

Modélisation de la dégradation thermique d'un matériau par l'approche iso-conversionnelle : vérification et validation d'un modèle numérique

Camille RIERA

GDR Feux – SCF – 26 juin 2014 – Corte



Sommaire

1. Introduction
2. Modèle développé
3. Vérification et validation théorique
4. Validation sur un cas réel
5. Conclusions

Introduction

- Investigation post-incendie : détermination origine et cause
- Cas complexes : investigations classiques non-concluantes → nécessité d'outils supplémentaires : modélisation numérique
- Evaluation de nombreux scénarios

Introduction

- Détermination du scénario le plus probable :
 - Ensemble de points de comparaison → sollicitation thermique subie
 - Recherche d'un couple temps / température via essais expérimentaux (ATG) ou bibliographie
 - Difficultés d'obtention du temps d'exposition
- Modèle cinétique chimique

Description

- Basé sur l'état d'avancement dans la réaction de décomposition thermique $\alpha = \frac{m_0 - m(t)}{m_0 - m_\infty}$
- Nécessite deux états d'avancement :
 - Celui atteint par le matériau considéré durant l'incendie (expérimental) : α_{FEU}
 - Celui théoriquement atteint pour la sollicitation thermique calculée par FDS (numérique) : α_{num}
 - 2
- Calcul état d'avancement via approche iso-conversionnelle de modélisation de la pyrolyse

Méthode iso-conversionnelle

- Principes :
 - Réaction de dégradation thermique prise dans sa globalité
 - Pour un état d'avancement donné, α_i , A et E dépendent uniquement de la température
- Propriétés cinétiques sont fonctions de l'état d'avancement

$$\left. \frac{d\alpha}{dt} \right|_{\alpha=\alpha_i} = A'(\alpha_i) \cdot \exp\left(-\frac{E(\alpha_i)}{RT(t)}\right)$$

Comparaison

Triplet cinétique	Isoconversionnelle
Paramètres constants pour chaque réaction	Paramètres fonctions de l'état d'avancement
Connaissance du mécanisme réactionnel au préalable	Pas d'hypothèses sur le mécanisme réactionnel
Paramètres calculés pour une vitesse de chauffage	3 à 5 essais ATG requis
Hypothèse sur $f(\alpha)$	Pas d'hypothèse sur $f(\alpha)$
Données simples à intégrer	Données complexes à intégrer

Présentation du modèle

- Partie numérique :
 - Résolution directe de la loi d'Arrhénius
 - T(t) donné par FDS pour chaque scénario à la surface du matériau

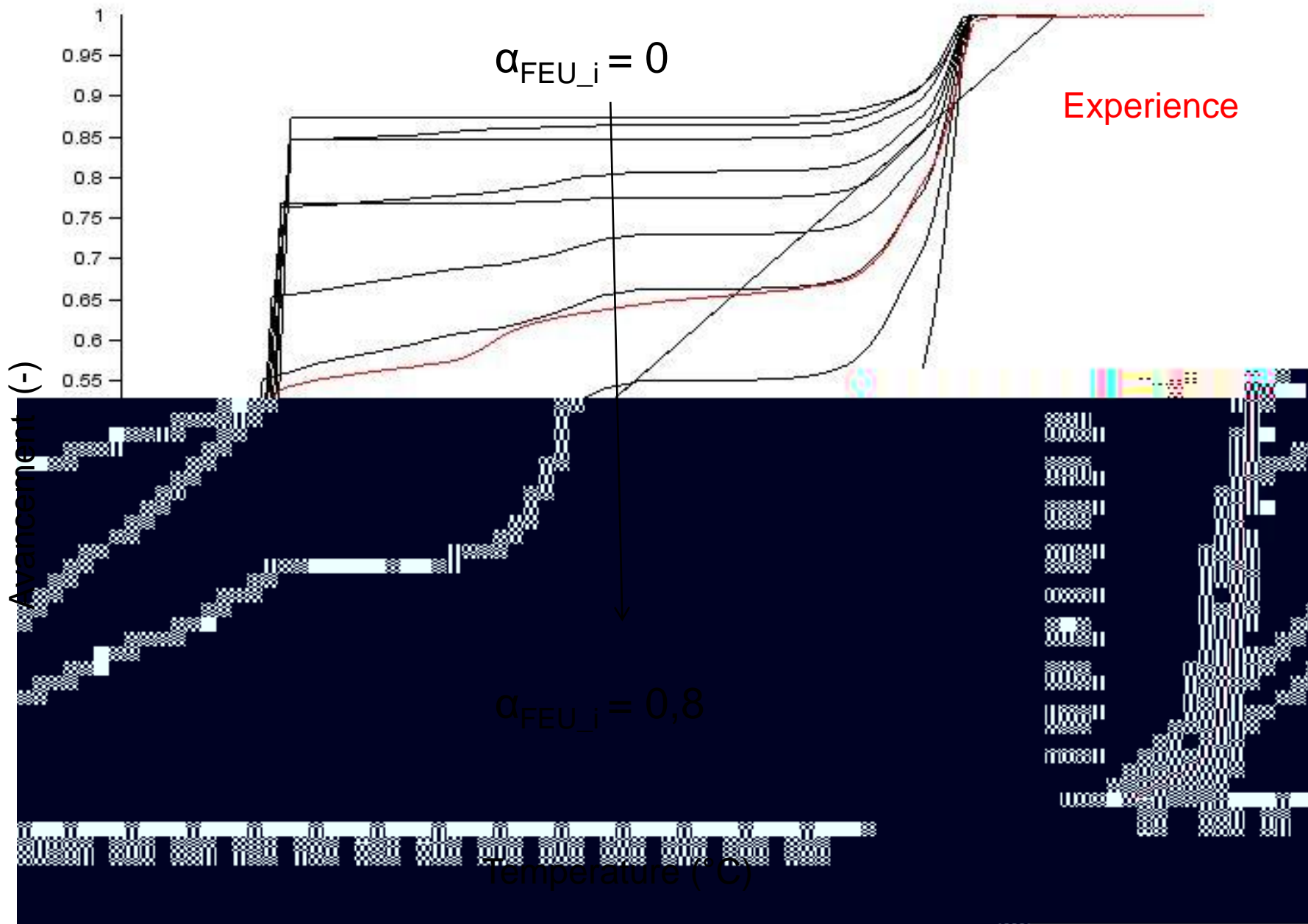
- Partie “ α_{FEU} ” :
 - Hypothèse :

$$\forall \alpha \in [\alpha_{FEU}; 1]$$

$$E_{BRULE}(\alpha) = E_{SAIN}(\alpha) = E(\alpha)$$

$$A_{BRULE}(\alpha) = A_{SAIN}(\alpha) = A(\alpha)$$

 - Méthode itérative : tracé de $\alpha(T)$ pour différents niveaux de dégradations initiaux → comparaison avec le thermogramme expérimental



Présentation du modèle

- Partie numérique :
 - Résolution directe de la loi d'Arrhénius
 - T(t) donné par FDS pour chaque scénario

- Partie “ α_{FEU} ” :
 - Hypothèse :

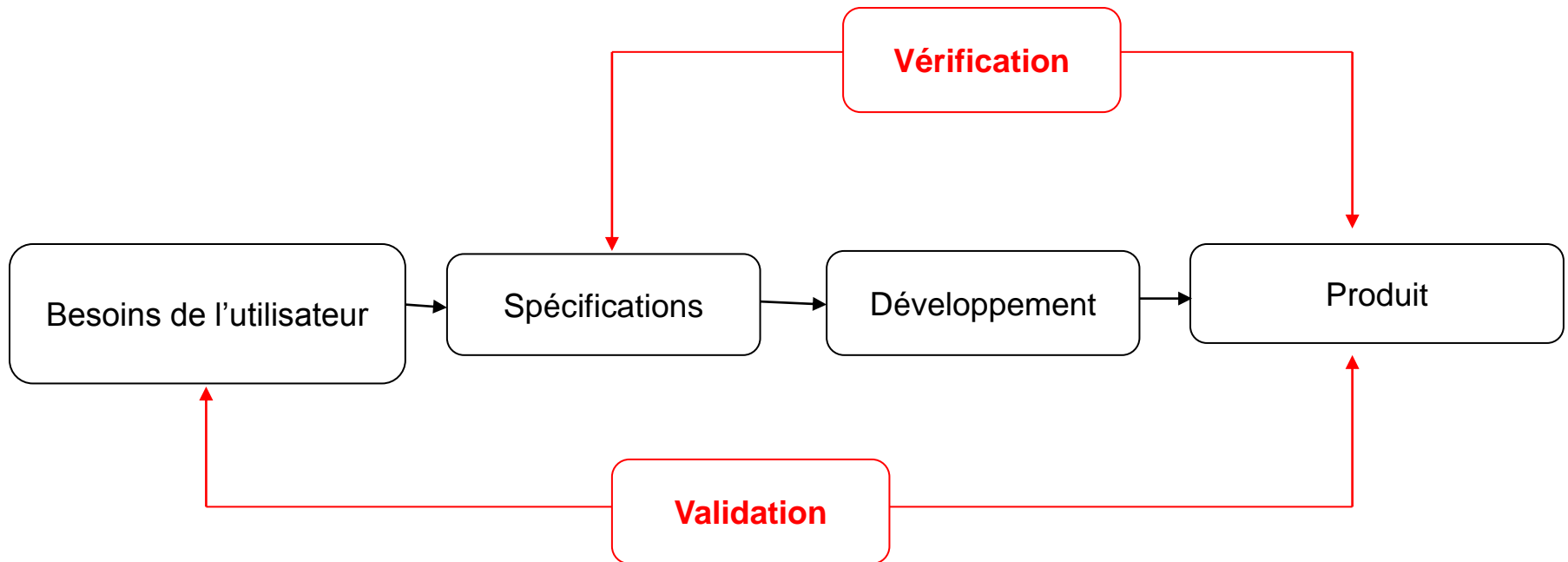
$$\forall \alpha \in [\alpha_{FEU}; 1]$$

$$E_{BRULE}(\alpha) = E_{SAIN}(\alpha) = E(\alpha)$$

$$A_{BRULE}(\alpha) = A_{SAIN}(\alpha) = A(\alpha)$$
 - Méthode itérative : tracé de $\alpha(T)$ pour différents niveaux de dégradations initiaux → comparaison avec le thermogramme expérimental

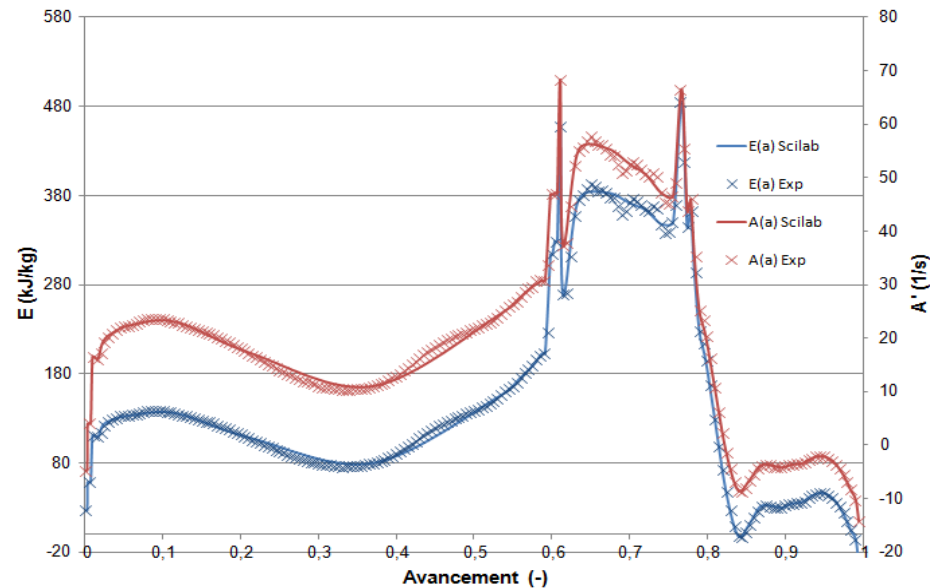
- Comparaison valeur numérique / “ α_{FEU} ” pour détermination du meilleur scénario

Vérification et validation



Vérification

- Intégration des données d'entrée

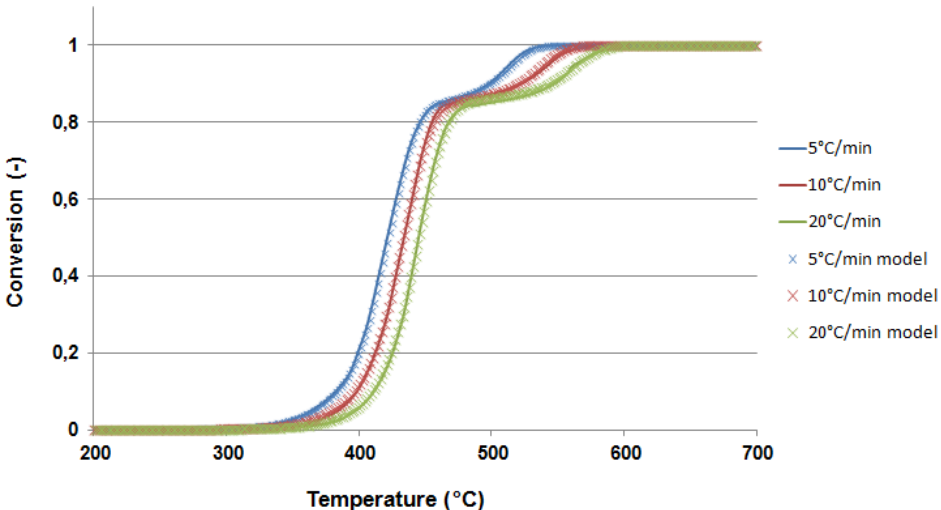


- Vérification convergence et stabilité en fonction paramètres utilisateur

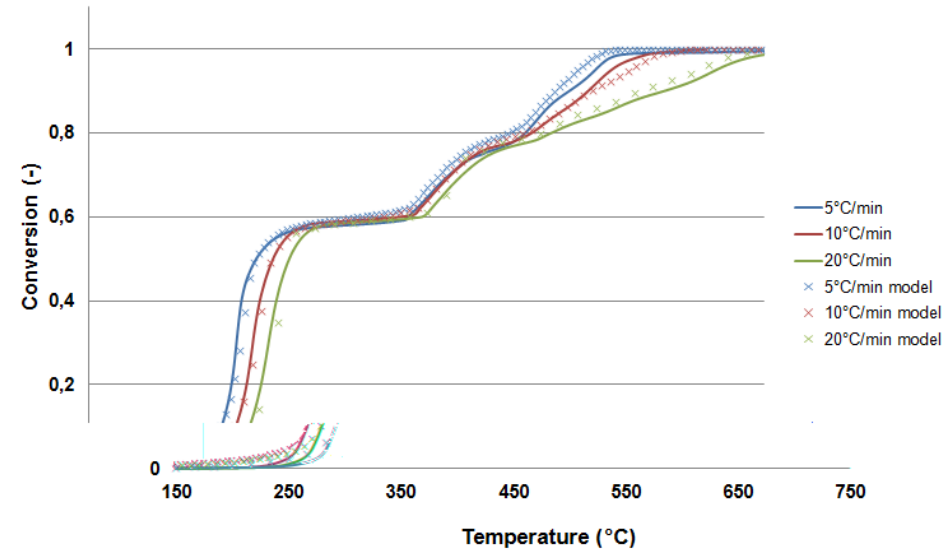
Validation

- Influence de la vitesse de chauffage

Influence of heating rate on PET



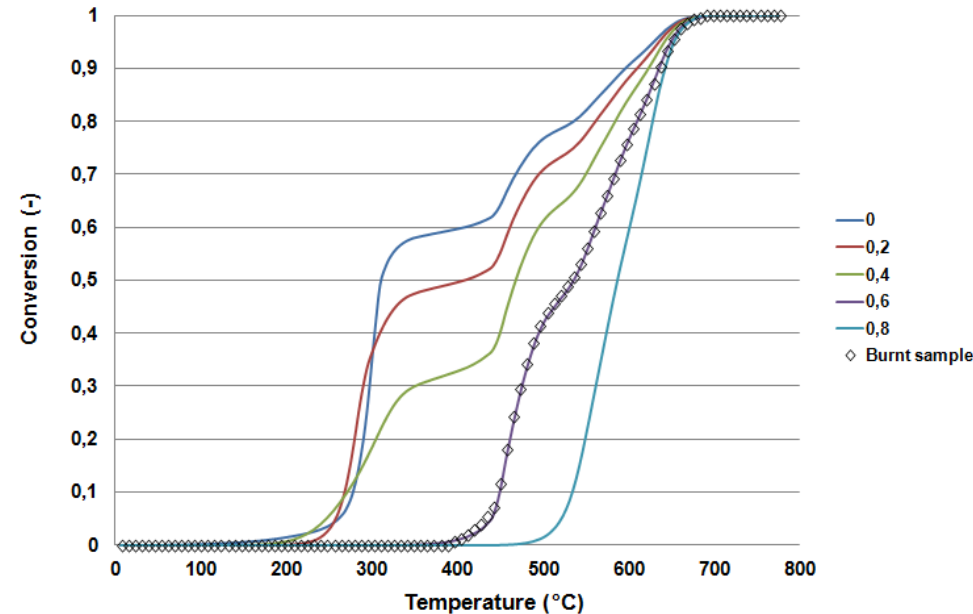
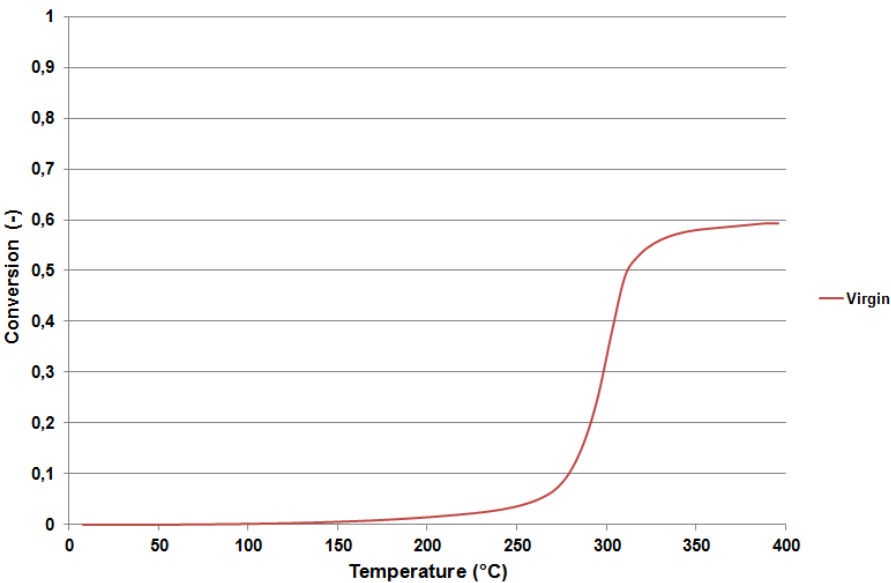
Influence of heating rate on PVC



Approche iso-conversionnelle : permet la reproduction de l'influence de la vitesse de chauffage

Validation

- Calcul du α_{FEU}

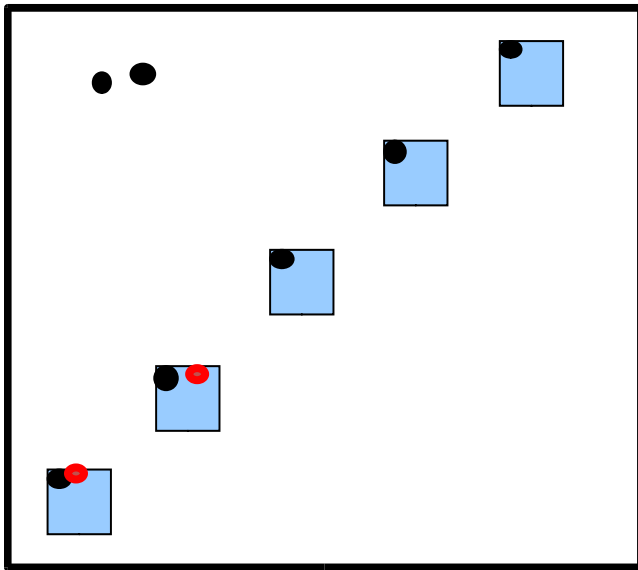


Méthode de calcul validée pour cet essai

Bilan

- Etape de vérification et validation
 - modèle cinétique vérifié et validé via des essais réalisés à l'échelle matière
- Validation de la méthodologie générale : nécessité de mise en situation réelle
 - Essais réalisés en collaboration avec la BSPP à Villeneuve-Saint-Georges

Protocole expérimental

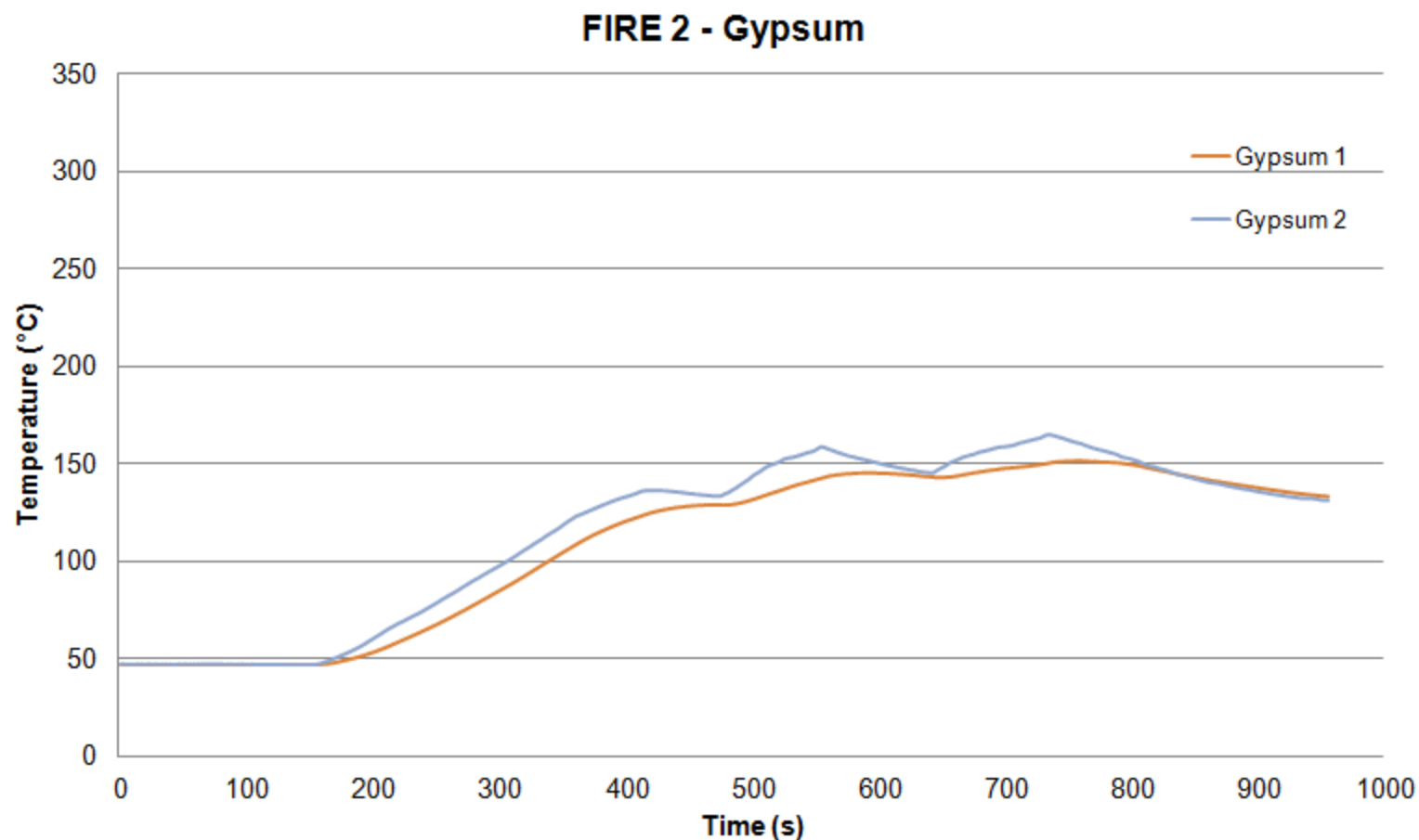


Foyer : 70,5 kg de
contreplaqué

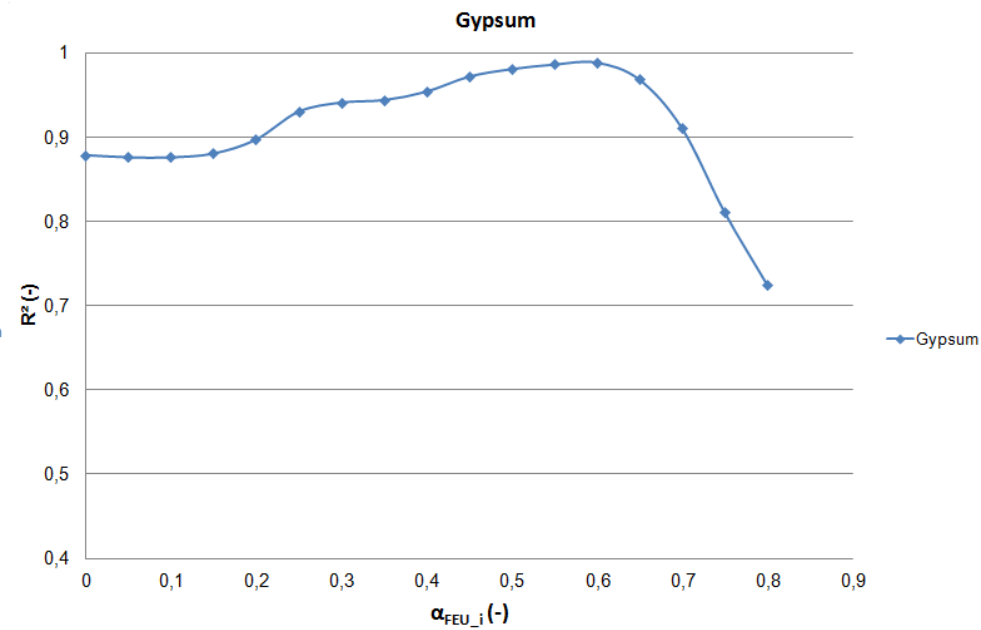
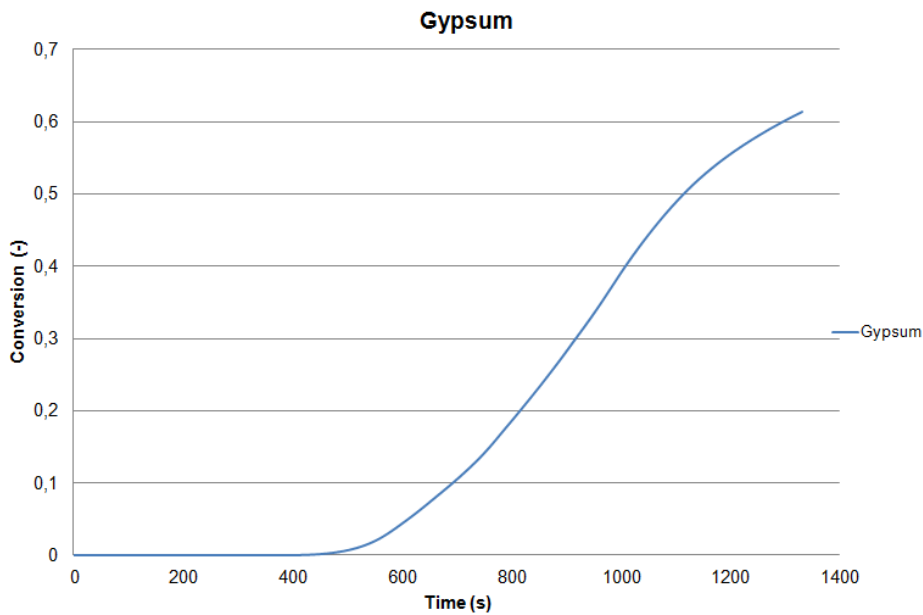
- Echantillons thermoplastiques sur plaque de plâtre



Plâtre - Températures



Application méthode couplée



$$\alpha_{num} = 0,6$$

$$\alpha_{FEU} = 0,6$$

Conclusions

- Modèle numérique développé :
 - Comparaison sollicitations thermiques numérique / réelle
- Modèle vérifié et validé en laboratoire et sur site
- Approche iso-conversionnelle : permet la réalisation de prédictions sur le comportement d'un matériau → choix judicieux

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Camille RIERA

GDR Feux – SCF – 26 juin 2014 – Corte

