



# Apport de l'aspersion pour la protection incendie dans la construction en bois

RésoFeux – 32<sup>èmes</sup> journées

S. DESANGHERE

07/07/2023

# Essor de la construction en bois

- Solution très bas carbone : - 460 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> sur chantier
- Développement durable : de la RT2012 à la RE2020
- Enjeux économiques : de 6 % à 30 % de parts de marché d'ici 2030



## Contexte

Aspersion

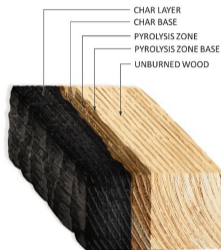
Essais

Étude de cas

Conclusion

# Sécurité incendie et construction en bois

- Réticences
- Matériau combustible



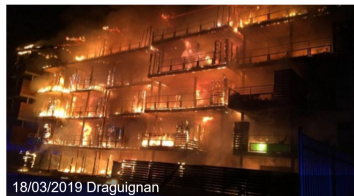
## Contexte

Aspersion

Essais

Étude de cas

Conclusion



18/03/2019 Draguignan



24/07/2022 Nanterre : propagation par la façade



15/03/2023 Montfermeil : incendie en phase travaux

- Stabilité au feu suffisante
  - Évacuation des occupants
  - Intervention des secours
- Durées exigées en fonction du risque
  - Type d'ouvrage
  - Difficulté à évacuer
  - Difficulté à intervenir
- Bâtiments « élevés »
  - Stabilité au feu suffisante pour brûler toute la charge calorifique présente
  - Contrôle de la charge calorifique + compartiments résistants au feu
- Avec des structures en bois ?
  - Le feu ne s'arrête qu'arrivé à la ruine ? Inconcevable !
  - Protéger le bois au feu ? Possible, mais :
    - Le bois devient « incombustible » mais aussi invisible
    - Plus coûteux et bilan carbone moins intéressant
    - Quid de la tenue des protections ? Mise en œuvre, vieillissement...
    - Risque de feux couvants, feux « cachés »



## Contexte

Aspersion

Essais

Étude de cas

Conclusion



# Un contexte nouveau, particulièrement en France !

- Les réglementations actuelles ne sont pas prévues pour des matériaux de structure combustibles : **elles ne sont pas adaptées au bois**
- Les connaissances ne sont pas aussi avancées que celles sur le béton ou sur l'acier

Sécurité incendie des IGH bois : la France est-elle prête ?



- Doctrine établie en 2021 par BSPP/LCPP/Architectes de sécurité

50 m	Bois interdit	Bois protégé	Bois protégé totalement et SEAE
28 m	Bois interdit	Bois protégé	Bois protégé partiellement et SEAE
18 m	Bois interdit	Bois protégé	Bois protégé totalement ou SEAE
8 m	Bois interdit	Bois protégé ou SEAE	Bois protégé partiellement ou SEAE
	Aucune exigence	Aucune exigence	Aucune exigence
	Circulation VERTICALES	Circulation HORIZONTALES	Parois, planchers, poutres, poteaux

- Projet de réécriture du règlement de sécurité : **l'aspersion a disparu** 5

Contexte

Aspersion

Essais

Étude de cas

Conclusion

# Apports de l'aspersion d'eau

## ● Puits de chaleur

- Échauffement de l'eau :  $C_p = 4,18 \text{ kJ/kg/K}$ , soit 418 kJ/kg de 0 à 100 °C
- Vaporisation :  $\Delta H_v = 2\,257 \text{ kJ/kg}$
- Refroidit l'environnement thermique (cibles + zones de réaction)

## ● Inertage

- La vapeur d'eau perturbe les réaction de combustion
- Volume occupé par la vapeur  $\simeq 1\,800$  fois celui de l'eau liquide

## ● Atténuation du rayonnement

- Molécules absorbant le rayonnement thermique
- Réduction du flux en retour vers le foyer
- Barrière radiative protégeant les cibles

## ● Mouillage des surfaces

- Film d'eau en surface + ruissellement
- Action préventive

## ● Influence sur l'aérodynamique

- Entraînement dans les jets
- Variations de pression

Contexte

Aspersion

Essais

Étude de cas

Conclusion

# Stratégie d'utilisation de l'aspersion avec le bois ?

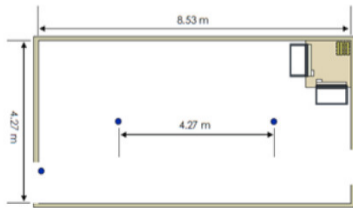
- Activation automatique
  - Bulbes thermosensibles
  - Sur détection incendie
- Action localisée
  - Tête par tête
  - Système déluge
- Technologies
  - Systèmes sous air
  - Systèmes sous eau
  - Systèmes à préaction
  - Etc.
- Objectifs
  - Empêcher l'inflammation des surfaces en bois ?
  - Éteindre le feu ?
  - Refroidir l'environnement ?
  - Protéger les structures ?

## Effectiveness of Water Mist System for the Protection of Mass Timber Buildings: Test Results

OCT. 28th, 2021, 20th International Water Mist Conference

Yoon Ko, Eric Gibbs, Nour Elsagan

National Research Council Canada, Ottawa, Ontario, Canada



Contexte

Aspersion

Essais

Étude de cas

Conclusion



Test room: 8.53 m (L) × 4.27 m (W) × 2.4 m (H)

The walls and ceiling of the room were constructed from light-weight wood frames and sheathed with non-combustible materials (Densglas gold boards). The floor of the room was non-combustible concrete.

Ventilation was provided by 2 doors of 2.2 m height each

Fuel package at a corner : wood crib and simulated furniture

CLT corner

Two nozzles and one dummy nozzle

Type	Description	K factor [lpm/bar <sup>1/2</sup> ]	Max. Spacing [m]	Temperature rating [°C]	operating pressure [bar]
A	HPWM Marioff Hi-Fog (C40 Residential)	2.4	4.27	79*	50 or70
B	HPWM Marioff Hi-Fog (C10 Light hazards)	4.1	5	79*	80
C	LPWM VID (OH-VOS Light hazards)	16.5	4.5	79	8
D	Sprinkler Tyco (TY123 Residential)	43.2	5.5	79	0.92 bar for spacing 4.3 m

Contexte

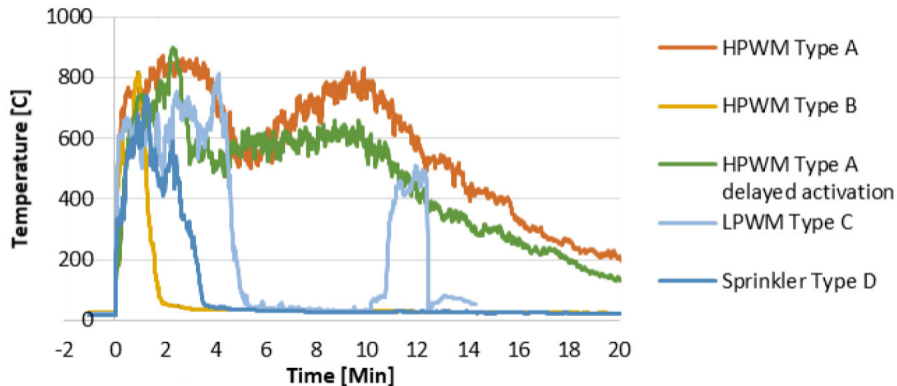
Aspersion

Essais

Étude de cas

Conclusion

Température moyenne



Contexte

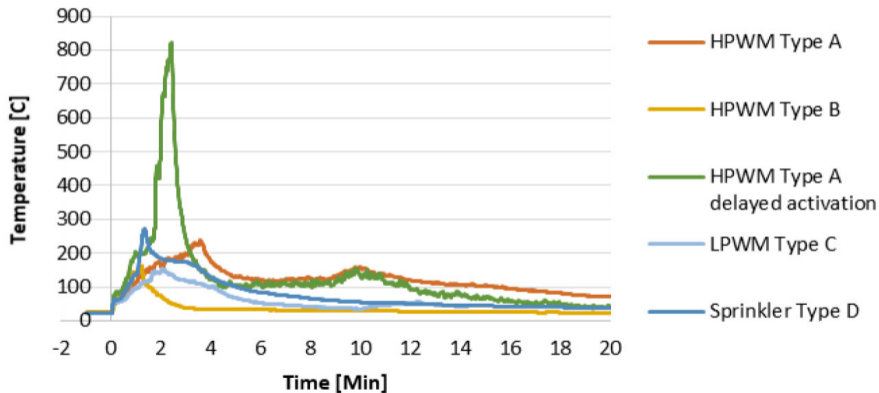
Aspersion

Essais

Étude de cas

Conclusion

Température de surface au plafond



Contexte

Aspersion

Essais

Étude de cas

Conclusion

# Aspersion et bois : essais

Après essais



HPWM Type A



HPWM Type B



LPWM Type C



Sprinkler Type D



HPWM Type B delayed



HPWM Type A delayed

Contexte

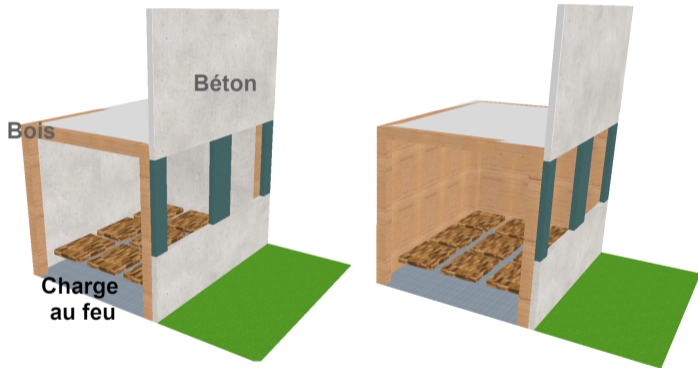
Aspersion

Essais

Étude de cas

Conclusion

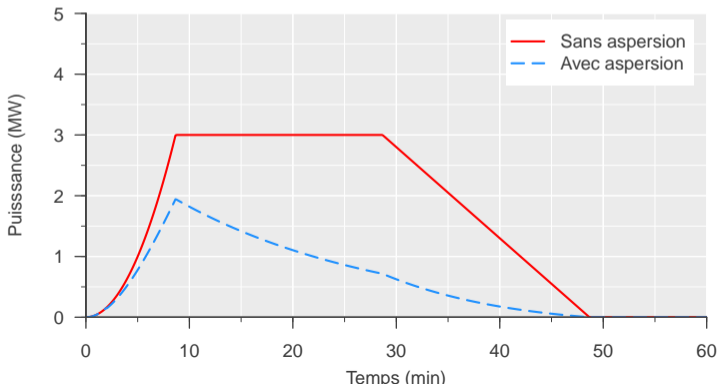
# Étude de cas sous FDS 6.8.0



# Foyer primaire

- Densité de charge calorifique : 500 MJ/m<sup>2</sup>
- Puissance maximale : 250 kW/m<sup>2</sup>
- Cinétique de montée en puissance :  $\alpha = 0,01111 \text{ kJ/s}^3$  (1 MW en 5 min)
- Avec aspersion : réduction selon  $\dot{m}''_f = \dot{m}''_{f0} \exp(-E \int m''_w(t) dt)$

Puissance du foyer primaire



Contexte

Aspersion

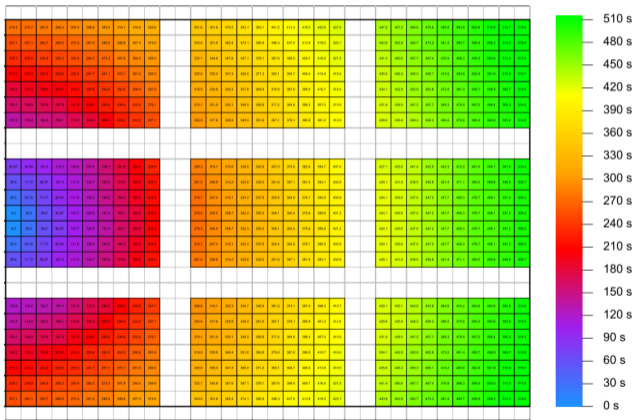
Essais

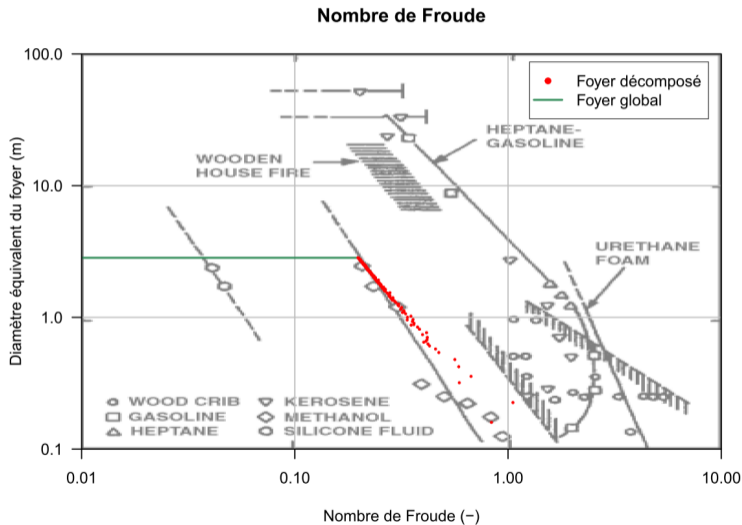
Étude de cas

Conclusion

- Propagation de la surface active

Instants d'activation





Contexte

Aspersion

Essais

Étude de cas

Conclusion



# Étude de cas : hypothèses générales

- Pas de fenêtres dès le début du calcul
- Parois en béton ou en bois
- **Modélisation de la pyrolyse du bois** (type ingénierie incendie)

- Température d'inflammation : 300 °C
- Modulation de la puissance surfacique

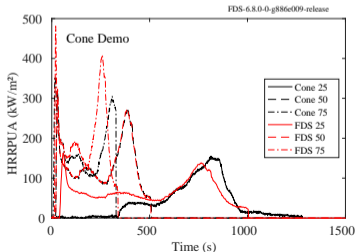
REFERENCE\_HEAT\_FLUX = 40 kW/m<sup>2</sup>

HRRPUA=100 kW/m<sup>2</sup>

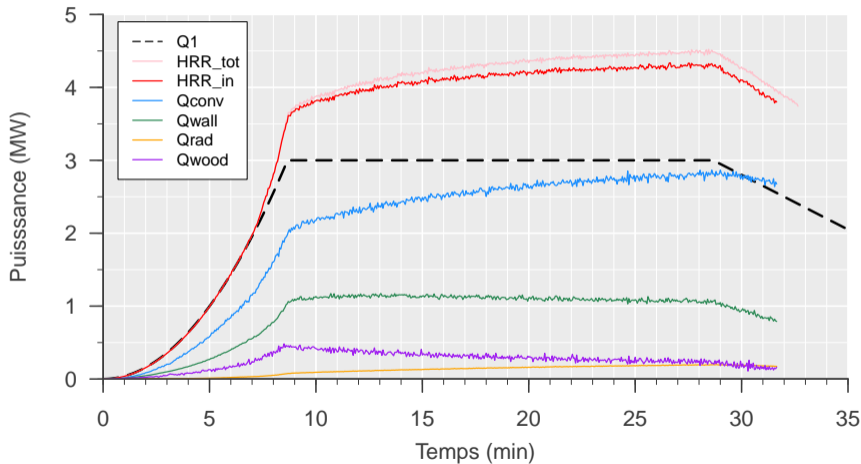
MINIMUM\_SCALING\_HEAT\_FLUX = 0.5 kW/m<sup>2</sup>

MAXIMUM\_SCALING\_HEAT\_FLUX = 60 kW/m<sup>2</sup>

RAMP\_Q='BURNING\_RAMP'



## Bilan de puissances



Contexte

Aspersion

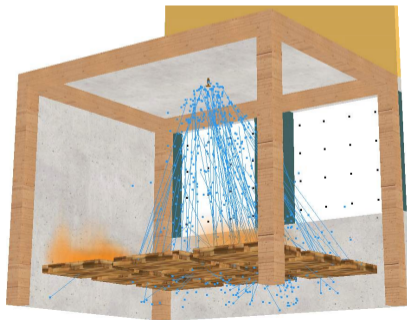
Essais

Étude de cas

Conclusion

# Modélisation de l'aspersion : sprinkler

- DIAMETER = 800.  $\mu\text{m}$
- RTI = 100  $(\text{m} \cdot \text{s})^{1/2}$
- ACTIVATION\_TEMPERATURE = 68 °C
- FLOW\_RATE = 58.3 l/min
- PARTICLE\_VELOCITY = 1.8 m/s
- SPRAY\_ANGLE = 30. 80. °
- Modèle de mouillage



Contexte

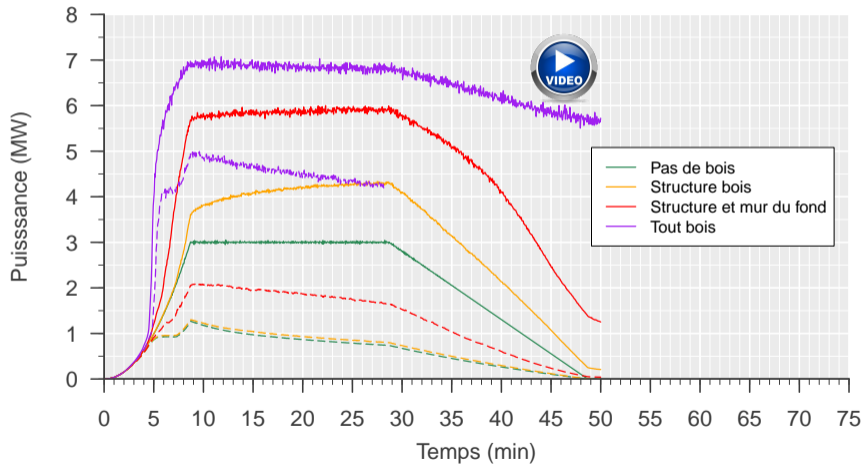
Aspersion

Essais

Étude de cas

Conclusion

## Puissance libérée





*Figure 3.3* External flaming from CLT compartment with timber ceiling exposed.  
Reproduced from Brandon (2021) with permission.

Contexte

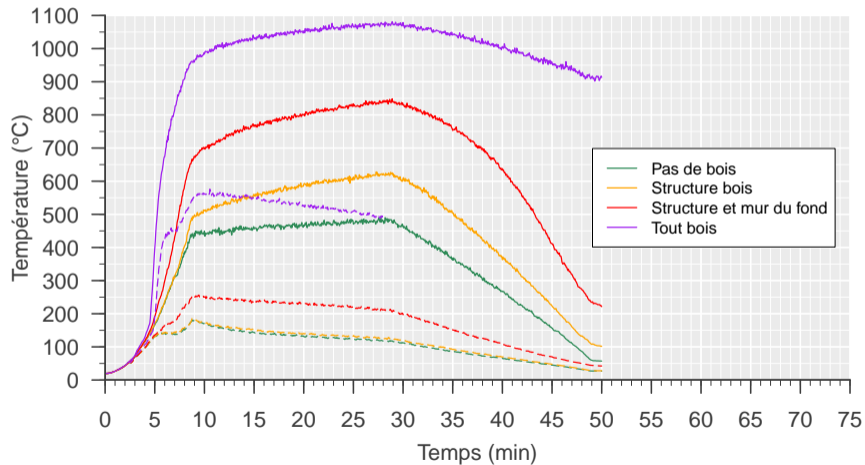
Aspersion

Essais

Étude de cas

Conclusion

## Température moyenne



# Conclusion

- Reproduction qualitative des principales tendances avec le code FDS
- Mais sensibilité très importante des résultats à certains paramètres d'entrée fondamentaux
- L'aspersion semble être un moyen de choix pour la protection du bois : ne pas l'oublier !
- Les stratégies optimales aspersion / bois restent à imaginer
- Des confrontations avec des résultats expérimentaux restent nécessaires, mais dans les projets réels, on ne peut pas attendre et multiplier les essais
- Besoin urgent de modèles numériques orientés « ingénierie incendie »
  - Peu coûteux et opérant sur maillages grossiers
  - Conservatifs mais pas catastrophistes
  - Robustes et compréhensibles



Contexte

Aspersion

Essais

Étude de cas

Conclusion

sylvain.desanghere@setec.com