

Référence : 22-001105C-GAU
Affaire : 22-001105-EOV

RÉALISATION D'ESSAIS INCENDIE RÉELS SOUS SYSTÈME D'EXTINCTION AUTOMATIQUE SUR MAQUETTE CLT/BLC ÉCHELLE 1

CAHIER DES CHARGES DES ESSAIS

Client demandeur WO2

Référence et date de commande Lette commande du 30/05/2022

Projet Projet ARBORETUM (Paris La Défense)



Date : 06 Mai 2022
Indice de révision : B
Nombre de pages : 12

Auteur(s) :
Gildas AUGUIN

SUIVI DES MODIFICATIONS

Indice de révision	Date	Modifications
A	14/04/2022	Version initiale
B	06/05/2022	Intégration remarques et commentaires LISI et WO2

Ce document annule et remplace toutes les versions précédentes

SOMMAIRE

1. Objet du document	4
2. Documents de référence	4
3. Expression du besoin	4
3.1.Éléments de contexte	4
3.2.Configuration constructive à considérer	5
4. Traduction du besoin	6
4.1.Objectifs de performance	6
4.2.Représentativité de la maquette.....	6
4.3.Nombre de configurations à tester	8
4.4.Critères de performance.....	8
4.5.Foyer d'incendie	9
5. Principes expérimentaux à considérer	10
5.1.Foyers.....	10
5.2.Localisation des zones d'essais dans la maquette	11
5.3.Instrumentation dédiée pendant les essais	12
5.4.Conditions initiales.....	12

1. OBJET DU DOCUMENT

Cette note, basée sur l'expression du besoin de WO2 [3], a pour objet de définir le cahier des charges des conditions de réalisation d'essais d'évaluation de systèmes d'extinction à eau (SFEAE) en bâtiment « Bois » permettant ainsi de répondre à la doctrine de la Préfecture de Police de Paris [4].

2. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

- [1] Réunions WO2/LISI/Efectis du 29/03/2022, 06/04/2022 et 13/04/2022
- [2] Plan Maquette WO2 Réf 20220405 Essai BE WO2 Pas à Pas v2.3 du 05/04/2022
- [3] Cahier des charges d'essais document WO2 du 2022 03
- [4] Doctrine pour la construction des immeubles en matériaux biosourcés et combustibles. Préfecture de Police de Paris, 20/07/2021
- [5] NF EN 1991-1-2/NA, Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-2 : actions générales - Actions sur les structures exposées au feu » - Annexe nationale à la NF EN 1991-1-2 - Actions sur les structures exposées au feu - Février 2007
- [6] NF EN 12845+A1 Installations fixes de lutte contre l'incendie - Systèmes d'extinction automatique du type sprinkler - Conception, installation et maintenance, Décembre 2019
- [7] NF EN 14972-1 Installations fixes de lutte contre l'incendie - Systèmes à brouillard d'eau – Partie 1 : Conception, installation, inspection et maintenance, Décembre 2020
- [8] NF EN 14972-3 Installations fixes de lutte contre l'incendie - Systèmes à brouillard d'eau – Partie 3 : Protocole d'essai des systèmes à buses automatiques pour bureaux, écoles et hôtels, Décembre 2020
- [9] SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering. National Fire Protection Association. 5th Ed. 2016

3. EXPRESSION DU BESOIN

3.1. ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

Le promoteur immobilier WO2 prévoit plusieurs programmes de construction de bâtiments de bureaux en open-space de très grandes dimensions (compartiments allant jusqu'à 1000m²) avec un schéma constructif type, incluant des plafonds en CLT, un faux-plafond en bois de faible épaisseur, des poteaux en bois lamellé-collé et des façades à ossature bois.

Au regard de la doctrine de la Préfecture de Police de juillet 2021, les éléments de structure en bois apparent (plafonds, parois, poteaux, poutres, solives...) doivent être protégés, soit par un encapsulage avec un produit de protection au feu passif, soit par un système d'extinction automatique à eau.

WO2 envisage la mise en place d'un système d'extinction de type sprinkler ou brouillard d'eau suivant des spécifications d'implantation particulière de têtes/buses¹ side-wall tous les 2,7m, voire 5,4m pour arroser la zone latérale de façade dite de premier jour depuis le plénum. Des têtes/buses pendantes sont également prévues pour une zone centrale sous faux-plafond bois et dans le plénum lui-même.

Le dimensionnement et la conception d'un système sprinkler respecteront la norme NF EN 12845 [6]. Le dimensionnement et la conception d'un système brouillard d'eau respecteront la norme NF EN 14972 [7]. Cette norme est composée d'une série de normes dont la partie 1 définit les exigences minimales relatives à la conception, à l'installation et à la maintenance. Les parties suivantes (2 à 17) définissent les essais de référence en fonction des types de risques à couvrir. À ce titre le design du système brouillard d'eau doit monter son niveau de performance :

- soit suivant les essais de référence définis dans les annexes de la norme NF EN 14972 [7],
- soit suivant un protocole d'essais au feu représentatif et adapté au risque donné répondant aux exigences de l'Annexe A de la norme NF EN 14972 [7].

En l'absence de données d'essais spécifiques par les installateurs en présence de bois structural exposé et de grands volumes type open-space, et dans un objectif de démonstration auprès des autorités, WO2 a

¹ Le terme de buse fait référence aux systèmes brouillard d'eau, alors que pour un système sprinkler on emploie le terme de tête.

demandé que les prestataires réalisent des essais de démonstration avec feux réels dans une maquette représentative de la situation et des configurations rencontrées ce, tant pour le système d'extinction par sprinkler que pour les technologies brouillard d'eau.

Dans la mesure où la protection par SFEAE des structures bois présente un intérêt de portée générale, le CODIFAB s'est associé à l'étude.

3.2. CONFIGURATION CONSTRUCTIVE À CONSIDÉRER

L'ouvrage à considérer est un bâtiment de bureaux multi-étagés avec des surfaces de plateaux de 1000 m². La structure porteuse est composée de mur ossature bois encapsulé, de poteaux de façade et intérieurs en lamellé-collé et de planchers CLT. L'entraxe entre poteaux de façade est de 2,7 m, et de 5,4 m en intérieur. Les planchers CLT sont constitués de panneaux de 180 à 240 mm d'épaisseur (5 plis). Les façades seront largement vitrées sans linteau ; elles sont de 2 types : soit mur rideau sans allège sur la façade pignon, de largeur 18 m ; soit Façade Ossature Bois (FOB) sur les longs pans, avec allège de 0,60 m et taux d'ouverture de 60 %.

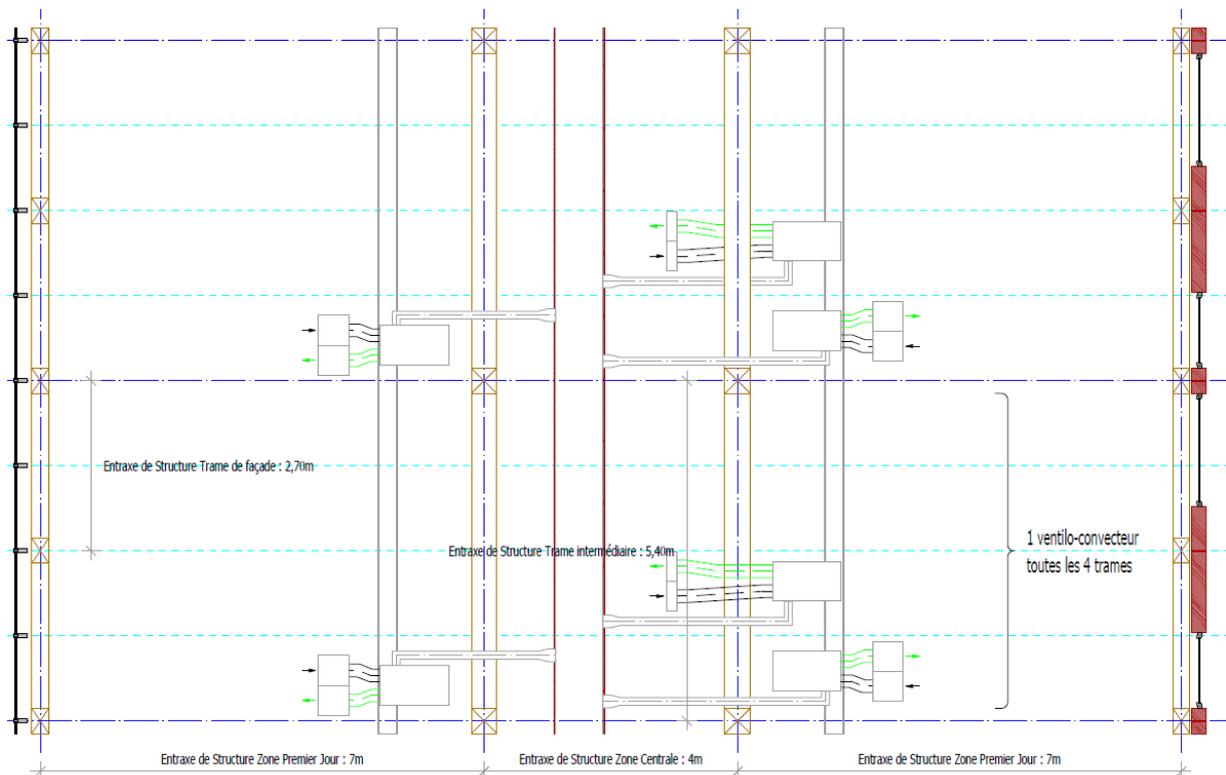


Figure 3-1 : Vue en plan d'un niveau du bâtiment projet

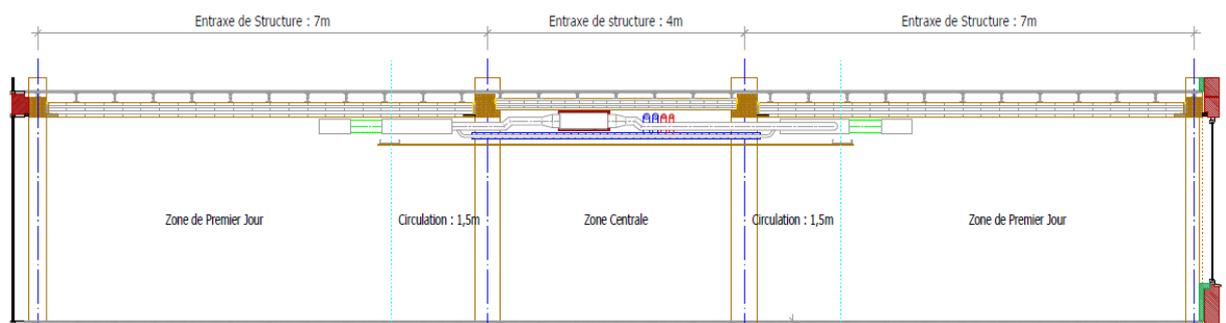


Figure 3-2 : Vue en coupe d'un niveau du bâtiment projet

4. TRADUCTION DU BESOIN

4.1. OBJECTIFS DE PERFORMANCE

Efectis estime que les objectifs généraux de performance à atteindre par le système d'extinction sont :

- Sa capacité à contrôler le développement d'un départ de feu en présence de bois de structure exposée,
- De s'assurer de la participation limitée du bois de structure avec des épaisseurs de carbonisation pas plus importantes que l'épaisseur de carbonisations nécessaire au dimensionnement sous feu ISO sans SFEAE,
- De pouvoir justifier de ces performances pour des open-spaces d'au plus de 1000m².

4.2. REPRÉSENTATIVITÉ DE LA MAQUETTE

Afin de répondre à ces objectifs, Efectis propose de réaliser les essais au sein d'une maquette de 11 m de large correspondant à la largeur d'une zone de travail de 7 m en premier jour et d'une zone centrale de 4 m et de 27,7 m de long, soit 10 travées de 2,7 m. Cette configuration géométrique permettra de capter au moins 11 poteaux de façade et 6 poteaux en zone centrale, avec une implantation d'au moins 5 têtes/buses side-walls. La hauteur sous plafond est de 3,10m sous plancher CLT en 1^{er} jour, et 2,70 m sous faux-plafond, ce qui correspond à la géométrie du projet.

Pour correspondre au projet WO2, la façade long pan côté 1^{er} jour est fermée avec une FOB comportant des baies vitrées. Un des pignons est fermé avec une façade aveugle. Cette configuration permet de reproduire l'extrémité d'un plateau, là où le faux plafond est interrompu.

Le côté long pan de la maquette reconstituant la zone centrale (à l'opposé de la façade FOB) est prévu ouvert. Cependant, un linteau de 18,5 cm de hauteur en-dessous du niveau de plafond CLT de la bande centrale est mis en place. Cette configuration de maquette largement ouverte avec un linteau sur une seule face permet de reproduire la continuité de la couche chaude qui se prolongerait sur une plus grande surface pour un feu modéré de l'ordre de 3 à 4 MW maximum. Des rideaux sont ajoutés en bord de façade pour contrôler au besoin l'amenée d'air et/ou l'évacuation des fumées, ainsi qu'à distance de la façade pour la protection des effets du vent.

La structure de la maquette est en ossature bois avec des poteaux LC et un plafond en panneaux CLT. Les dimensions et épaisseurs du bois de structures du projet ne sont pas reproduites à l'identique du projet. En effet, l'utilisation de panneaux d'habillage en bois panneaux CLT 3 plis de 19 mm d'épaisseur autour des poteaux et sous le plafond CLT, (et également en faux plafond) permettent de retrouver les épaisseurs mobilisables de bois proches du projet pendant la durée d'un essai. Plus précisément, cette épaisseur superficielle par habillage bois est suffisante pour établir les effets de l'incendie et la contribution du bois lui-même sur une durée de foyer de 20 minutes sous système d'extinction. Lors d'essais réels avec foyer naturel calibré, des vitesses de carbonisation de l'ordre de 0,8 mm à 1,2 mm/min sans aspersion sont généralement observées. Une épaisseur maximale de carbonisation de l'ordre de 10 mm sont attendues. Cet habillage présente l'avantage également de permettre un remplacement facile et rapide entre chaque essai pour reproduire des conditions initiales identiques au début de chaque essai.

En outre, les conditions de ventilation forcée assurée par le système de ventiloconvecteurs pour le chauffage et la climatisation des espaces de bureaux, présents dans les plénums sont reproduites au droit des têtes/buses side-wall afin de recréer des conditions réelles et défavorables à l'activation des têtes/buses d'aspersion. Ainsi, deux diffuseurs injectant de l'air à 1 m/s sont mis en place sous le plénum en direction de la façade avec baies vitrées.

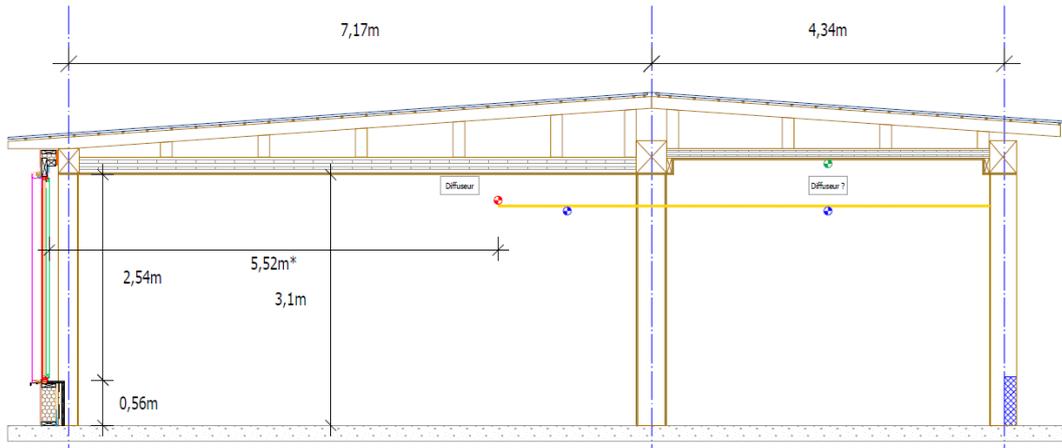


Figure 4-1 : Vue en coupe de la maquette

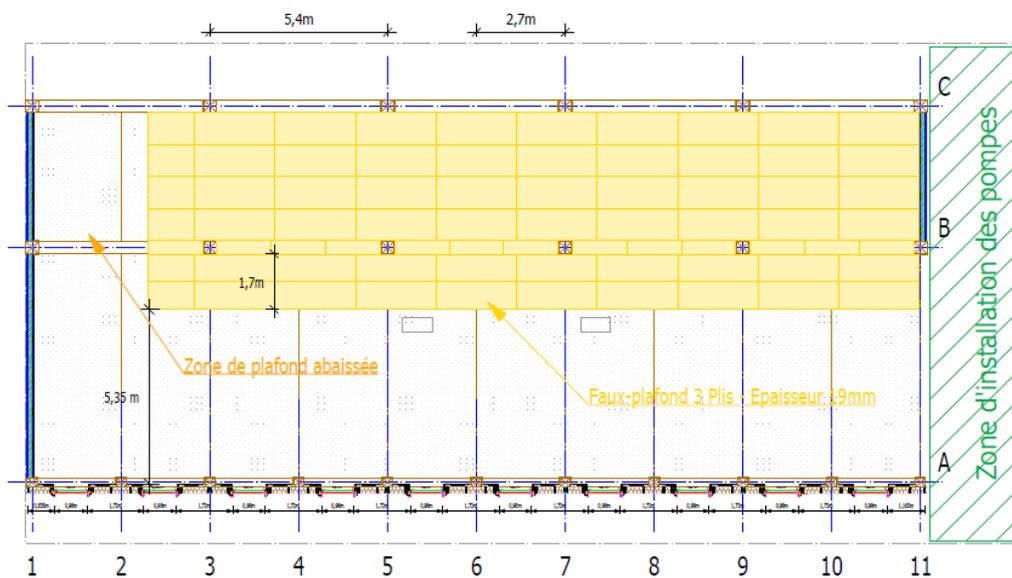


Figure 4-2 : Vue en plan de la maquette de 27m de long

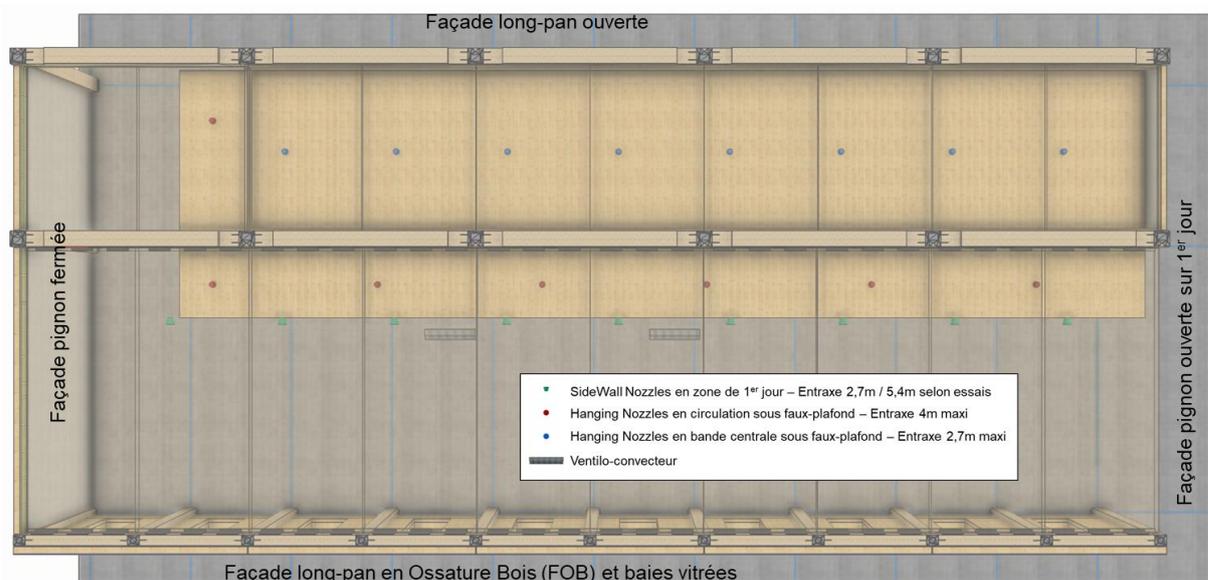


Figure 4-3 : Vue en plan de la disposition des têtes/buses d'aspersion

4.3. NOMBRE DE CONFIGURATIONS À TESTER

Au regard du cahier des charges, les configurations de SFEAE suivantes sont envisagées :

- Config 1 : têtes/buses SW² entraxe 2,70 m (foyer en zone 1^{er} jour à proximité de la baie vitrée) – position de la tête/buse en limite du faux-plafond de la circulation, soit à 5,52 m de la baie vitrée.
- Config 2 : têtes/buses SW entraxe 5,40 m – position de la tête/buse en limite du faux-plafond de la circulation, soit à 5,52 m de la baie vitrée (foyer en zone 1^{er} jour à proximité de la baie vitrée)
- Config 3 : têtes/buses SW en extrémité du plateau, avec foyer en zone 1^{er} jour à la distance la plus éloignée de la dernière tête/buse
- Config 4 : têtes/buses pendantes (foyer en zone centrale).

Les configurations 1 à 3 sont classées par ordre croissant d'exigence de performance du système testé.

Remarque : les essais avec un système d'extinction de type sprinkleur pourront fournir des résultats de référence pour une éventuelle comparaison quant à l'efficacité des systèmes, même si les normes actuelles ne prévoient pas de conception spécifique en présence de structure bois.

4.4. CRITÈRES DE PERFORMANCE

Il est nécessaire de définir des critères sur l'action du système d'extinction (contrôle, suppression, extinction) et sur la dégradation du bois de structure (surface impactée, profondeur carbonisation)

Capacité à contrôler un feu :

- Critères visuels
 - Au cours de l'essai : surface du foyer et hauteur de flammes n'augmentant plus (régime établi) pendant l'aspersion du SFEAE
 - Après essai : une partie du bûcher n'a pas brûlé
- Critères quantitatifs
 - Au cours de l'essai : températures du plafond stationnaires au-dessus du foyer et inférieures ou égales à la température mesurée juste avant activation du SFEAE,
 - Au cours de l'essai : puissance du foyer (débit de perte de masse) stationnaire ou réduite
 - Au cours de l'essai : températures du plafond éloignées du foyer (3m) stationnaires et inférieures ou égales à la température mesurée juste avant activation du SFEAE

Capacité à ne pas propager l'incendie :

- Critères visuels :
 - Au cours de l'essai : absence de propagation à des cibles (cellulosique, plastiques) situées à 1m autour du foyer pendant l'aspersion
- Critères quantitatifs :
 - Au cours de l'essai : températures des gaz inférieures à 200°C à 1,5m autour du foyer pendant l'aspersion

Capacité à limiter la contribution du bois structural (évaluation après essai) :

- Critères visuels
 - Surface de plafond carbonisée limitée à la zone du foyer
 - Surface de poteaux limitée au poteau au droit du foyer uniquement
- Critères quantitatifs :
 - Température sous plafond inférieures à 250°C en dehors de la zone du foyer
 - Épaisseur de carbonisation inférieure à la valeur attendue au même instant pour un feu ISO

² Side-Wall

4.5. FOYER D'INCENDIE

Les protocoles d'évaluation des systèmes d'extinction en brouillard d'eau pour des occupations de type bureaux, (cf. annexe A de la norme NF EN 14972 [8]) utilisent généralement des foyers réels avec la mise en œuvre de mobiliers de bureau, de quelques équipements électriques, voire d'éléments séparatifs. La charge calorifique avoisine les 400 MJ/m². Si cette approche apparaît très pragmatique, dans un esprit de représentativité réaliste, elle ne permet pas de garantir toutes les situations rencontrées notamment en présence de structure bois et obtenir un résultat suffisamment sécuritaire.

Selon les Eurocodes [5], le dimensionnement de foyers naturels pour une activité de bureau (hors IGH) en l'absence de système d'extinction conduit à considérer une densité de charge calorifique de 740MJ/m² (éq. 42kg/m² de bois) et une puissance surfacique de 250kW/m² pour une cinétique de développement de feu modérée (1MW en 5minutes avec une vitesse développement parabolique). Toutefois ce dimensionnement répond avant tout à une problématique de résistance au feu en s'intéressant surtout à l'obtention d'un feu généralisé dans le local et sur une durée importante et comparable à l'exigence de tenue au feu.

L'objectif ici lors des essais est d'évaluer la performance du système d'extinction pour un foyer primaire puissant susceptible de s'étendre aux éléments combustibles en plafonds et à la structure porteuse, avant l'activation du système d'extinction. Le foyer doit donc être défini de façon à atteindre un pic de puissance élevé, avec une montée rapide et pendant une durée d'essais de l'ordre de 20 à 30 minutes.

Le dimensionnement suivant est alors proposé :

- **Une charge calorifique de 500MJ/m²** suffisante pour les premiers instants de l'incendie et observer la capacité de contrôle/suppression/extinction du foyer par le système d'aspersion. Cette valeur est supérieure à la charge représentative du risque bureau selon le protocole de l'annexe A de la norme NF EN 14972 [8]. En outre, cette valeur est supérieure à la charge calorifique moyenne en bureaux sans système d'extinction fixée par les Eurocodes
- **Une surface modérée du foyer inférieure à 10m²** pour évaluer la réactivité et la capacité à contrôler un départ de feu ayant une forte puissance surfacique
- **Une cinétique de développement rapide voire très rapide** pour solliciter rapidement les éléments de structure bois adjacents au foyer afin de les faire contribuer.

5. PRINCIPES EXPÉRIMENTAUX À CONSIDÉRER

5.1. FOYERS

Afin de répondre aux spécifications définies au § 4.5, il est proposé d'employer un foyer en bûcher calibré en caillebotis de liteaux en pin. En se basant sur les équations du SFPE Handbook [9] et les caractéristiques des bûchers en termes de sections des liteaux, de nombre de couches, de nombre de liteaux par couches, il est possible de prédire dans la puissance attendue.

Afin de prémunir des risques et délais d'approvisionnement, il est proposé d'employer des liteaux en pin de 28x28mm² ou 27x38mm² de sections. Des bûchers de 13 niveaux de liteaux sont nécessaires avec environ 5 à 6 liteaux par mètre linéaire.

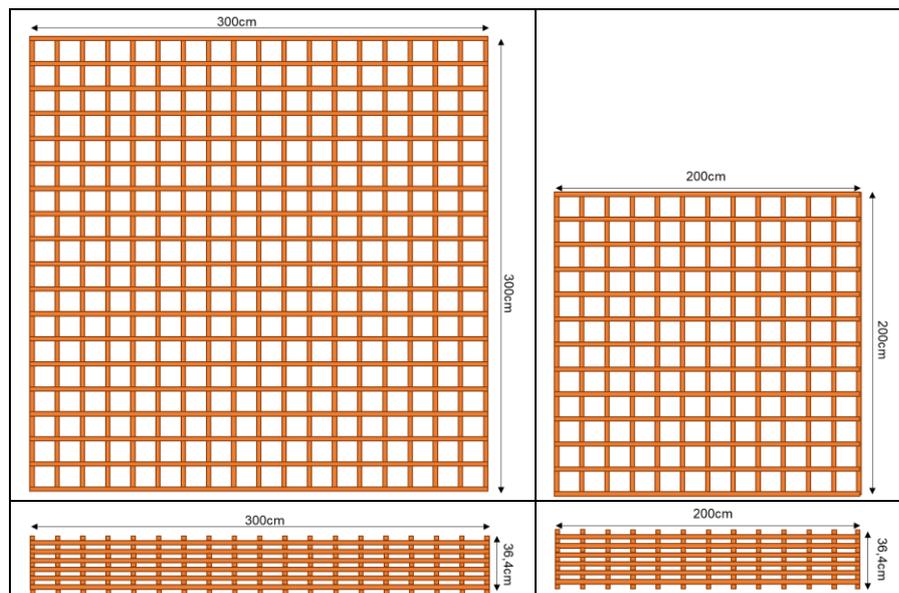


Figure 5-1 : Vue de dessus et de côtés des bûchers de bois 28x28mm²

Pour la zone de premier jour avec des têtes/buses SW à évaluer, un foyer de 9 m² est proposé. Pour la zone centrale avec des têtes/buses plus rapprochées un foyer de 4 m² est proposé. Avec 13 couches on obtient un foyer de 270kg et 120kg respectivement, soit environ 510 MJ/m². Une puissance de l'ordre de 9 MW en pic est attendue au bout de 3 à 4 minutes. Ce foyer sans aspersion doit durer 15 à 20 minutes (allumage sur un des côtés ou un angle).

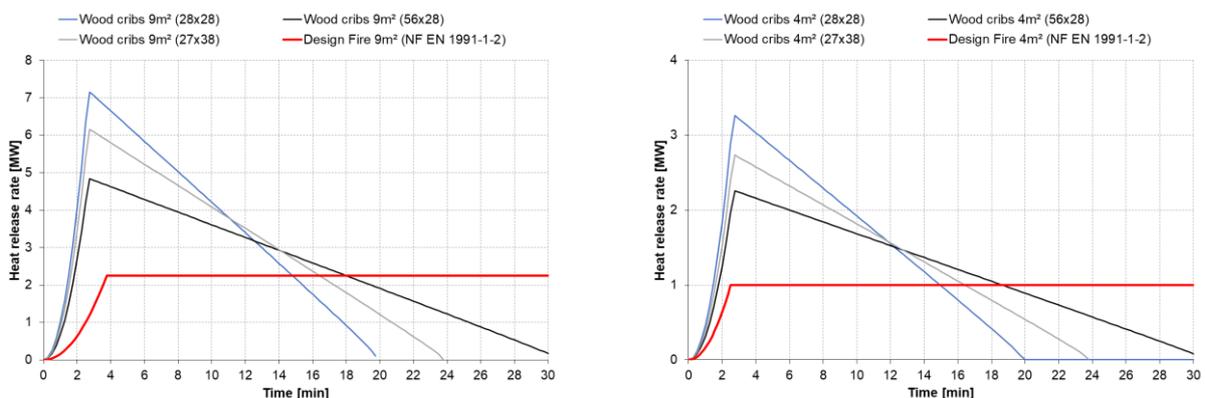


Figure 5-2 : Évolution des débits calorifiques des bûchers de bois envisagés

À noter que les foyers ont des caractéristiques de développement bien plus pénalisantes que le foyer de dimensionnement des Eurocodes (cf. courbe rouge sur la Figure 5-2) qui fixe une puissance surfacique de

250kW/m² pour une cinétique de développement de feu modérée (1MW en 5minutes avec une vitesse développement parabolique).

Une caractérisation du foyer libre sous hotte sera réalisée préalablement à la campagne d'essais pour valider et conforter le bûcher à employer. Il faut noter que la position du départ de feu du bûcher jouera sur le pic de puissance et le délai d'atteinte de celui-ci. Cet essai d'étalonnage permettra de s'assurer que le foyer retenu conduit à une puissance élevée suffisamment rapidement et ce, pendant une durée suffisante. Dans le cas contraire, le foyer pourra être modifié par exemple en augmentant le nombre de couches ou la section du litéau.

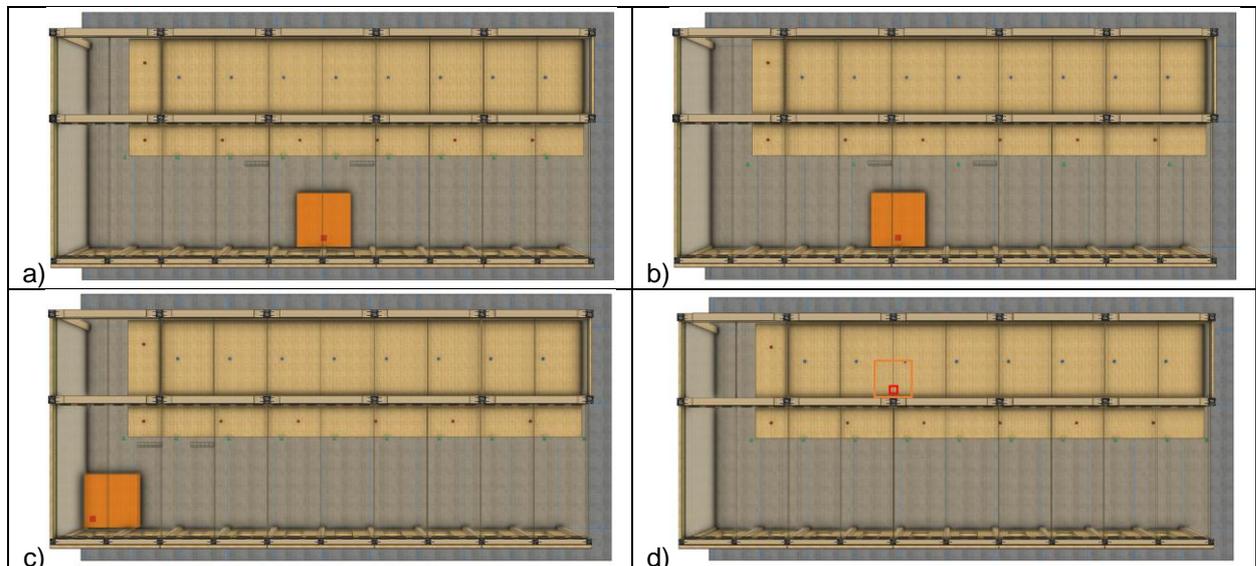
5.2. LOCALISATION DES ZONES D'ESSAIS DANS LA MAQUETTE

Pour la zone 1^{er} jour, le foyer de 9 m² est positionné devant un poteau de façade entre deux baies vitrées pour les configuration d'essais 1 et 2. L'allumage est effectué côté façade, au pied du poteau. Le même foyer est employé pour le feu en extrémité de plateau (configuration 3). L'allumage est alors effectué en coin.

Les baies à proximité du foyer sont ouvertes au début du feu pour prendre en compte cette situation réelle défavorable à l'activation des têtes d'aspersion. Elles peuvent être refermées après activation du SFEAE pour favoriser le confinement des gaz chauds et l'inflammation du bois. Ces conditions sont pénalisantes et sécuritaires.

Pour la zone de bande centrale (configuration 4), le foyer de 4 m² est positionné au plus proche d'un poteau bois côté zone de 1^{er} jour, et au maximum à équidistance des 4 têtes/buses. L'allumage est effectué également en pied en poteau.

En considérant la balance de pesée avec sa protection, le foyer est positionné à 40 cm au-dessus du sol. Il fait lui-même 35 cm de haut. Le point haut du foyer est donc à 75 cm du sol.



**Figure 5-3 : Visualisation schématique de la position des foyers
 Configuration d'essais a) 1; b) 2, c) 3 ; d) 4 (foyer sous le faux-plafond)**

5.3. INSTRUMENTATION DÉDIÉE PENDANT LES ESSAIS

Température

- 19 thermocouples au plafond
- 20 thermocouples d'ambiance à différentes hauteurs (1m, 1,5m, 2m et 2,5m de haut) et distances du foyer (0 à 1,5m comptés depuis le bord du foyer)
- 10 thermocouples sur les têtes/buses les plus proches du foyer considéré
- 1 caméra IFR pour le foyer

Flux thermique

- 1 thermoplate sous plafond au-dessus du foyer
- 1 thermoplate sur le poteau au droit du foyer à 1m de haut
- 3 totems cibles à 1,5m du foyer et à 1,5m de haut (bois 2cm, plastique léger polyane, plastique rigide PTFE, câble)

Vidéo

- 4 caméras vidéo intérieur avec report
- 1 caméra intérieur mobile sans report
- 2 caméras extérieur avec ou sans report
- 1 caméra extérieur mobile sans report

Calorimétrie

- 1 balance sous le foyer

Conditions initiales

- Relevés humidité relative du bois de structure (panneau) et des bûchers
- Données météo extérieures (température, pression atmosphérique, humidité, force et direction du vent)
- Humidité ambiante dans la cellule d'essai

Système d'extinction automatique

- Débit alimentation en eau (entre la pompe et colonne principale)
- Pression en eau (entre la pompe et colonne principale)
- Données à la pompe

Remarque : Chaque installation mise en place devra posséder des manomètres à aiguilles en début et fin de réseau ainsi que des points de piquage sur le réseau pour contrôler pendant ou à posteriori les débits et pression d'eau par le laboratoire.

5.4. CONDITIONS INITIALES

Avant chaque essai, il sera nécessaire que les conditions initiales en termes d'humidité du bois des panneaux d'habillage soient reproductibles entre chaque essai.

Un taux d'humidité représentatif de la situation réelle d'un bâtiment achevé, à savoir au maximum 16 % est proposé.

La mise en place de paravents devant la façade ouverte devra limiter les rafales de vent à l'intérieur de la cellule d'essai.