Research Fund for Coal & Steel

Comportement au feu des systèmes de plancher mixte acier-béton

Etude paramétrique de la méthode de calcul simplifiée

Contenu de la présentation

- Objectifs de l’étude paramétrique
- Propriétés de l’étude paramétrique
- Analyse par éléments finis
- Validation du modèle numérique
- Effet de la continuité sur les bords du panneau
- Résultats de l'étude paramétrique
- Conclusion

Objectifs

Propriétés de l'étude paramétrique

Analyse par éléments finis

Validation du modèle numérique

Effet des conditions aux limites

Résultats de l'étude paramétrique

Conclusion

Objectifs de l'étude paramétrique

- **Justification**
  - **Essais au feu normalisé en grandeur réelle FRACOF (essai 1) - COSSFIRE (essai 2)**
    - **Excellente performance des systèmes de plancher mixte (activation d'un effet membrane)**
    - **Température maximale de l'acier ≈ 1000 °C, durée d'exposition > 120 min**
    - **Dispositions constructives françaises**
    - **Flèche ≈ 450 mm**
  - **Essai au feu naturel en grandeur réelle FICEB (essai 3) avec des poutres cellulaires**
- **Objectif**
  - **Vérification de la méthode de calcul simplifiée dans tout son domaine d'application (en utilisant des modèles de calcul avancés)**
    - **Limitation de la flèche du plancher**
    - **Allongement de l'acier de ferraillage**

Objectifs

Propriétés de l'étude paramétrique

Analyse par éléments finis

Validation du modèle numérique

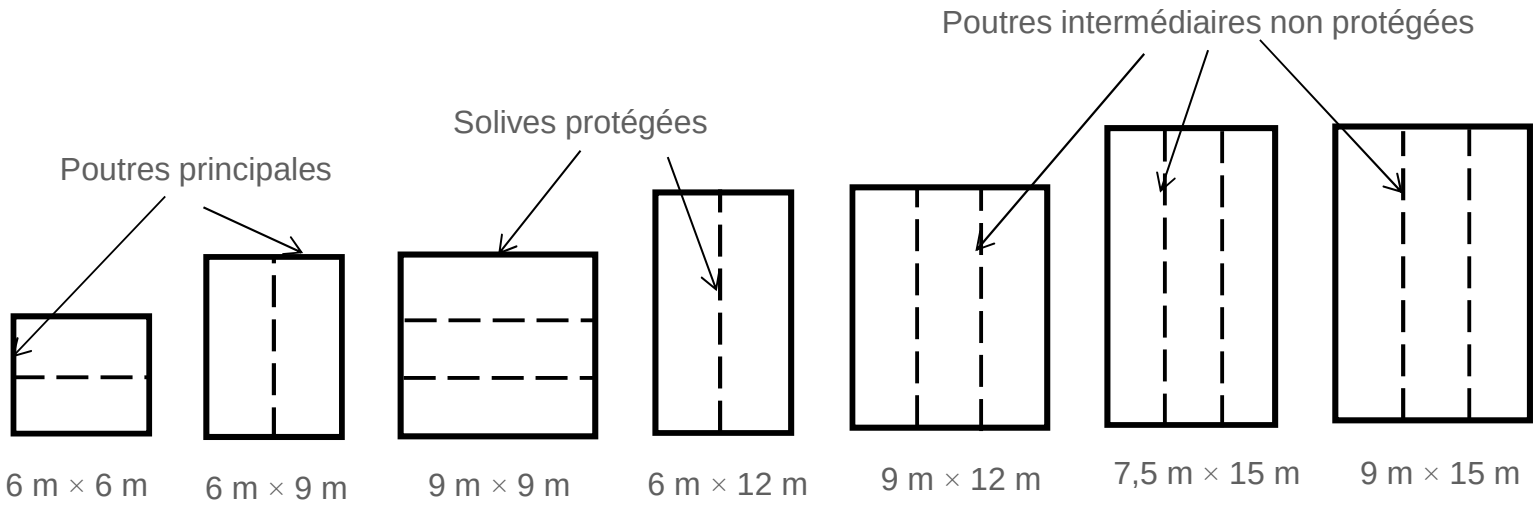
Effet des conditions aux limites

Résultats de l'étude paramétrique

Conclusion

Propriétés de l'étude paramétrique (1/3)

- **Dimensions du plancher**



- **Niveaux de chargement**

Conforme à la combinaison de charge de l'EN 1990 en situation d'incendie pour des bâtiments de bureaux :

***G* (charge permanente) + 0,5 *Q* (charge d'exploitation)**

G = Poids propre + 1,25 kN/m²

Q = 2,5 & 5 kN/m²

Objectifs

Propriétés de l'étude paramétrique

Analyse par éléments finis

Validation du modèle numérique

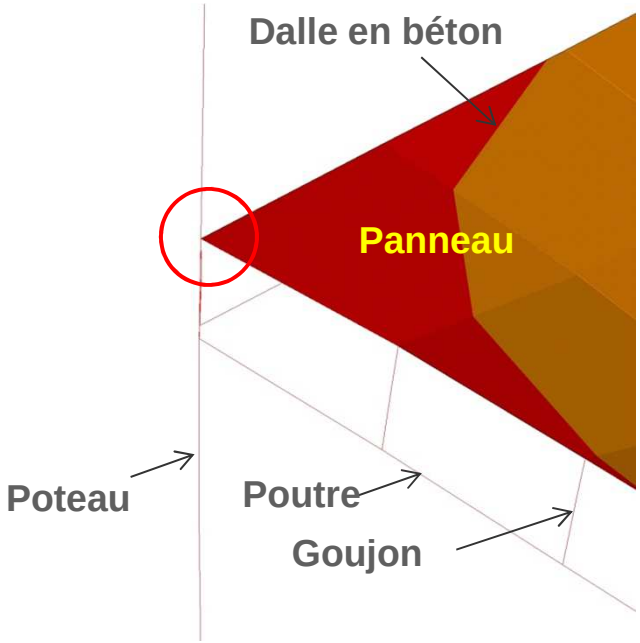
Effet des conditions aux limites

Résultats de l'étude paramétrique

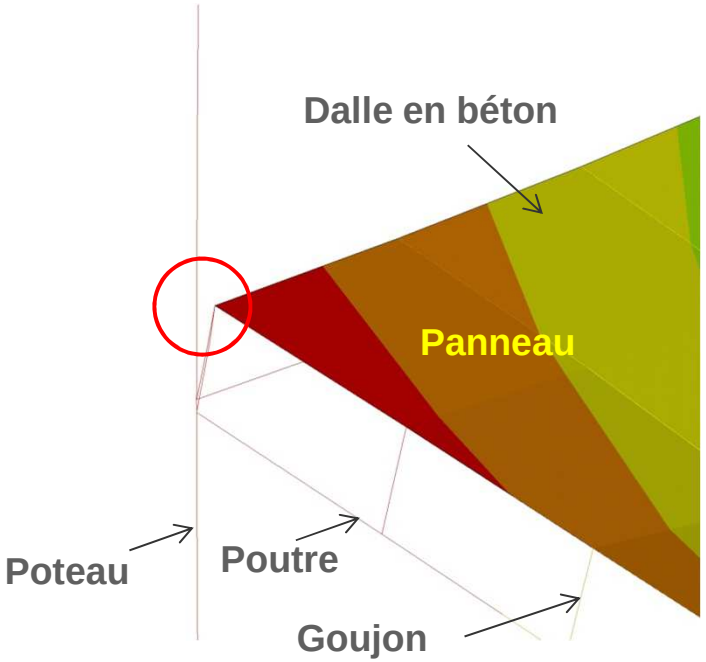
Conclusion

Propriétés de l'étude paramétrique (2/3)

- **Condition de liaison entre le plancher et les poteaux en acier**



Liaison mécanique entre la dalle et les poteaux



Pas de liaison mécanique entre la dalle et les poteaux

Objectifs

Propriétés de l'étude paramétrique

Analyse par éléments finis

Validation du modèle numérique

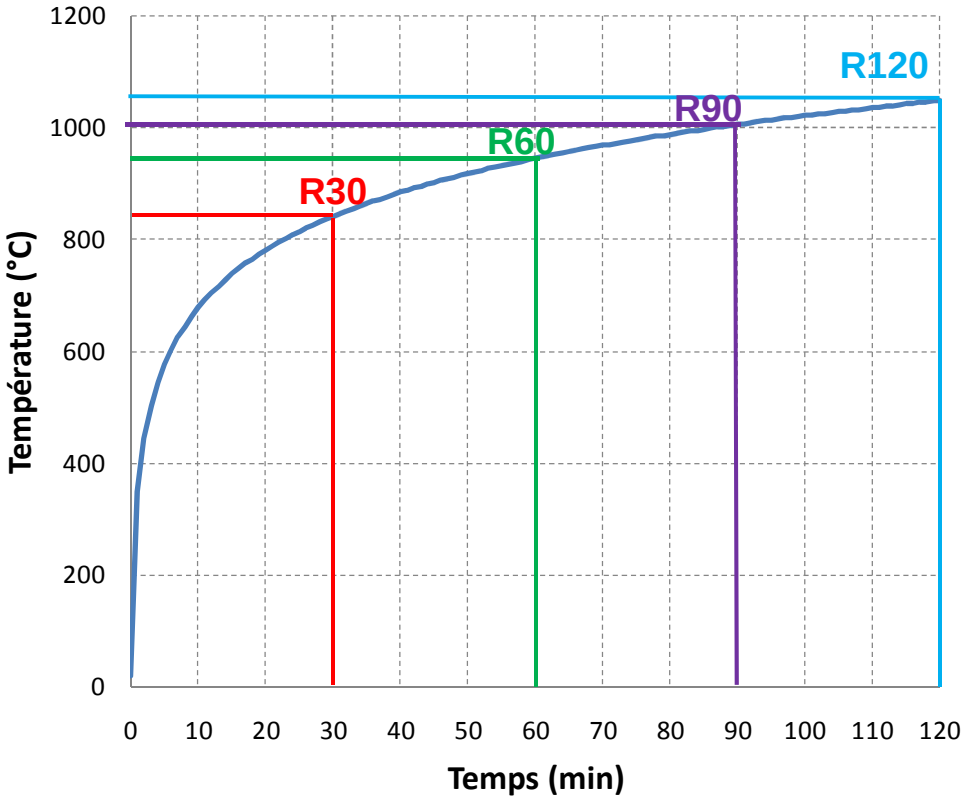
Effet des conditions aux limites

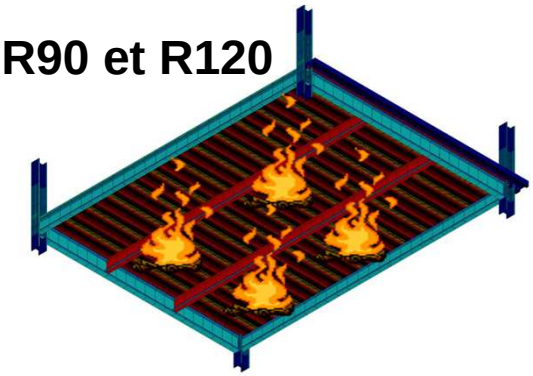
Résultats de l'étude paramétrique

Conclusion

Propriétés de l'étude paramétrique (3/3)

- **Classes de résistances au feu : R30, R60, R90 et R120**





Echauffement des poutres périphériques (Max. 550 °C)

Objectifs

Propriétés de l'étude paramétrique

Analyse par éléments finis

Validation du modèle numérique

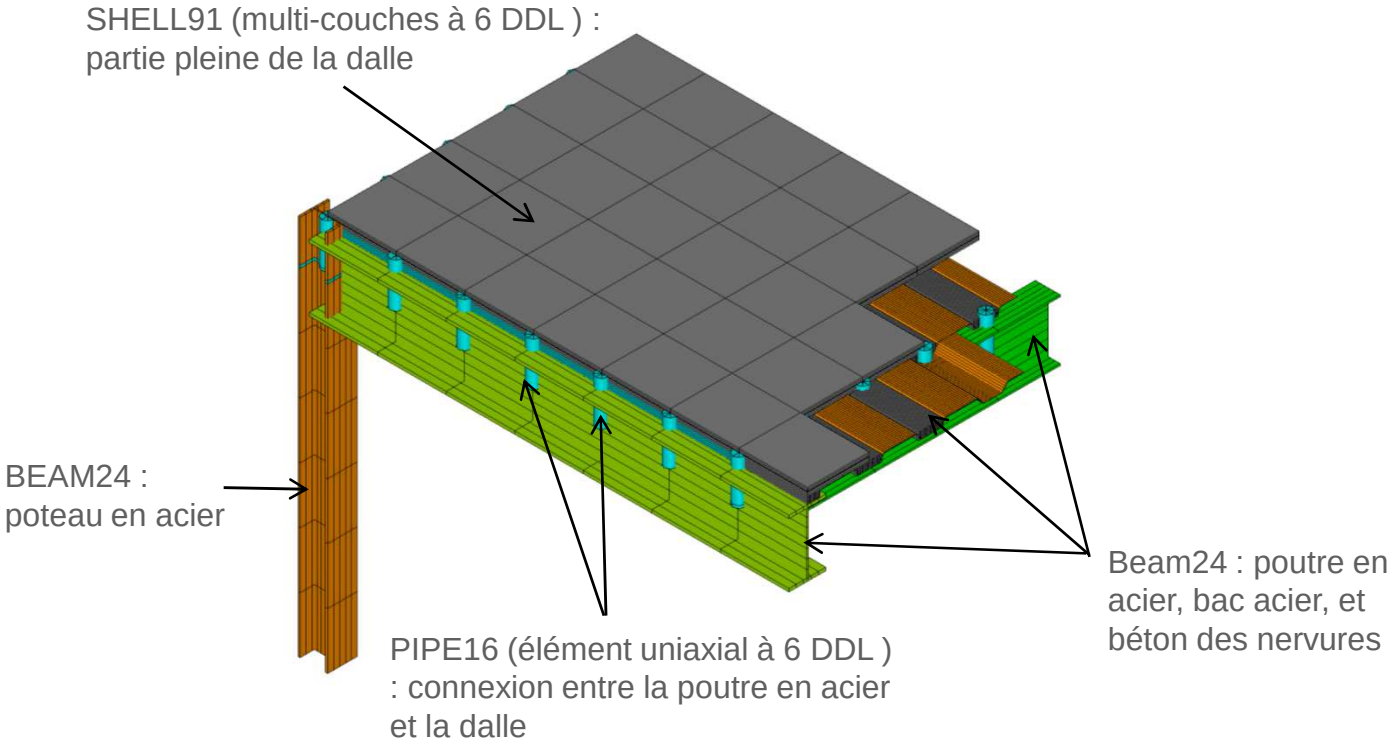
Effet des conditions aux limites

Résultats de l'étude paramétrique

Conclusion

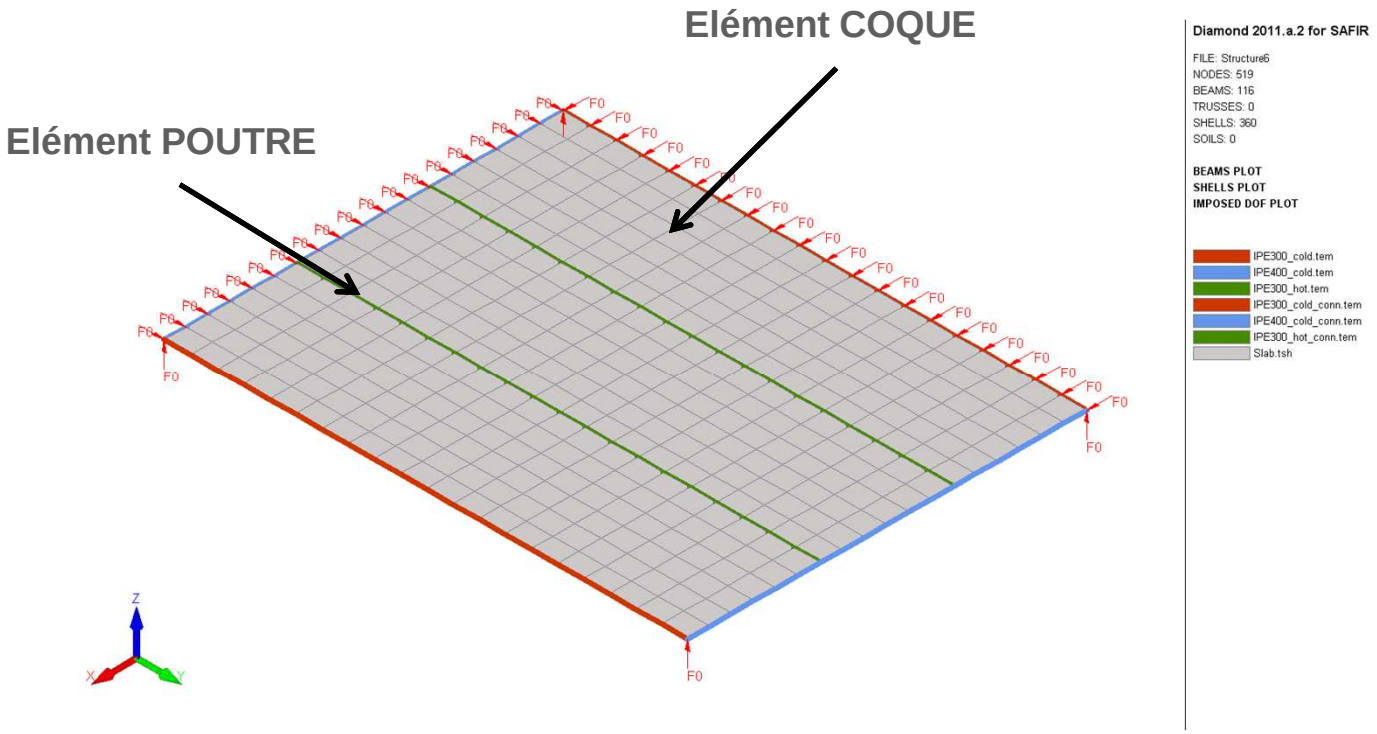
Modèle éléments finis

- **Modèle hybride basé sur plusieurs types d'élément fini sous le code ANSYS**



Modèle éléments finis

- **Modèle hybride basé sur plusieurs types d'élément fini sous le code SAFIR**



Objectifs

Propriétés de l'étude paramétrique

Analyse par éléments finis

Validation du modèle numérique

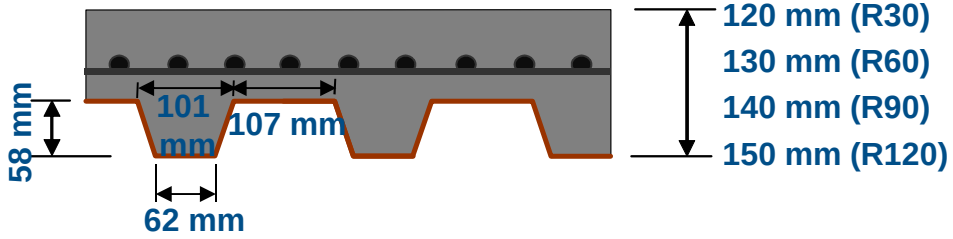
Effet des conditions aux limites

Résultats de l'étude paramétrique

Conclusion

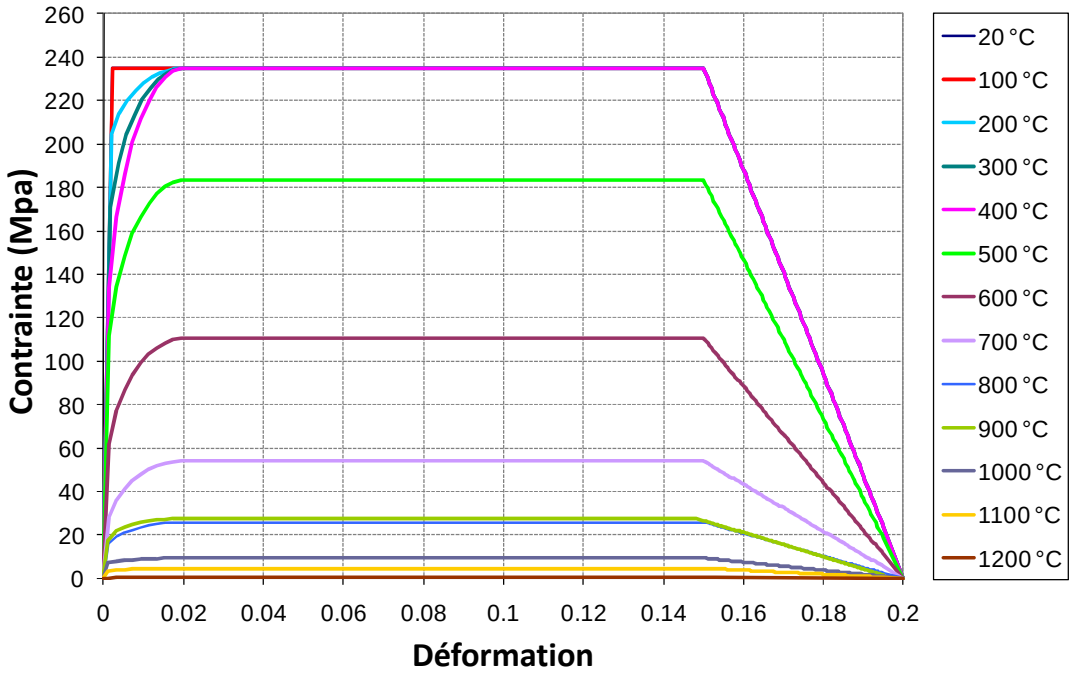
Propriétés des panneaux

- **Poutres en acier S235**
- **Bac acier trapézoïdal de type COFRAPLUS60 (0,75 mm d'épaisseur)**
- **Béton de masse volumique courante de classe C30/37**
- **Treillis soudé de nuance S500**
- **Position moyenne du treillis (à partir de la face supérieure) = 45 mm**



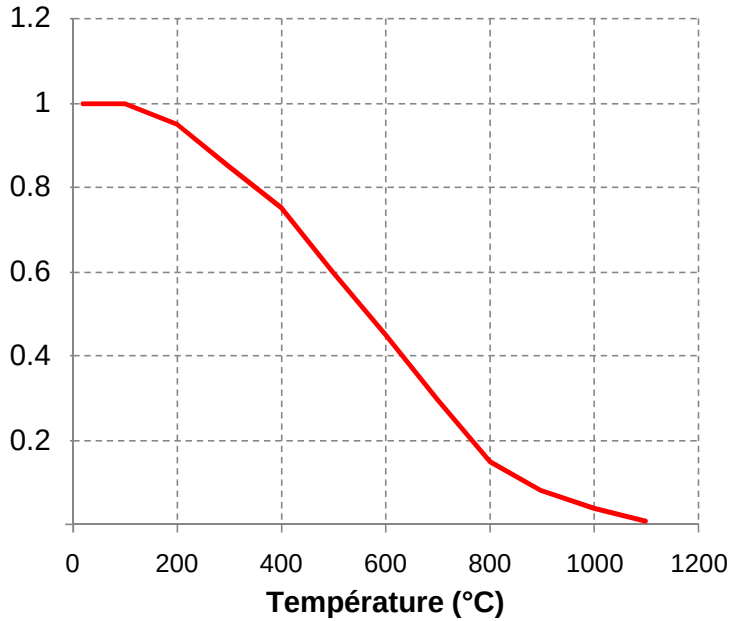
Propriétés thermo-mécaniques (1/2)

- **Propriétés thermo-mécaniques de l'acier :**
  - **Propriétés thermiques : EN 1994-1-2**
  - **Masse volumique indépendante de la température (ρ_a = 7850 kg/m^3)**
  - **Relations contrainte – déformation :**



Propriétés thermo-mécaniques (2/2)

- **Propriétés thermo-mécaniques du béton :**
  - **Propriétés thermiques : EN 1994-1-2**
  - **Masse volumique fonction de la température suivant l'EN 1994-1-2**
  - **Critère de plasticité de Drucker-Prager**
  - **Facteur de réduction de la résistance en compression suivant l'EN 1994-1-2**



Objectifs

Propriétés de l'étude paramétrique

Analyse par éléments finis

Validation du modèle numérique

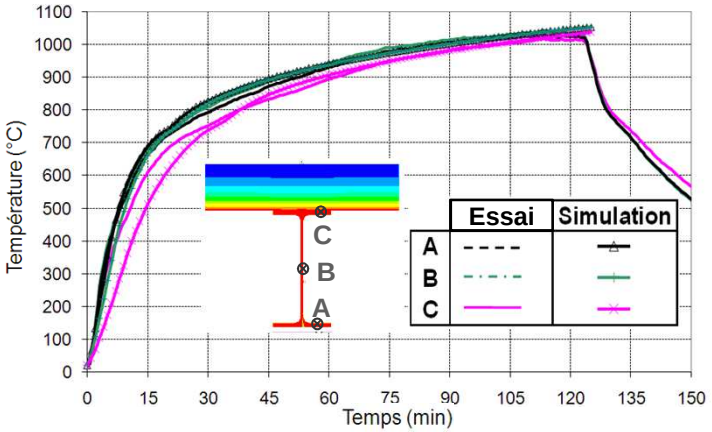
Effet des conditions aux limites

Résultats de l'étude paramétrique

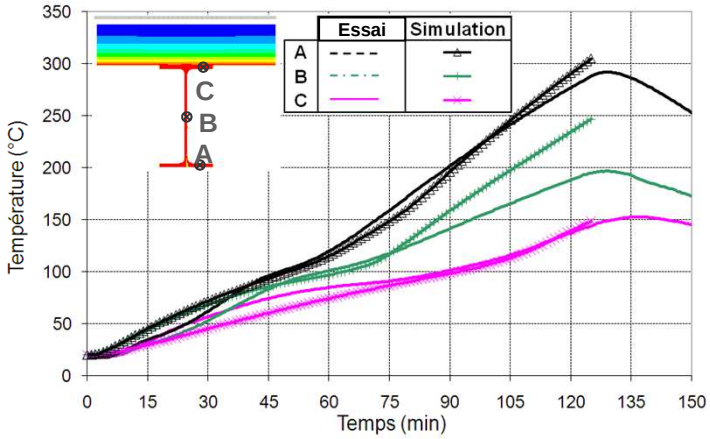
Conclusion

Validation du modèle numérique ANSYS par rapport à l'essai 1 (1/2)

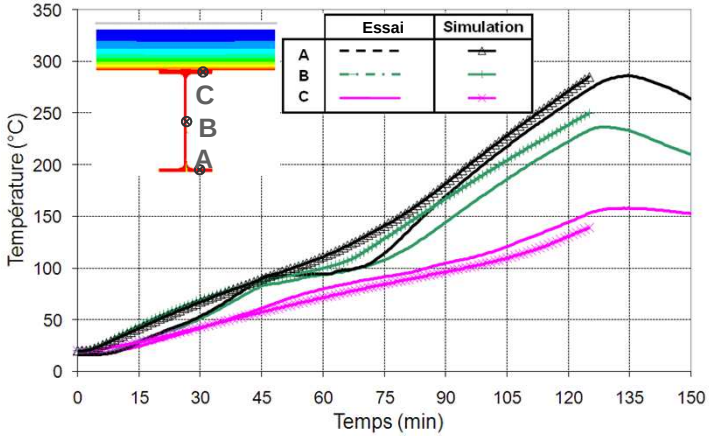
- **Comparaison avec les essais au feu (transfert thermique)**



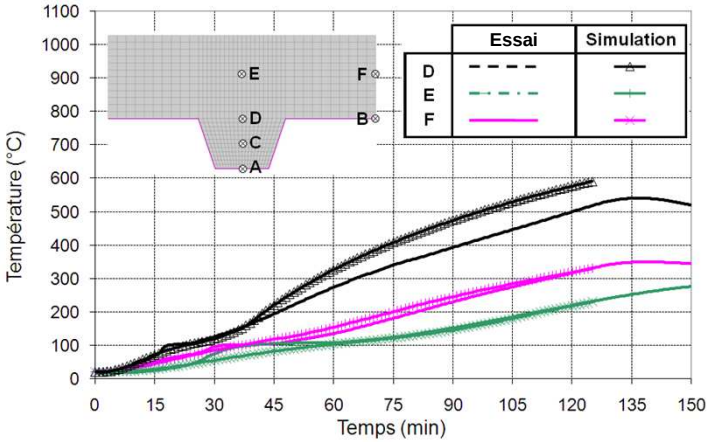
Poutres en acier non protégées



Solives protégées



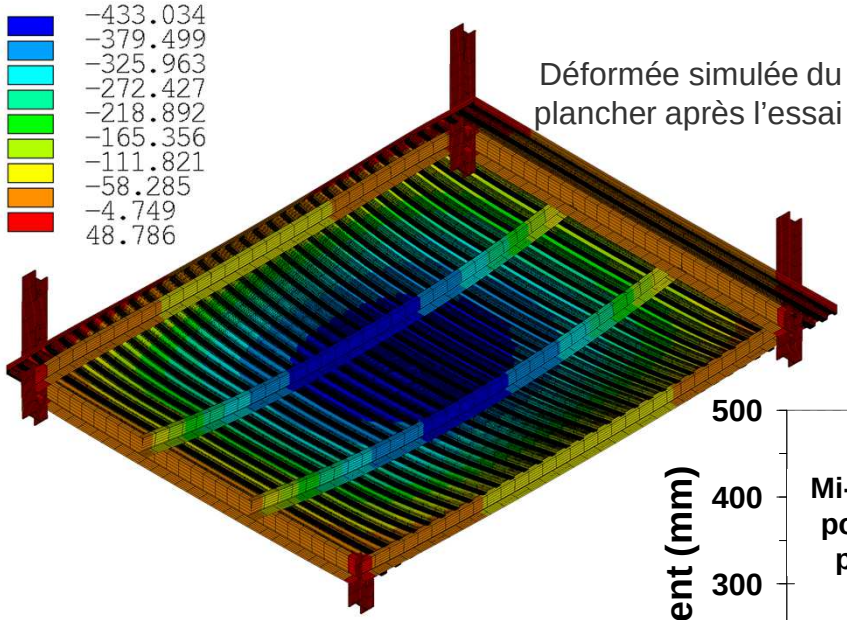
Poutres principales protégées



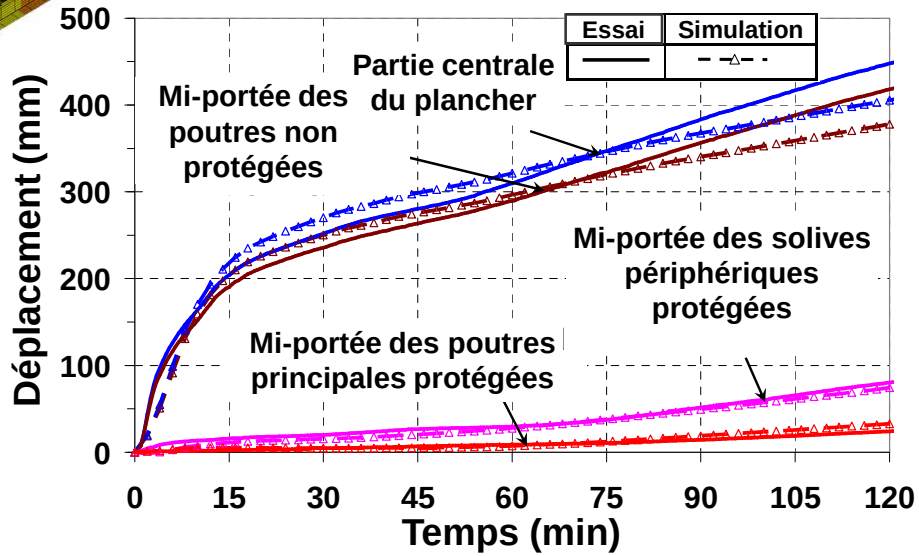
Dalle mixte

Validation du modèle numérique ANSYS par rapport à l'essai 1 (2/2)

- **Comparaison avec l'essai (flèche)**



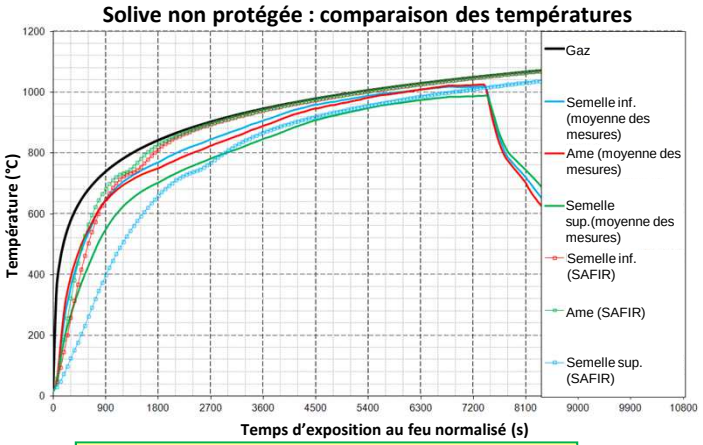
Déformée simulée du plancher après l'essai

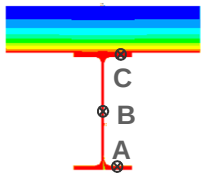


Comparaison des flèches (dalle et poutres)

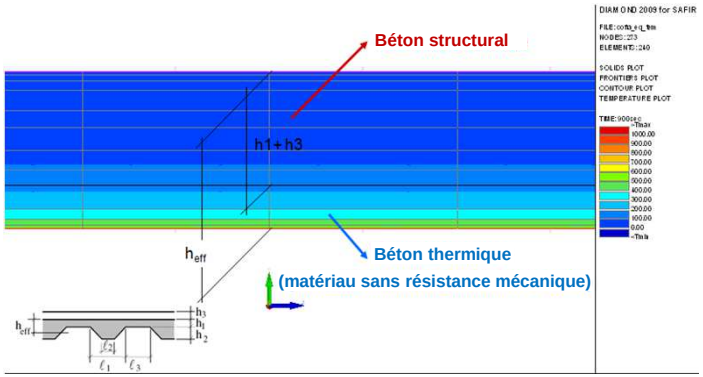
Validation du modèle numérique SAFIR par rapport à l'essai 1 (1/2)

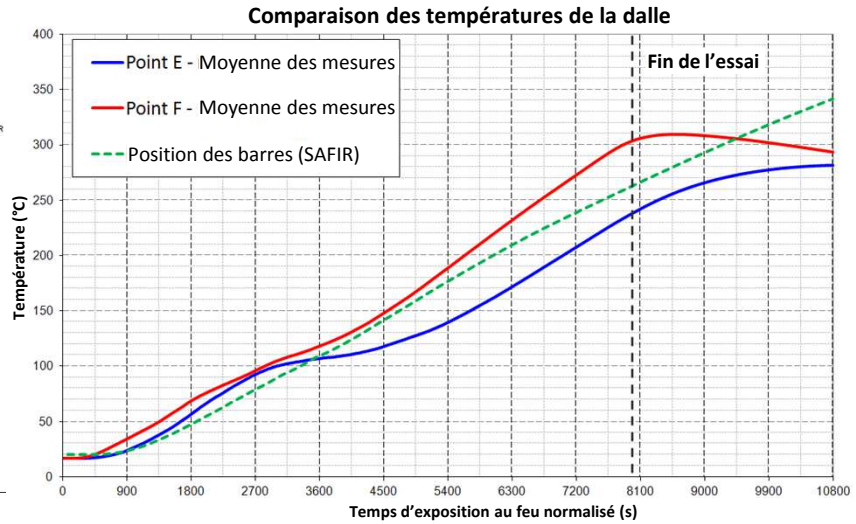
- **Comparaison avec l'essai au feu (transfert thermique)**





Poutres en acier non protégées

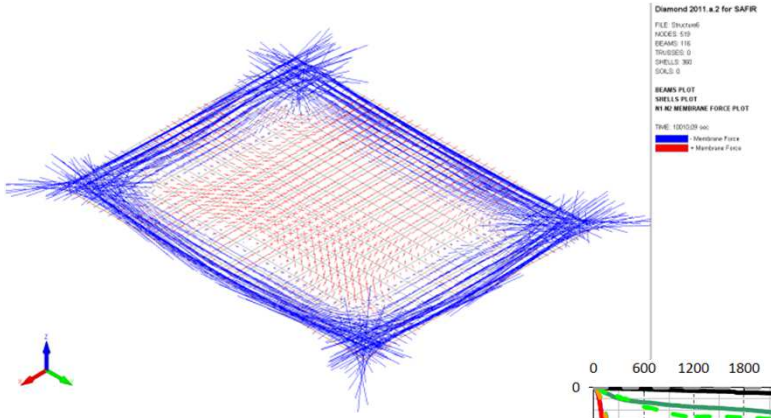




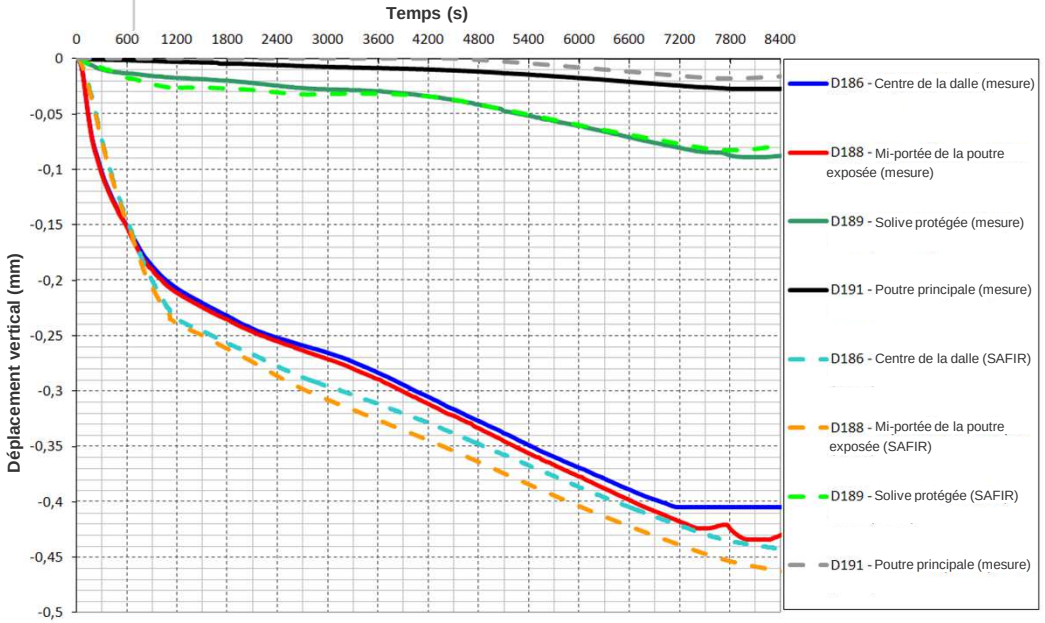
Dalle mixte

Validation du modèle numérique SAFIR par rapport à l'essai 1 (2/2)

- **Comparaison avec l'essai au feu (flèche)**



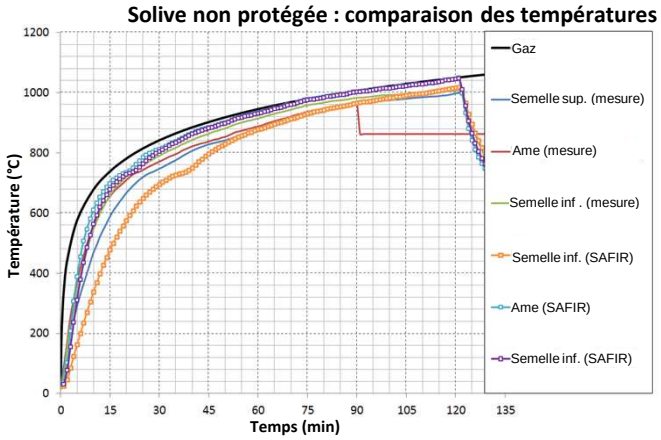
Contraintes calculées dans la dalle en fin d'essai



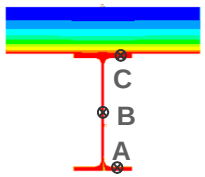
Comparaison des flèches (dalle et poutres)

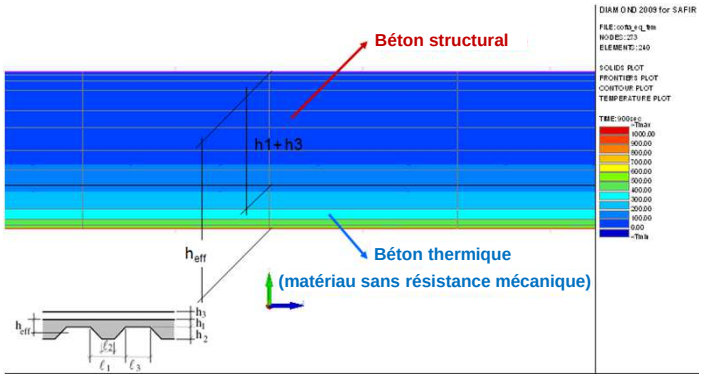
Validation du modèle numérique SAFIR par rapport à l'essai 2 (1/2)

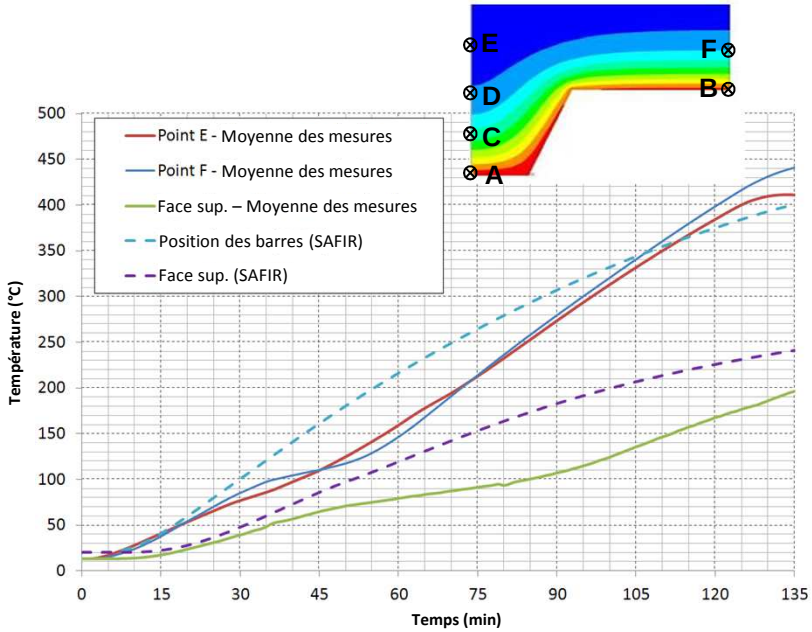
- **Comparaison avec l'essai au feu (transfert thermique)**



Poutres en acier non protégées



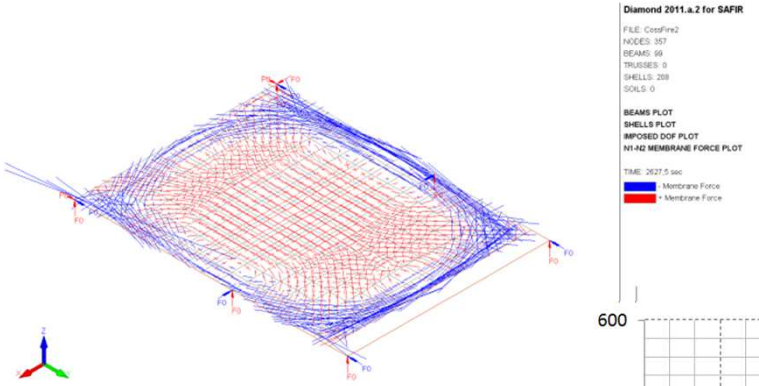




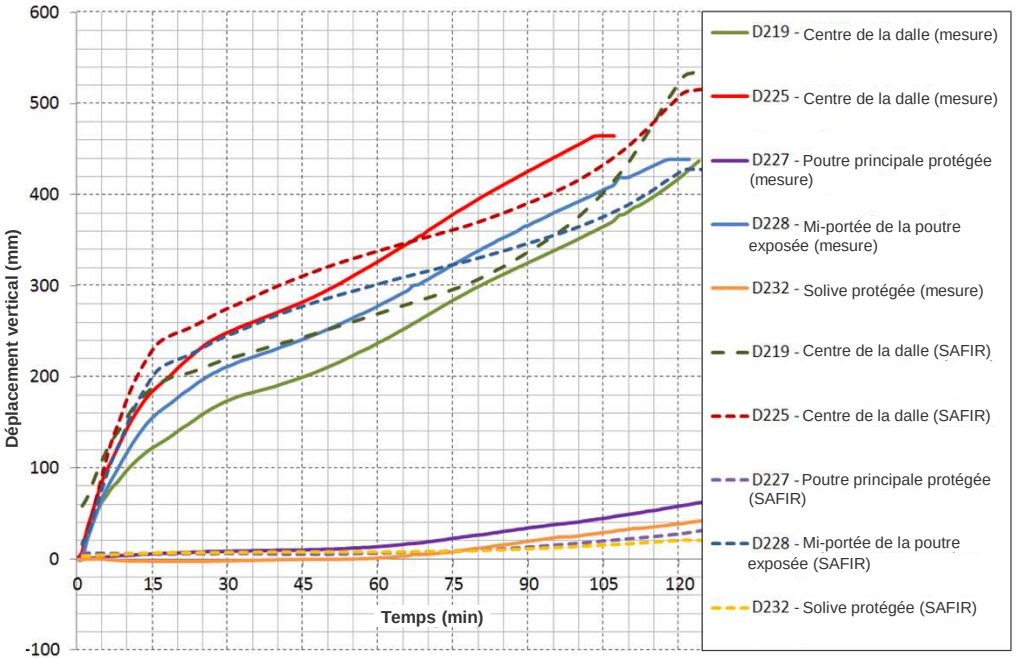
Dalle mixte

Validation du modèle numérique SAFIR par rapport à l'essai 2 (2/2)

- **Comparaison avec l'essai au feu (flèche)**



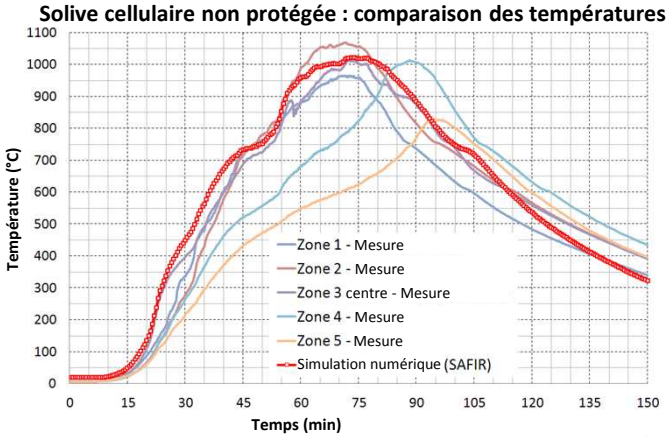
Contraintes calculées dans la dalle en fin d'essai



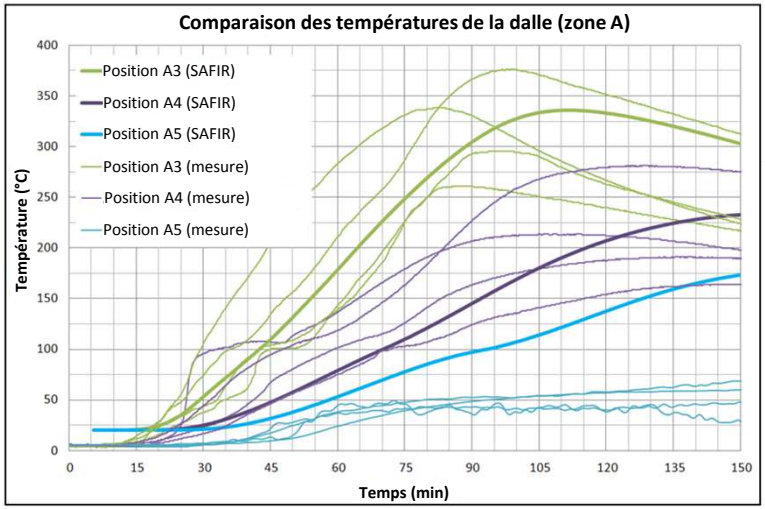
Comparaison de la flèche (dalle et poutres)

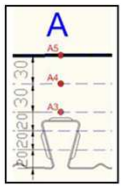
Validation du modèle numérique SAFIR par rapport à l'essai 3 (1/3)

- **Comparaison avec l'essai au feu (transfert thermique)**



Solives en acier non protégées



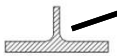


Dalle mixte

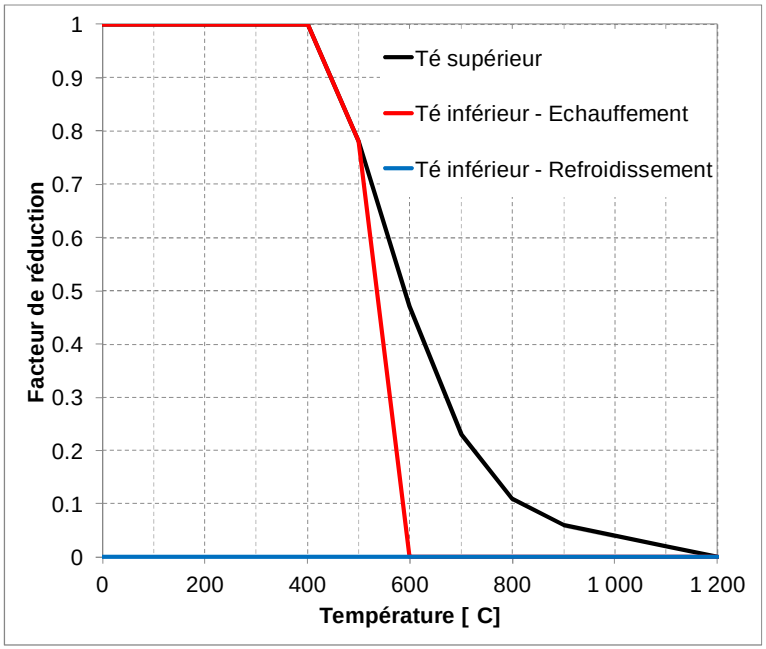
Validation du modèle numérique SAFIR par rapport à l'essai 3 (2/3)

- **Modèle hybride pour prendre en compte le flambement des montants avec des éléments POUTRE**

Avant le flambement des montants

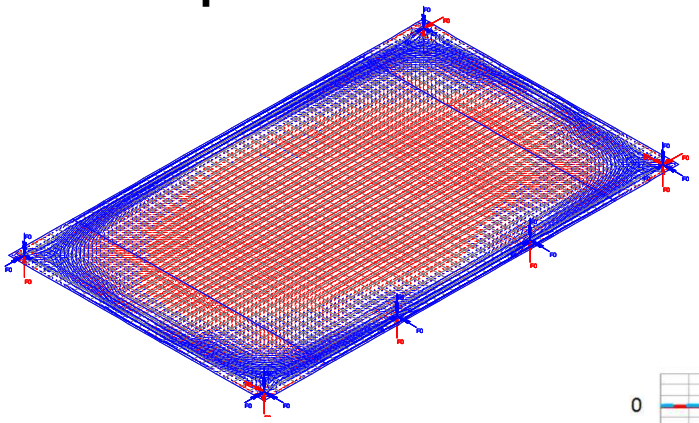


Après le flambement des montants

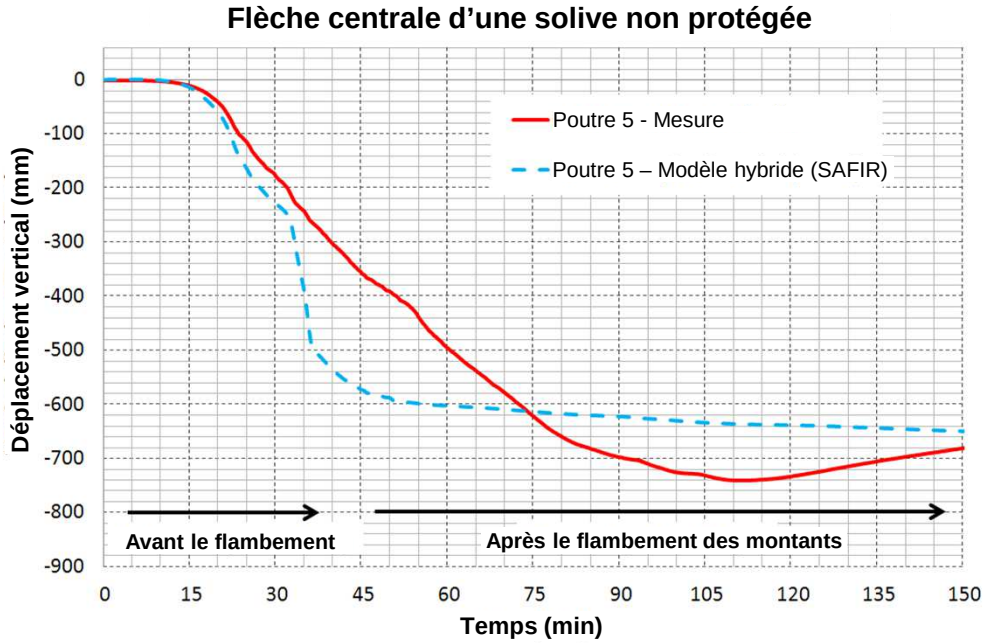


Validation du modèle numérique SAFIR par rapport à l'essai 3 (3/3)

- **Comparaison avec l'essai au feu (flèche)**



Contraintes calculées dans la dalle en fin d'essai



Comparaison de la flèche

Objectifs

Propriétés de l'étude paramétrique

Analyse par éléments finis

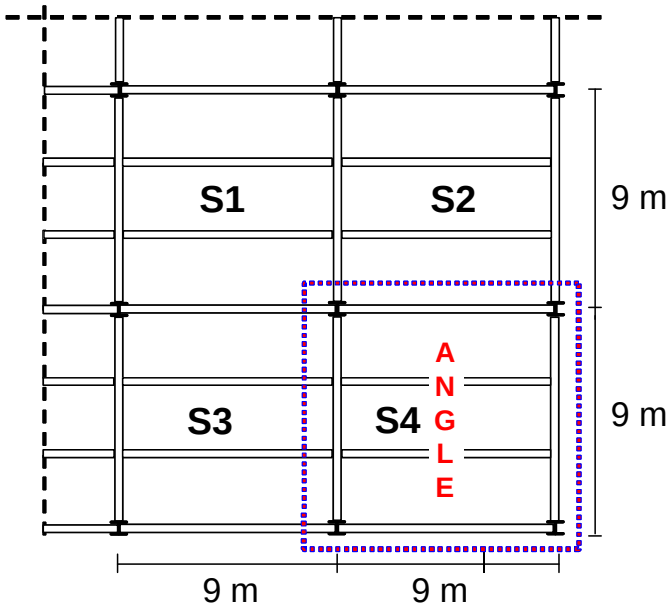
Validation du modèle numérique

Effet des conditions aux limites

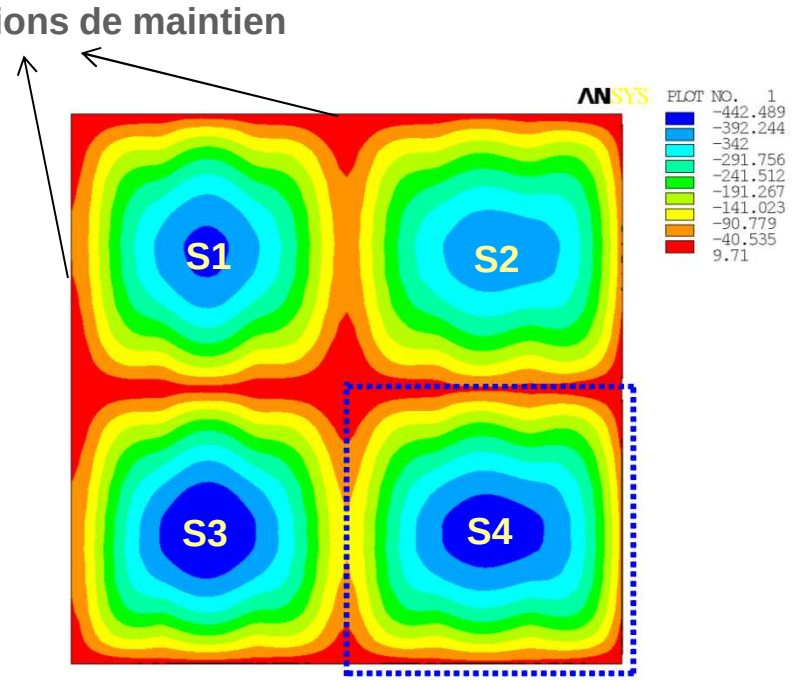
Résultats de l'étude paramétrique

Conclusion

Effet des conditions aux limites



Trame d'un bâtiment réel

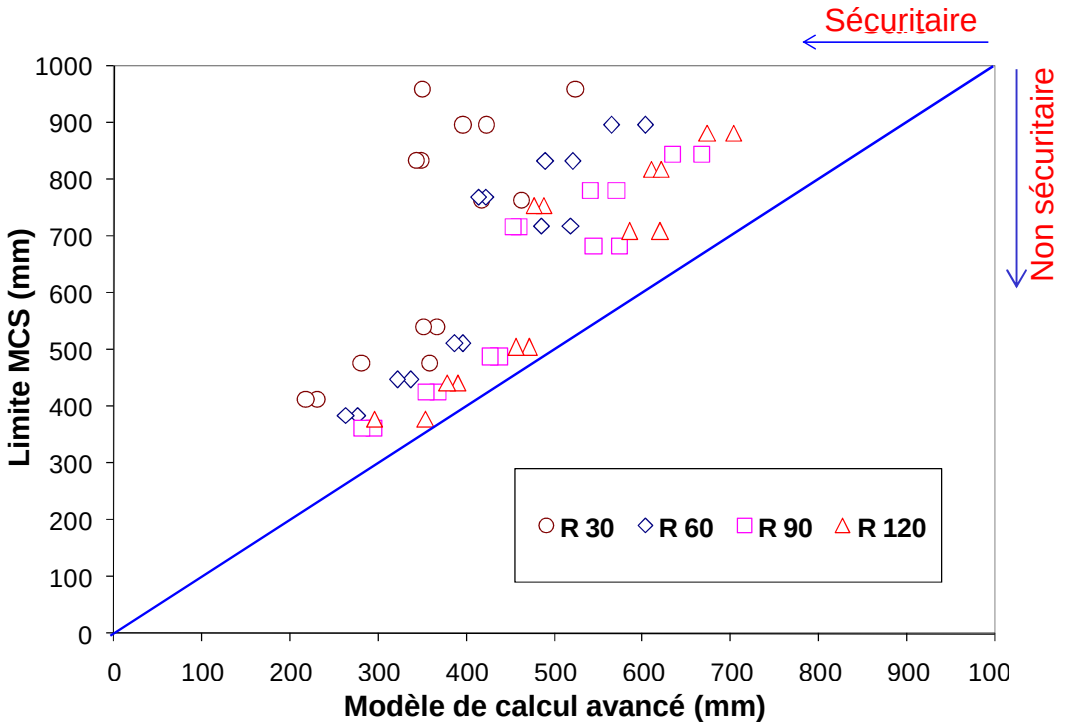


Modèle ANSYS

- **Conclusion**
  - **Flèche calculée plus importante dans le panneau d'angle que dans les 3 autres panneaux à 3 ou 4 bords continus.**

Résultats de l'étude paramétrique (1/4)

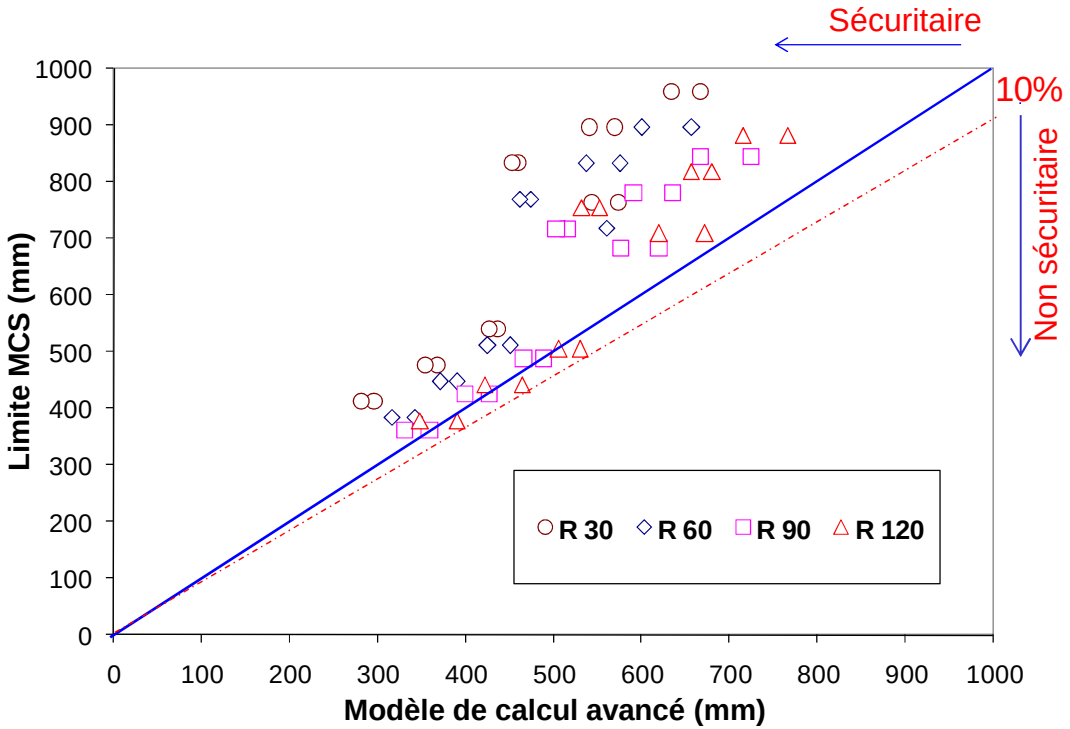
- **Comparaison entre la flèche MEF et la flèche maximale admissible selon la MCS (méthode de calcul simplifiée)**



Liaison mécanique entre la dalle et les poteaux dans les calculs avancés

Résultats de l'étude paramétrique (2/4)

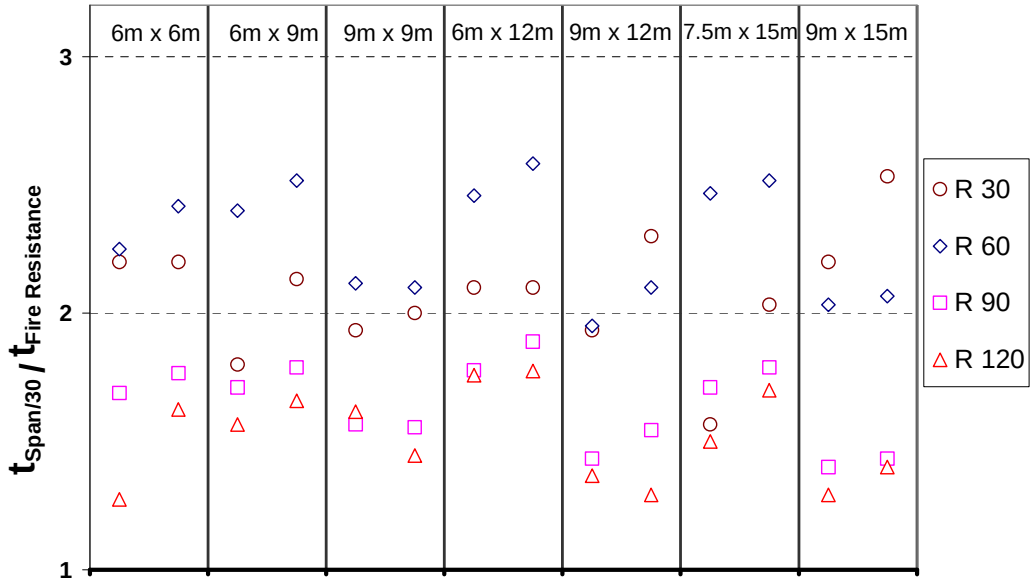
- **Comparaison entre la flèche MEF et la flèche maximale admissible selon la MCS (méthode de calcul simplifiée)**



Pas de liaison mécanique entre la dalle et les poteaux dans les calculs avancés

Résultats de l'étude paramétrique (3/4)

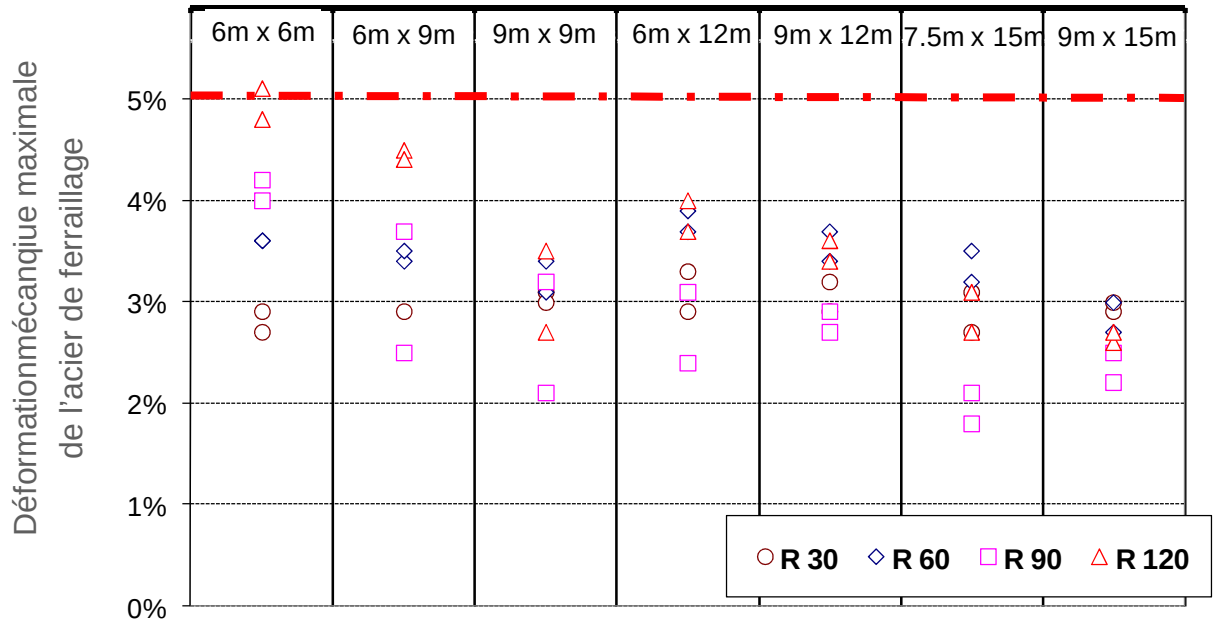
- **Comparaison entre l'instant où la flèche MEF atteint le 1/30 de la portée et la résistance au feu selon la MCS (méthode de calcul simplifiée)**



- **Conclusion**
  - **Le critère Portée/30 n'est pas atteint dans le calcul MEF durant toute la durée de résistance au feu déterminée par la MCS**

Résultats de l'étude paramétrique (4/4)

- **Capacité d'allongement des barres d'armature**



- **Conclusion**
  - **L'allongement des barres d'armatures est < 5 % = Capacité d'allongement maximale admissible selon l'EN 1994-1-2.**

Objectifs

Propriétés de l'étude paramétrique

Analyse par éléments finis

Validation du modèle numérique

Effet des conditions aux limites

Résultats de l'étude paramétrique

Conclusion

Conclusion

- **La MCS (méthode de calcul simplifiée) place du côté de la sécurité par rapport aux résultats de calculs avancés.**
- **Concernant l'allongement des armatures, sa valeur reste généralement en-dessous de 5 %.**
- **Les liaisons mécaniques entre la dalle et les poteaux peuvent réduire la flèche d'un système de plancher mixte en situation d'incendie, mais elles ne sont pas nécessaires en tant que disposition constructive.**
- **La MCS est capable de déterminer de façon sécuritaire le comportement mécanique d'un plancher mixte acier-béton sous feu normalisé.**