

Mesures équivalentes et modélisations numériques



Nordic Structure

TECHNORM

cecobois

Centre d'expertise
sur la construction
commerciale en bois

Présenté par Marc-André Langevin, ing., M. Ing., M. Sc. A.

Présentation de Technorm

Nos bureaux

Montréal

5800, rue Saint-Denis, bureau 505
Montréal (Québec) H2S 3L5

Québec

1354, rue Saint-Paul, bureau 110
L'Ancienne-Lorette (Québec) G2E 1Z6

(514) 861-1940
info@technorm.ca

Code et normes | Ingénierie | Expertises | Formation

- Architecture et enveloppe du bâtiment
- Civil et structure
- Codes de construction et mise aux normes
- Électrique
- Mécanique, matériaux et métallurgie
- Origine, cause et propagation d'incendie

Compétence | Rigueur | Intégrité | Écoute

Une équipe chevronnée à votre service

- Plus de **70** personnes pour répondre à vos besoins
- Dont **41** diplômés du baccalauréat, **15** d'une maîtrise et **1** de doctorat

Depuis 1986

- Plus de **4 500** clients nous ont fait confiance
- Plus de **35 000** projets ont été menés à bien

Marc-André Langevin,
ingénieur, M. Ing., M. Sc. A.



Présentation du formateur

Je suis ingénieur en structure et sécurité incendie depuis plus de 25 ans, et **président de Technorm** depuis 2011.

Je suis un expert dans le domaine de la réglementation du bâtiment et de la mise en conformité (**bâtiments de grande hauteur, bâtiments commerciaux et industriels**). Je supervise divers projets qui requièrent le calcul numérique et de modélisations. J'effectue des expertises technico-légales de bâtiments sinistrés, en **responsabilité professionnelle et civile** et pour blessures corporelles.

Finalement, je suis **formateur et conférencier** dans le domaine des codes et des normes de construction pour les professionnels du bâtiment.

Tables des matières

- Processus de mesures équivalentes
- Solutions de rechange : division A du CNB 2010 mod. Qc
- Modélisation incendie : introduction
 - Modèles simples (algébriques)
 - Modèles numériques de zones
 - Modèles de champs dit « CFD » (mécanique des fluides)
- Exemples de modélisations pour démontrer les équivalences

Technorm détient tous les droits de propriété intellectuelle de cette formation et de sa présentation en support.

Le contenu de cette formation n'est pas destiné à tenir lieu de conseils professionnels fondés sur des faits précis. Par ailleurs, certains articles présentés dans le cadre de la formation peuvent avoir été abrégés afin de circonscrire le sujet abordé. Il est donc nécessaire de consulter les textes de loi, des codes et des normes dans leur globalité lors de leur mise en application.

Mesures équivalentes

Concept de la « mesure équivalente »

Loi sur le bâtiment (LRQ c.B-1.1)

Article 127 « Méthode de conception » :

« La Régie approuve, aux conditions qu'elle détermine, une méthode de conception, un procédé de construction de même que l'utilisation d'un matériau ou d'un équipement différent de ce qui est prévu à un code ou à un règlement adopté en vertu de la présente loi lorsqu'elle estime que leur qualité est **équivalente à celle recherchée par les normes prévues à ce code** ou à ce règlement. »



Mesures équivalentes

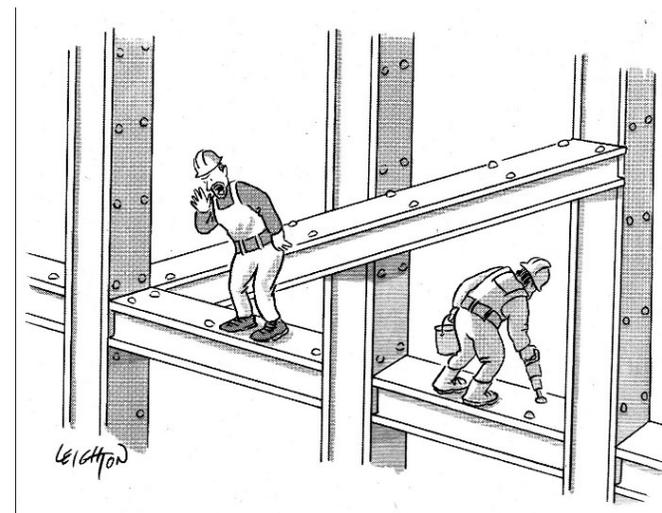
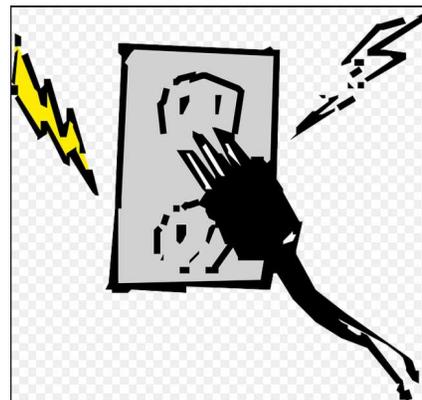
Elles s'appliquent généralement à un nouveau bâtiment ou à un bâtiment en transformation en relation avec le CCQ-c.I alors en vigueur.



Mesures équivalentes

La personne qui fait cette demande (et qui signe le document) peut être le propriétaire ou un mandataire tels un professionnel (architecte, ingénieur, technologue) ou un entrepreneur :

- Cette personne doit pouvoir démontrer sa compétence dans le domaine concerné en relation avec la demande.



Mesures équivalentes

Il faut **démontrer** que les solutions, les concepts, les matériaux et les équipements proposés atteignent les **objectifs** visés par le CCQ-c.I avec le même niveau de **performance** que l'exigence de la solution « acceptable » non respectée.

$$\frac{1}{2} = \frac{2}{4}$$

Préparation d'une demande de mesures équivalentes

Depuis le début de décembre 2016, la RBQ a émis un guide de présentation des demandes de mesures différentes et équivalentes.

Les formulaires pour chaque chapitre (I, III, V, etc.) ont aussi été modifiés.



Régie du bâtiment Québec

BÂTIMENT
Demande de mesures équivalentes ou différentes

Ce formulaire doit être rempli et acheminé à la RBQ accompagné de tous les documents pertinents comme mentionné dans le « [Guide de présentation d'une demande de mesures équivalentes ou d'une demande de mesures différentes](#) ».

Type de demande : Mesure équivalente (Article 127) Mesure différente (Article 128)

La demande fait-elle suite à un avis de correction ou de défectuosité émis par la RBQ? : Oui Non

N° d'intervention : _____ Nom de l'inspecteur : _____

1. Demandeur

Architecte Constructeur-propriétaire Entrepreneur Ingénieur Propriétaire Technologue

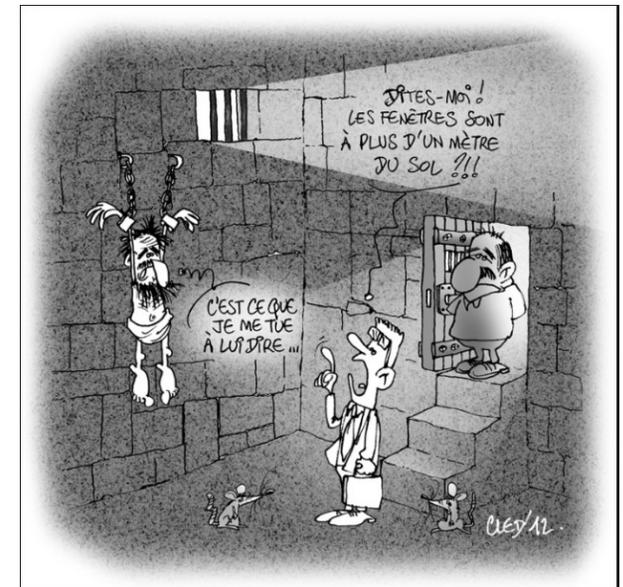
Autre (précisez) : _____

Nom ou raison sociale : _____

Préparation d'une demande de mesures équivalentes

Notes en rafale :

- Un fait accompli sur le chantier, une erreur de conception ou l'oubli d'un professionnel ne peuvent pas être **LA** justification du dépôt d'une demande.
- Ces mesures s'appliquent à un bâtiment précis.
- La demande (et l'acceptation) est restreinte à l'usage et aux caractéristiques du bâtiment concerné :
 - une demande copiée-collée pour un bâtiment similaire **pourrait être** refusée.
- Le demandeur qui propose ces mesures est responsable que celles-ci atteignent les **objectifs** et **niveaux de performances** de la réglementation :
 - La RBQ n'est pas là pour mettre au point les solutions à la place du demandeur.



Étapes à suivre pour préparer une DMD ou DME (PSR)

JB1

Les quatre étapes sont :

1. Assujettissement :

- La **RBQ** est-elle l'autorité?
- Le bon type de demande (mesures différentes (DMD) ou mesures équivalentes (DME)).

2. Formulaire :

- Description du demandeur et propriétaire;
- Description du bâtiment;
- Réglementation applicable;
- Contexte et problématique;
- Mesures proposées.

3. Documents connexes (analyses, tests, etc.).

4. Transmission aux intervenants.

Diapositive 12

JB1 Définir PSR dans le texte.
Julie Boisvert; 2020-06-03

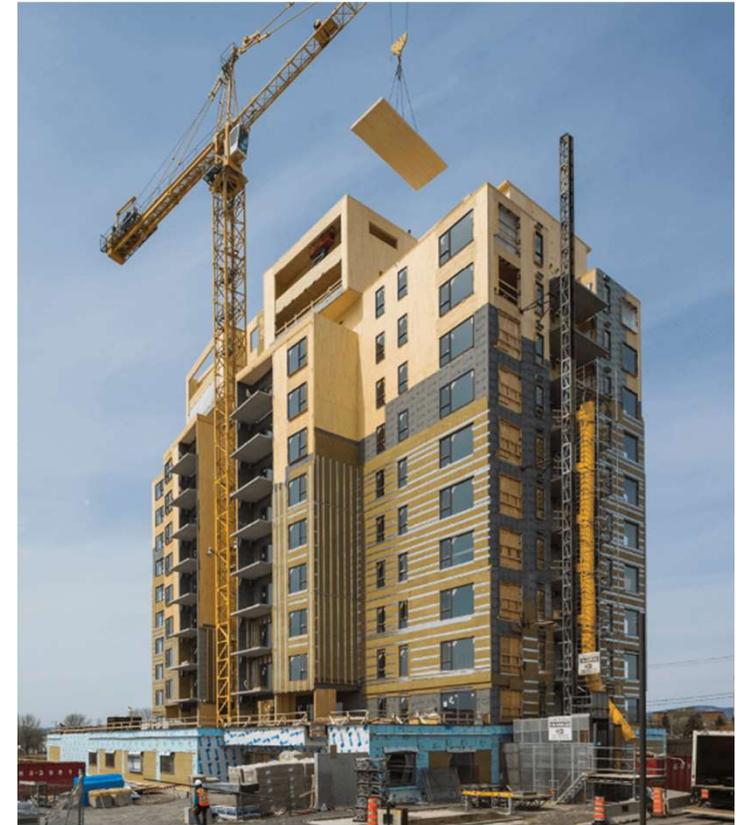
Solutions de rechange : division A du CNB 2010 mod. Qc

Raison d'être des solutions de rechange (division A)

Ce mode de conformité permet, par exemple, la conception de :

- bâtiments résidentiels ou de bureaux de 8, 10 ou 12 étages en bois massif **partiellement apparent**.
- bâtiments résidentiels ou de bureaux de 13 étages et plus en bois massif encapsulé ou même partiellement apparent.
- écoles (primaire ou secondaire) (groupe A-2) et résidence pour aînés (RPA) (groupe B-3) de 3 ou 4 étages en bois massif (encapsulé ou partiellement apparent).

Il faut alors concevoir une SOLUTION DE RECHANGE spécifique au projet ou au bâtiment projeté



Nordic Structures

Solutions de rechange (division A)

Conformité selon les solutions de rechange

Division A du CNB 2010 mod. Qc :

1- Objectifs

2- Énoncés fonctionnels

Division A – Partie 2 : Objectifs

Nous verrons que les **objectifs** sont formulés dans des termes assez généraux (voire même un peu « imprécis »).

Leurs raisons d'être sont :

- Les buts que le Code est censé atteindre;
- Les personnes ou le lieu qui doit être protégé;
- Les risques inacceptables traités dans le Code (et les causes de ces risques).

Division A – Partie 2 : Objectifs

Les **cinq objectifs** sont :

- a) La protection des personnes (OS);
- b) La santé des personnes (OH);
- c) L'accessibilité des personnes (OA);
- d) La protection du bâtiment (OP);
- e) La protection de l'environnement (OE).

Les niveaux des objectifs

- OS Sécurité : « [...] un risque inacceptable de **blessures** »
- OH Santé : « [...] un risque inacceptable de **maladies** »
- OA Accessibilité : « [...] une personne [...] soit gênée de manière inacceptable dans l'**accès ou l'utilisation du bâtiment** ou de ses installations »
- OP Protection du bâtiment contre l'incendie et les **dommages** structuraux : « [...] un risque inacceptable de dommages [...] ou de **privations de jouissances** [...] »
- OE Environnement : « [...] répercussions inacceptables sur l'**environnement** »

Les niveaux des objectifs

L'aspect plus précis des objectifs du niveau 1 est défini par les objectifs de deuxième niveau.

L'objectif visant la sécurité « est de limiter la probabilité qu'en raison de la conception, la construction ou la démolition du bâtiment, une personne se trouvant à l'intérieur ou à proximité soit exposée à un risque inacceptable de **blessures** ».

Les cinq objectifs précis de deuxième niveau pour la sécurité sont :

- **OS1** Sécurité incendie;
- **OS2** Sécurité structurale;
- **OS3** Sécurité liée à l'utilisation;
- **OS4** Résistance à l'intrusion;
- **OS5** Sécurité aux abords des chantiers.

Les niveaux des objectifs

En utilisant l'objectif Sécurité incendie, le libellé des objectifs de deuxième et de troisième niveau est :

« **OS1 Sécurité incendie** - Un objectif du CNB est de limiter la probabilité qu'en raison de la conception ou de la construction du bâtiment, une personne se trouvant à l'intérieur ou à proximité du bâtiment soit exposée à un risque inacceptable de blessures sous l'effet d'un incendie. Les risques de **blessures sous l'effet d'un incendie** dont traite le CNB sont ceux causés par (objectifs de 3^e niveau = causes ou évènements à éviter) :

- **OS1.1** – Le déclenchement d'un incendie ou une explosion;
- **OS1.2** – Un incendie ou une explosion touchant des aires au-delà de son point d'origine;
- **OS1.3** – L'effondrement d'éléments physiques provoqué par un incendie ou une explosion;
- **OS1.4** – La défaillance des systèmes de sécurité incendie;
- **OS1.5** – Le retard ou l'impossibilité des personnes à se mettre à l'abri en cas d'incendie ».

(OS) Sécurité des personnes

OS2 Sécurité structurale

OS2 Sécurité structurale

Un objectif du CNB est de limiter la probabilité qu'en raison de la conception ou de la construction du *bâtiment*, une personne se trouvant à l'intérieur ou à proximité du *bâtiment* soit exposée à un risque inacceptable de blessures sous l'effet d'une défaillance structurale. Les risques de blessures sous l'effet d'une défaillance structurale dont traite le CNB sont ceux causés par :

- OS2.1 – des charges imposées aux éléments du *bâtiment* qui dépassent leur résistance aux charges
- OS2.2 – des charges imposées au *bâtiment* qui dépassent les propriétés de résistance aux charges de l'élément *porteur*
- OS2.3 – des dommages aux éléments du *bâtiment* ou leur détérioration
- OS2.4 – la vibration ou le fléchissement des éléments du *bâtiment*
- OS2.5 – l'instabilité du *bâtiment* ou d'une partie de celui-ci
- OS2.6 – l'effondrement des parois de l'*excavation*

La Division « A » – Partie 3 : Énoncés fonctionnels

Partie 3 : Elle présente les **énoncés fonctionnels** (i.e. les **fonctions** que le bâtiment ou ses composantes doivent remplir)

P. ex. : F03 - Retarder les effets d'un incendie au-delà de son point d'origine.



La Division « A » – Partie 3 : Énoncés fonctionnels

Une liste **d'énoncés fonctionnels** fut donc élaborée afin d'expliquer les fonctions recherchées par les différentes dispositions du Code (les solutions acceptables de la Division B) pour atteindre les objectifs visés :

- Chacune des dispositions (mais pas nécessairement chaque article) de la Division B est reliée à au moins un objectif et un énoncé fonctionnel :
 - La liste des énoncés fonctionnels se trouve à la section 3.2 de la Division A (il y en a 49).

La Division « A » – Partie 3 : Énoncés fonctionnels

- F01** Réduire au minimum le risque d'inflammation accidentelle.
- F02** Limiter la gravité et les effets d'un incendie ou d'une explosion.
- F03** Retarder les effets d'un incendie dans les aires au-delà de son point d'origine.
- F04** Retarder la défaillance ou l'effondrement provoqué par les effets d'un incendie.
- F05** Retarder les effets d'un incendie dans les voies d'évacuation d'urgence.
- F06** Retarder les effets d'un incendie dans les installations d'avertissement, d'extinction et d'intervention d'urgence.
- F80** Résister à la détérioration causée par les conditions d'utilisation prévues.
- F81** Réduire au minimum le risque d'un défaut de fonctionnement, d'une obstruction, de dommages, d'une altération et d'une utilisation insuffisante ou mauvaise.
- F82** Réduire au minimum le risque de performance inadéquate résultant d'un entretien déficient ou inexistant.
- F92** Limiter les transferts thermiques incontrôlés au travers de l'enveloppe du *bâtiment*.
- F98** Limiter l'inefficacité de l'équipement.
- F130** Limiter l'utilisation excessive de l'eau.

Solutions de rechange (division A)

Relations entre objectifs et énoncés fonctionnels

- Les dispositions de la Division B sont couplées à au moins un objectif et un énoncé fonctionnel (voir tableau 3.9.1.1.)

3.4.2.5.

Emplacement

1) Sous réserve des paragraphes 2) et 3.3.2.5. 6), si une *aire de plancher* doit avoir plus d'une *issue*, celles-ci doivent être situées de manière que, pour gagner au moins l'une d'elles, la distance de parcours soit d'au plus :

- 25 m pour tout *établissement industriel à risques très élevés*;
- 40 m pour tout *établissement d'affaires*;
- 45 m pour toute *aire de plancher entièrement protégée par gicleurs* contenant un autre *usage* qu'un *établissement industriel à risques très élevés*;

3.4.2.5. Emplacement	
1)	[F10-OS3.7]
3)	[F10-OS3.7]

Solutions de rechange (division A)

Relations entre objectifs et énoncés fonctionnels

OS3.7 – le retard ou l'impossibilité des personnes à se mettre à l'abri en cas d'urgence (voir la note A-2.2.1.1. 1))

F10 Faciliter le déplacement rapide des personnes vers un lieu sûr en cas d'urgence.

La solution de rechange doit « faciliter le déplacement rapide des personnes vers un lieu sécuritaire » afin « de limiter la probabilité qu'une personne à l'intérieur du bâtiment soit exposée à un risque inacceptable de blessures » causées par « le retard à se mettre à l'abri en cas d'urgence ».

Solutions de rechange (division A)

Est-ce qu'un bâtiment peut-être **entièrement** conçu sur cette méthode ?

- Impraticable, les solutions de rechange vont adresser entre 1 et 5 « problématiques » dans un projet quelconque.
 - Pour les projets de bâtiments en bois de 5 à 12 étages déjà construits : entre 1 et 3 seulement présentées à la RBQ par projet.

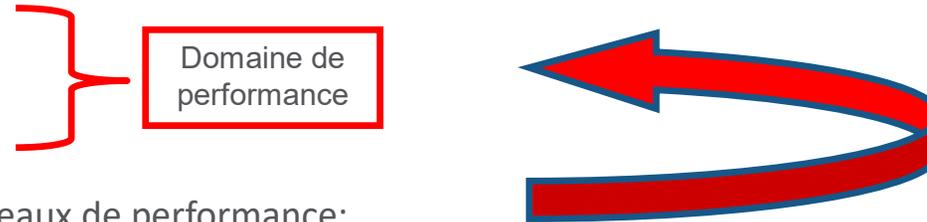


Source : Nordic Structures

Solutions de rechange (division A)

Exemple de méthodologie de démonstration :

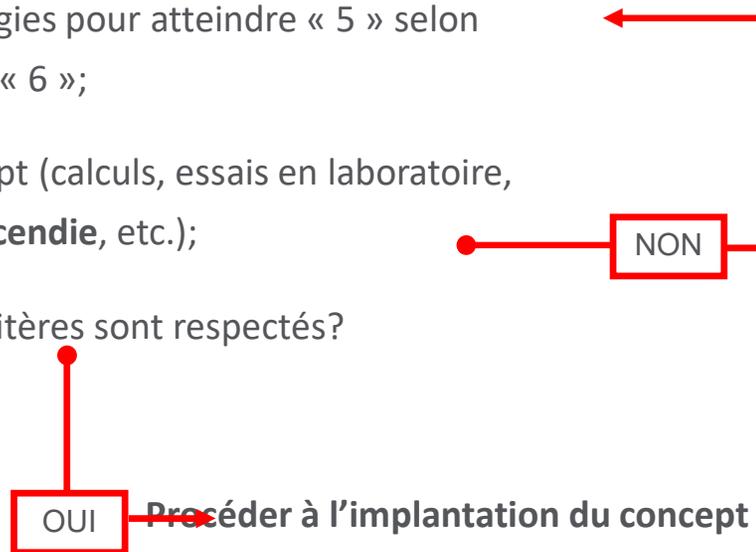
1. Type de projet (bâtiment, usage, etc.);
2. Exigences de la division B qui ne sont pas respectées?
3. Objectifs du CNB;
4. Énoncés fonctionnels;
5. Établir les critères et les niveaux de performance;
 - Vérifier le niveau de sécurité de la solution acceptable comme point de comparaison
6. Établir les hypothèses et les situations problématiques comme des scénarios d'incendie ou d'explosion (si requis);



Solutions de rechange (division A)

Méthodologie de démonstration :

- Établir les stratégies pour atteindre « 5 » selon les scénarios de « 6 »;
- Évaluer le concept (calculs, essais en laboratoire, **modélisation incendie**, etc.);
- Est-ce que les critères sont respectés?



Solutions de rechange (division A)

Outils pour démontrer les solutions de rechange

Autres normes et codes

- Normes de sécurité incendie (NFPA) :
 - NFPA 101 « Life Safety Code »;
 - NFPA 92 « Standard for Smoke-Control Systems »;
 - NFPA 130 « Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems ».
- Codes de construction « étrangers » :
 - IBC « International Building Code »;
 - BCA « Building Code of Australia »;
 - OBC « Ontario Building Code ».

Solutions de rechange (division A)

Outils pour démontrer les solutions de rechange

Calculs simples :

- Résistance au feu d'un assemblage ou d'une structure
- Dynamique du feu :
 - Hauteur et température de la flamme;
 - Temps et possibilité d'allumage de matériaux;
 - Propagation de la flamme sur des surfaces;
 - Dégagement de la chaleur et température de l'air;
 - Masse de fumée (suie) dégagée;
 - Temps de détection d'un détecteur de chaleur ou de fumée.

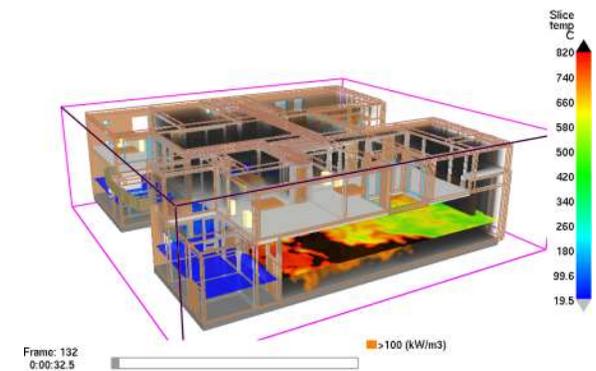
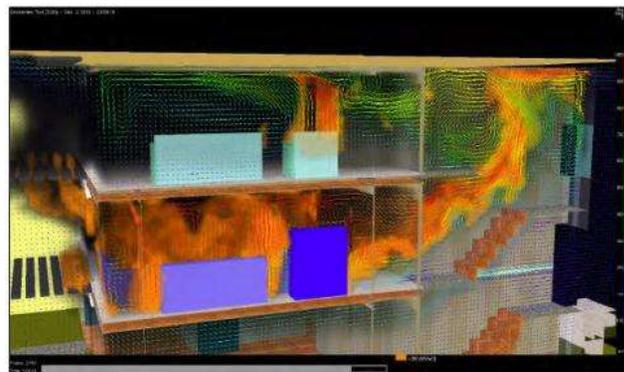
Solutions de rechange (division A)

Outils pour démontrer les solutions de rechange

Modélisation incendie

Depuis une quinzaine d'années, on utilise des logiciels qui autrefois étaient utilisés dans le domaine aérospatial et de ventilation :

- Logiciel basé sur des équations de mécanique des fluides (CFD - *Computational Fluid Dynamics*)
- *Fire Dynamics Simulator* est le plus utilisé dans le monde :



<https://www.thunderheadeng.com/>

Modélisation incendie : Introduction

Introduction

Qu'est-ce qu'un modèle (incendie)?

Pour les scientifiques et les ingénieurs, un « **modèle** » est une représentation d'un phénomène complexe par des équations mathématiques plus ou moins complexes. Il comprend :

- des équations empiriques basées sur des essais en laboratoire;
- des équations basées sur les principes de physique et chimie « pure »;
- des logiciels utilisant les équations ci-haut mentionnées.

Introduction

Qu'est-ce qu'un modèle (incendie)?

Dans le domaine de la science du feu, les modèles incendie peuvent être divisés en quatre groupes :

- les modèles réduits (habituellement avec de l'eau salée, on remonte aux années 1970 à 1990);
- les équations empiriques basées sur des essais en laboratoire (depuis les 100 dernières années);
- les logiciels de « zones » (des années 1985 à aujourd'hui);
- les logiciels de « champs » – mécanique des fluides – (2000 à aujourd'hui).

Introduction

Qu'est-ce qu'un modèle (incendie)?

Les modèles incendie nous permettent de déterminer :

- le transfert de chaleur des charpentes en milieu d'incendie;
- la hauteur des flammes et la radiation émise;
- les températures ambiantes et des solides (objets);
- les produits de combustion (fumée) et la visibilité;
- le temps de détection des détecteurs de chaleur et fumée;
- le temps d'opération des gicleurs;
- le temps et la puissance de l'incendie requise pour l'embrassement;
- etc.

Introduction

Limites d'un modèle incendie?

Selon le type de modèles incendie, ces derniers ont différentes limitations, dont entre autres :

- l'exactitude pour déterminer la puissance de l'incendie;
- la propagation de la flamme sur des objets complexes;
- la combustion ou pyrolyse des objets;
- l'efficacité des gicleurs et le temps pour éteindre ou contrôler un objet en feu;
- l'allumage d'un objet complexe;
- etc.

Modèles simples (algébriques)

Modèles simples (algébriques)

Modèles empiriques basés sur des expériences en laboratoire

Les équations dérivées de ces expériences nous permettent de déterminer :

- la hauteur de la flamme;
- le temps d'activation des détecteurs de chaleur et de fumée;
- le temps pour atteindre l'embrassement;
- la charge combustible requise pour atteindre l'embrassement;
- la hauteur de fumée dans une pièce selon l'incendie.

Modèles simples (algébriques)

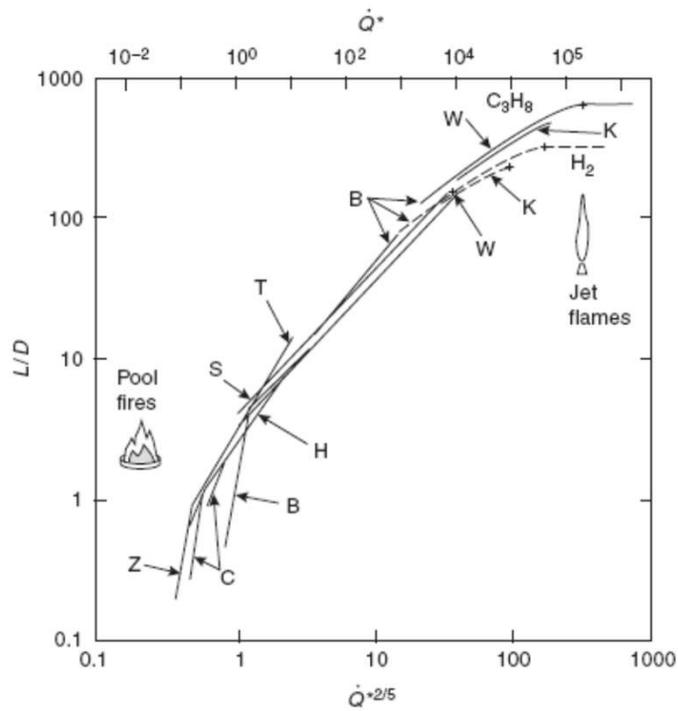
Exemple : hauteur de la flamme

Suite à des essais en laboratoire, de nombreuses formules empiriques sont disponibles (du nom de leurs auteurs) :

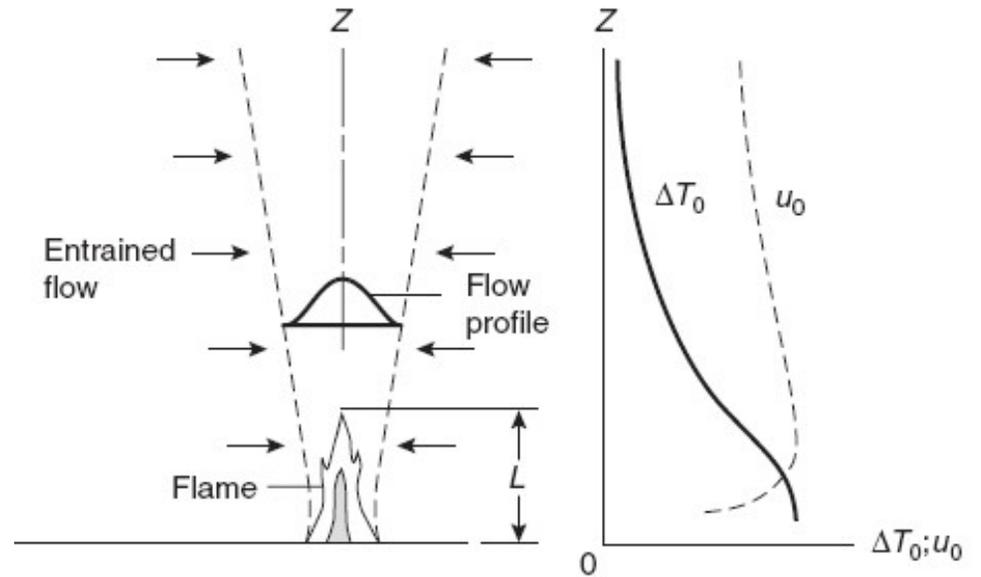
- Cox and Chitty,
- Heskestad,
- Kalghatgi,
- Thomas,
- Zukoski.

Modèles simples (algébriques)

Hauteur de la flamme



SFPE Handbook, 3^e éd., p. 2-3.



SFPE Handbook, 3^e éd., p. 1-2.

Modèles simples (algébriques)

Hauteur de la flamme

$$L = -1.02D + 0.235\dot{Q}^{2/5}$$

- L = hauteur de la flamme (m)
- D = diamètre du feu au sol (m)
- Q = puissance de l'incendie (kW)

SFPE Handbook, 3^e éd., p. 2-3.

Modèles simples (algébriques)

Hauteur de la flamme

Exemple pratique :

- Si nous prenons comme hypothèse qu'un sofa rembourré s'enflamme, nous pouvons déterminer (avec le poids de chaque matériau qui le constitue) son débit calorifique, ou puissance (Q).
- Après avoir déterminé le poids de chaque matériau qui compose le sofa et leur chaleur de combustion respective, nous calculons la puissance à 3 000 kW.



NIST Fire Experiment results (www.fire.nist.gov/)

Modèles simples (algébriques)

Hauteur de la flamme

- Diamètre équivalent du feu de sofa (D)
 - L'aire du sofa (3 m²) correspond à un diamètre de :

$$\text{Aire} = (\pi \times D^2) / 4$$

$$D = 1,95 \text{ m}$$

- Hauteur de la flamme (L)

$$L = -1,02 D + 0,235 (Q)^{(2/5)}$$

$$L = -1,02 (1,95) + 0,235 (3\ 000)^{(2/5)}$$

$$= 3,8 \text{ m (12,5 pi)}$$

Modèles numériques de zones

Modèles de zones

Logiciels qui « simulent » un incendie

Depuis le début des années 1980 et l'arrivée des micro-ordinateurs, des logiciels sont apparus afin de simuler le comportement (dynamique) d'un feu dans une pièce ou un groupe de pièces.

La majorité de ce type de modèle sépare la pièce en deux zones : la zone d'air « frais » (proche du sol) et la zone « chaude », en partie supérieure (près du plafond).

- Équations différentielles « ordinaires »

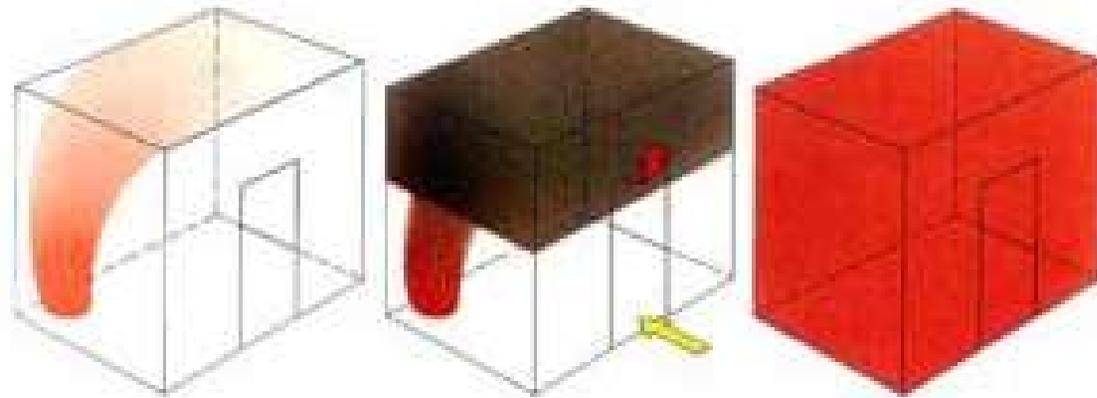
Les plus connus : CFAST, Branzfire/B-Risk et Ozone

Modèles de zones

Zones?

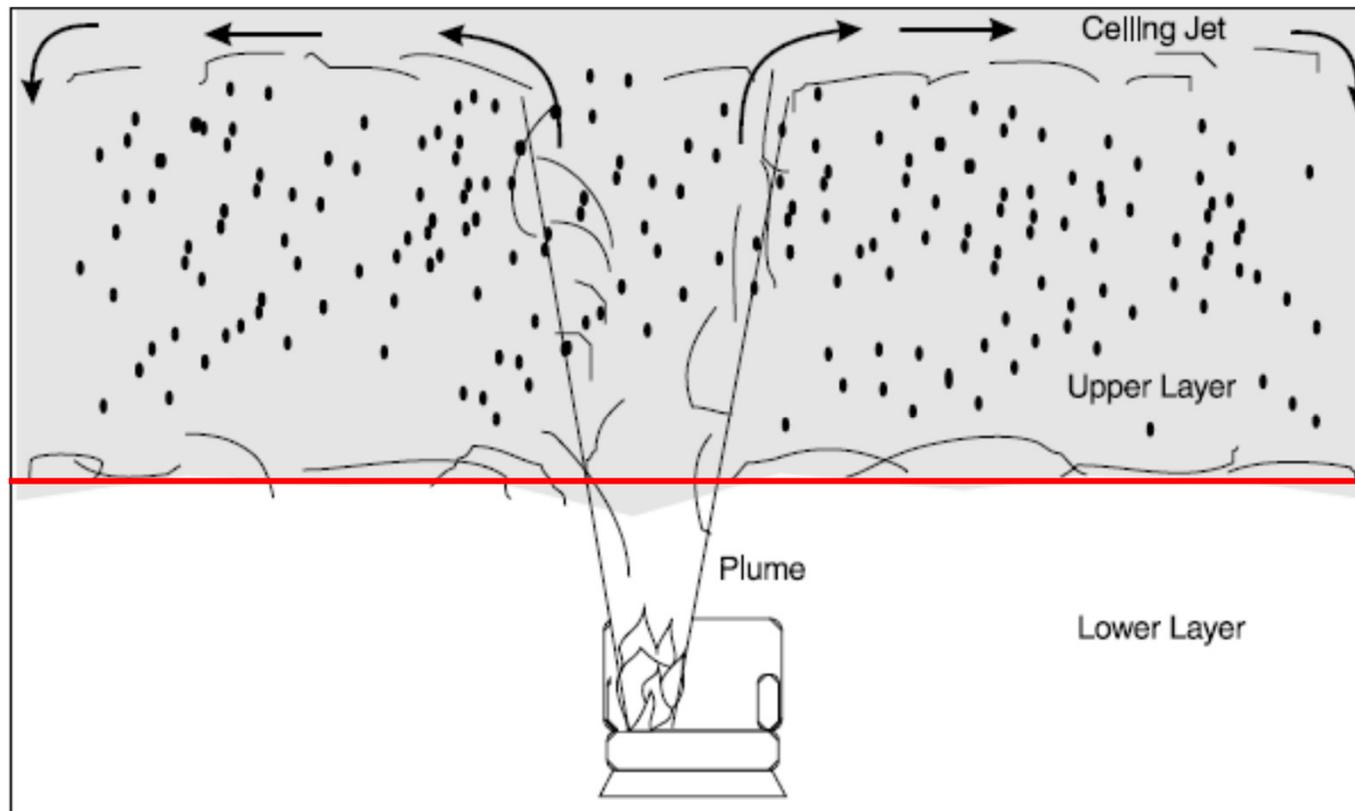
Ces modèles divisent le domaine (compartiments ou pièces) en zones (1, 2 ou 3) :

- 1- La zone basse (froide et oxygénée);
- 2- La zone haute (chaude et enfumée);
- 3- Le panache (très chaud et pompe à fumée).



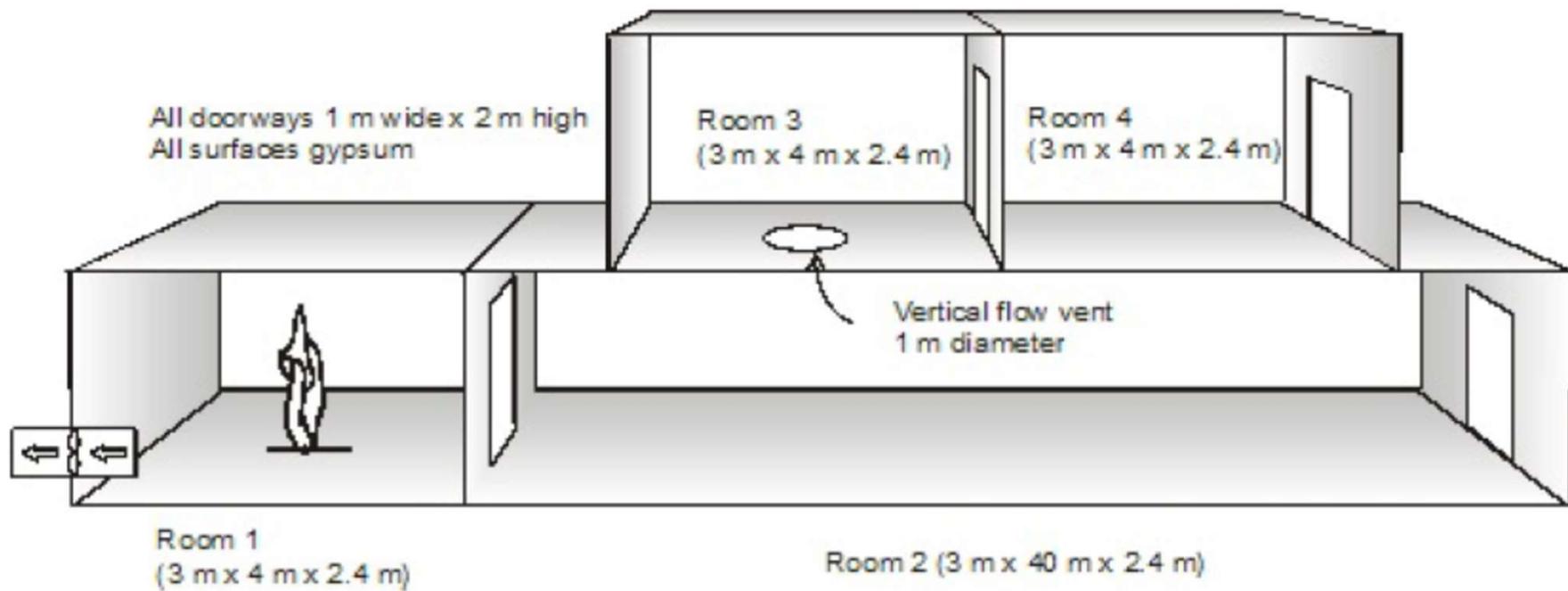
NIST

Modèles de zones



Modèles de zones

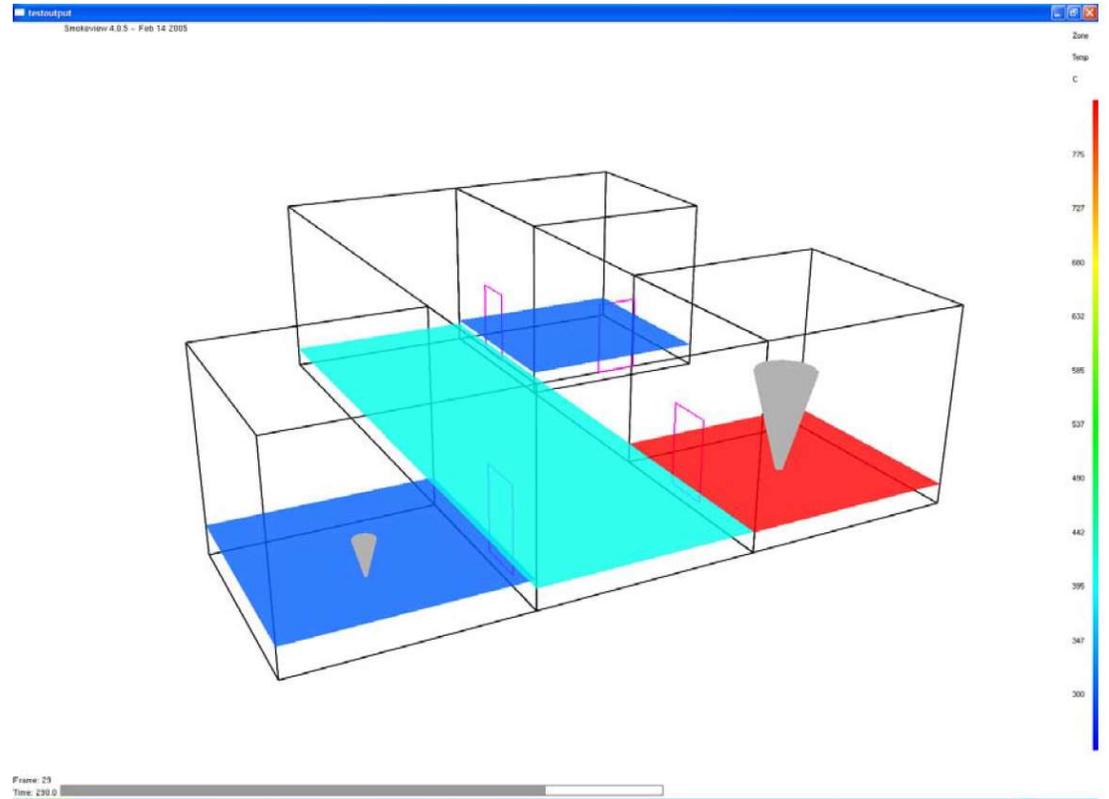
Représentation du bâtiment



CFAST Technical Reference Guide (déc. 2005), p. 76.

Modèles de zones

Représentation graphique dans CFAST



CFAST User Guide (2008), p. 8.

Modèles de zones

Les hypothèses et bases de calculs :

- les strates (zones) sont uniformes et bien mélangées;
- aucun changement de phases entre les zones;
- aucune combustion dans la zone haute (chaude);
- les compartiments sont des « boîtes » rectangulaires;
- les résultats sont donc « globaux » et non « localisés ».

Le fait de n'avoir que deux zones :

- facilite la modélisation, les équations sont relativement simples;
- rend le temps de calcul très court.

Modèles de zones

On obtient de façon très rapide :

- la température au plafond des pièces;
- le déclenchement des détecteurs de chaleur et de fumée;
- le déclenchement des gicleurs;
- la concentration des gaz (CO, CO₂, HCl, HCN, O₂);
- la visibilité par rapport à la fumée produite;
- la hauteur de la couche de fumée dans les pièces;
- la vitesse de propagation de la fumée entre les compartiments;
- le flux radiant à différents endroits.

Modèles de zones

Bois massif intégré dans certains modèles :

Le logiciel **B-Risk** produit par la Nouvelle-Zélande incorpore des algorithmes quant à la **présence de bois massif apparent** dans des pièces et leur effet sur les conditions ambiantes.

Wade et collab. (2018), « *Predicting the Fire Dynamics of Exposed Timber Surfaces in Compartments Using a Two-Zone Model* »

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10694-018-0714-2>

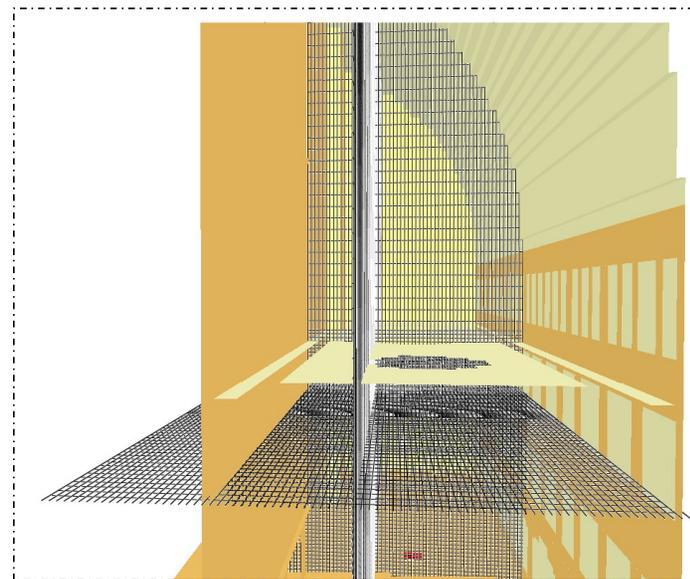
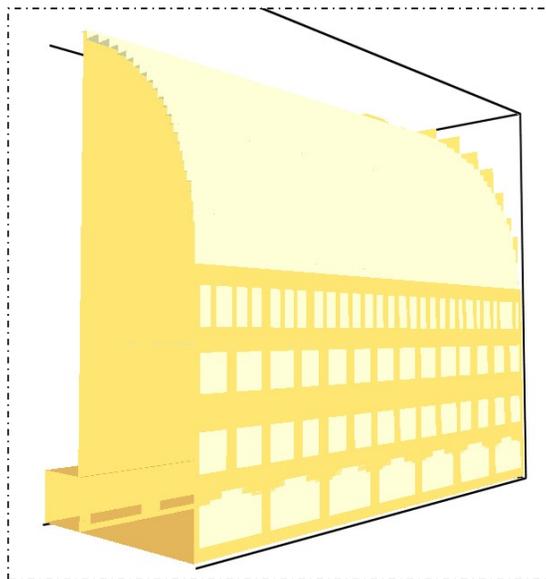


Modèles de champs dit « CFD » (mécanique des fluides)

Modèles de champs (mécanique des fluides)

Logiciels basés sur la physique et la chimie du feu (en bonne partie !)

Ce type de modèle (logiciel) est basé sur des équations de mécanique des fluides (*Computational Fluid Dynamics*). Les locaux ou pièces ne sont pas divisés en deux volumes de contrôle, mais en milliers, voire en millions de petits volumes (cubes ou autres formes).



Technorm inc.

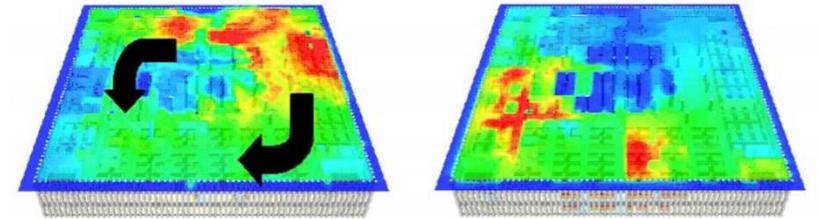
TECHNORM

Modèles de champs (mécanique des fluides)

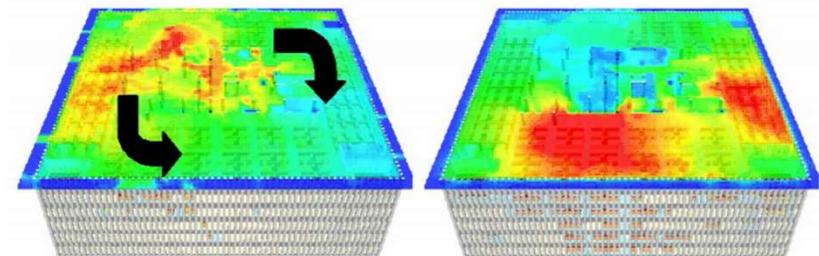
Ces logiciels sont beaucoup **plus performants** que ceux à « zones » et peuvent calculer la propagation d'un incendie dans des édifices à géométrie complexe (c.-à-d. atrium, aréna, théâtre, gare, aéroport, tunnel, etc.).

- Équations différentielles « partielles »

Le plus connu : FDS (Fire Dynamics Simulator)



WTC 1, Floor 94



WTC 1, Floor 97

NIST (2005), Reconstruction of the Fires in the World Trade Center Towers.

Modèles de champs (mécanique des fluides)

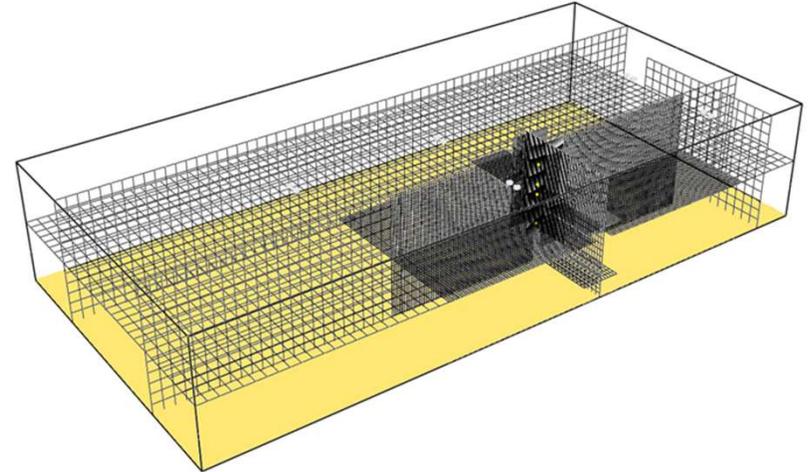
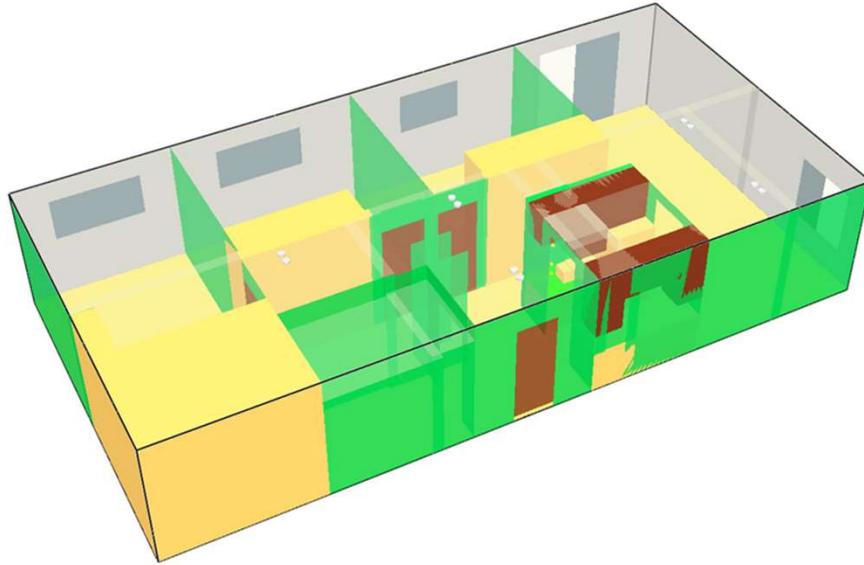
Temps de calcul

Toutefois, le temps de calcul pour simuler un incendie d'une durée de 20 minutes (réel) peut prendre de 7 à 14 jours sur les ordinateurs personnels (selon le nombre de cellules ou cubes utilisés).

- En diminuant le nombre de cellules, le temps de calcul peut réduire de quelques heures à quelques jours.
- Plus on réduit le nombre de cellules, plus les résultats sont « pauvres » ou moins précis.

Modèles de champs (mécanique des fluides)

Maillage (FDS)



Technorm inc.

TECHNORM

Modèles de champs (mécanique des fluides)

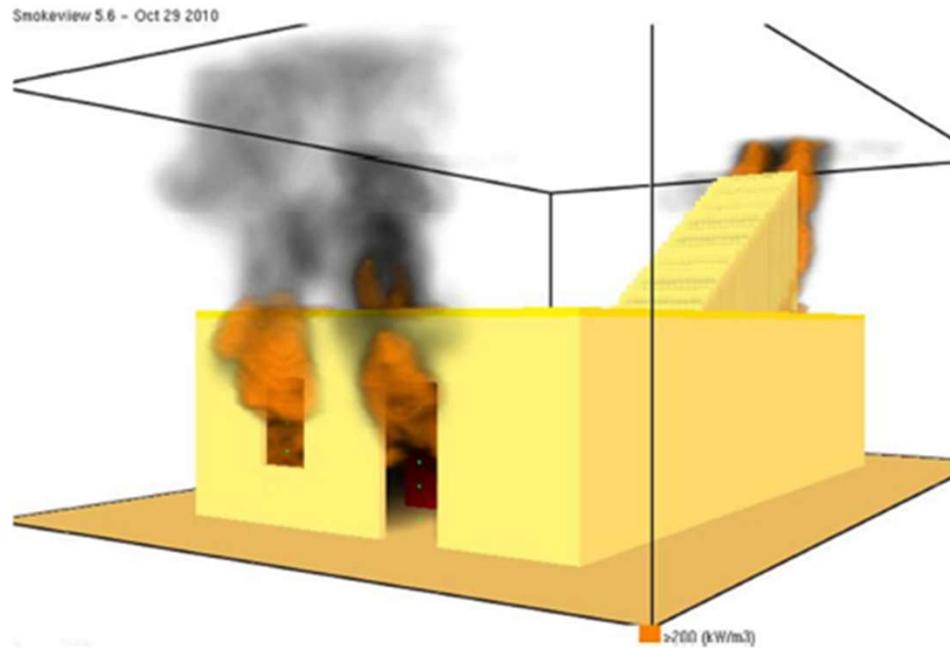
Fire Dynamics Simulator (FDS)

Utilité :

- Conception :
 - Efficacité des systèmes de contrôle de fumée;
 - Positionnement des gicleurs et détection du feu (détecteurs fumée);
 - **Résistance au feu des structures;**
 - **Impact du bois apparent dans un espace ou une pièce;**
 - Propagation de la fumée dans un bâtiment.

Modèles de champs (mécanique des fluides)

Fire Dynamics Simulator (FDS)

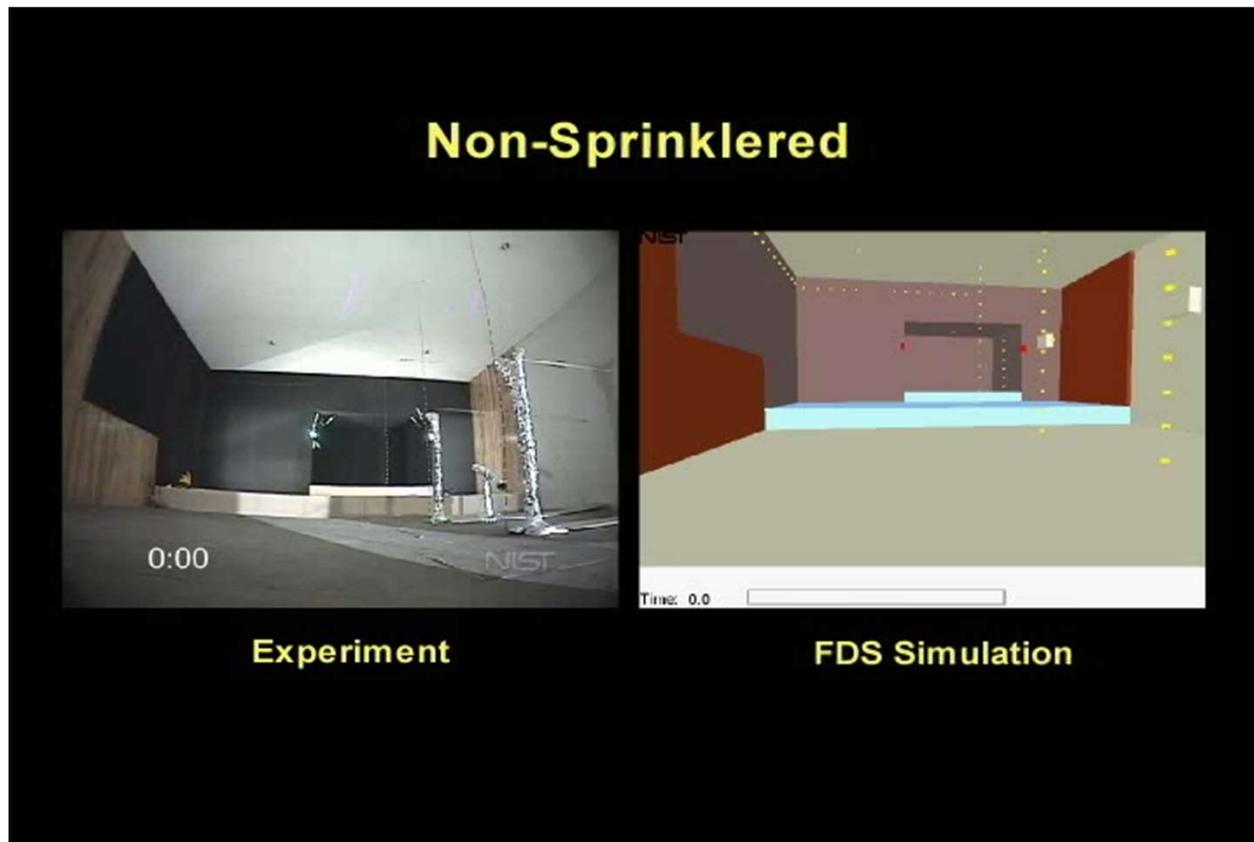


UL (2011), *Fire Modeling of Basement with Wood Ceiling*.

Modèles de champs (mécanique des fluides)

Fire Dynamics Simulator (FDS)

SANS GICLEURS

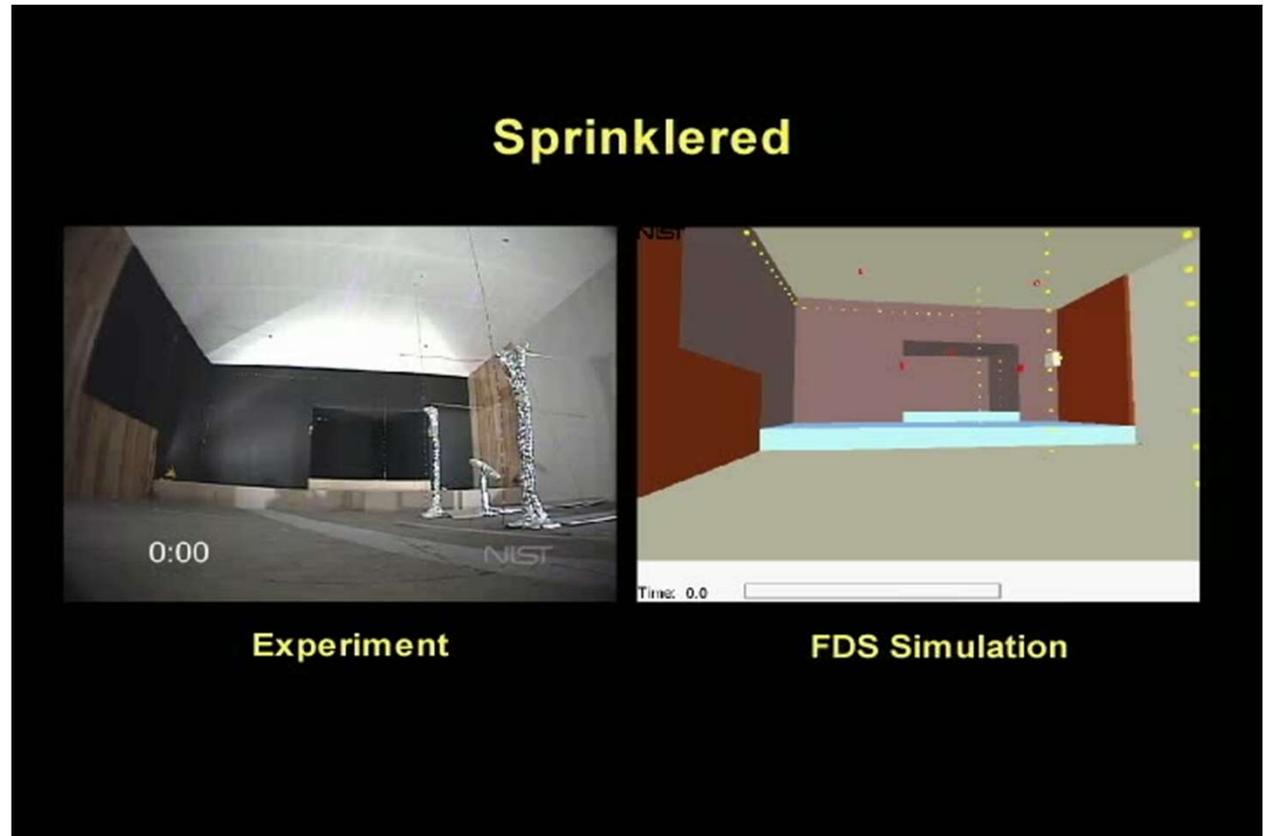


NIST (2005), Report of the Technical Investigation of The Station Nightclub Fire

Modèles de champs (mécanique des fluides)

Fire Dynamics Simulator (FDS)

AVEC GICLEURS
Déclenchement vers 24-25 sec



NIST (2005), Report of the Technical Investigation of The Station Nightclub Fire.

Exemples de modélisations pour démontrer les équivalences

Conception des bâtiments

Positionnement des gicleurs

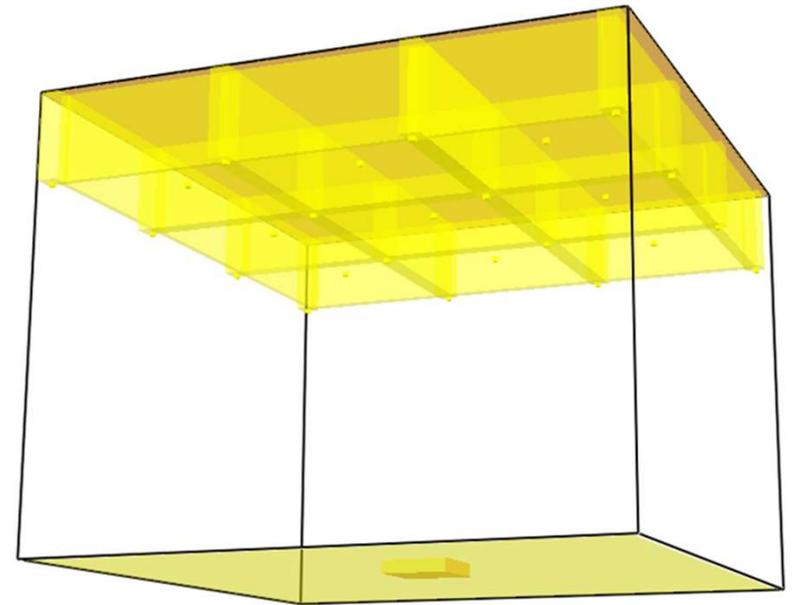
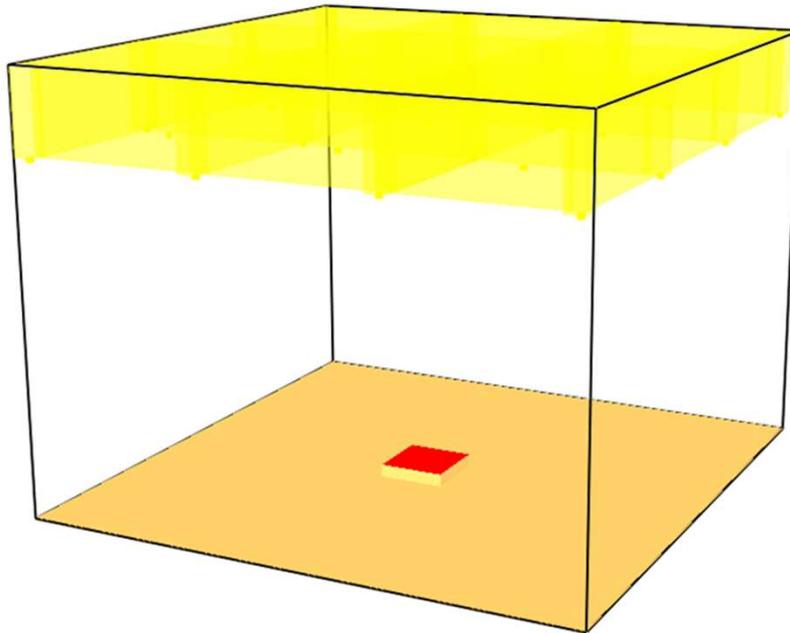
Dans certaines circonstances, il est difficile d'appliquer les exigences de positionnement de gicleurs prévu par la norme NFPA 13.

Les simulations numériques peuvent assister les concepteurs dans l'estimation de l'impact sur l'efficacité de déclenchement ou de couverture.

Conception des bâtiments

Positionnement des gicleurs

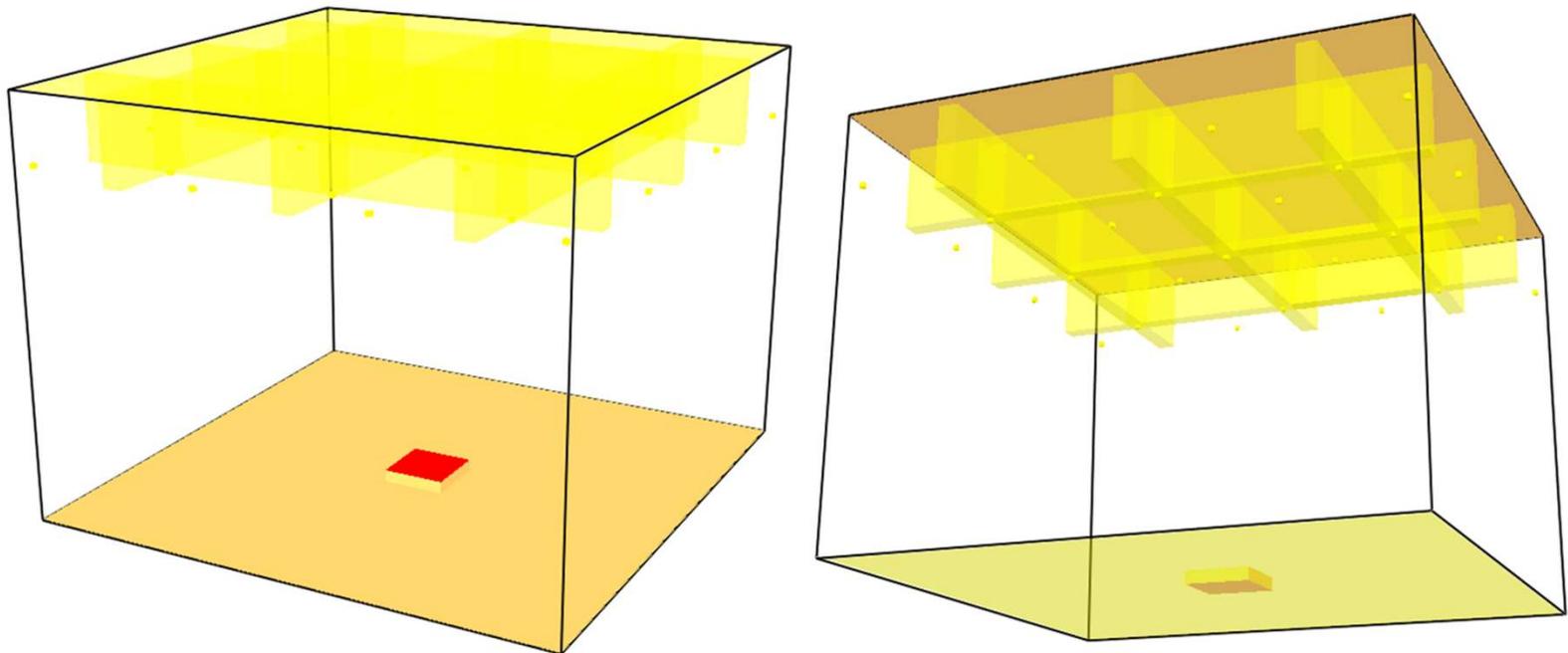
Config. 1 =



Conception des bâtiments

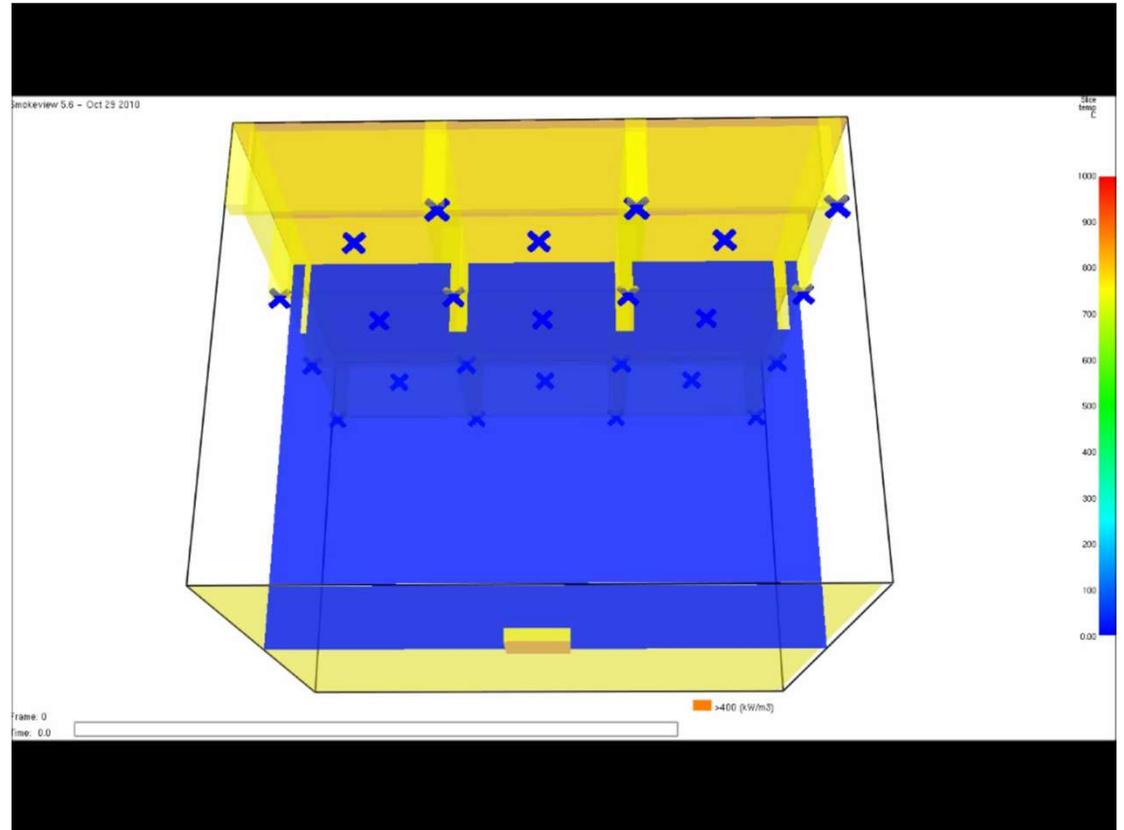
Positionnement des gicleurs

Config. 2 =



Conception des bâtiments

Positionnement des gicleurs



Technorm Inc.

Conception des bâtiments

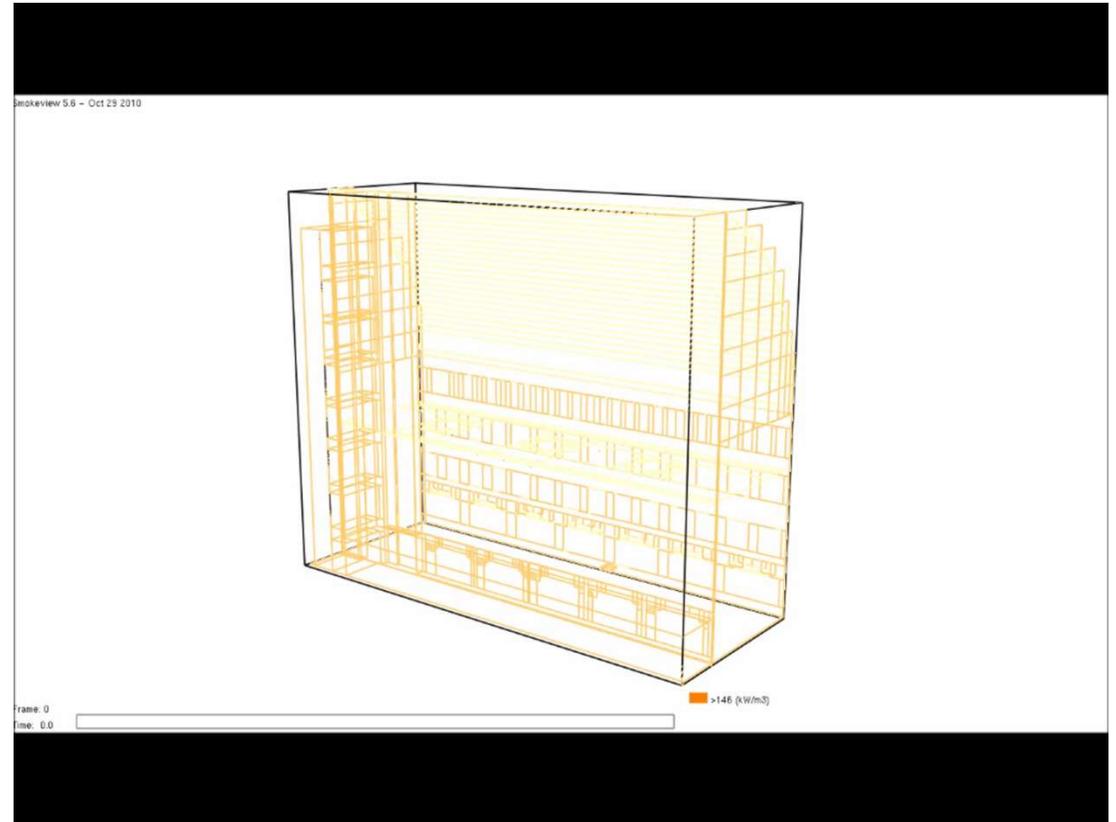
Déclenchement des gicleurs

La simulation numérique permet d'estimer le temp de déclenchement des gicleurs automatiques lors d'un incendie. Les modèles numériques permettent d'ailleurs de prédire l'effet de refroidissement sur un incendie.

Les extraits de simulations ci-après illustrent un cas type de déclenchement de gicleurs installés plus bas que le niveau du plafond d'un atrium.

Conception des bâtiments

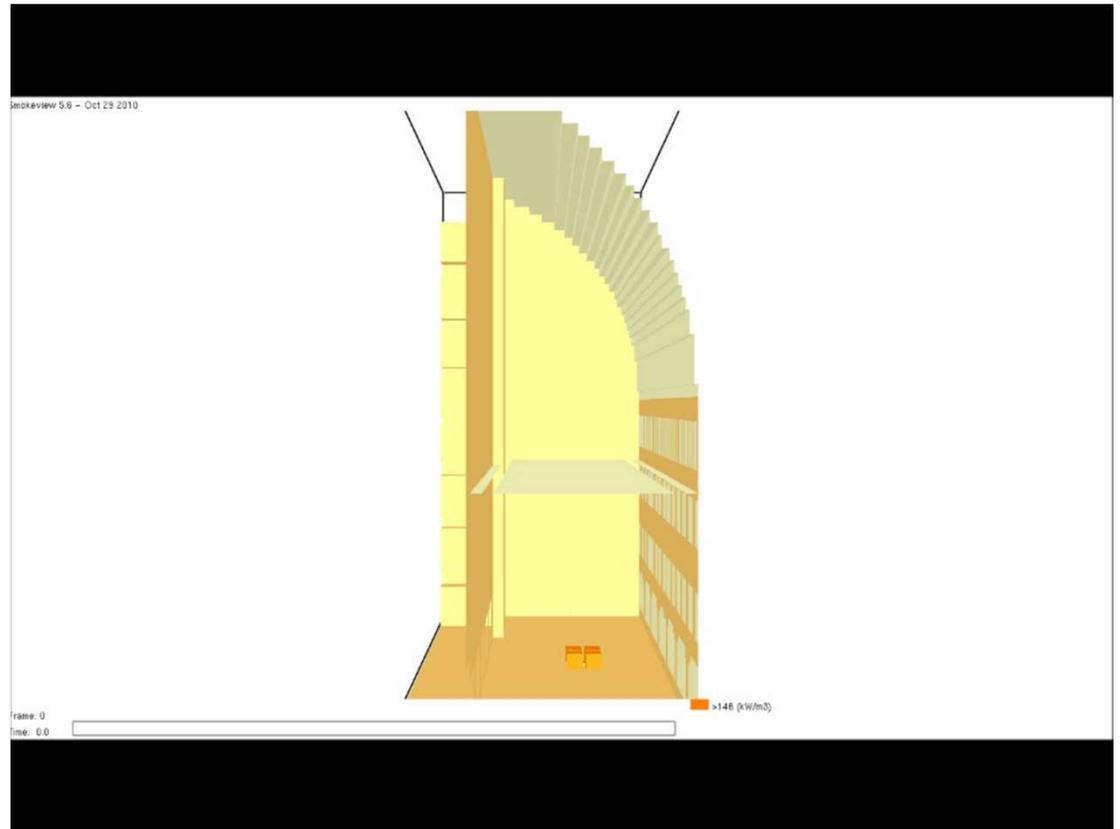
Déclenchement des gicleurs – exemple 1



Technorm Inc.

Conception des bâtiments

Déclenchement des gicleurs – exemple 2



Technorm Inc.

Conception des bâtiments

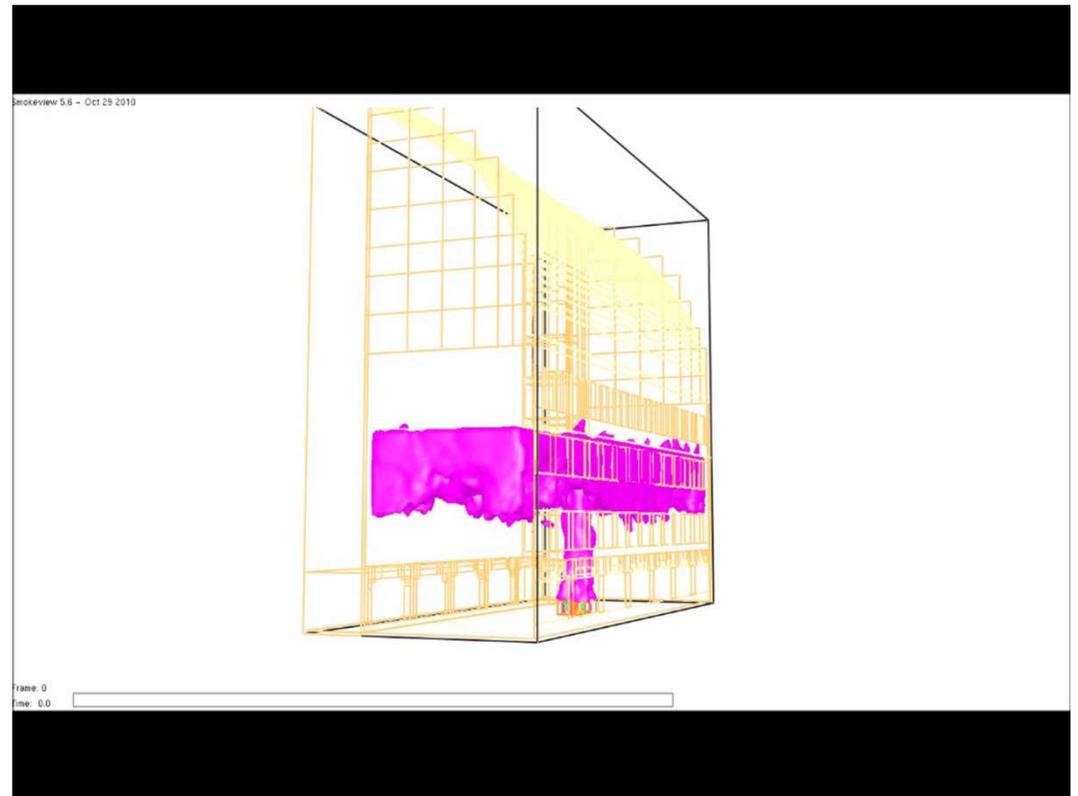
Élévation de température

La modélisation numérique permet d'évaluer des conditions de températures auxquelles sont soumises des séparations coupe-feu.

L'extrait de simulation ci-après présente le cas d'un atrium où nous pouvons suivre le plan isosurfacique correspondant à la température critique du verre. Ceci permet d'évaluer dans quelle mesure sont exposées les fenêtres donnant sur l'atrium.

Conception des bâtiments

Température - isosurfacique



Technorm Inc.

Conception des bâtiments

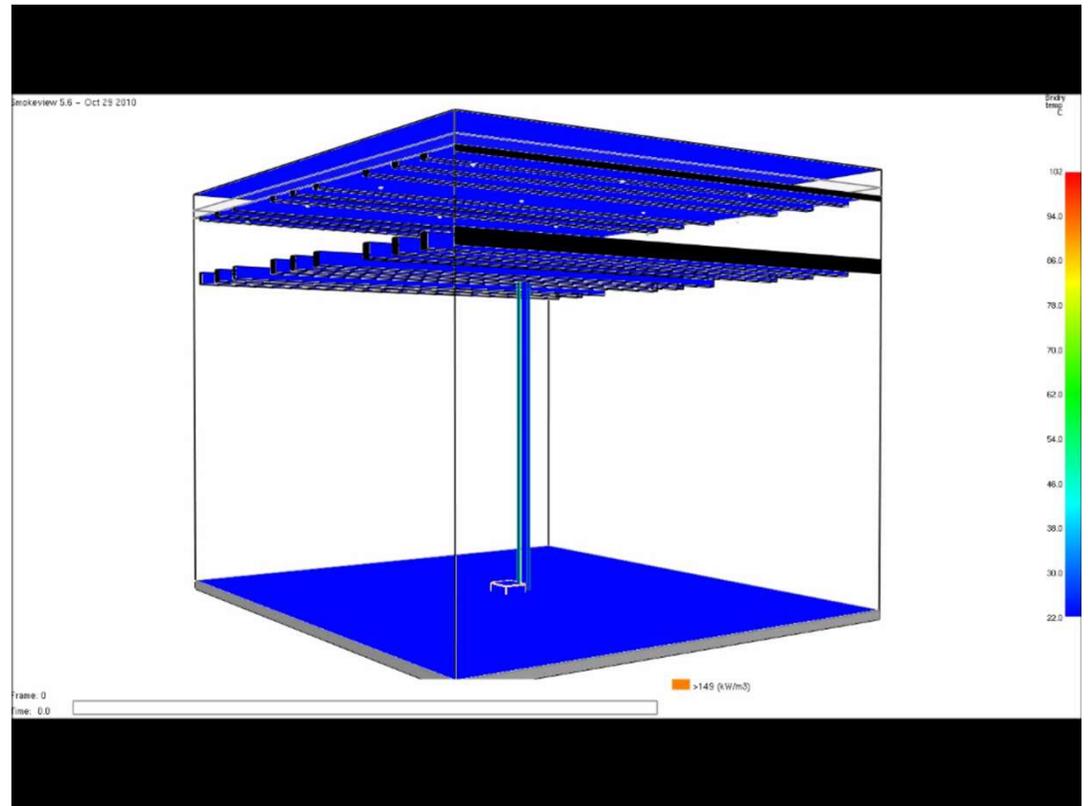
Élévation de température (suite)

L'évaluation de la hausse de température peut servir à estimer la tenue en service des éléments de structure.

Les extraits de simulation ci-après présentent des cas d'évaluation de la hausse de température de colonnes et de fermes de toiture exposées aux effets d'un incendie.

Conception des bâtiments

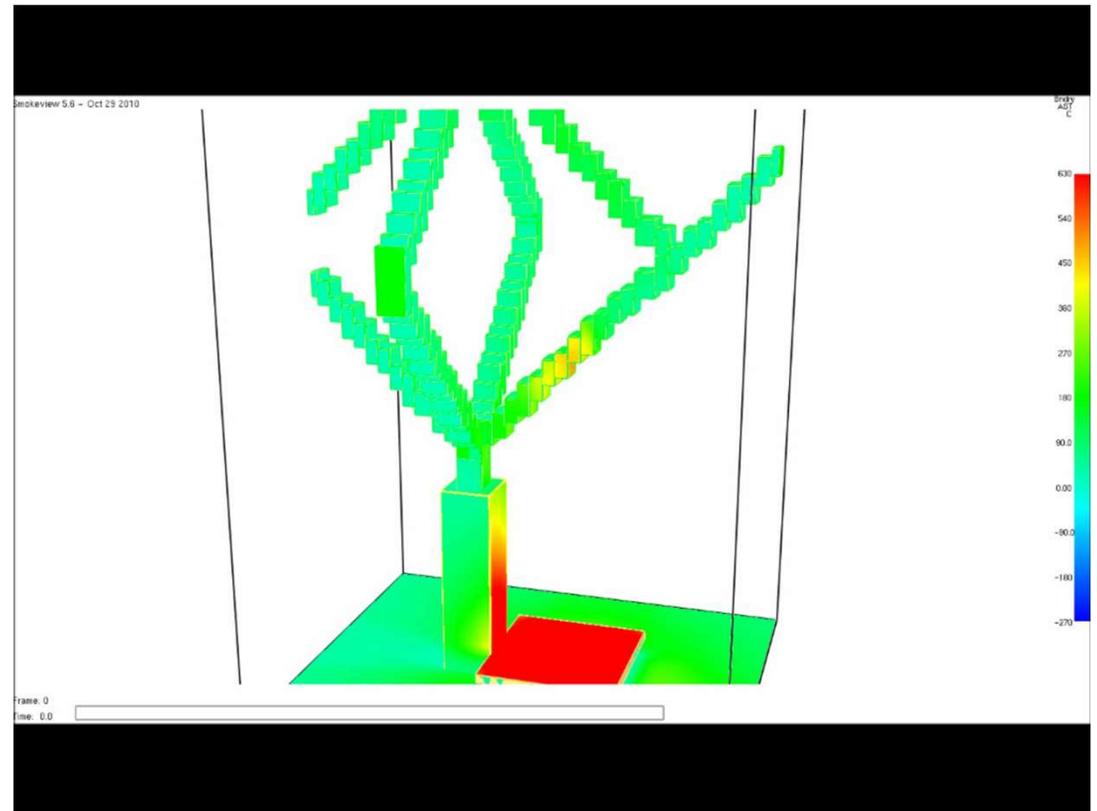
Température – structure (cas 1)



Technorm Inc.

Conception des bâtiments

Température – structure (cas 1)



Technorm Inc.

Conception des bâtiments

Détecteurs de chaleur et fumée

Les simulations numériques peuvent servir d'outils pour comparer la performance de divers types de systèmes de détection d'incendie.

La simulation ci-après présente un cas d'emplacement optimal de détecteurs de chaleur et avertisseurs de fumée dans une unités de condominiums dont les distances de parcours sont trop élevées.

Conception des bâtiments

Détection chaleur et fumée



Technorm Inc.

Conception des bâtiments

Contrôle des fumées

Les simulations numériques peuvent servir d'outils pour comparer la performance de divers types de systèmes de contrôle de fumée.

La simulation ci-après présente un cas de gestion de la fumée dans un théâtre avec l'utilisation d'évacuateurs motorisés.

Conception des bâtiments

Contrôle des fumées – Théâtre 1



Technorm Inc.

Conception des bâtiments

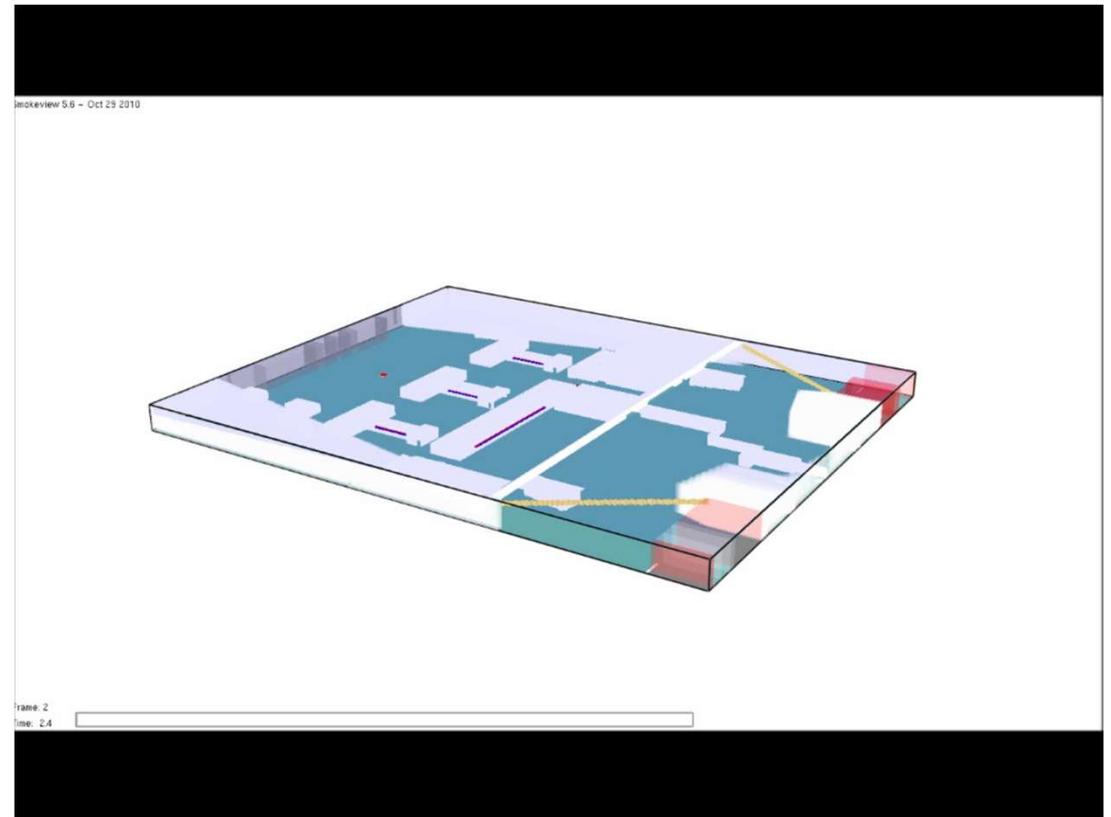
Contrôle des fumées (suite)

Au-delà du respect des exigences réglementaires, l'outil qu'est la simulation numérique permet d'évaluer les risques associés à la construction de bâtiments hors normes.

L'exemple de simulation ci-après illustre une analyse des conditions environnementales auxquelles sont exposés les occupants d'une large gare aéroportuaire, où les distances de parcours à l'issue sont importantes.

Conception des bâtiments

Contrôle des fumées - Aérogare



Technorm Inc.

Conception des bâtiments

Exemples de bois massif

- Classe avec un plafond en CLT partiellement apparent (Code vs solution de rechange)



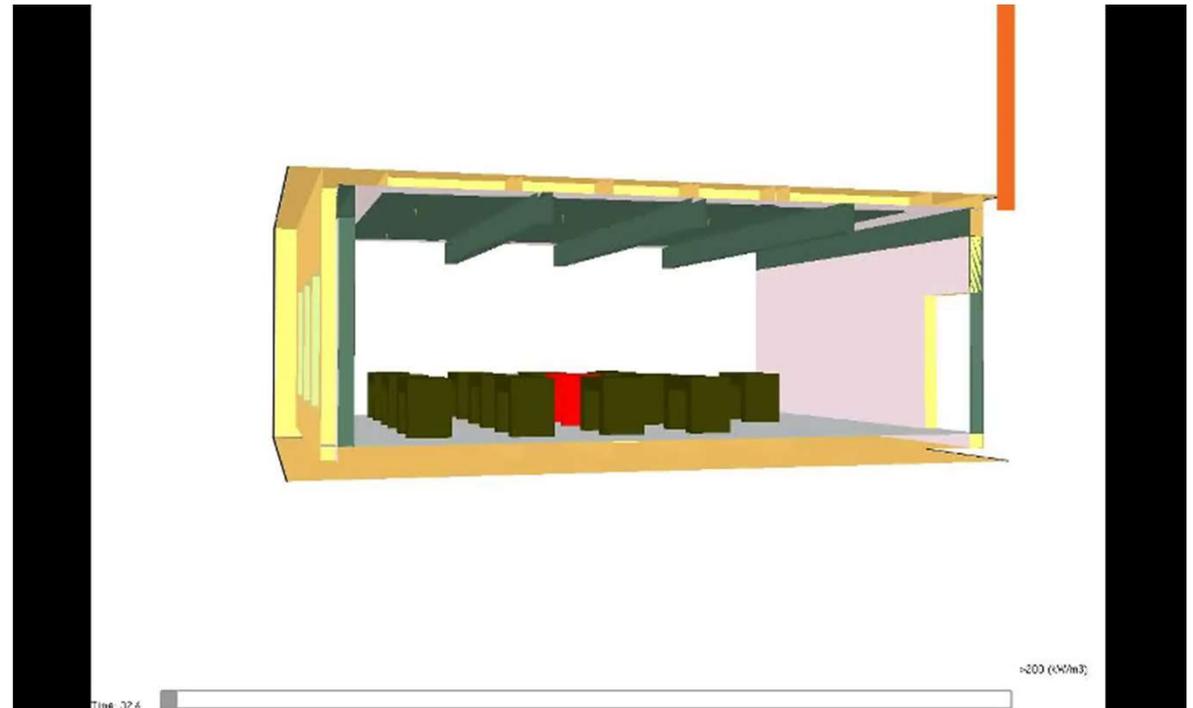
Image 00

Technorm Inc.

Conception des bâtiments

Exemples de bois massif

- Classe avec un plafond en CLT partiellement apparent

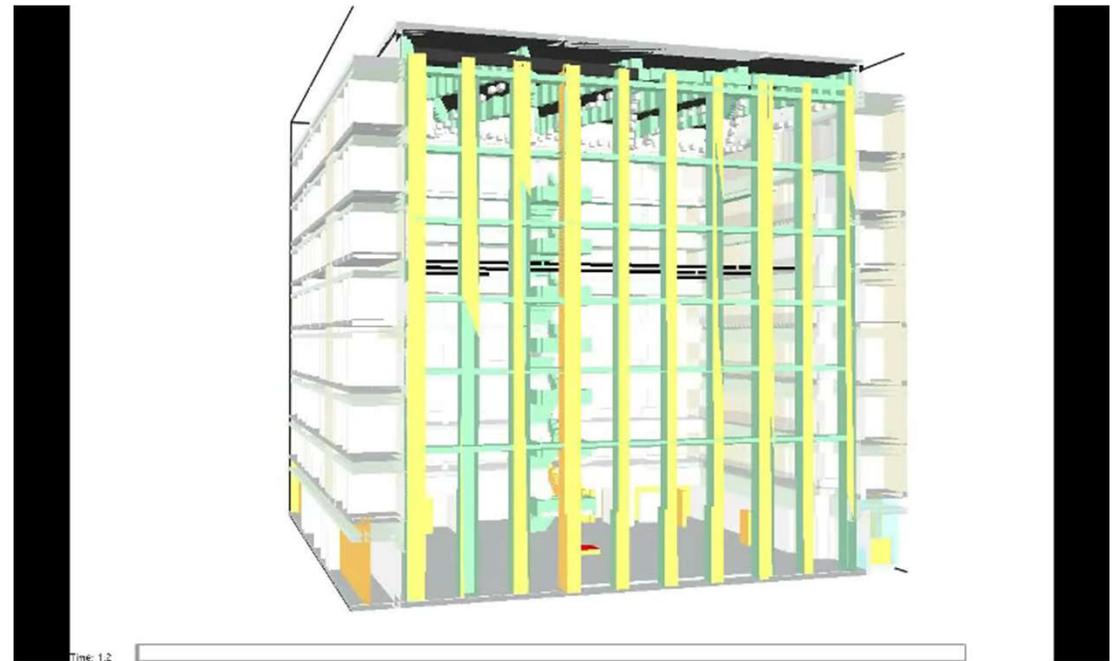


Technorm Inc.

Conception des bâtiments

Exemples de bois massif

- Atrium (bâtiment de bureaux de 14 étages) avec structure portante (colonnes et toitures) et pontage en bois apparent

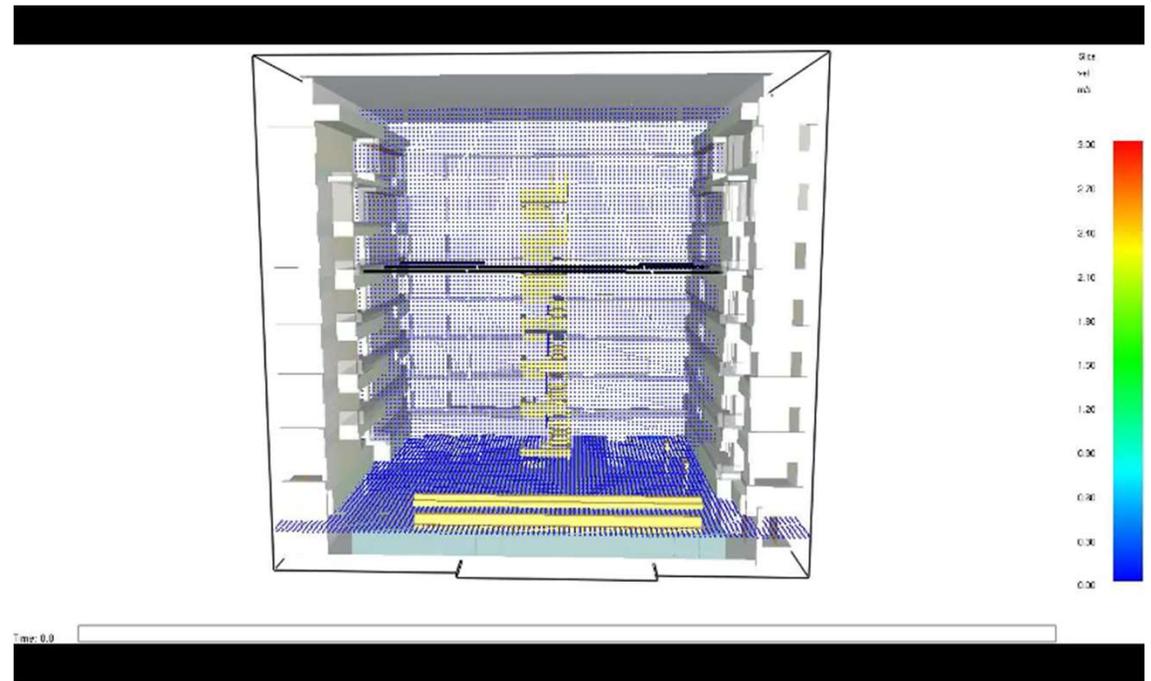


Technorm Inc.

Conception des bâtiments

Exemples de bois massif

- Atrium (bâtiment de bureaux de 14 étages) avec structure portante (colonnes et toitures) et pontage en bois apparent

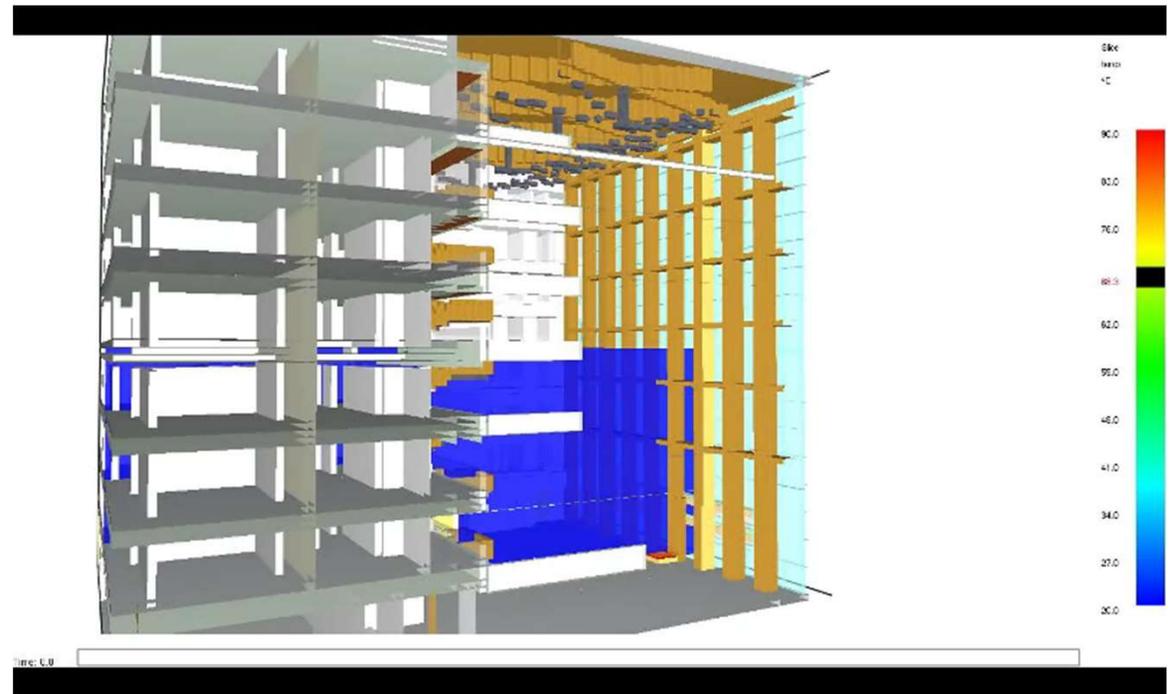


Technorm Inc.

Conception des bâtiments

Exemples de bois massif

- Atrium (bâtiment de bureaux de 14 étages) avec structure portante (colonnes et toitures) et pontage en bois apparent



Des questions ?



Votre avis est important pour nous!

Un sondage d'appréciation de la formation vous a été transmis par courriel.

Besoin d'autres formations?

Consultez le site formation.technorm.ca ou contactez formation@technorm.ca

Vous souhaitez recourir aux services de Technorm?

Pour tout mandat de consultation d'un projet en conception ou d'expertise concernant un bâtiment construit ou un litige, contactez info@technorm.ca