.

2.1.3. Solibri Model Checker (SMC):

Solibri Model Checker, est un logiciel de vérification automatique et d'analyse de modèle BIM. Il effectue les contrôles de collision, de carences, de conformité BIM, d'accessibilité, il compare les modèles ou extrait les informations des maquettes numériques IFC.

Son siège principal est en Helsinki, Finlande ainsi que Scottsdale, Arizona, USA, il a 23 partenaires à travers le monde, dont 8 en Europe y compris la France. Il est également présent sur 63 pays à l'échelle mondiale.

Il est destiné pour : maîtrise d'ou-

vrage, entreprise de construction, consultants, Architectes et ingénieurs.

Le rôle de SMC :

- Contrôle et gestion des collisions :
Il nous permet d'analyser et de regrouper automatiquement les collisions selon leur degré de criticité.
- Détection des carences :
Il facilite la recherche des composants ou des matériaux manquants au modèle.
- Comparez les modèles BIM :
Il détecte les défauts ou incohérences entre différents modèles créés par différentes équipes.
- Gérez les demandes de modification et de révision :
Il gère et trace les modifications entre deux révisions d'un même modèle.
- Exploration instantanée des données BIM : Contrôle intelligent basé sur des règles
Il permet d'extraire des quantités selon des critères personnalisés et d'en générer des rapports exploitables au format Excel ou PDF
- Contrôle intelligent basé sur des règles :
Des contrôles basés sur des règles personnalisables nous permettent d'analyser des modèles BIM : accessibilité, voies de secours, distance entre une porte et l'interrupteur, présence d'un poteau en face d'une fenêtre...etc.



Figure 03: SMC logo, source: solibri.com



Figure 04: partenaires de SMC à travers le monde, source: solibri.com

CHAPITRE 3

RÈGLEMENTS DE SÉCURITÉ INCENDIE

3.1. Introduction :

Il est aisément de comprendre que les orientations définies par l'architecte dès l'esquisse ou l'établissement de l'avant-projet sommaire sont déterminantes pour la réussite du projet. À cet égard, les contraintes de sécurité contre l'incendie sont primordiales, doivent être intégrées très en amont de la conception et conditionneront fortement le projet.

Dans le cadre d'une démarche globale, l'architecte doit précisément définir tous les aspects de son projet, qu'il s'agisse par exemple, de l'implantation du bâtiment sur le site, du choix de sa structure ou de la nature d'un revêtement de sol.

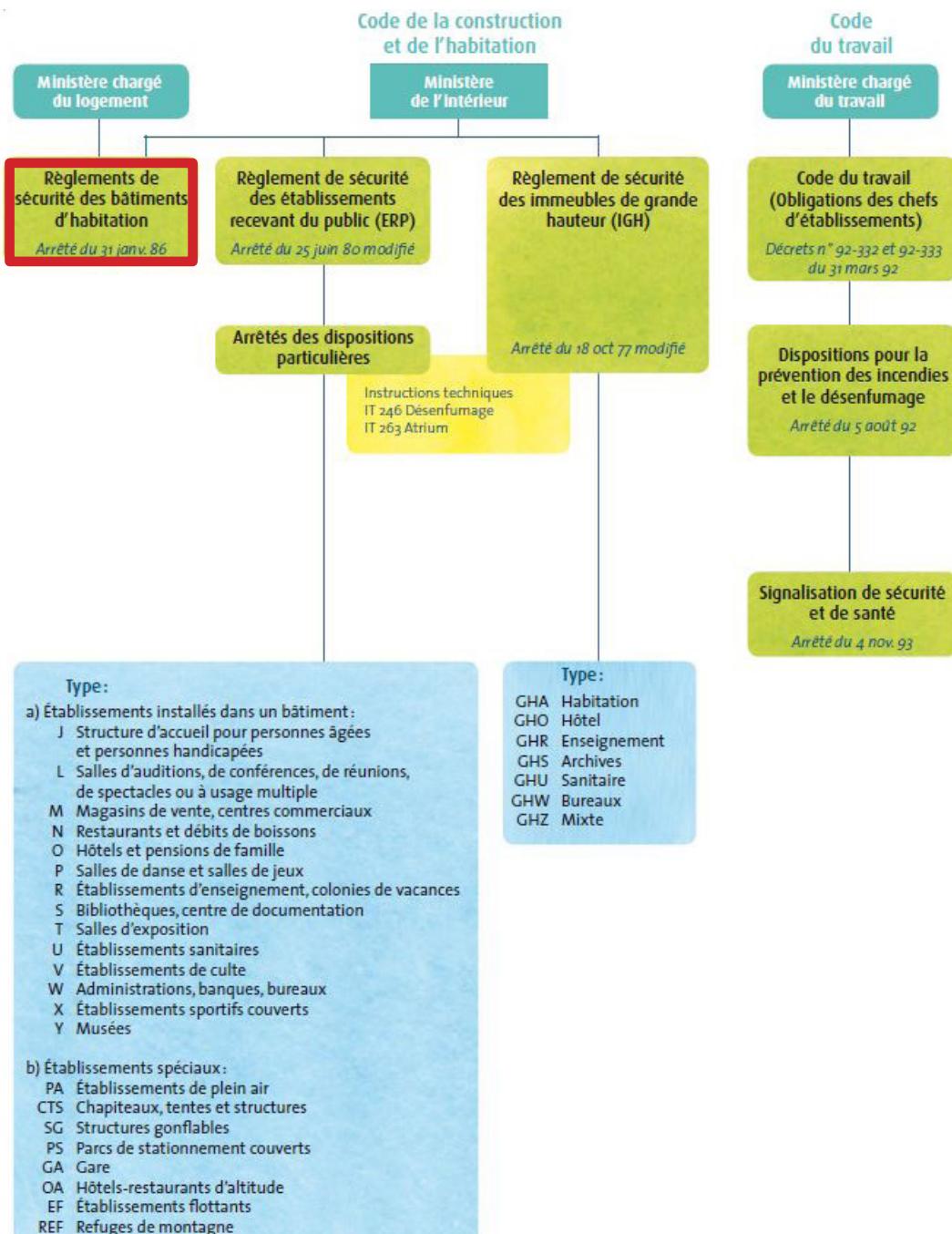


Figure 05: arborescence de la réglementation française relative à la construction et à l'habitat, source: brochure Incendie et lieu de travail prévention et lutte contre le feu disponible sur: inrs.fr, consulté le 03 novembre 2018

L'objectif principal de la règlementation incendie est d'assurer la sécurité des personnes et de préserver les vies humaines. Des paramètres importants doivent être pris en considération pour répondre aux exigences réglementaires de sécurité des personnes :

- Nature de l'activité (établissement recevant du public, bâtiment d'habitation, parc de stationnement, bâtiment d'activités, etc.).
- Nature du bâtiment et mode constructif (conception technique et choix architectural).

Afin d'assurer la protection des vies humaines, la règlementation prévoit :

- Soit l'évacuation des personnes hors du bâtiment incendié.
- Soit leur maintien à l'intérieur du bâtiment dans des espaces protégés en vue de leur évacuation différée.

Le facteur temps (temps d'évacuation des personnes, et d'intervention des secours) est en grande partie lié à la conception du bâtiment, à son mode constructif et à sa situation géographique.

Dans le cadre de ce travail nous allons nous intéresser uniquement aux règlements de sécurité des bâtiments d'habitation issue de l'arrêté du 31 janvier 1986. en adéquation avec le cas d'étude, nous nous limiterons aux sections relatives à la circulation horizontale et les menuiseries sur façades extérieures du bâtiment d'habitation.

Pour plus de détails, l'arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation est consultable en ligne sur le site : <https://www.legifrance.gouv.fr>.

3.2 Définition de la portée :

Les dispositions du présent arrêté s'appliquent :

- Aux bâtiments d'habitation y compris les logements-foyers dont le plancher bas du logement le plus haut est situé au plus à 50 mètres au-dessus du sol utilement accessible aux engins des services de secours et de lutte contre l'incendie ;
- Aux parcs de stationnement couverts, annexe des bâtiments ci-dessus, ayant une surface de plus de 100 mètres carrés.

3.3 Classement des bâtiments d'habitation :

1° Première famille :

La première famille comprend :

- Habitations individuelles isolées ou jumelées à un étage sur rez-de-chaussée, au plus ;
- Habitations individuelles à rez-de-chaussée groupées en bande.

Toutefois, sont également classées en première famille les habitations individuelles à un étage sur rez-de-chaussée, groupées en bande, lorsque les structures de chaque habitation concourant à la stabilité du bâtiment sont indépendantes de celles de l'habitation contigüe.

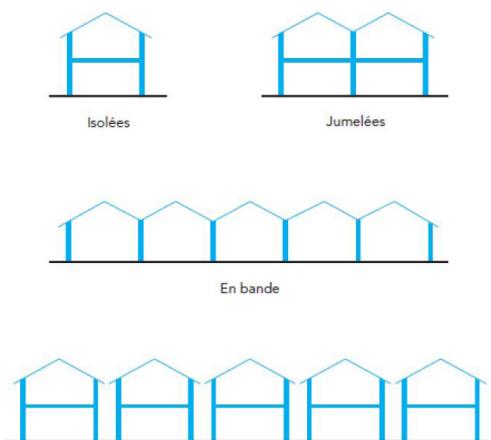


Figure 06: Habitation de première famille, source : Stéphane Hameury, Casso et Associés, règlementation et mise en sécurité incendie des bâtiments d'habitation, France : Édition CSTB, 2e éd, 2015,128p

2° Deuxième famille :

La deuxième famille comprend :

- Habitations individuelles isolées ou jumelées de plus d'un étage sur rez-de-chaussée ;
- Habitations individuelles à un étage sur rez-de-chaussée seulement, groupées en bande, lorsque les structures de chaque habitation concourant à la

stabilité du bâtiment ne sont pas indépendantes des structures de l'habitation contigüe ;

- Habitations individuelles de plus d'un étage sur rez-de-chaussée groupées en bande ;

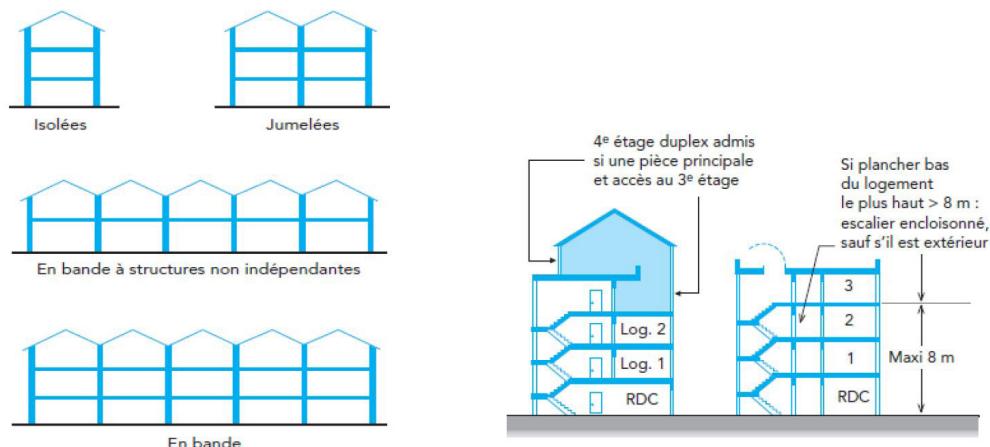


Figure 06: Habitation de la deuxième famille, source : Stéphane Hameury, Casso et Associés, règlementation et mise en sécurité incendie des bâtiments d'habitation, France : Édition CSTB, 2e éd, 2015,128p

- Habitations collectives comportant au plus trois étages sur rez-de-chaussée

3° Troisième famille :

La troisième famille comprend :

Habitations dont le plancher bas du logement le plus haut est situé à vingt-huit mètres au plus au-dessus du sol utilement accessible aux engins des services de secours et de lutte contre l'incendie, parmi lesquelles on distingue :

Troisième famille A : habitations répondantes à l'ensemble des prescriptions suivantes :

- Comporter au plus sept étages au rez-de-chaussée ;
- Comporter des circulations horizontales telles que la distance entre la porte palière de logement la plus éloignée et l'accès à l'escalier soit au plus égale à dix mètres ;
- Être implantées de telle sorte qu'au rez-de-chaussée les accès aux escaliers soient atteints par la voie échelles.

Troisième famille B : habitations ne satisfaisant pas à l'une des conditions précédentes.

Ces habitations doivent être implantées de telle sorte que les accès aux escaliers soient situés à moins de cinquante mètres d'une voie ouverte.

Toutefois, dans les communes dont les services de secours et de lutte contre l'incendie sont dotés d'échelles aériennes de hauteur suffisante, le maire peut décider que les bâtiments classés en troisième famille B, situés dans le secteur d'intervention desdites échelles, peuvent être soumis aux seules prescriptions fixées pour les bâtiments classés en troisième famille A. Dans ce cas, la hauteur du plancher bas du logement le plus haut du bâtiment projeté doit correspondre à la hauteur susceptible d'être atteinte par les échelles et chaque logement doit pouvoir être atteint soit directement, soit par un parcours sûr.

De plus, les bâtiments comportant plus de sept étages sur rez-de-chaussée doivent être équipés de colonnes sèches.

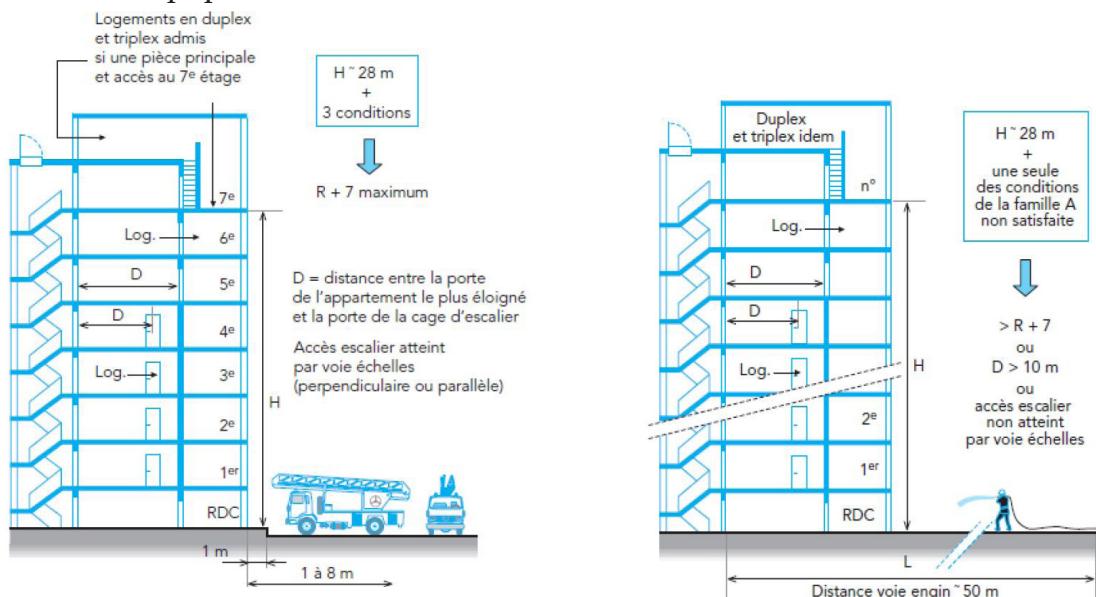


Figure 07: Habitation de la troisième famille A et Habitation de la troisième famille B respectivement , source : Stéphane Hameury, Casso et Associés, réglementation et mise en sécurité incendie des bâtiments d'habitation, France : Édition CSTB, 2e éd, 2015,128p

4° Quatrième famille :

Habitations dont le plancher bas du logement le plus haut est situé à plus de vingt-huit mètres et à cinquante mètres au plus au-dessus du niveau du sol utilement accessible aux engins des services publics de secours et de lutte contre l'incendie.

Ces habitations doivent être implantées de telle sorte que les accès aux escaliers protégés soient situés à moins de cinquante mètres d'une voie ouverte à la circulation.

Lorsqu'un immeuble de la quatrième famille doit contenir des locaux à usage autre que d'habitation, cet immeuble doit être rangé dans la catégorie des immeubles de grande hauteur (toutefois, le bâtiment demeure en quatrième famille lorsque les locaux contenus répondent à l'une des conditions citées dans le chapitre 2, article3 de l'Arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation).

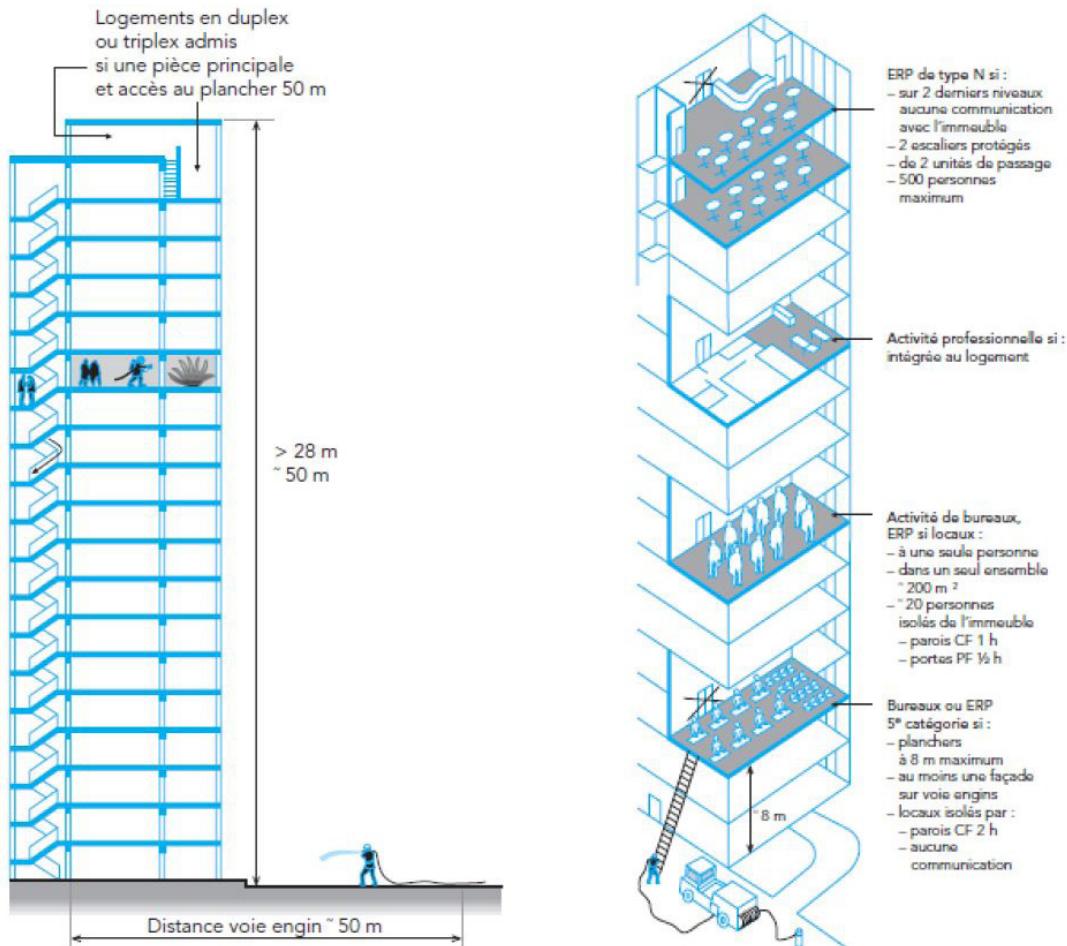


Figure 08: Habitation de la quatrième famille , source : Stéphane Hameury, Casso et Associés, règlementation et mise en sécurité incendie des bâtiments d'habitation, France : Édition CSTB, 2e éd, 2015,128p

3.4 Dispositions constructives :

3.4.1 Circulations horizontales protégées :

Circulations horizontales à « l'abri des fumées »

La distance à parcourir entre la porte palière de chaque logement et la porte de l'escalier ou l'accès à l'air libre ne doit pas dépasser quinze mètres.

Les revêtements des parois de cette circulation doivent être classés en catégorie :

M 1 s'ils sont collés ou tendus en plafond,

M 2 s'ils sont collés ou tendus sur les parois verticales,

M 3 s'ils sont collés ou tendus sur le sol.

Toutefois, lorsque l'escalier protégé aboutit directement à l'extérieur, en dehors du hall d'entrée, l'emploi du bois est autorisé dans ce hall.

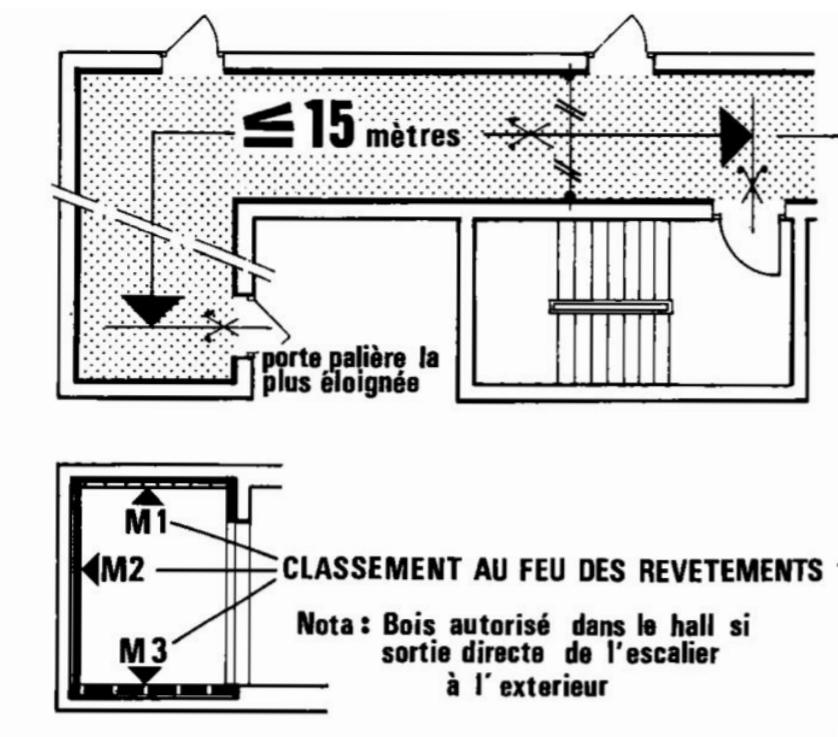


Figure 09: Circulations horizontales à « l'abri des fumées », source :

CHAPITRE 4

ÉTUDE DE CAS

4.1. Préparation de la maquette sur Archicad

Le cas d'étude est un foyer d'étudiant et de jeunes travailleurs, sa maquette numérique est préparée sous le logiciel Archicad 22.

Ce projet sera mis à l'épreuve à une des règles de la sécurité incendie, à savoir : la distance horizontale parcourue entre la porte palière de chaque logement et la porte de l'escalier.

Le projet s'inscrit dans la famille 3A du classement des bâtiments d'habitation ce qui implique :

- La distance à parcourir entre la porte palière de chaque logement et la porte de l'escalier ne doit pas dépasser quinze mètres.

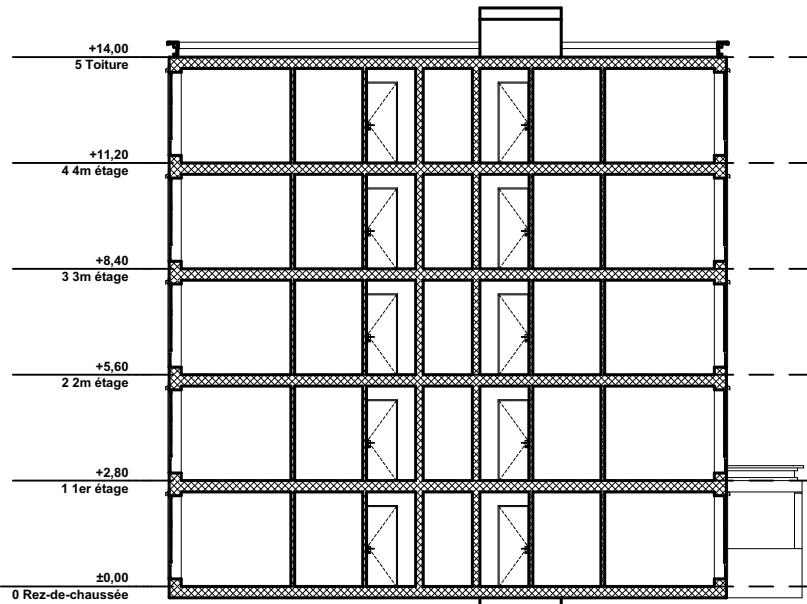


Figure 10: Coupe BB, source : auteur

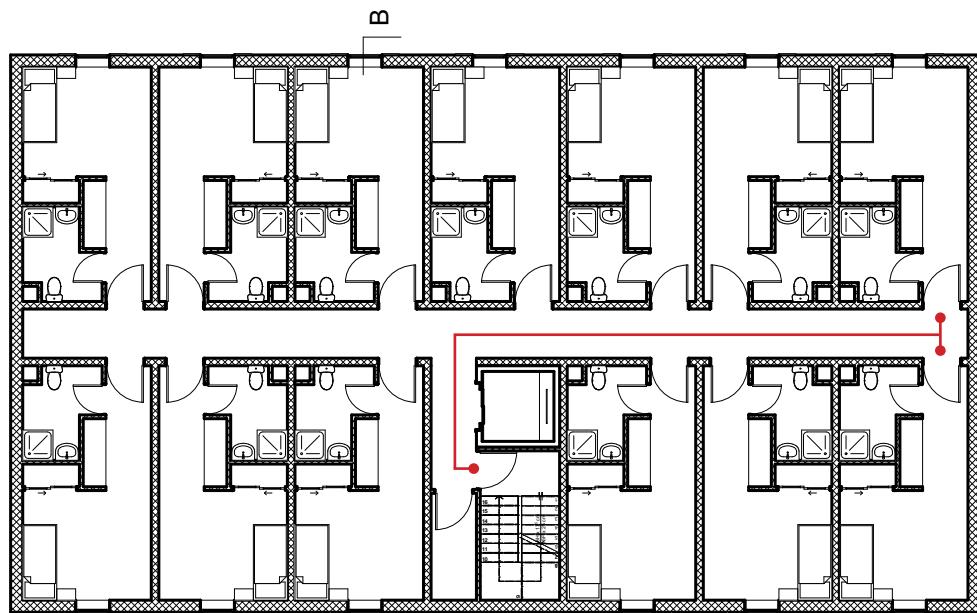


Figure 11: Plan d'étage courant, source : auteur

Pour procéder à la personnalisation de la règle de la sécurité incendie concernant la distance horizontale parcourue entre les portes palières et les issues de secours, la maquette numérique sur Archicad doit contenir un ensemble de données nécessaires pour l'exécution de cette règle, à savoir : les espaces (chambre, escalier, ascenseur...etc.) Et les portes (porte palière et issue de secours).

Ces données doivent être classées d'une manière que leur interprétation sur Solibri Model Checker soit possible, pour cela je les classe sur Archicad comme ci-dessous :

- Classification des espaces : à l'aide de l'outil zone sur Archicad, je procède aux classements des espaces présents sur ma maquette qui sont : les chambres, l'escalier, l'ascenseur, le corridor, et le local technique.
- Classification des portes : les portes sont classées en deux familles, la première regroupe toutes les portes palières sous l'identifiant « Porte-001 », et la deuxième famille concerne l'issue de secours, dans mon cas c'est la porte d'escalier, sous l'identifiant « Porte-004 »

Une fois ma maquette numérique est dotée de l'ensemble de données pour la bonne exécution de la vérification automatique, je procède à l'export de celle-ci via SMC Archicad link (voir annexe 1).

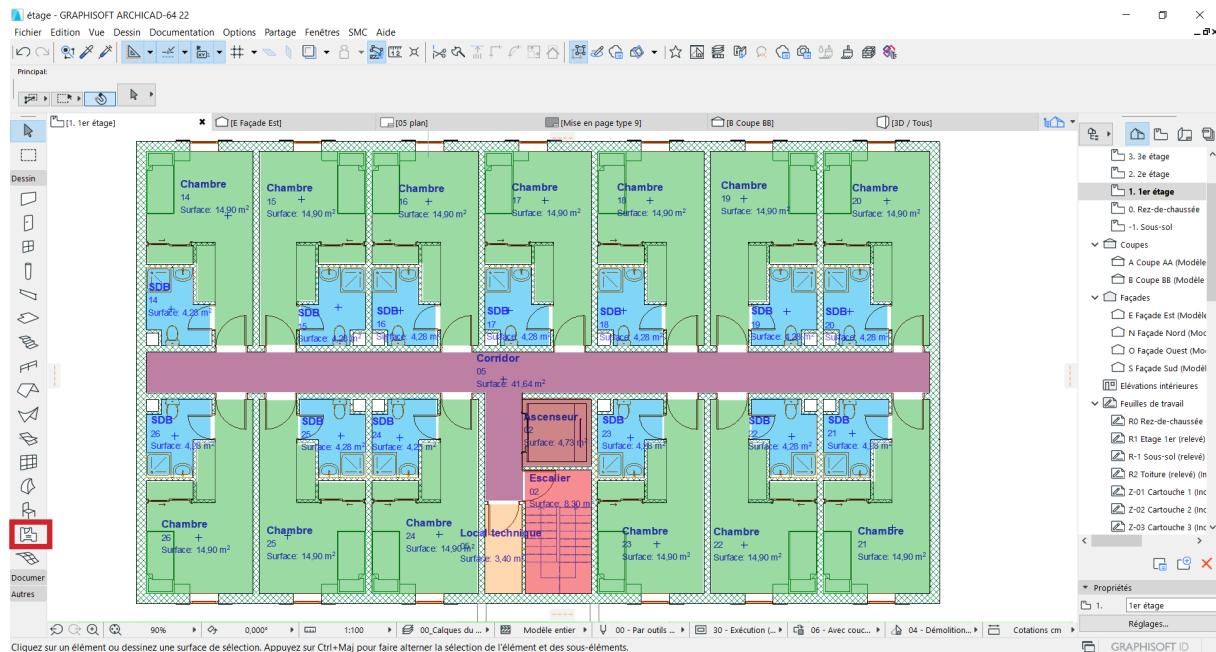


Figure 12: Préparation de la maquette sur Archicad, source : auteur

C'est à noter que pour bien répondre aux objectifs de ce travail, uniquement le 1er étage de ce bâtiment a été exporté, et ceci a fin de bien contrôler la donnée.

4.2. La classification des données sur SMC

Une fois la maquette est importée sur SMC, j'interprète les données importées d'Archicad pour qu'elles soient exploitables sur SMC. Ce dernier utilise un système de classement à fin de reconnaître les éléments importés des maquettes numériques pour pouvoir par la suite lancer des requêtes de vérifications.

Pour ce faire, je vais dans l'onglet Vérification, et je rajoute deux nouvelles fenêtres à mon espace de travail qui sont : Classification et Arborescence modèle que je vais encrer à droite de ma fenêtre de travail.

Dans la fenêtre classification, je crée deux nouvelles classifications : une première classification des espaces et une deuxième classification des portes. Je vais par la suite pouvoir paramétriser la classification des espaces en lui attribuant un nom « Espaces », et en chargeant le compostant « Espace » de l'ensemble de mes données importé depuis la maquette numérique. Par la suite, je procède à la nomination de mes espaces nécessaires à cette vérification ; qui sont dans ce cas : Local technique, Escalier, ascenseur, SDB, corridor et chambre.

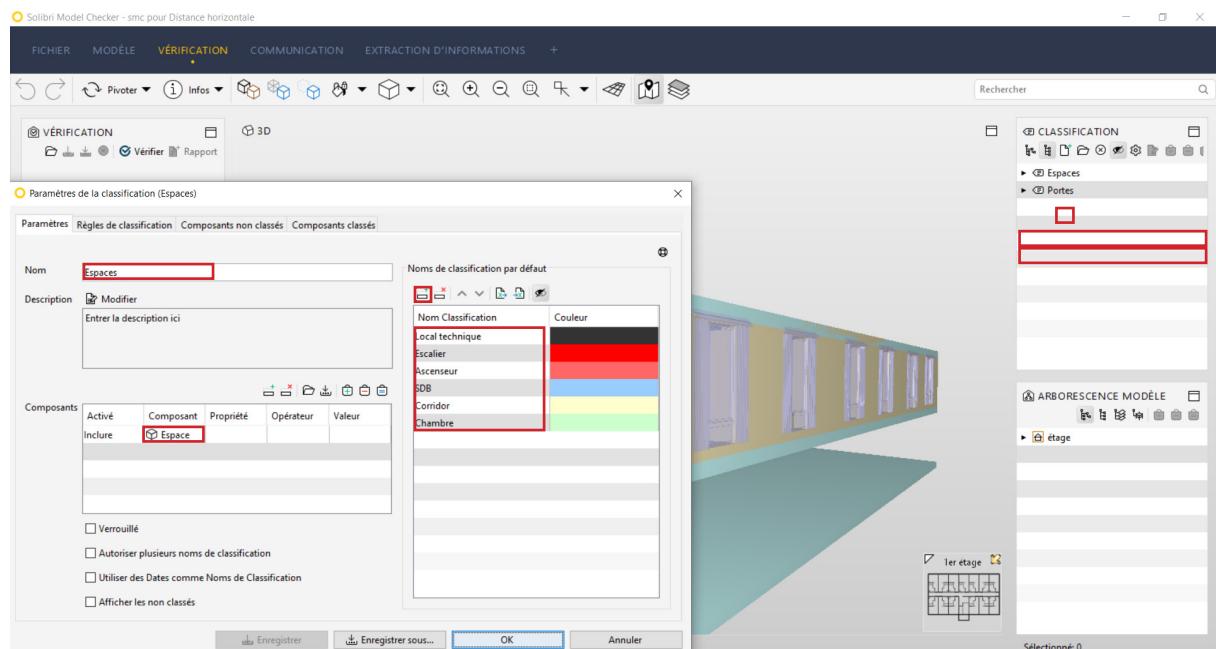


Figure 13: Classification des données sur SMC, source : auteur

Dans l'onglet Règles de classification; je répète la même manipulation en m'assurant que les noms des espaces soient rédigés conformément à ceux de la maquette originelle, et qu'ils soient compris entre deux caractères étoiles (*Exemple*). Par la suite, chaque nom d'espace va être attribué à la classification adéquate que j'ai créée en amont.

Composant	Type	Caliqe	Nom	Nom Classification
Espace	*	*	"SDB"	Chambre
Espace	*	*	"Chambre"	Corridor
Espace	*	*	"Corridor"	Ascenseur
Espace	*	*	"Ascenseur"	Escalier
Espace	*	*	"Escalier"	Local technique
Espace	*	*	"Local technique"	

Méthode de classification
 Première correspondance Correspondance parfaite

Figure 14: Paramètres de la classification, source : auteur

Je répète la même manipulation pour classifier les portes, cette fois elles seront classées en « Porte palière » qui regroupe les portes d'entrée des chambres et « Issue de secours » qui est dans mon cas la porte de l'escalier.

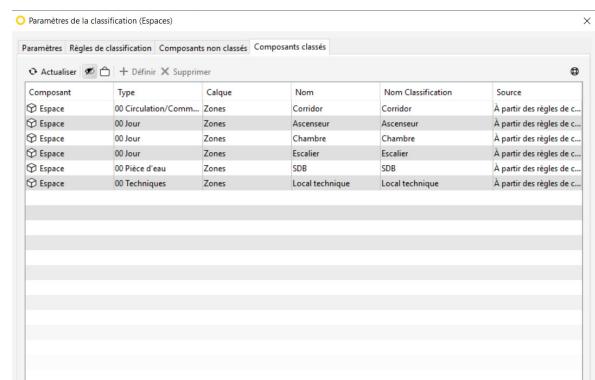


Figure 15: Paramètres de la classification, source : auteur

4.3. Personnalisation de la règle sécurité incendie

une fois que mon système de vérification a été créé, je vais pouvoir y aller dans le système de gestionnaire de règle à fin de créer ma règle de vérification automatique de la circulation horizontale.

Pour cela, j'ouvre le Rulest manager situé dans l'onglet fichier, sur cette nouvelle fenêtre je crée un nouvel ensemble de règles appelé « Circulation horizontale » dans mon espace de travail. Je vais pouvoir par la suite glisser la règle « Analyse issue de secours » existante dans la fenêtre Bibliothèque. Cette règle vérifie qu'il est possible de sortir en toute sécurité du bâtiment en cas d'incendie ou autre urgence. Le bâtiment doit avoir une quantité suffisante de passages de sortie convenablement situés qui ont une capacité suffisante de sorte que le temps de sortie ne soit pas dangereusement long. Cette règle est conçue pour vérifier la construction des issues de secours contre les règles d'incendie de bâtiment.

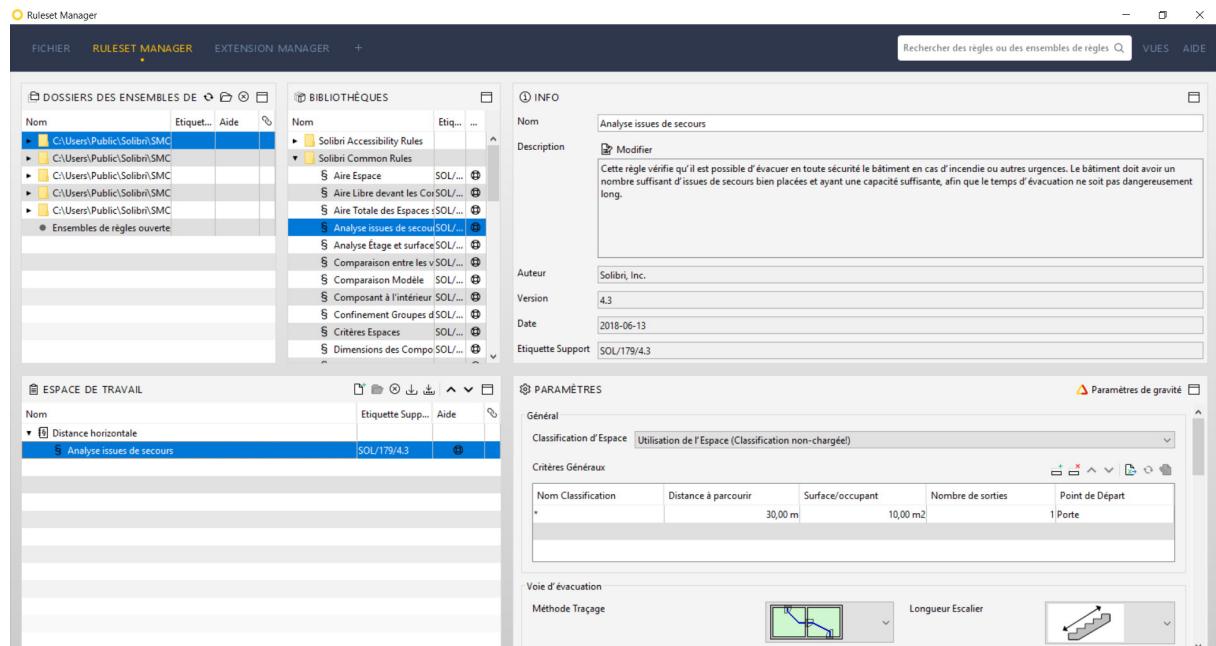


Figure 16: Personnalisation de la règle sécurité incendie, source : auteur

Cette règle utilise trois différentes classifications : l'Utilisation de l'Espace, les Sorties et l'Accès vertical.

Dans les paramètres de la classification de l'Espace je charge la classification espace que j'ai préparé en amant, et dans les critères généraux je vais pouvoir chargé la classification chambre et lui attribué une distance de 15 mètres entre le point de départ défini sur porte et l'issue de secours, en se référant à la réglementation de la sécurité incendie.

La classification des sorties est utilisée pour identifier les sorties du bâtiment. Dans ce cas j'attribue la classification Porte pour la Classification Porte de Sortie, et Issue de secours pour Le Nom des Classifications de Sortie.

La classification Accès Vertical est utilisée pour identifier les escaliers et les ascenseurs. J'attribue la classification Espace à la Classification Accès vertical, et la classification Escalier pour le Noms Classification des Escaliers Utilisés pour l'Évacuation.

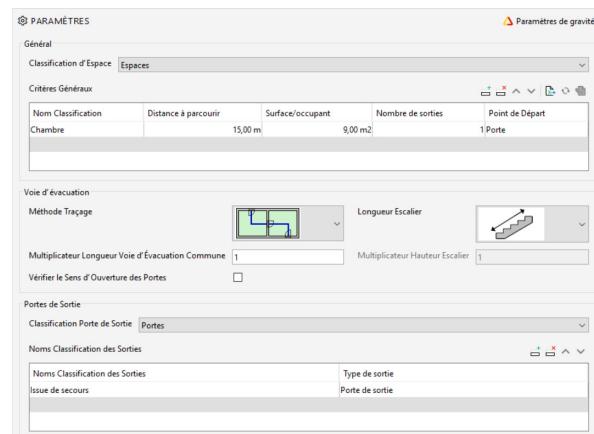


Figure 17: Personnalisation de la règle sécurité incendie, source : auteur

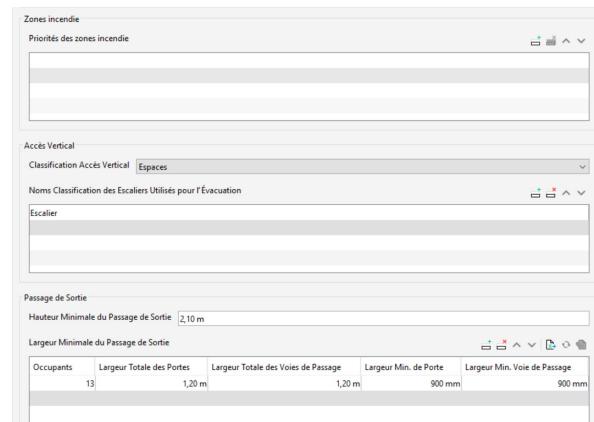


Figure 18: Personnalisation de la règle sécurité incendie, source : auteur

4.4. Le contrôle automatique de la maquette

Sur le menu Vérification je vais procéder au contrôle automatique de cette maquette numérique vis-à-vis la règle de la sécurité incendie que j'ai personnalisé en amant.

Dans la fenêtre vérification je vais pouvoir charger la règle personnalisée et enregistrée au préalable, et je lance la vérification.

Une fois la vérification terminée, un triangle orange apparaît sur la fenêtre vérification, il symbolise des erreurs trouvées dans la maquette. En sélectionnant la règle Analyse issue de secours, je vais pouvoir dans la fenêtre résultat et la fenêtre Info ; visualiser l'ensemble des

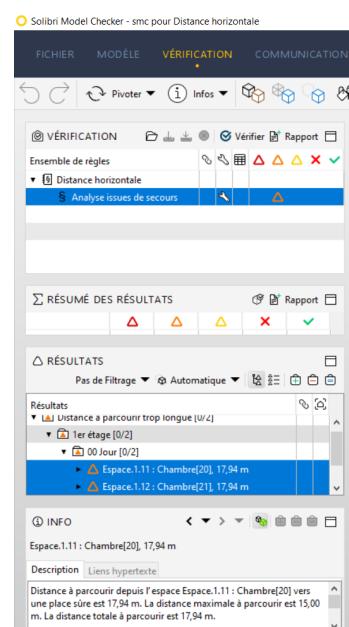


Figure 19: vérification de la maquette, source : auteur

erreurs qui sont dans ce cas relatives à la distance à parcourir de la chambre 20 et la chambre 21 jusqu'à l'issue de secours. Cette distance est de l'ordre de 17,94 mètres ce qui implique la non-conformité de ma maquette vis-à-vis la règle de la sécurité incendie.

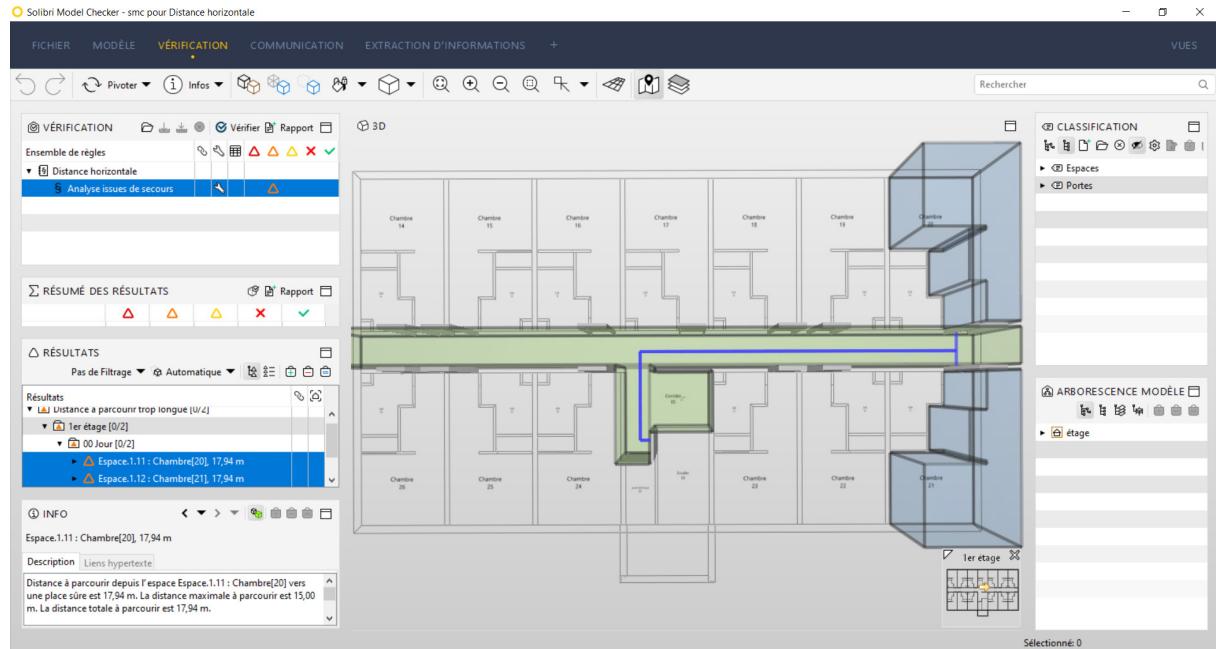


Figure 20: Détection d'anomalie présente dans la maquette, source : auteur

4.5. Adaptation de la maquette à la norme de la sécurité incendie

Étant donné que la chambre 20 et la chambre 21 ne sont pas conformes à la règle de sécurité incendie concernant la distance horizontale parcourue entre ces chambres et l'issue de secours, je vais pouvoir revenir sur la maquette originelle sur Archicad pour pouvoir l'adapter aux normes d'une manière que cette distance soit inférieure ou égale à 15 mètres.



Figure 21: Plan d'étage courant mis aux normes, source : auteur

Pour remédier à ce problème, en premier lieu j'ai inversé les positions des portes d'entrée des chambres concernées sur Archicad pour les rapprocher davantage de l'issue de secours, comme cette action n'était pas suffisante, elle est suivie d'une deuxième action qui consiste à inverser la position de l'ascenseur par celle de l'escalier. Cette dernière néanmoins perturbe le bon fonctionnement du projet, car le local technique destiné aux rangements des outils de ménages par niveau a été supprimé.

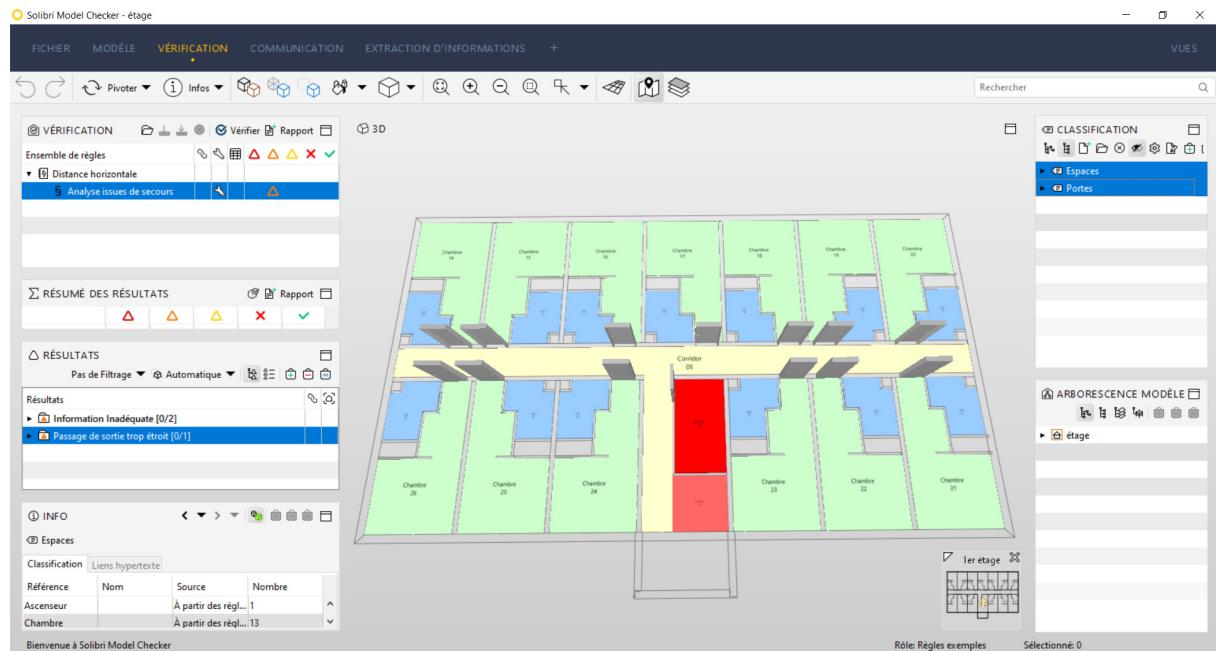


Figure 22: Revérification de la maquette, source : auteur

Conclusion

Solibri Model Checker est le leader mondial sur le marché du contrôle qualité des maquettes numériques BIM. Le contrôle des modèles se fait par le biais de règles personnalisables qui permettent de détecter les erreurs et de vérifier leur conformité. Ainsi, il est possible de détecter des pièces dont la surface est inférieure à la norme, de vérifier les distances relatives aux normes PMR, voire même de détecter les obstacles qui gênent la manœuvre des portes et des fenêtres.

Il permet notamment de contrôler la conformité d'une maquette numérique vis-à-vis la réglementation de la sécurité incendie avec des règles adaptées aux contextes locaux, chose que j'ai explorée durant ce travail, ainsi j'ai pu adapter la règle issue de secours existante dans la bibliothèque de SMC au contexte réglementaire français. Cette adaptation de la règle à mon contexte local m'a permis de détecter les anomalies qui résident dans ma maquette en temps réel en situant les compostants concernés dans la fenêtre 3D. Ceci m'a permis par la suite d'y remédier sur ma maquette originelle. Cette opération pourra être lancée durant la phase esquisse chose qui permettra d'éviter les rejets de demande de permis de construire ce qui implique un gain de temps et d'argent considérable. Grâce à sa fonction d'import au format IFC, Solibri Model Checker communique avec un grand nombre de logiciels BIM, et sa fonction SMC Archicad link crée un pont direct entre les deux logiciels sans passer par l'exportation du modèle et de paramétriser la maquette IFC.

Cependant la limite de SMC réside dans son atout majeur qui est les règles de vérifications. Certes ces dernières sont personnalisables, mais elles n'offrent pas une flexibilité et une adaptation adéquate à des situations particulières. SMC est limité aux règles disponibles dans sa bibliothèque, la création d'une nouvelle règle de vérification qui n'existe pas dans son répertoire est peu envisageable. Pour le bon fonctionnement de ces règles un système de classification sur SMC est nécessaire en se basant sur la classification importée du modeleur BIM, chose qui est restreinte vu que chaque règle nécessite une classification bien spécifique. Des aller-retour entre le modeleur et SMC et très envisageables. Rajoutant à cela, le coût de cette solution avec une licence qui s'élève jusqu'à 7200euro (source: <http://bim-marketplace.com>, consulté le 3 janvier 2019) chose qui justifie la communauté restreinte de ces utilisateurs qui sont majoritairement des professionnels des bureaux de contrôle, et le manque d'information et de données concernant son sujet.

SMC pourra bien répondre à ces objectifs en dirigeant l'effort de son développement sur la flexibilité de la personnalisation de ces règles, en créant des modèles open source avec un système de saisie de donnée commun pour n'importe quelle nouvelle règle. Pour la réussite de cette démarche, l'agrandissement de son cercle d'utilisateur est nécessaire en offrant des licences adaptées aux situations professionnelles de ses utilisateurs, chose qui permettra l'apparition des plateformes de communication qui regroupe les utilisateurs locaux dans le but de créer, partager et modifier des règles de vérification issue de la réglementation locale. Par ailleurs l'amélioration de SMC Archicad link est nécessaire avec une fonctionnalité de live connexion qui permettre de mettre à jour automatiquement la maquette et ses données sur SMC dans le cas de modification de cette dernière sur son modeleur original pour éviter les aller-retour qui conduisent à la perte de donnée et de temps.

ANNEXES

Annexe 1 : SMC Archicad Link

Solibri Archicad Link, est un Add-ons qu'on rajoute à Archicad, il offre un lien direct entre les deux programmes.

Une fois ajouté à Archicad, il apparaît sur l'interface de ce dernier, il permet l'export de la maquette archicad vers SMC pour effectuer une vérification de ce modèle, une fois le modelé est soumis à un ensemble de règles de vérifications, les clashes détectés peuvent être directement corrigés sur la maquette Archicad, cette fois-ci par le passage inverse de SMC vers Archicad. Les images ci-dessous illustrent cette connexion en temps réel entre les deux programmes.

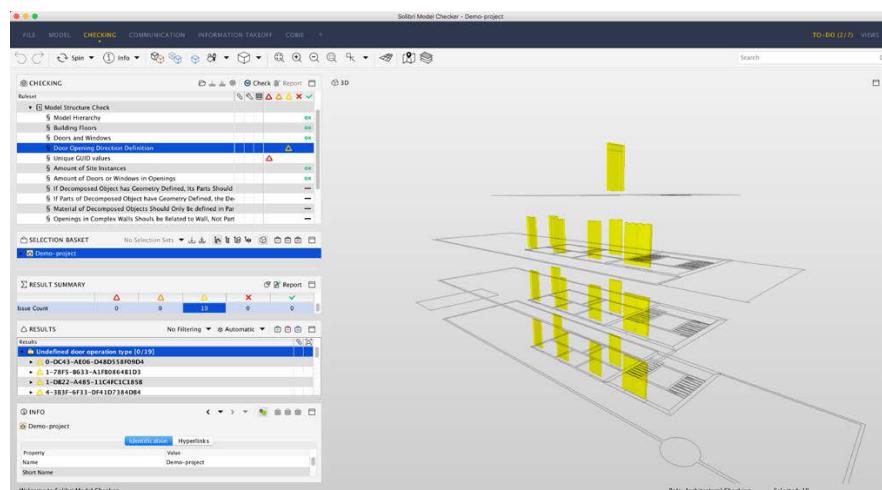
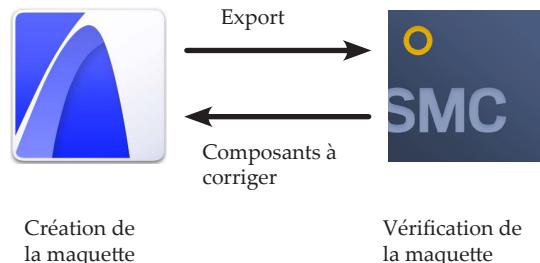


Figure 01 : repérage des clashes suite à la vérification de la maquette sur SMC

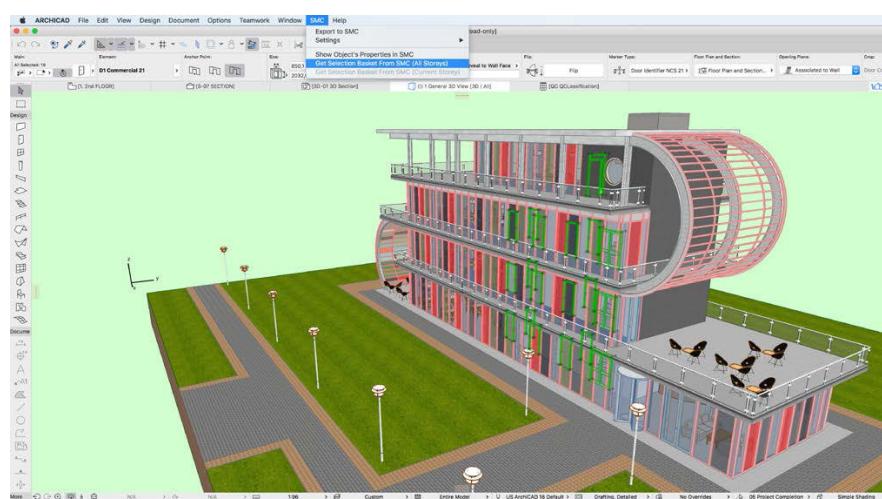


Figure 02 : les mêmes composants ont été sélectionnées sur Archicad

Bibliographie :

Ouvrage :

Karen Kensek, *Manuel BIM : Théorie et applications*, Paris : Eyrolles, 2015

Stefan Mordue, Paul Swaddle, David Philp, *Le BIM pour les nuls*, Paris :First, 2018

Stéphane Hameury, Casso et Associés, *règlementation et mise en sécurité incendie des bâtiments d'habitation*, France : Edition CSTB, 2e éd, 2015

Thèse et mémoire :

Yunxue Li, Automated Code-checking of BIM models, mémoire de master, Master in European Construction Engineering, 2015

Marc Assi, Structuration des données du bâtiment pour l'automatisation du contrôle technique de construction, thèse Professionnelle, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées et Ecole Spéciale des Travaux Publics, du Bâtiment et de l'Industriel, 2016