

9^{ème} rencontre Incendie - GDR CNRS

Confrontation du logiciel SCHEMA-SI à l'essai GDR-Promesis :

Bilan et perspectives

- ***Confronter un modèle à zones à une réalité expérimentale réputée difficile à modéliser (multi foyers, multi locaux, sous ventilation, isolation thermique)***
- Quantifier l'erreur (attendue) du modèle
 - Contribuer à l'interprétation des résultats expérimentaux et à l'appréhension des phénomènes physiques mis en jeu
 - Identifier des pistes d'amélioration du modèle

→ **Cahier des charges des modèles :**

- Reproduire au plus près l'expérience
- Fournir l'évolution temporelle de l'activité de 2 foyers distincts

→ **3 étapes :**

- Etape 1 : calcul en aveugle
- Etape 2 : débits de pyrolyse et chaleur de combustion imposés
- Etape 3 : mesures expérimentales fournies (perte de masse, température, fraction d'oxygène)

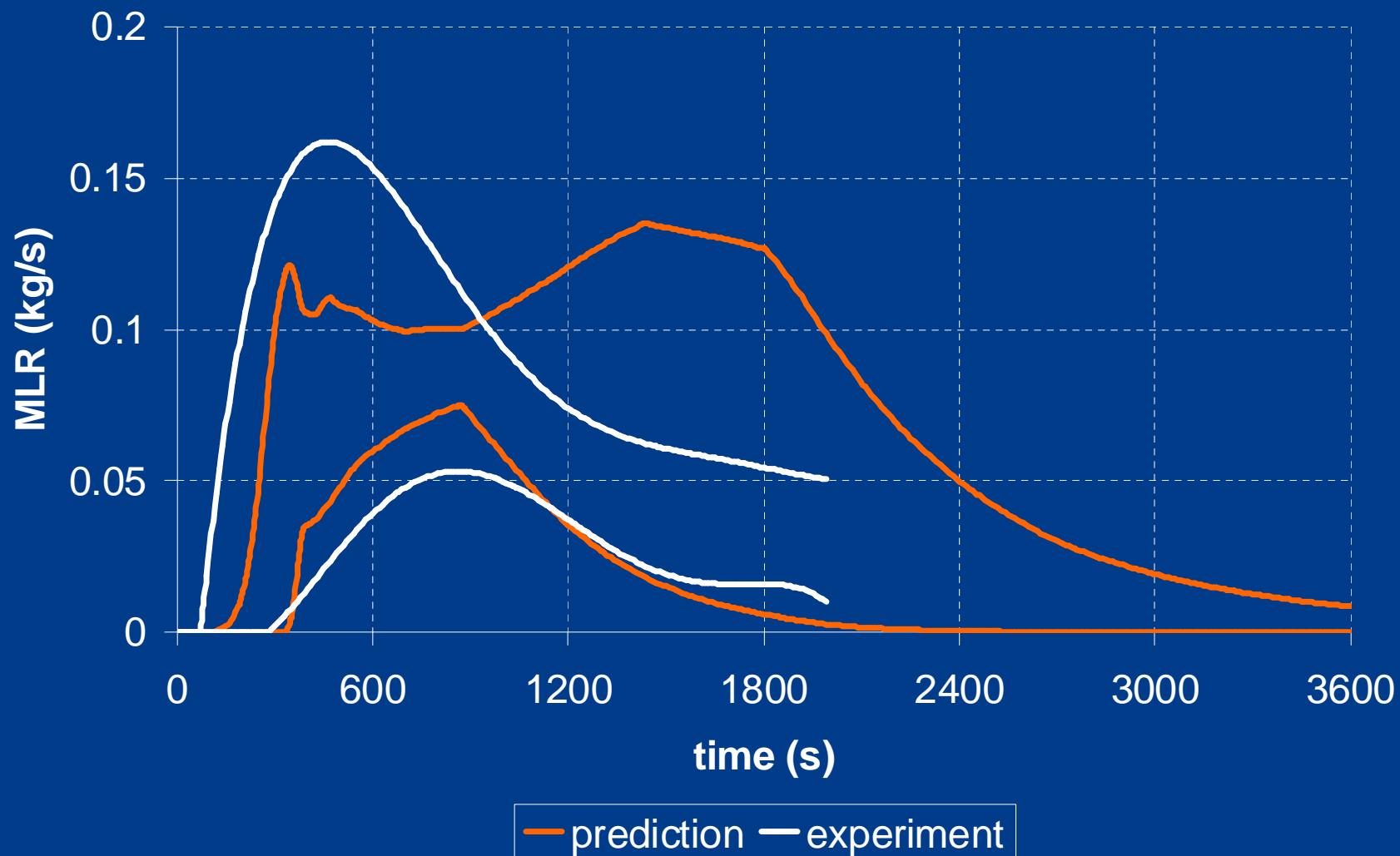


→ **SCHEMA – S. I.**

- Modèle à deux zones gazeuses multi-locaux développé au CSTB
 - Températures des zones haute et basse, hauteur de l'interface thermique entre zones, pression du local
 - Fractions d'oxygène et de fuel

→ **+ modèle de perte de masse**

- Utiskul & Quintiere (IAFSS, 2008)
 - Ventilation du foyer
 - Flux de chaleur provenant de l'environnement



- **Des écarts significatifs sont observés entre l'expérience et le calcul**
- Interprétation des mesures expérimentales rendue difficile par l'effondrement du bucher en dehors de la cellule de pesée
 - Influence du **choix de la cinétique de développement et de décroissance** des foyers
 - Effet de la sous-ventilation (*questionnement sur les principes de base du modèle à 2 zones : entraînement dans le panache, stratification, **redirection des écoulements aux ouvertures***)
 - Effet du « feedback radiatif » (*questionnement sur la représentation du foyer et du **flux de chaleur provenant de l'environnement***)

$$\dot{m}_F = \underbrace{\dot{m}_{F0}'' A_{Fb} \frac{Y_{O_2L}}{Y_{O_20}}}_{\text{effet de la ventilation}} + \underbrace{\frac{\dot{q}_{external}}{L_{vap}}}_{\text{effet du flux de chaleur}}$$

\dot{m}_{F0}'' : débit de perte de masse en champ libre

A_{Fb} : surface en pyrolyse active surmontée d'une flamme

$\dot{q}_{external}$: flux de chaleur provenant de l'environnement

L_{vap} : chaleur latente de vaporisation

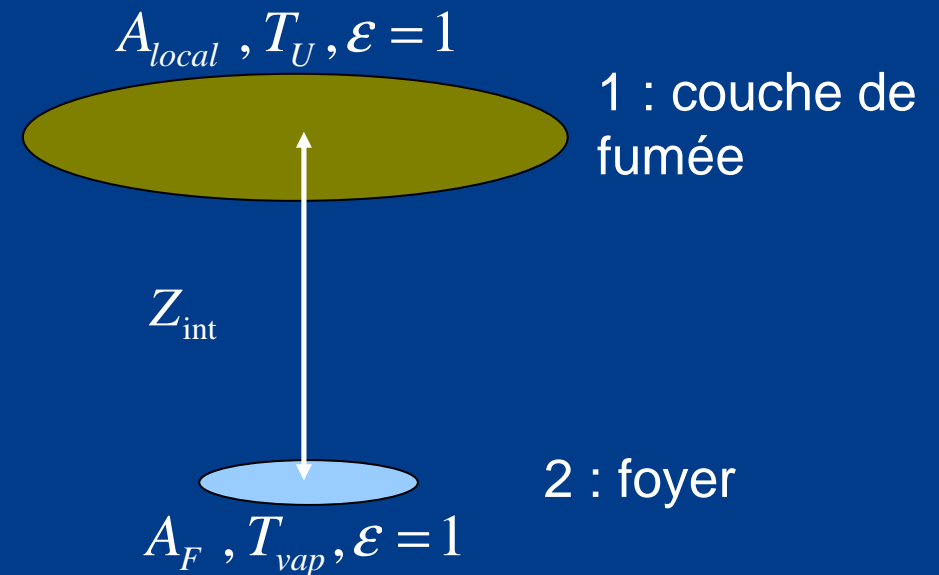
→ Représentation du flux de chaleur environnement / foyer

$$R_1 = \frac{\sqrt{\frac{A_{local}}{\pi}}}{Z_{int}} \quad R_2 = \frac{\sqrt{\frac{A_F}{\pi}}}{Z_{int}} \quad X = 1 + \frac{(1 + R_2^2)}{R_1^2}$$

$$F_{1-2} = 0.5 \times \left(X - \sqrt{X^2 - 4 \times \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^2} \right)$$

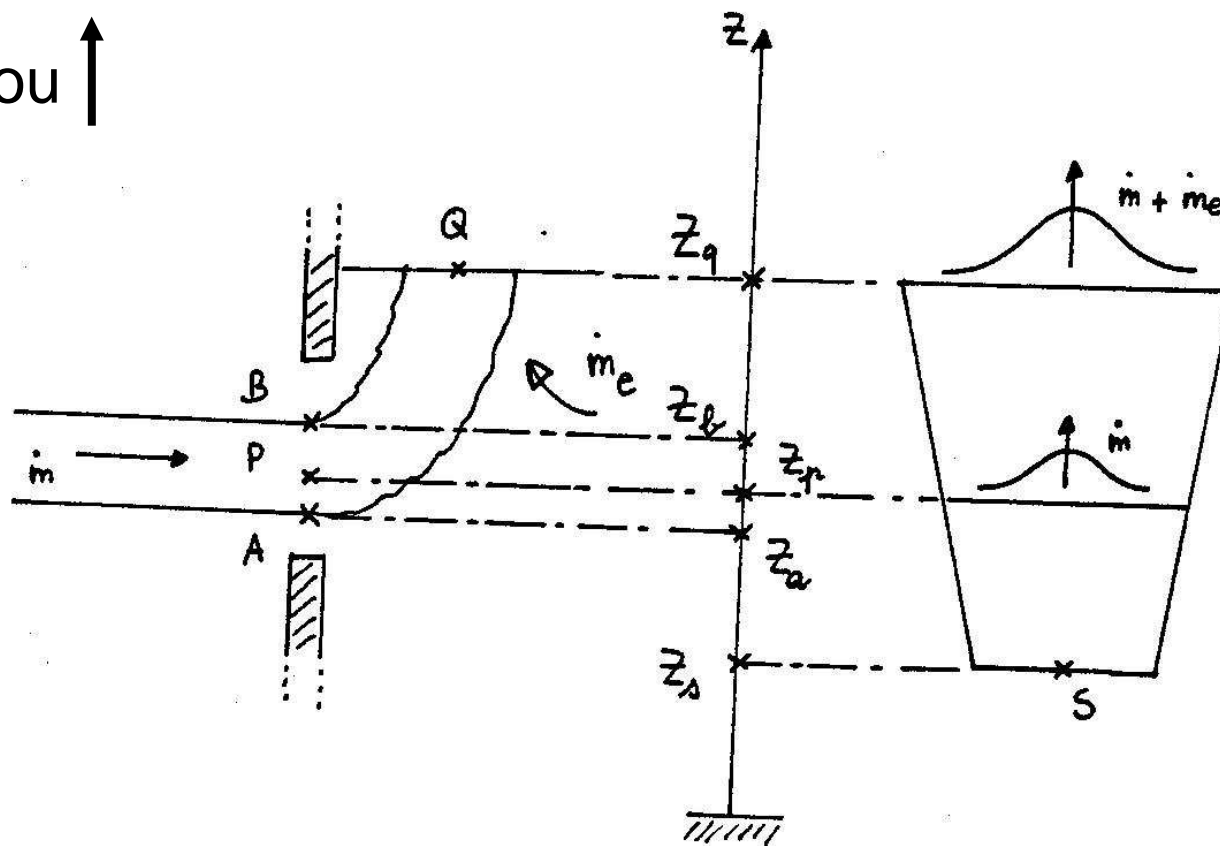
~~$$\dot{q}_{ext}'' = \frac{1}{A_F} \times (A_{local} F_{1-2} \sigma T_U^4 - A_F \sigma T_{vap}^4)$$~~

$$\rightarrow \dot{q}_{external} = (A_F - A_{Fb}) \dot{q}_{ext}'' + (1 - \epsilon_f) A_{Fb} \dot{q}_{ext}''$$



$$\dot{q}_{ext}'' = \frac{A_{local} F_{1-2}}{A_F} \times \sigma (T_U^4 - T_{vap}^4)$$

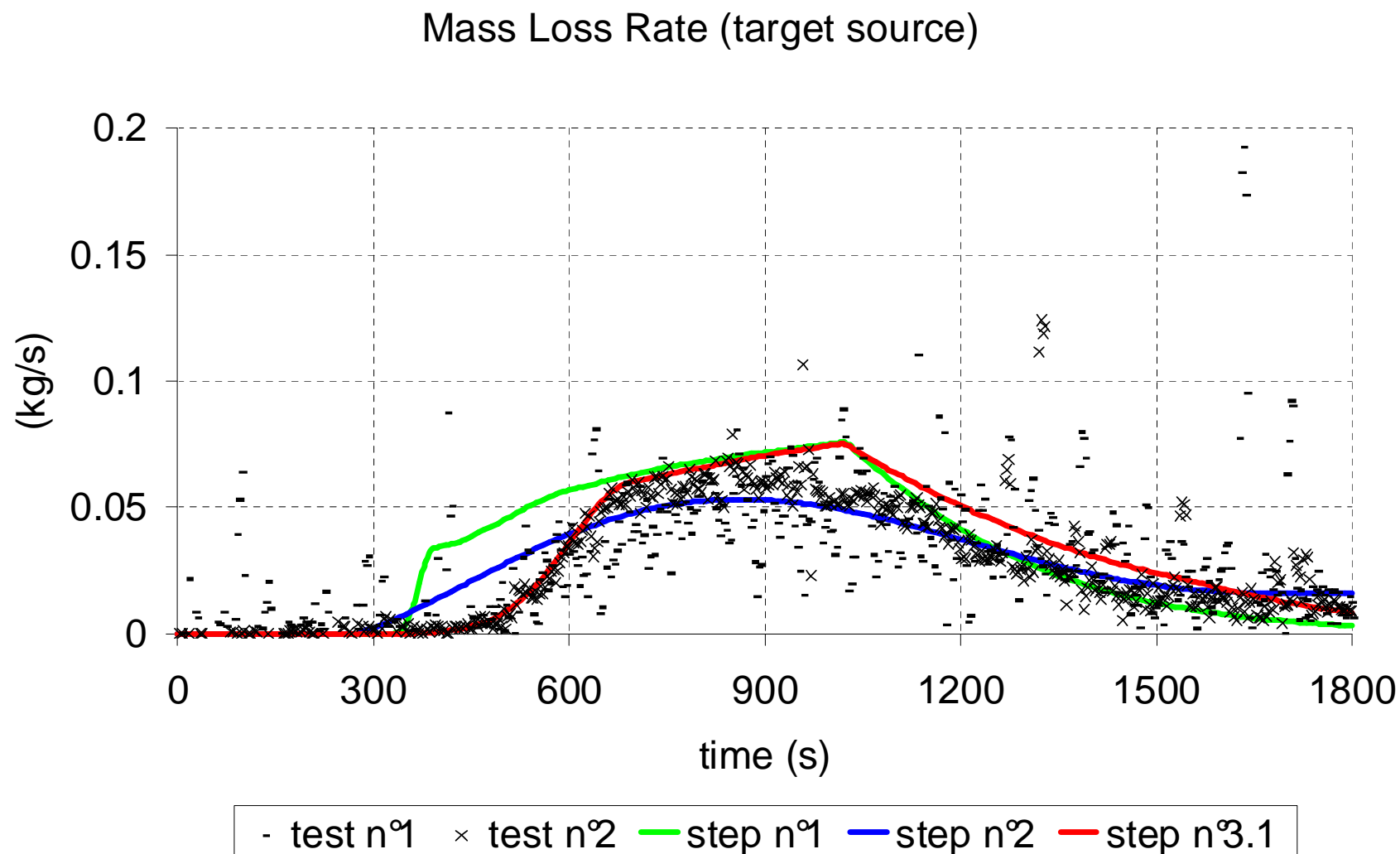
$\vec{g} : \downarrow$ ou \uparrow

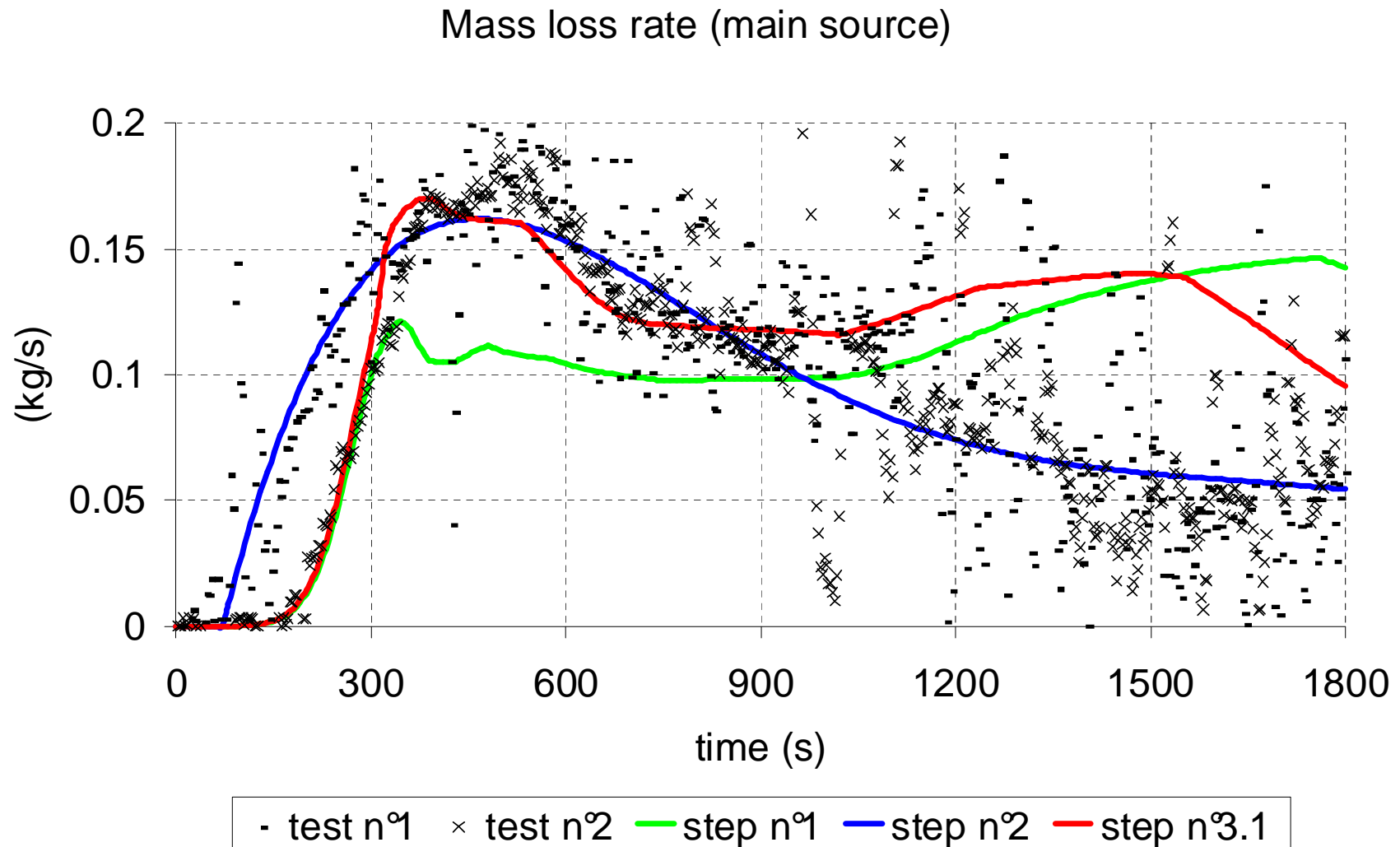


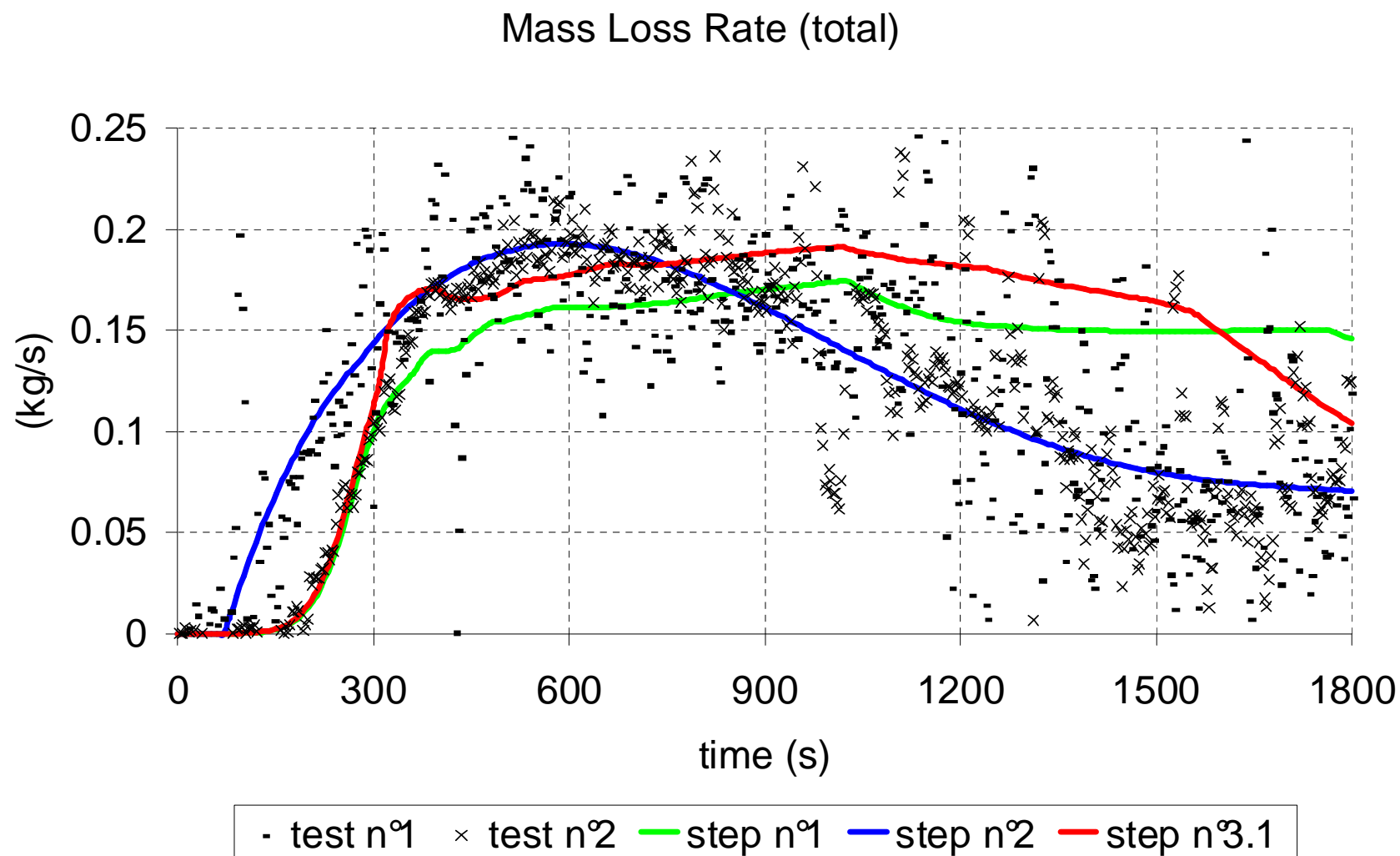
ELF = 0 : Z_p=Z_b ; ELF = 1 : Z_p=Z_a (par défaut, ELF = 0.5)

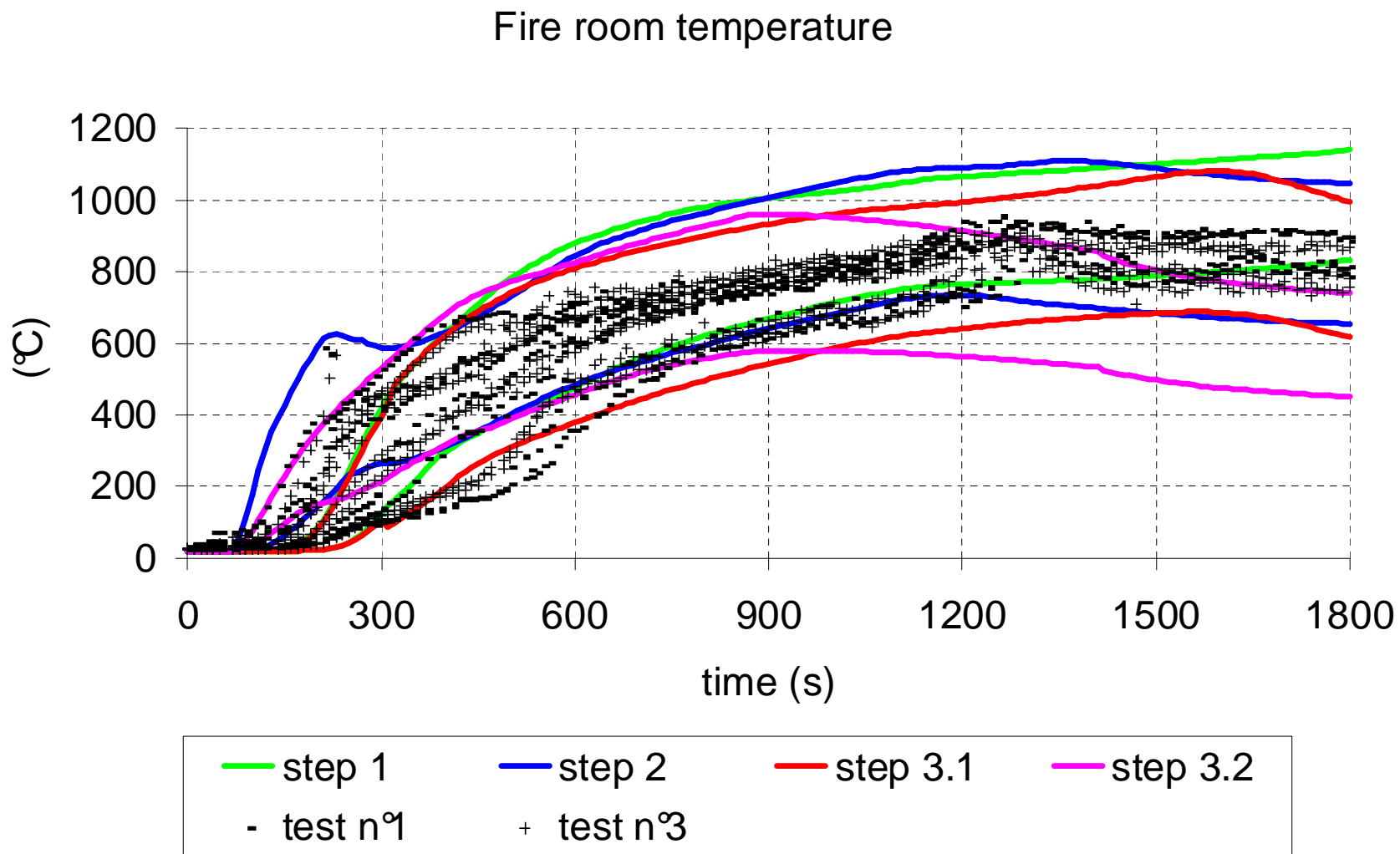
Caractéristiques des calculs effectués

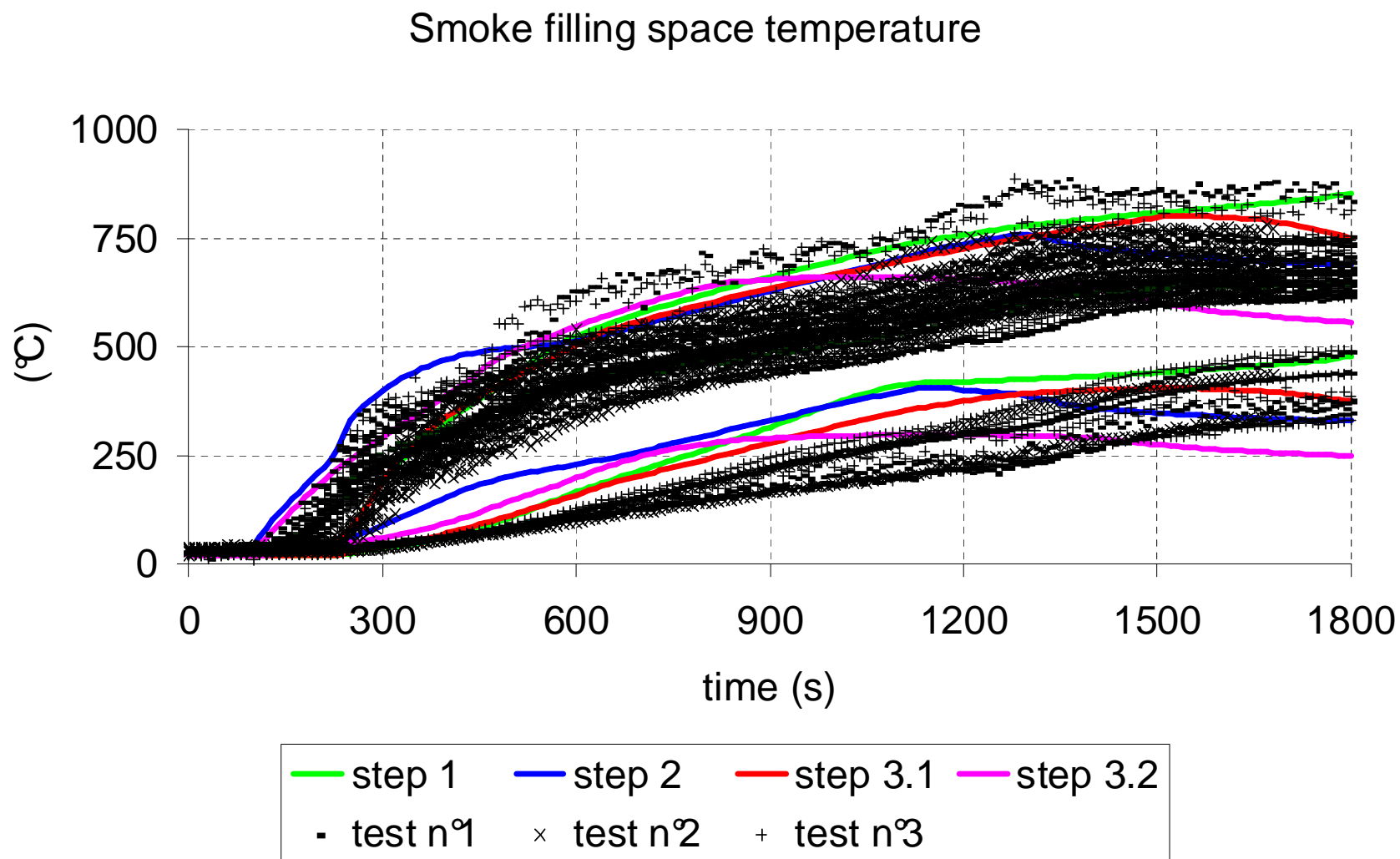
	step 1	step 2	step 3.1	step 3.2
débit de pyrolyse	prédit	imposé	prédit	imposé
hc_{eq} (MJ/kg)	12.00	14.67	12.00	12.00
m_{f0max} principal (kg/s)	0.167	---	0.183	---
m_{f0max} cible (kg/s)	0.042	---	0.038	---
Montée puissance foyer cible	1 min	---	6 min	---
- $m_f \times L_{vap}$	non	non	oui	oui
ELF (entraînement dans les panaches d'ouverture)	1.0	1.0	0.5	0.5
Calcul du flux de chaleur sur le foyer	erreur	---	corrigé	---

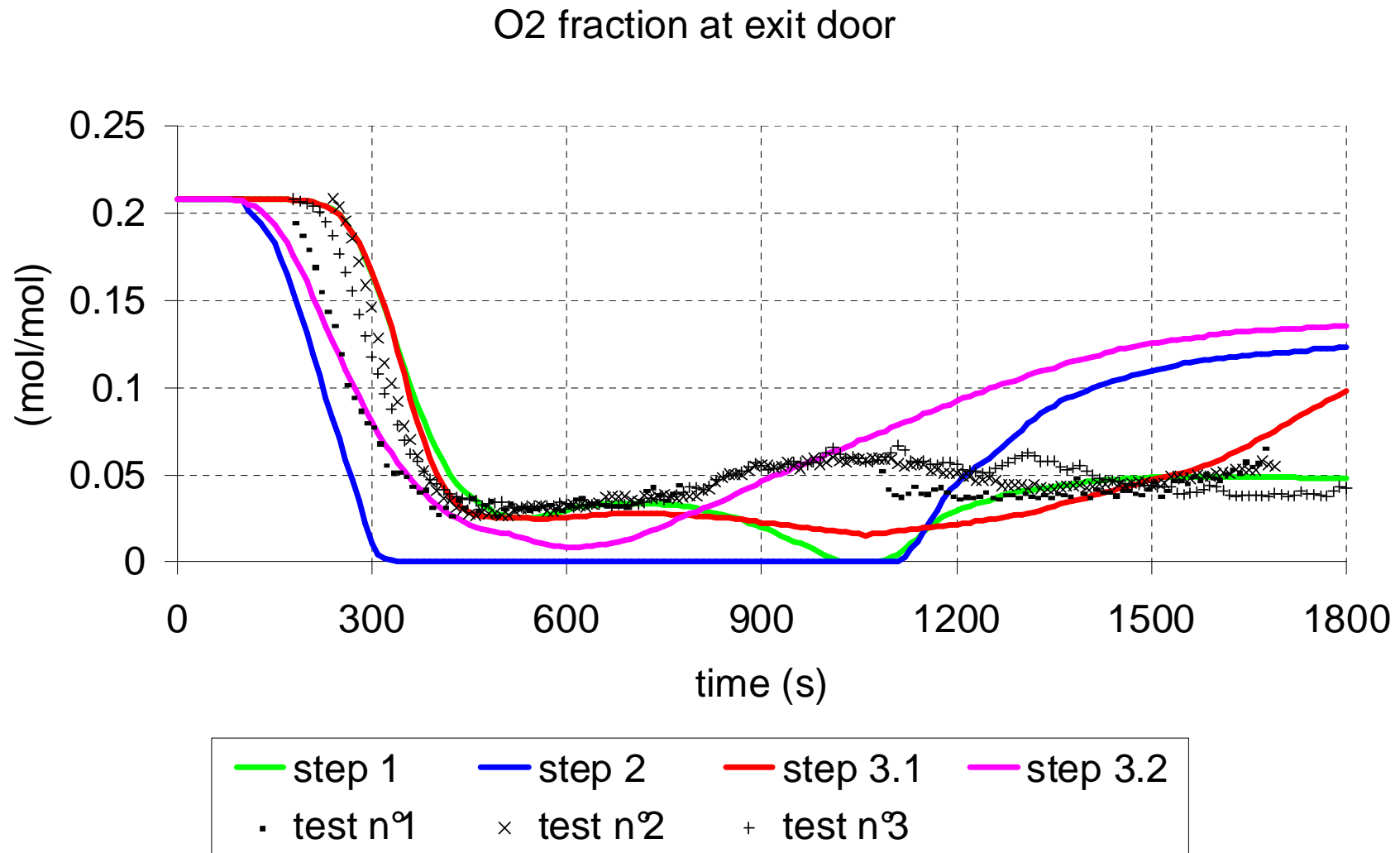




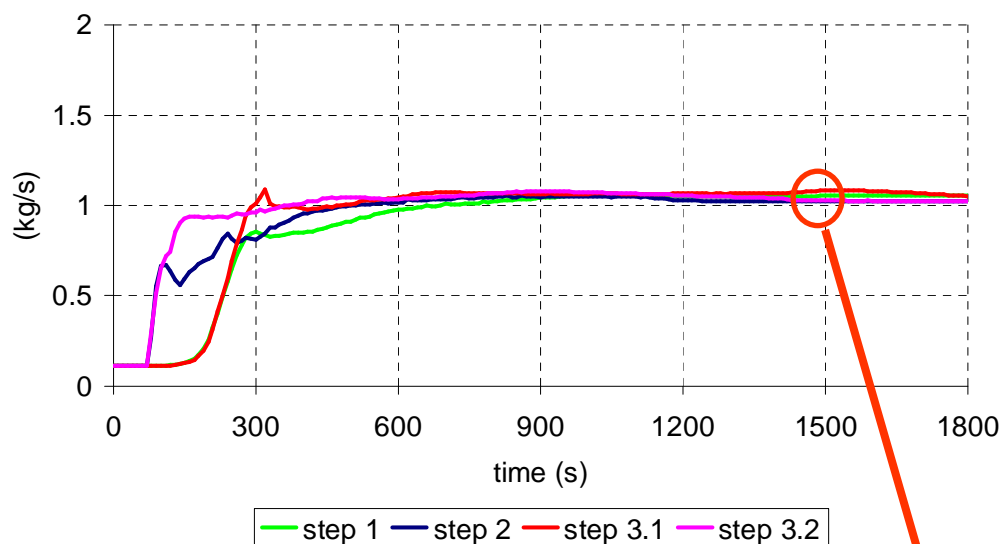




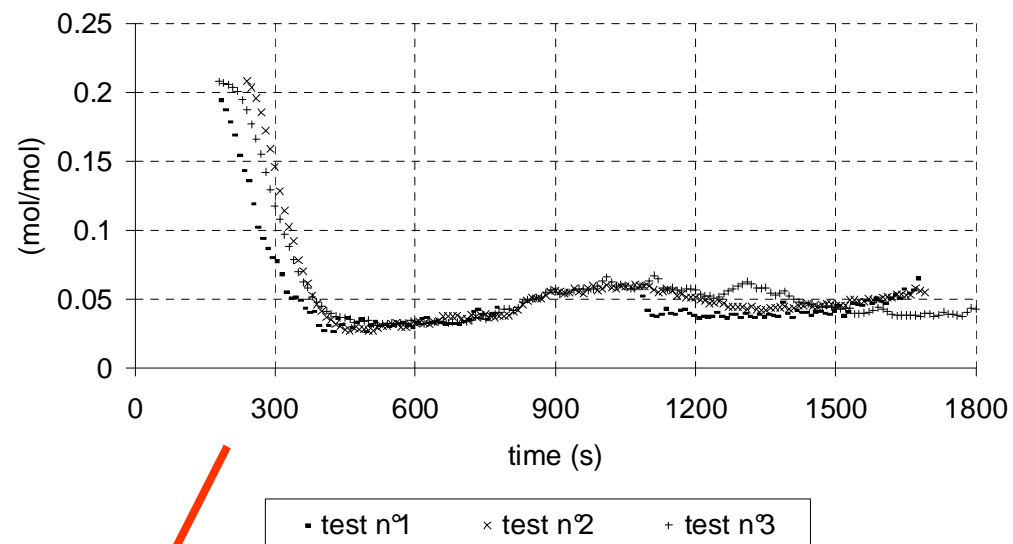




Exit door mass outflow

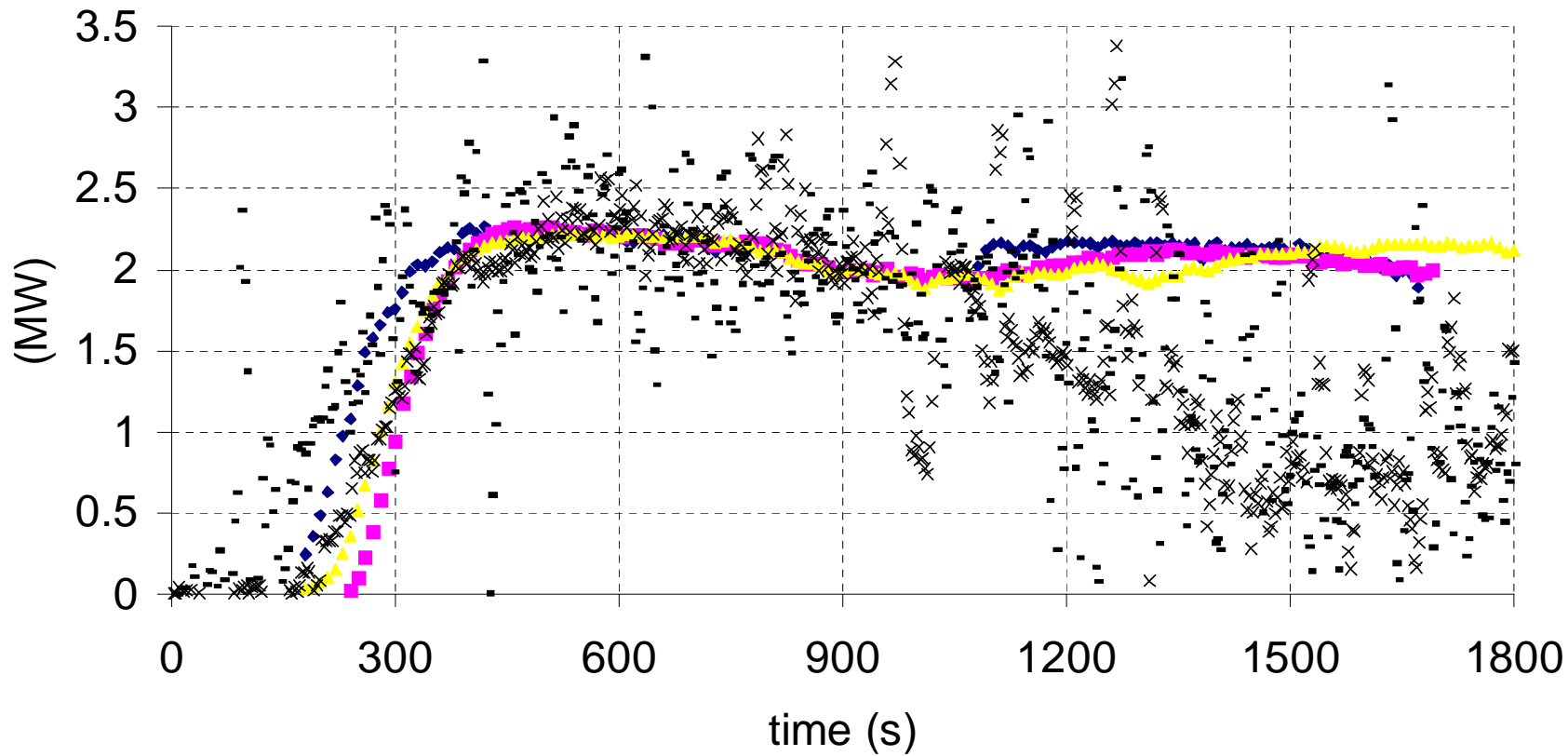


O2 fraction at exit door



Estimation grossière du
débit calorifique par
consommation d'oxygène

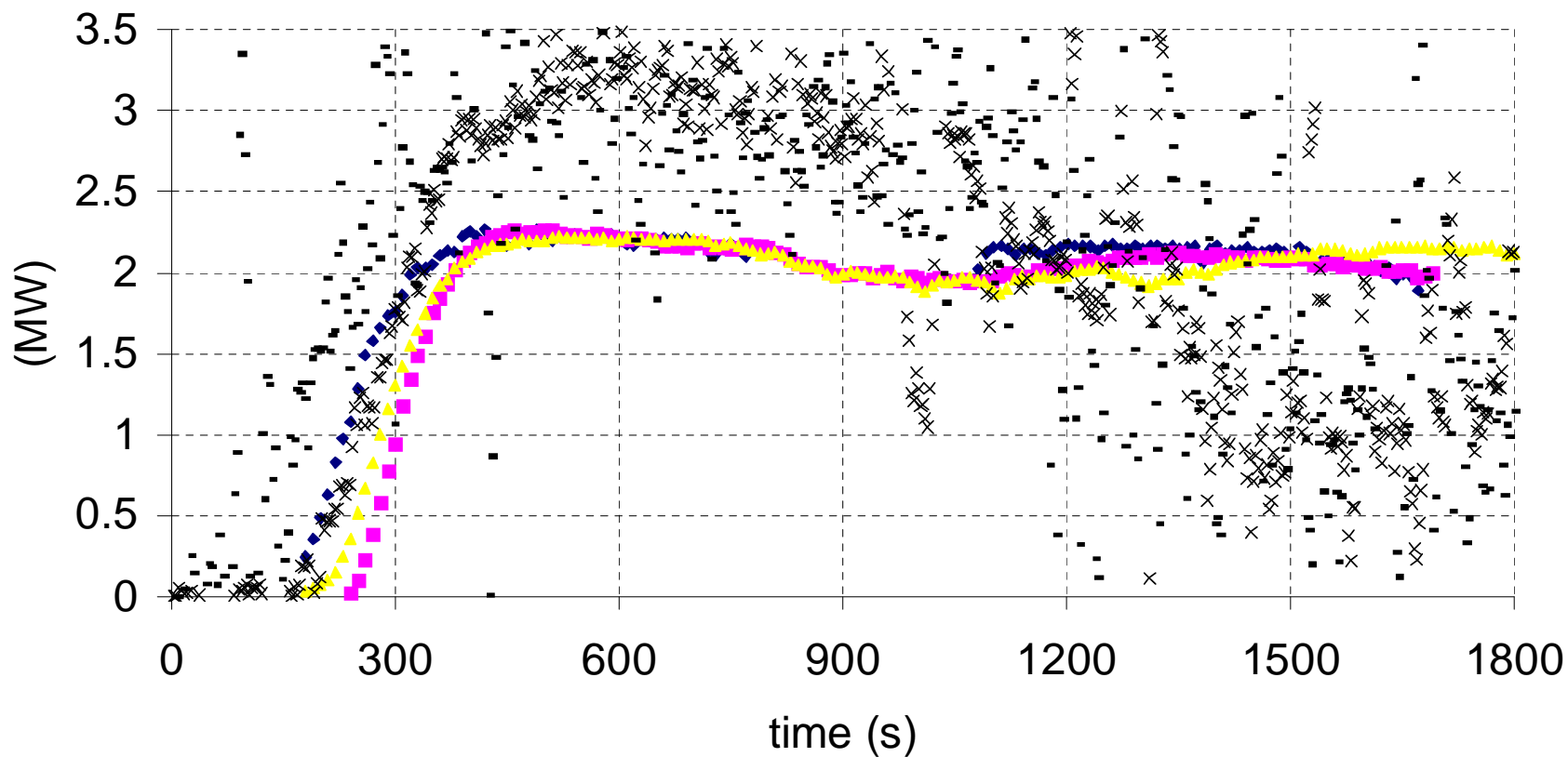
HRR Determination from experiment



◆ test n°1 O2 ■ test n°2 O2 ▲ test n°3 O2 - test n°1 mphc × test n°2 mphc

hc=12 MJ/kg

HRR Determination from experiment



◆ test n°1 O2 ■ test n°2 O2 ▲ test n°3 O2 - test n°1 mphc × test n°2 mphc

hc=17 MJ/kg

- ***Sur une configuration particulièrement complexe (multi foyers, multi locaux, sous ventilation, etc.) le modèle fournit des résultats très acceptables pendant le premier ¼ d'heure de feu***
 - Débits de pyrolyse des 2 foyers
 - Température
 - Fraction d'oxygène
- ***L'utilisation pratique de l'outil semble envisageable***
- ***D'autres cas de confrontation seraient intéressants pour la conforter***

- ***L'interprétation de l'essai à l'aide du modèle ne parvient pas à mettre en cohérence les résultats expérimentaux entre eux une fois passé le premier ¼ d'heure de feu***
- La donnée de la perte de masse d'un essai avec foyers grillagés permettrait de confirmer cette mesure
 - Des mesures complémentaires des fractions d'O₂, de CO et CO₂ seraient utiles à l'analyse
 - La mesure du débit calorifique à l'aide d'une hotte placée à la sortie compléterait idéalement les mesures réalisées
 - La mesure du débit de pyrolyse en champ libre des foyers permettrait d'affiner le modèle de perte de masse
- ***Une amélioration du modèle pourrait passer par une représentation plus fine de la chimie de la réaction de combustion (production de CO...)***

→ ***La participation au benchmark GDR-PROMESIS a permis au CSTB :***

- de confronter sa représentation des phénomènes à une réalité expérimentale complexe
- d'évaluer la pertinence d'un modèle de perte de masse récemment paru dans la littérature
- de mieux appréhender la sensibilité du modèle aux paramètres d'entrée
- de contribuer par la simulation à l'interprétation d'un essai faisant intervenir des couplages difficiles à quantifier
- d'identifier de nouvelles pistes d'amélioration du modèle

→ ***Pour le CSTB, un bilan de l'exercice par le GDR serait intéressant :***

- Pour dégager les principaux enseignements
- Pour envisager d'autres exercices.

Merci de votre attention !