ADIVbois
IMMEUBLES À VIVRE BOIS
UN PROJET EN MOUVEMENT

Cahier des charges pour

Etude paramétrique des conditions d'auto-extinction du bois structural dans un local

Version 29 novembre 2019

ADIVbois / Association pour le Développement des Immeubles à Vivre Bois / 120 av. Ledru Rollin – 75011 PARIS Tél. : 01 44 68 18 26 / e-mail : info@adivbois.org

ADIVbois
www.adivbois.org

CODIFAB
comité professionnel de développement des industries françaises de l'ameublement et du bois

Sommaire

1 Objet / Objectifs de l'étude 3
2 Données d'entrée et définition des locaux à étudier 3
3 Phasage des études 4
3.1 Phase 1 : Calcul préliminaire en modèle 3D 4
3.2 Phase 2 : Modèle simplifié d'échanges thermiques 6
3.3 Phase 3 : vérification par modèle de calcul avancé du développement du feu 7
3.4 Phase 4 : Présentation des résultats 8
4 Livrables / attendus 8
5 Délais d'étude / Equipe 8
5.1 Délais d'études 8
5.2 Suivi de la prestation 8
5.3 Compétences / références de l'équipe 8
6 Présentation de l'offre 9

1 Objet / Objectifs de l'étude

L'objet de l'étude est de définir les conditions conduisant à l'arrêt de combustion avec flammes vives, des éléments de bois structural en cas d'incendie dans un local.

L'objectif de cette étude est de disposer de diagrammes/tableaux permettant de vérifier de façon simple les conditions à respecter pour des bâtiments de bureaux et des appartements afin qu'il puisse être considéré que le bois structural apparent cessera sa combustion vive lorsque la charge incendie mobilière aura été consumée.

2 Données d'entrée et définition des locaux à étudier

Le local type est défini par :

- sa longueur (L)
- sa largeur (ℓ)
- sa hauteur (h)
- une ou deux fenêtres en façade (l_f x h_f) avec une hauteur de linteau de 50 cm (ou 100 cm si h > 3 m)
- une porte sur la paroi opposée à la façade (l_p x h_p), ouverte ou fermée

La typologie de structure à considérer est constituée de poteaux/poutres bois ou dérivés, avec planchers, closions et murs en CLT. Donc avec la structure du bâtiment 100 % en bois ou dérivé, protégée ou non.

Les autres paramètres à prendre en compte sont la quantité de la charge d'incendie (CI) (avec l'évolution du débit calorifique en fonction du temps) et la présence de vent (v).

La plage de variation de ces différents facteurs est :

- local
  - L de 3 m à 16 m
  - ℓ de 3 m à 18 m
  - h de 2,5 m à 2,70 m
- fenêtre(s)
  - pour appartement : de 15 % à 20 % de la surface habitable
  - pour bureau : de 40 à 60% de la surface en façade
  - .
- porte
  - l_p 0,90 m ou 1,40 selon dimension du local
  - h_p 2,0 m
- La valeur de la charge incendie mobilière prise en compte : 740 MJ/m² pour bureaux et 930 MJ/m² pour logement (selon Eurocode 1- 1.2 – correspondant au quantile à 90%), avec variantes pour charge incendie 2 fois moins importante, et charge incendie au quantile à 95%.

Les modalités de calcul pour l'étude paramétrique se feront sur la base de modèles simplifiés.

Un modèle 3D (CFD) sera utilisé :

- Pour la phase 1 de l'étude, sur quelques cas pour s'assurer de la faisabilité technique permettant de mettre en évidence les phénomènes recherchés et d'identifier les paramètres principaux de l'étude paramétrique. Ces quelques cas devront être représentatifs de présence mais également d'absence de l'auto-extinction permettant de s'assurer de la bonne estimation des phénomènes physiques associés.
- Pour la phase 3, après l'étude paramétrique, sur quelques cas pour vérifier la pertinence des résultats de l'étude paramétrique. Ces quelques cas seront choisis comme cas représentatifs de l'absence d'auto entretien de la combustion.

Les méthodes de calcul tiendront compte des travaux de recherche précédents tels que :

- Résultats des travaux sur la faisabilité de l'approche ISI
- Guide pour l'application de l'ingénierie de la sécurité incendie aux bâtiments en bois.

3 Phasage des études

3.1 Phase 1 : Calcul préliminaire en modèle 3D

Cette phase 1 consiste à réaliser des calculs préliminaires avec un modèle 3D permettant de visualiser des cas conduisant à l'auto-extinction de la combustion et des cas d'entretien de la combustion des éléments bois en phase de refroidissement.

Un local sera choisi en modifiant le paramètre de la charge combustible (contribuant à la durée du foyer et contribuant à l'état d'échauffement de l'environnement lors du démarrage de la phase de refroidissement), et en utilisant différents cas de présence d'éléments bois (linéaire, surfacique, vertical, horizontal) représentant la quantité de bois apparent. Dans tous les cas les parois vertical et plafond seront en bois de 20 cm d'épaisseur, les poteaux en section 48 cm x 48 cm et les solives en section 20 cm x 30 cm.

Le prestataire pourra éventuellement se référer aux cas suivants, dont il devra néanmoins justifier le bien fondé.

Cette vérification sera effectuée en prenant, pour chaque facteur (voir § 2), leurs valeurs suivantes :

- Cas 1a : local de L=3m, l=3m, h=2,50 m, 2 parois perpendiculaire à la façade apparentes, une ouverture en façade de 1,5 m², CI = 465 MJ/m², vent = 0 m/s, porte fermée
- Cas 1b : local de L=3m, l=3m, h=2,50 m ,2 parois perpendiculaire à la façade apparentes, une ouverture en façade de 1,5 m², CI = 465 MJ/m², vent = 0 m/s, porte ouverte

- Cas 1c : local de L=3m, l=3m, h=2,50 m ,2 parois perpendiculaire à la façade apparentes, une ouverture en façade de 1,5 m², CI = 930 MJ/m², vent = 0 m/s, porte ouverte
- Cas 1d : local de L=3m, l=3m, h=2,50 m ,2 parois perpendiculaire à la façade apparentes, une ouverture en façade de 1,5 m², CI = 930 MJ/m², vent = 10 m/s, porte ouverte
- Cas 1 e : local de L=3m, l=3m, h=2,50 m ,2 parois perpendiculaire à la façade apparentes, une ouverture en façade de 1,5 m², CI = logement – quantile à 95% MJ/m², vent = 0 m/s, porte ouverte

- Cas 2a : local de L=16m, l=18m, h=2,70 m ,2 parois perpendiculaire à la façade apparentes, une ouverture en façade de 17 m², CI = 370 MJ/m², vent = 0 m/s, porte fermée
- Cas 2b : local de L=16m, l=18m, h=2,70 m ,2 parois perpendiculaire à la façade apparentes, une ouverture en façade de 17 m², CI = 370 MJ/m², vent = 0 m/s, porte ouverte
- Cas 2c : local de L=16m, l=18m, h=2,70 m ,2 parois perpendiculaire à la façade apparentes, une ouverture en façade de 17 m², CI = 740 MJ/m², vent = 0 m/s, porte ouverte
- Cas 2d : local de L=16m, l=18m, h=2,70 m ,2 parois perpendiculaire à la façade apparentes, une ouverture en façade de 17 m², CI = 740 MJ/m², vent = 10 m/s, porte ouverte
- Cas 2 e : local de L=16m, l=18m, h=2,70 m ,2 parois perpendiculaire à la façade apparentes, une ouverture en façade de 17 m², CI = bureau – quantile 95%, vent = 0 m/s, porte ouverte

- Cas 3a : local de L=3m, l=3m, h=2,50 m, plafond et 1 paroi perpendiculaire à la façade apparentes, une ouverture en façade de 1,5 m², CI = 465 MJ/m², vent = 0 m/s ou 10 m/s (selon cas jugé le plus défavorable dans le cas 1), porte fermée/ouverte (selon cas jugé le plus défavorable dans le cas 1)
- Cas 3b : local de L=16m, l=18m, h=2,70 m, plafond et 1 paroi perpendiculaire à la façade apparentes, une fenêtre de17 m², CI = 370 MJ/m², vent = 0 m/s ou 10m/s (selon cas jugé le plus défavorable dans le cas 1), porte fermée/ouverte (selon cas jugé le plus défavorable dans le cas 2)
-
- Cas 4a : local de L=16m, l=18m, h=2,7 m, plafond et 1 paroi perpendiculaire à la façade apparentes, une ouverture en façade de 26 m², CI = 370 MJ/m², vent = 0 m/s ou 10m/s (selon cas jugé le plus défavorable dans le cas 1), porte fermée/ouverte (selon cas jugé le plus défavorable dans le cas 2)
- Cas 4b : local de L=16m, l=18m, h=2,70 m, plafond et 1 paroi perpendiculaire à la façade apparentes, une ouverture en façade de 26 m², CI = 740 MJ/m², vent = 0 m/s ou 10m/s (selon cas jugé le plus défavorable dans le cas 1), porte fermée/ouverte (selon cas jugé le plus défavorable dans le cas 2)

- Cas 5a : local de L=3 m, l=3 m, h=2,50 m, ¾ longueur du plafond[1] et 1 paroi perpendiculaire à la façade apparentes, une ouverture en façade de 1,5 m², CI = 465 MJ/m², vent = 0 m/s ou 10 m/s (selon cas jugé le plus défavorable dans le cas 1), porte fermée/ouverte (selon cas jugé le plus défavorable dans le cas 1)
- Cas 5b : local de L=16 m, l=18 m, h=2,70 m, ¾ longueur du plafond[1] et 1 paroi perpendiculaire à la façade apparentes, une ouverture en façade de 26 m², CI = 740 MJ/m², vent = 0 m/s ou 10m/s (selon cas jugé le plus défavorable dans le cas 1), porte fermée/ouverte (selon cas jugé le plus défavorable dans le cas 2)

- Cas 6a : local de L=3 m, l=3 m, h=2,50 m, parois de plafond et de cloisonnement protégées, une fenêtre de ouverture en façade de 1,5 m², CI = 465 MJ/m², vent = 0 m/s ou 10 m/s (selon cas jugé le plus défavorable dans le cas 1), porte fermée/ouverte (selon cas jugé le plus défavorable dans le cas 1) –poteaux apparents situés à la périphérie du local et solives de plancher apparentes situées à entraxe de 1,20 m
- Cas 6b : local de L=16 m, l=18 m, h= 2,70 m, parois de plafond et de cloisonnement protégées, une ouverture en façade de 26 m², CI = 740 MJ/m², vent = 0 m/s ou 10 m/s (selon cas jugé le plus défavorable dans le cas 1), porte fermée/ouverte (selon cas jugé le plus défavorable dans le cas 1) –poteaux apparents sur une trame de 5m x 5m, et solives apparentes d'entraxe de 0,60 m, 0,80 m, 1,00 m, 1,20 m et 1,35 m (soit un écart relatif évolutif sur la longueur du local).

Ces quelques cas doivent permettre d'identifier les phénomènes physiques mis en jeu pour l'arrêt de combustion vive des bois structuraux et les grandeurs associées (dont le temps d'atteinte du flash-over, l'épaisseur de bois structural pour les isothermes 100, 200 et 300°C à l'arrêt de combustion vive….).

3.2 Phase 2 : Modèle simplifié d'échanges thermiques

Afin d'évaluer les effets de tous les principaux paramètres, pour un champ d'investigation couvrant, au moins, la plage de variation des paramètres indiqué au § 2, un modèle simplifié sera développé.

Basé sur un modèle de développement de feu généralisé, dit modèle 1 zone, le modèle simplifié, qui a pour objectif de déterminer les limites d'auto-extinction des éléments structuraux en bois, devra tenir compte de l'ensemble des paramètres contribuant à l'action thermique en phase d'extinction de l'incendie, notamment :

- Les échanges radiatifs entre les parois et l'élément bois apparent étudié : Il s'agira de différencier les parois verticales et le plafond, du sol,
- Les apports de chaleur dus à l'ensemble des éléments bois susceptibles d'être encore en combustion,
- Les éventuelles interactions entre éléments bois en termes d'échanges thermiques.

[1] Le ¼ protégé du plafond, se trouvant au contact de la paroi verticale apparente

Le modèle simplifié pourra s'inspirer des échanges par rayonnement entre deux surfaces, prenant en compte le facteur de vue tel que présenté en annexe G de l'EN 1991-1.2.

La propagation à un local voisin, par une porte de communication, peut aussi induire des échanges thermiques via la transition des gaz de combustion. Une évaluation de ces effets sera intégrée dans l'analyse réalisée.

Il sera vérifié la possibilité de simplifier les conditions de transfert thermique entre surfaces planes rayonnantes, (incluant la couche de gaz chauds supérieure et les effets convectifs) qu'elles soient parallèles ou perpendiculaires, proches ou éloignées l'une de l'autre. Ceci concernera donc les parois (plafonds et cloisons/murs) et les éléments linéaires (poutres/ poteaux) sachant qu'il sera considéré, dans cette étude, qu'il n'y aura pas concomitance entre parois apparentes et éléments linéaires apparents.

Les cas étudiés seront basés sur la liste des paramètres indiqués au chapitre 2.

Les éventuels paramètres de calage mis en évidence pourront être ajustés sur la base des calculs 3D réalisés en phase 1.

Il est demandé dans cette phase 2 de rappeler :

- La pertinence du modèle de calcul de simulation numérique du développement du feu qui sera utilisé vis-à-vis des phénomènes physiques modélisés, notamment en tenant compte de comparaison entre résultats numériques et résultats expérimentaux représentatifs des cas de l'étude,
- Les éventuels paramètres ou données d'entrée utilisés dans l'étude,
- Les limites du modèle utilisé.

Deux réunions avec la commission de suivi seront effectuées, l'une pour présenter les fondements du modèle simplifié utilisé, compte tenu des résultats de la phase 1, et l'autre pour présenter les résultats obtenus dans cette phase 2.

3.3 Phase 3 : vérification par modèle de calcul avancé du développement du feu

Un modèle de calcul de champ sera utilisé pour simuler quelques cas, judicieusement extraits des calculs paramétriques de développement du feu dans le local (de la phase 2) pouvant prendre en compte les conditions de participation des surfaces en bois (dégradation du bois à température élevée), telles que présentées dans le rapport d'étude sur la faisabilité ISI (voir références au § 2).

Les cas retenus pour l'étude 3D seront présentés et validés par la commission de suivi avant de lancer les calculs spécifiques. Un minimum de 4 cas sera retenu.

Dans le cas de différences notables entre les résultats de l'étude simplifié et de l'étude avancée, les paramètres de l'étude paramétrique seront revus et l'étude paramétrique relancée.

3.4 Phase 4 : Présentation des résultats

Les résultats devront être présentés sous une forme facilement utilisable par les bureaux d'études. Ce pourra être, par exemple, des diagrammes exprimant les conditions de l'atteinte de l'auto-extinction, en fonction de :

- Distance entre 2 parois parallèles par rapport à leur hauteur,
- Longueur protégée/longueur non protégé d'un plafond, par rapport à longueur protégée d'un plafond/hauteur de la paroi perpendiculaire,
- Distance minimale entre deux poutres ou deux poteaux en fonction de leurs dimensions de section droite,
- ….

4 Livrables / attendus

- Supports de présentation de chacune des phases 1 à 3
- Rapport complet des travaux effectués et résultats obtenus, pour chaque phase
- Rapport final synthétique de l'ensemble des phases, pour diffusion
- Support de présentation des réunions de suivi

5 Délais d'étude / Equipe

5.1 Délais d'études

Le délai de l'étude est fixé à 6 mois.

5.2 Suivi de la prestation

L'étude sera suivie par l'Atelier Incendie de la Commission Technique d'ADIVBOIS. Les points intermédiaires suivants sont prévus

- T_0+2mois → présentation des résultats du modèle 3D de la phase 1 et des bases du modèle simplifié

- T_0+4 mois → présentation des résultats de l'étape 2

- T_0+5 mois → Présentation des résultats de la phase 3

- T_0+6 mois → Présentation de la schématisation des résultats de la phase 4 et du rapport final.

5.3 Compétences / références de l'équipe

Le dossier de réponse à la présente consultation devra présenter l'équipe qui sera mobilisée pour réaliser l'étude et démontrer que l'équipe :

- comprend, au minimum un spécialiste des techniques d'ingénierie incendie du développement de l'incendie pour des ouvrages en bois et un spécialiste de l'ingénierie du comportement au feu des structures en bois,
- A déjà été impliquée dans des études similaires pour des ouvrages en bois, avec références.

6 Présentation de l'offre

Le dossier de réponse doit contenir les éléments suivants :

- Equipe/référence,
- Méthodologie d'étude,
- Planning de l'étude,
- Proposition financière.