

GDR Feux n° 2864 – 6 décembre 2018 – CORIA, Rouen



PRISE EN COMPTE DES ÉLÉMENTS PERFORÉS ET OBSTACLES AJOURÉS AVEC FDS - INFLUENCE SUR LE DÉSENFUMAGE

Application aux tôles perforées, métal déployé, caillebottis, façades déportées

Virginie DRÉAN, Bertrand GIRARDIN

CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

□ Contexte

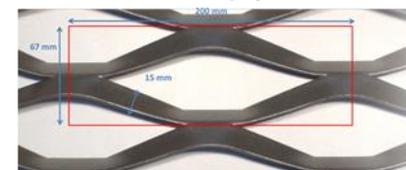
- De plus en plus de configurations de bâtiments intègrent des éléments perforés en façade
- Ces éléments constitués de matériaux différents (métal, bois, etc.) peuvent être :
 - ✓ Les façades déportées
 - ✓ Les obstacles ajourés
 - ✓ Le métal déployé
 - ✓ Les grilles perforées
 - ✓ Les caillebotis
- Leur influence sur le désenfumage doit être considérée

□ Problématique

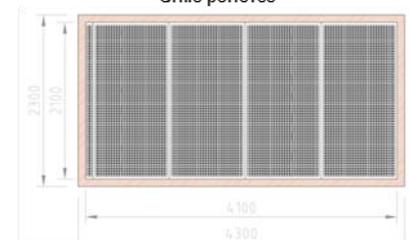
- Les éléments perforés (écrans, grilles) agissent comme des structures poreuses sur les écoulements
- Leur présence induit un saut de pression statique à travers l'élément qui résulte en :
 - ✓ Une force de trainée sur l'élément
 - ✓ Des pertes de charges au niveau de la pression du fluide
 - Forme de la perforation (trous circulaires, de section carrée, épaisseur etc.) ?
 - Porosité (taux d'ouverture) de l'élément ?
 - Orientation de l'élément (inclinaison) ?



Métal déployé



Grille perforée



Lamelles en façade



OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE

❑ Objectifs de cette étude :

- Evaluer analytiquement la perte de charge associée à la mise en place d'un élément perforé au niveau d'une section ouverte
- Proposer une modélisation numérique avec FDS de ces éléments perforés représentative des pertes de charges induites

❑ Méthodologie proposée:

- 1/ Évaluation analytique
 - ✓ Coefficients de perte de charge associés à la présence de différents éléments perforés dans un écoulement
 - ✓ Sur différentes configurations de grilles / caillebottis / lamelles
- 2/ Modélisation numérique de ces éléments avec FDS
 - ✓ Géométrie avec des obstacles solides (éléments verticaux, horizontaux, damiers)
 - ✓ Modèle particulière « porous media »
 - ✓ Comparaison résultats numériques / valeurs théoriques calculées
- 3/ Application à une configuration type ISI
 - ✓ L'influence de ces éléments sur les écoulements en présence de feu est alors analysée en termes de visibilité, températures des gaz et évacuation des fumées.

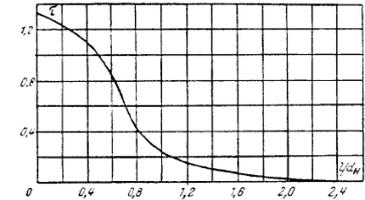
EVALUATION ANALYTIQUE DES COEFFICIENTS DE PERTES DE CHARGES

COEFFICIENTS DE PERTE DE CHARGE

□ Coefficient de perte de charge ξ :

- Ratio perte de pression totale ΔP (Pa) sur pression dynamique incidente P_{in} (Pa)

$$\rightarrow \xi = \frac{\Delta P}{P_{in}} = \frac{\Delta P}{\frac{1}{2}\rho V_{in}^2}$$



□ De manière générale, ξ directement fonction de :

- La porosité σ
- Les dimensions caractéristiques des perforations : section/diamètre/largeur
- L'épaisseur de l'élément (dans la direction de l'écoulement),
- Les conditions d'écoulement (laminaire/turbulent) au niveau des perforations

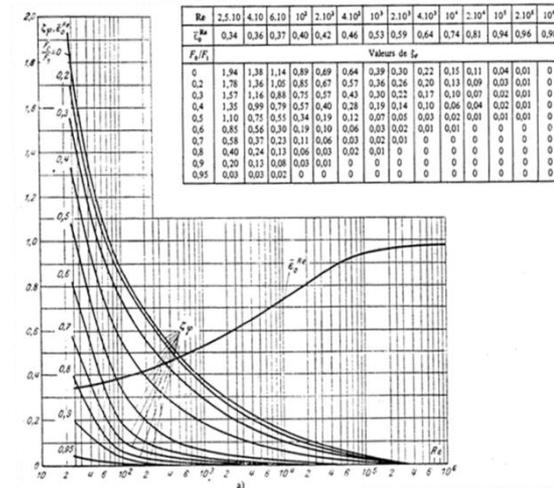
l/d_H	τ	l/d_H	τ
0	1,35	1,0	0,24
0,2	1,22	1,2	0,16
0,4	1,10	1,6	0,07
0,6	0,84	2,0	0,02
0,8	0,42	2,4	0

$$\rightarrow \text{Nombre de Reynolds local } Re = \frac{d_H V_{trous}}{\nu}$$

- L'inclinaison de l'élément par rapport à l'écoulement
- La rugosité de l'élément λ (m).

□ Expressions pour ξ basées sur les valeurs de Re et l/d_H .

- Tous les autres coefficients sont alors tabulés
- Nombreuses abaques pour une grande variété de configurations



CAS D'APPLICATION

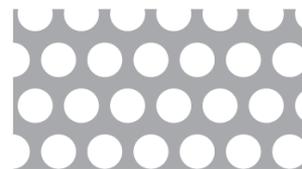
☐ Lamelles

- Ex : Façade déportées

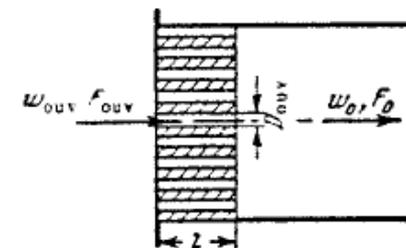
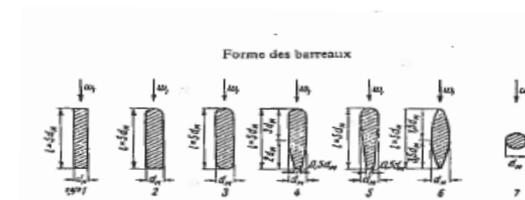
☐ Tôles perforées

- Ex : Grille antichute à l'entrée d'une gaine de désenfumage
- Ex : Tôle en façade d'un parking

☐ Configurations étudiées :



Paramètre	Lamelles	Tôle 1	Tôle 2
Porosité (%)	50	51	51
Diamètre des perforations (mm)	30	4,8	19,1
Epaisseurs des perforations (mm)	100	1,6	3
Vitesse incidente (m/s)	0.05 < V < 10		



EVALUATION NUMÉRIQUE DES COEFFICIENTS DE PERTES DE CHARGES AVEC FDS

☐ Modélisation adéquate avec FDS

- Pour prendre en compte la perte de charge associée à la présence d'un élément perforé dans un écoulement
- En vue de représenter correctement cet impact dans le cadre des études d'ingénierie de sécurité incendie ou dans les avis d'expert

☐ Pour cela, deux types de modélisation sont évalués :

- Modèle de particules avec loi de traînée (« porous media »)
- Utilisation d'obstacles ou réduction de section

MODÈLE NUMÉRIQUE FDS – POROUS MEDIA

□ Dans FDS:

- Tableau 3D de particules lagrangiennes statiques
- Peut être utilisé pour représenter à la fois la masse d'un élément perforé et la traînée exercée par un milieu poreux sur un écoulement

□ Le modèle « porous media » de FDS prend en compte la perte de charge ξ selon :

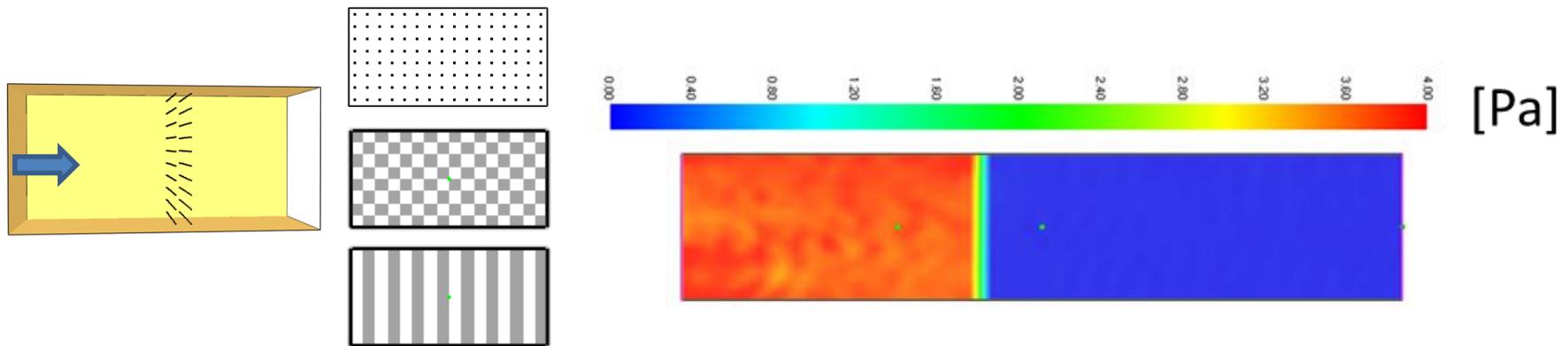
- Contribution visqueuse et contribution cinétique
- Epaisseur du milieu traversé dans la direction de l'écoulement
- Taille de maille du modèle
- Vitesse incidente sur l'élément

□ Ces paramètres sont le reflet direct

- Des caractéristiques de l'élément perforé
- De l'écoulement (dimension des perforations, épaisseur, Reynolds local)
- De la taille de maille utilisée dans le modèle numérique

CAS D'ÉTUDE – VALIDATION DES PARAMÈTRES FDS

- ❑ Application aux configurations tôles perforées et lamelles
- ❑ Comparaison coefficient de perte de charge ξ évalué
 - Théoriquement
 - Avec modèle FDS – porous media
 - Avec modèle FDS – Damier ou Vertical
 - ✓ Dépendant de la façon de modéliser les damiers / lamelles (nombre de mailles fluides entre les obstacles)



RÉSULTATS

☐ De manière analytique

- ξ stable à partir de 1-2 m/s mais augmente d'un facteur 2 à 7 dans les basses vitesses (<0.5 m/s)
- Grande disparité en fonction de la géométrie de l'élément perforé

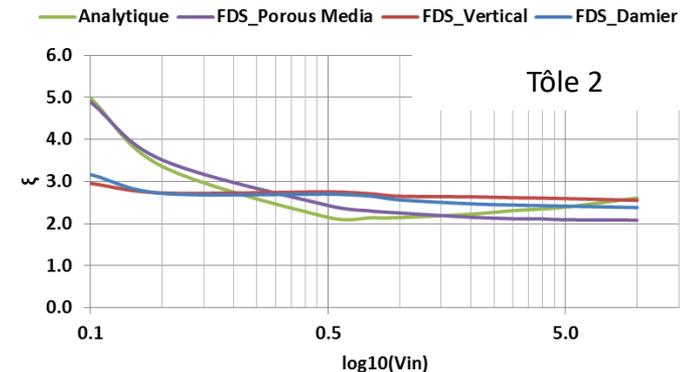
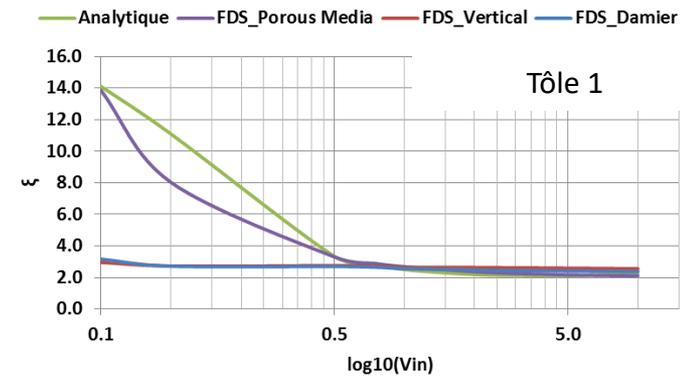
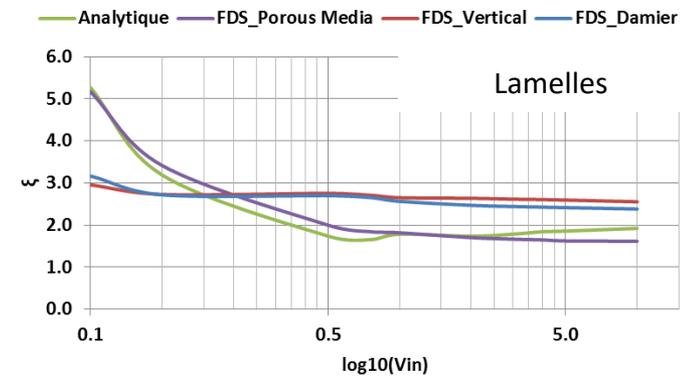
☐ En utilisant des obstacles solides

- ξ varie très peu avec la vitesse
 - ✓ Vertical : $\xi \approx 2,68 \pm 4\%$
 - ✓ Damier: $\xi \approx 2,61 \pm 9\%$

☐ En utilisant FDS porous

→ Reproduit les coefficients analytiques de pertes de charge élevés à faible vitesse

Ecart / Analytique	Porous media	Vertical	Damier
Lamelles	1,4 %	13%	6,6%
Tôle 1	17%	81%	82%
Tôle 2	4,3%	7,9%	13,3%



APPLICATION À UNE CONFIGURATION TYPE ISI – INFLUENCE SUR LE DÉSENFUMAGE

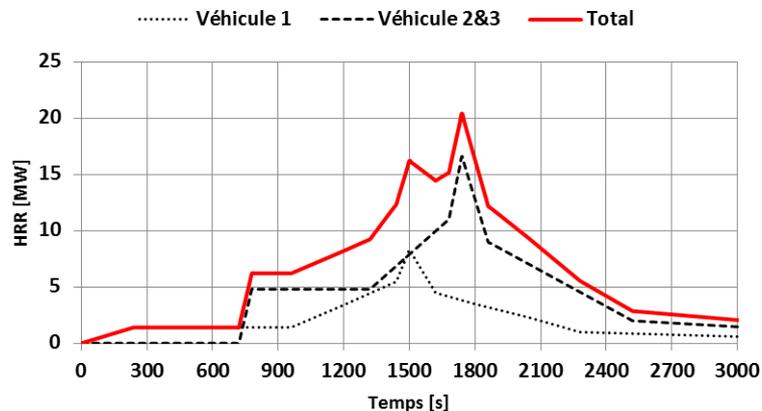
CAS D'ÉTUDE

□ Modèle de bâtiment type parc de stationnement avec brises vue/vent ou lamelles en façade

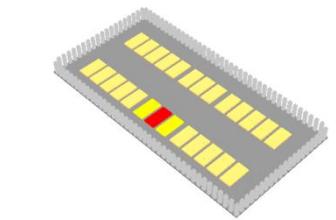
- Ouvert à 50% sur 3 niveaux

□ Propagation du foyer à 2 voitures adjacentes

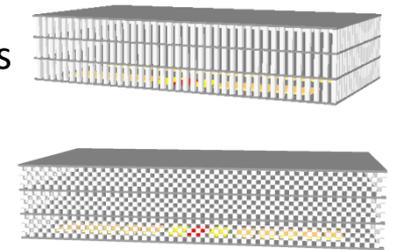
- Impact sur les températures du RDC / R+1 / R+2
- Impact sur la visibilité au RDC / R+1 / R+2



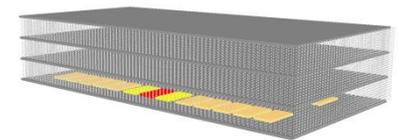
Modèle lamelles



Modèle damier



Modèle porous



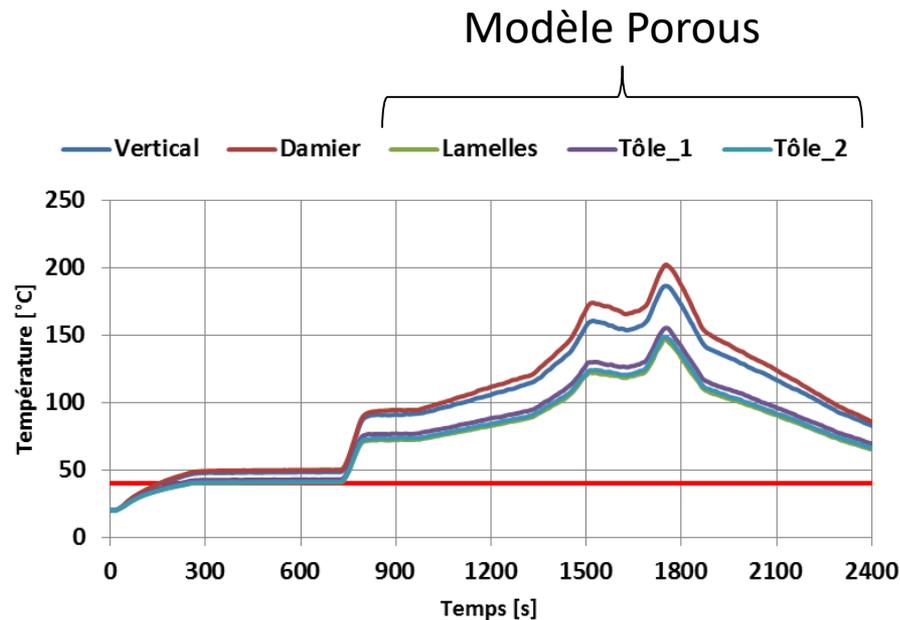
RÉSULTATS

□ Evaluation des critères de tenabilité au RDC

- Méthode proposée par guide désenfumage LCPP

□ Utilisation du mode porous media

- Peu d'impact sur le temps de tenabilité au RDC (T)



RÉSULTATS

Utilisation du mode porous media

- Fortes différences au R+1 et R+2 sur le temps de tenabilité au RDC (T et K_{ext})
 - Rentrée des gaz très différente entre l'utilisation d'obstacles et de particules

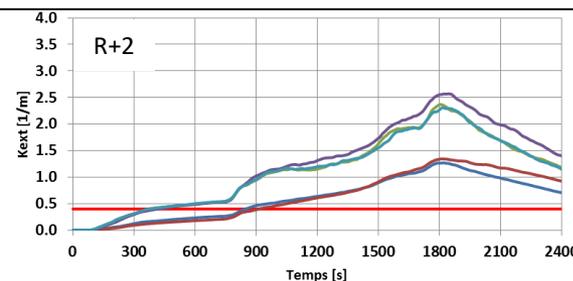
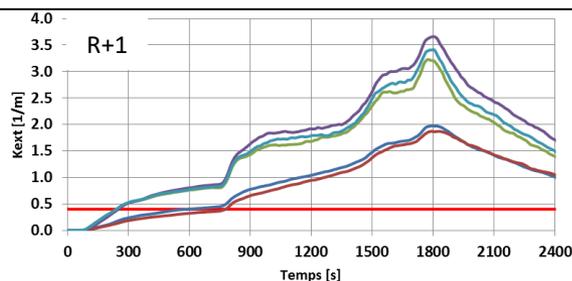
Obstacles – Lamelles

Obstacles – Damier

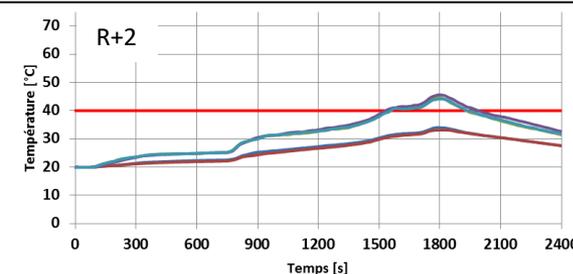
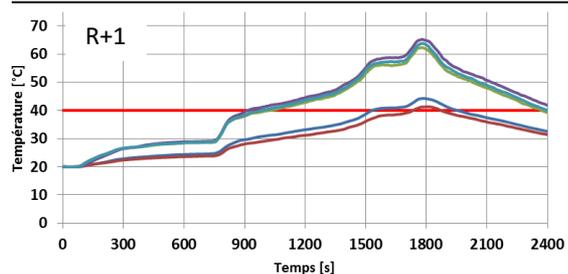
Porous Media – Lamelles

Porous Media – Tôle 1

Porous Media – Tôle 2



Coefficient d'extinction

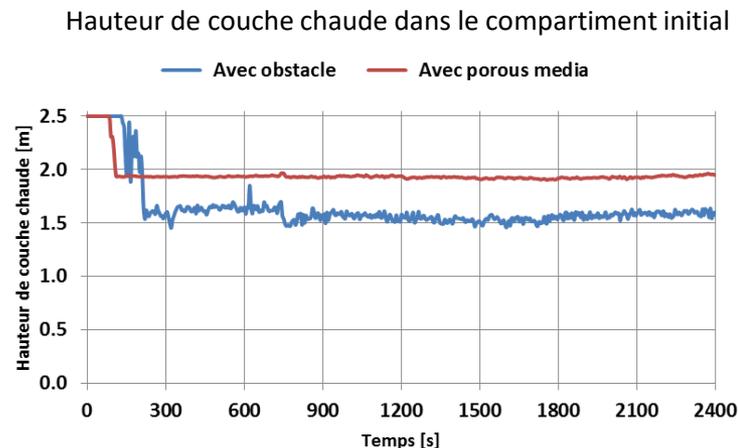
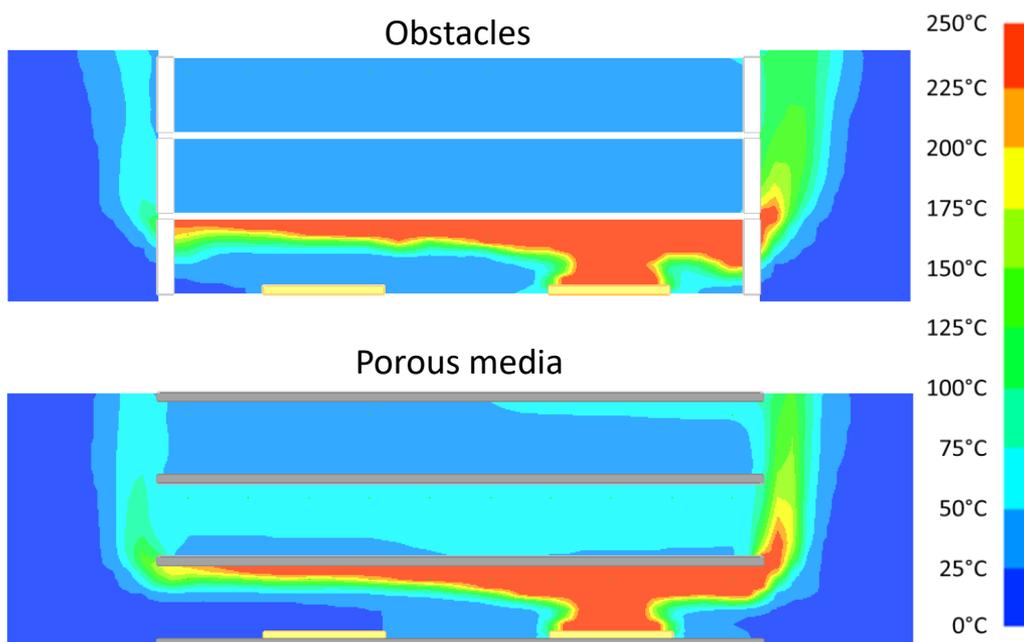


Température

RÉSULTATS

□ Utilisation du mode porous media

- Recollement des gaz chauds en façade
- Re-rentrée des gaz plus importante dans le cas avec porous media
 - ✓ Pas d'obstacles géométriques de la taille d'une maille
- Hauteur d'interface plus basse en utilisant des obstacles solides dans le compartiment initial



CONCLUSION

SYNTHÈSE

- ❑ Modèle « porous media »
 - Permet de reproduire correctement les pertes de charges contrairement au modèle avec obstacles
 - En présence de feu:
 - ✓ Résultats similaires à l'intérieur du compartiment feu
 - ✓ Recollement en façade plus important
 - ✓ Rentrée de gaz chauds et de fumée plus importante pour les étages supérieurs
 - Modèle plus réaliste que l'utilisation d'obstacles

- ❑ Les configurations suivantes (liste non exhaustive) peuvent être traitées avec le modèle « porous media » :
 - Façades, dont façades déportées,
 - Métal déployé,
 - Tôles perforées,
 - Grilles de désenfumage,
 - Caillebotis,
 - Lames en façade,
 - Grillages.

- ❑ Limitations
 - FDS 6
 - Porosités comprises entre 0,1 et 0,9
 - Choix adéquat de la gamme de vitesse

- ❑ Validation expérimentale à chaud et à froid en cours de réalisation pour compléter la démarche numérique par des essais spécifiques



MERCI POUR VOTRE ATTENTION. QUESTIONS?

