



Développement d'une méthodologie prédictive de la dégradation thermique de matériaux solides en tunnels routiers

Journées du Groupe de Recherche Feux

Niort 23-24 janvier

F. Hermouet – T. Rogaume – E. Guillaume

F. Richard – J. Fonticq



Institut P' • UPR CNRS 3346

ENSMA • Téléport 2

BP 4010

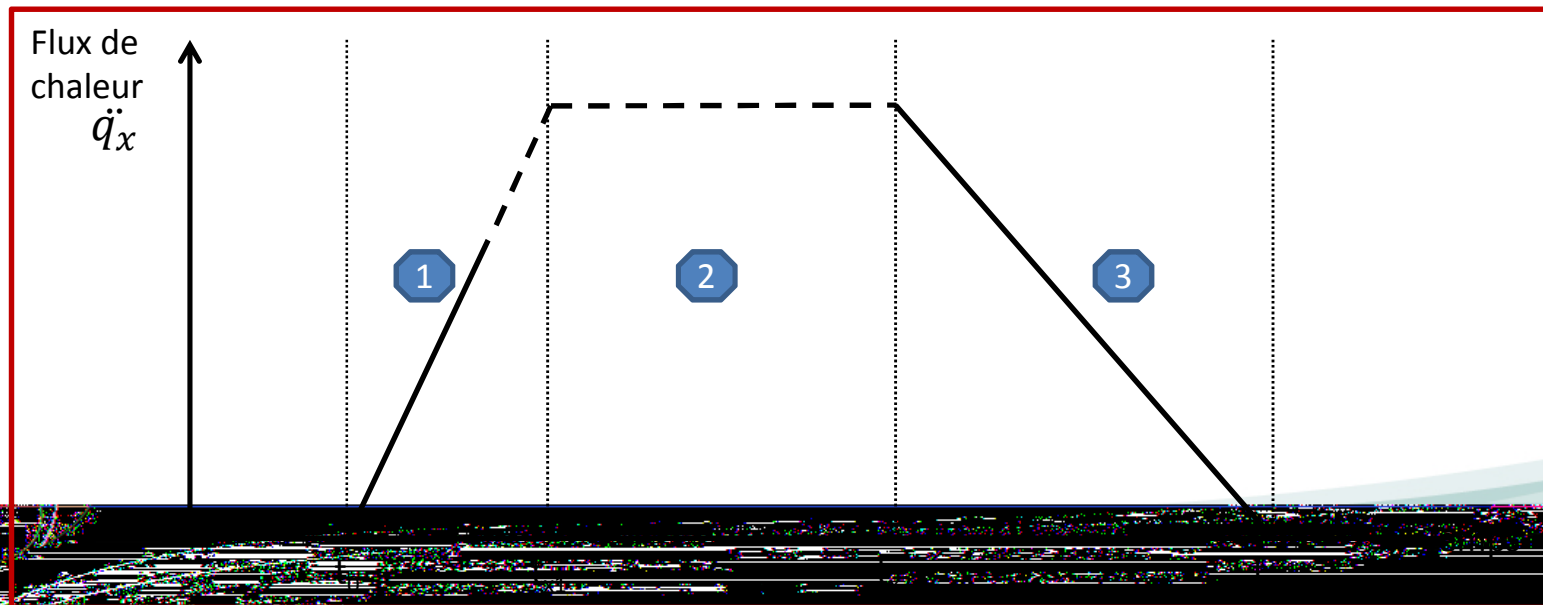
! "6 61 !UTUR#SC#PE C\$ASSENEUI% C&' &(



Problématique

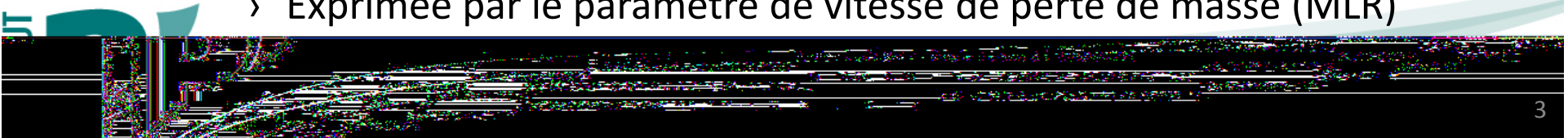
- Les modèles de simulation des incendies en tunnel sont
 - ✓ Exprimés en fonction du seul paramètre HRR
 - ✓ Basés sur des observations et estimations empiriques
 - ✓ Très simplifiés (trois phases : montée en puissance, stagnation, déclin)

Représentations non réalistes



Problématique

- Le CETU souhaite mieux comprendre les phénomènes concourants au développement du feu
 - ✓ Notamment dans la phase de montée en puissance généralement standardisée avec des lois α^2
- En pratique, les conditions de développement d'un incendie sont
 - ✓ Dépendantes des matériaux impliqués et des conditions environnantes
 - › Très majoritairement, les matériaux impliqués proviennent des véhicules et biens transportés, transitant dans les infrastructures
- Les incendies de tunnels sont donc
 - ✓ En lien étroit avec la dégradation thermique des matériaux
 - › Exprimée par le paramètre de vitesse de perte de masse (MLR)



Problématique

- Pour évaluer la dégradation thermique
 - ✓ Nécessité de prendre en compte nombre de facteurs :
 - › Flux reçu
 - › Oxygène ambiant
 - › Ventilation
 - › Hygrométrie
 - › Etc.
- ✓ Nécessité de choisir un dispositif expérimental adapté permettant de faire varier ces deux paramètres sur une gamme représentative des feux en tunnel.

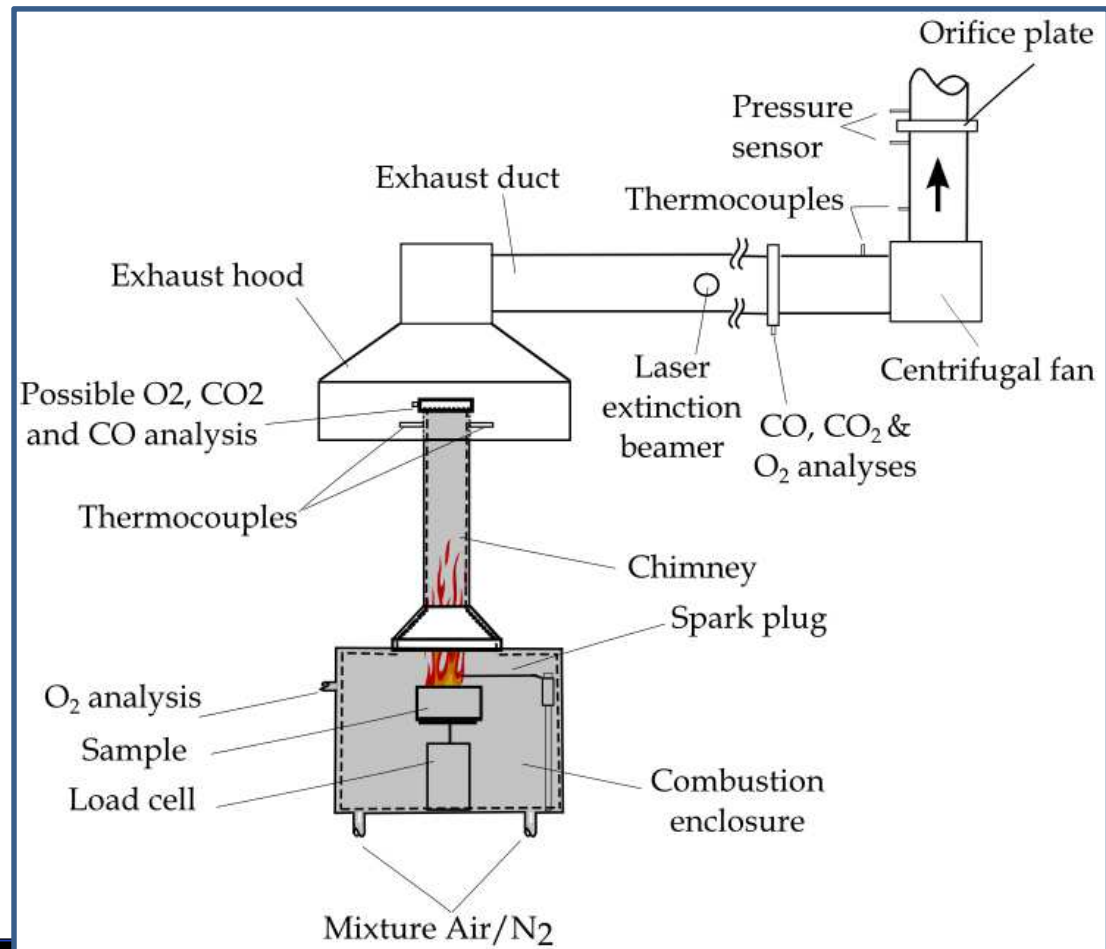
Dans la phase de montée en puissance" ces deux paramètres sont prépondérants



Méthodologie

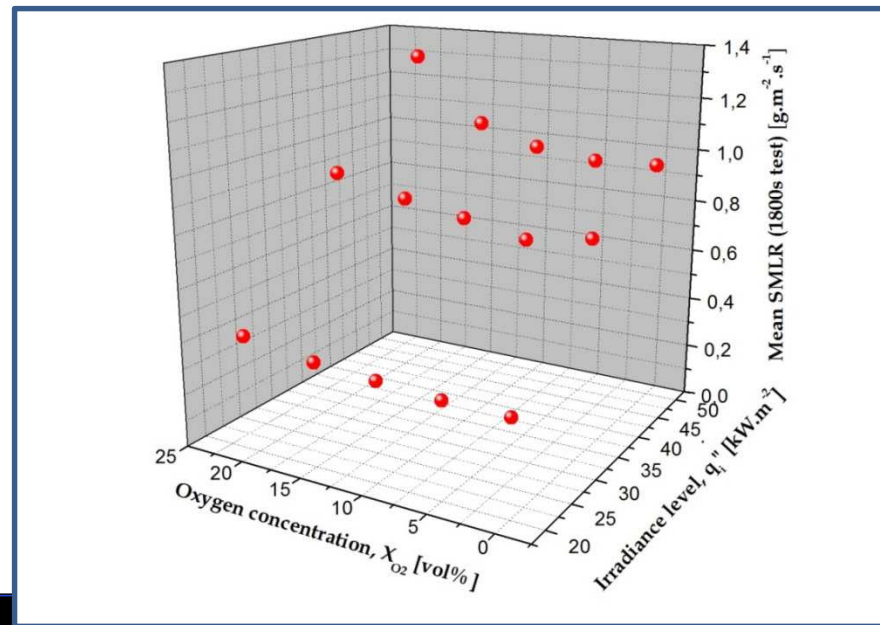
➤ Cône calorimètre à atmosphère contrôlée

- ✓ Evolution du flux de chaleur et de la concentration d'oxygène
- ✓ Evaluation de nombreux paramètres liés à la dégradation
 - ✓ Temps d'ignition, perte de masse, vitesse de perte de masse, émissions gazeuses, taux de dégagement de chaleur (HRR), etc.
- ✓ Description de la cinétique de dégradation des matériaux solides



Méthodologie

- A partir des résultats d'essais sur une large gamme de concentrations d'oxygène (0, 5, 10, 15, 21 %vol) et de flux radiants (20, 35, 50 kW.m⁻²)
 - ✓ Représentation surfacique de la réponse de différents paramètres



Méthodologie

- A partir de la représentation surfacique
 - ✓ Création d'un modèle numérique basé sur l'utilisation d'une régression linéaire multiple (modèles polynomiaux)

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^N a_i x_i + \sum_i^N a_{ii} x_i^2 + \sum_{i \neq j}^N a_{ij} x_i x_j + \dots + \sum_{i \neq j \neq k}^N a_{ijk} x_i x_j x_k + a_{i \dots N} x_i \dots x_N \quad (Eq1)$$

- ✓ Avec :
 - › Y : la réponse du paramètre souhaitée
 - › a_i : les coefficients du polynôme
 - › x_i : les facteurs du polynôme (en l'occurrence deux facteurs) :
 - › x_1 : le flux imposé
 - › x_2 : la concentration d'oxygène

Méthodologie

- Le modèle permet d'obtenir une surface numérique
 - ✓ Illustrant la réponse du paramètre choisi en fonction des conditions d'essais

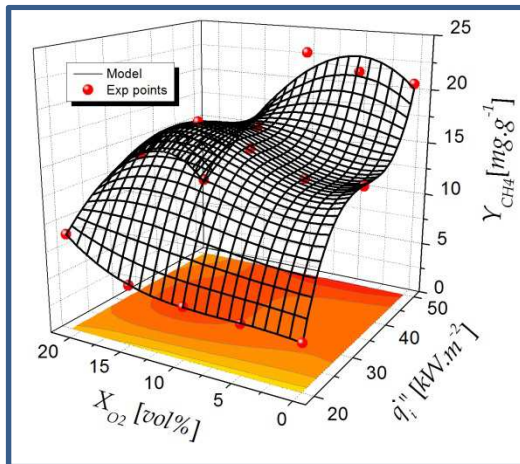


Figure 4 : Représentation surfacique numérique de production moyenne de CO d'une mousse Polyisocyanurate sur un large domaine de flux et de concentration d'oxygène

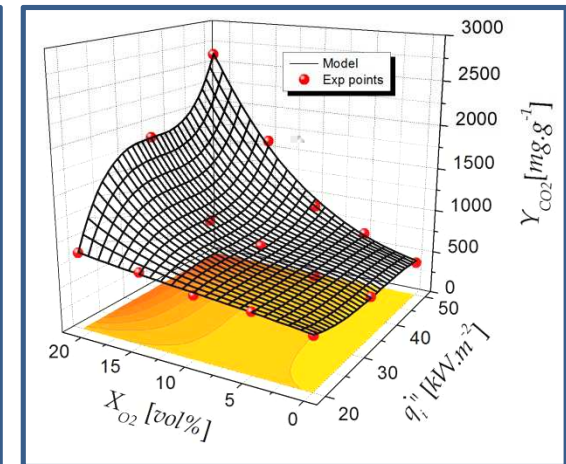
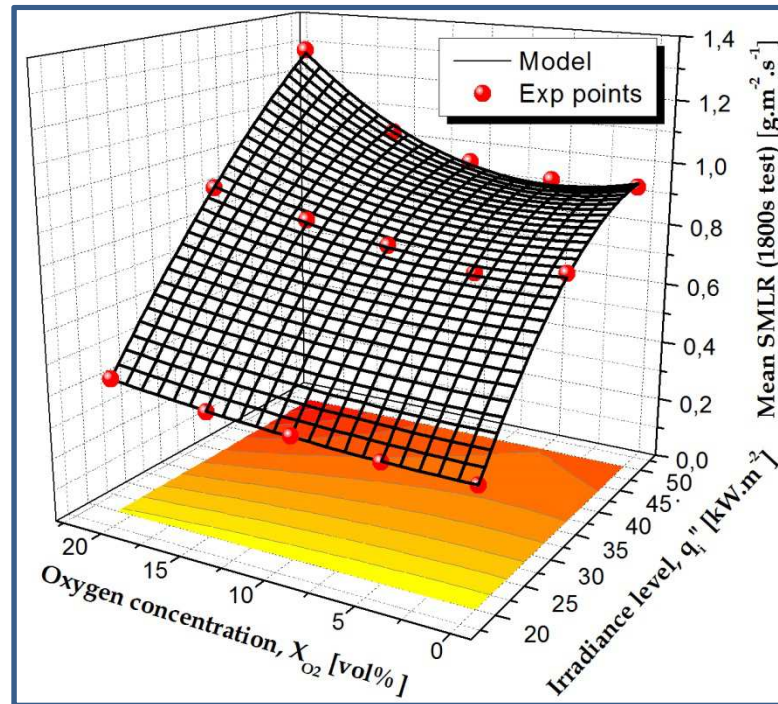
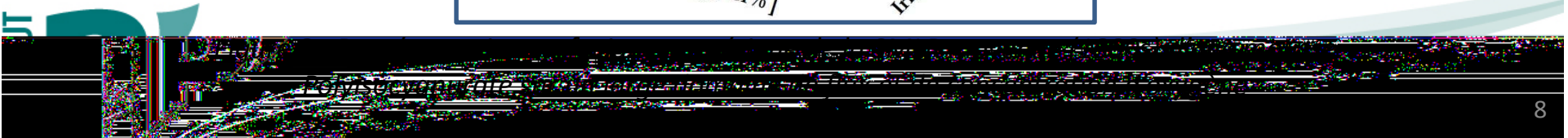


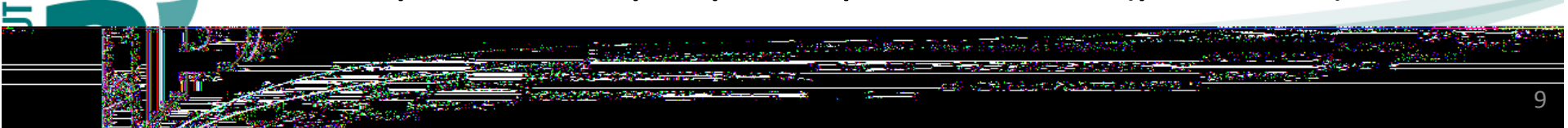
Figure 5 : Représentation surfacique numérique de production moyenne de CO d'une mousse Polyisocyanurate sur un large domaine de flux et de concentration d'oxygène



Méthodologie

- Le calcul des coefficients du modèle permet de déterminer
 - ✓ La réponse du paramètre choisi (temps d'ignition, perte de masse, vitesse de perte de masse, émissions gazeuses, HRR)
 - › Pour les points expérimentaux qui ont servi de base à la construction du modèle pour effectuer une comparaison
 - › Pour n'importe quel autre point du domaine

- Une surface peut être élaborée
 - ✓ Pour un paramètre moyenné sur la durée de l'essai (1800s)
 - ✓ Pour un pas de temps spécifique de l'essai (pas de 5s)



Méthodologie

- En utilisant cette méthodologie il est donc possible d'intégrer le paramètre d'évolution temporelle de la réponse

Cette figure étant normalement dynamique, elle ne peut être animée sous ce type de présentation.

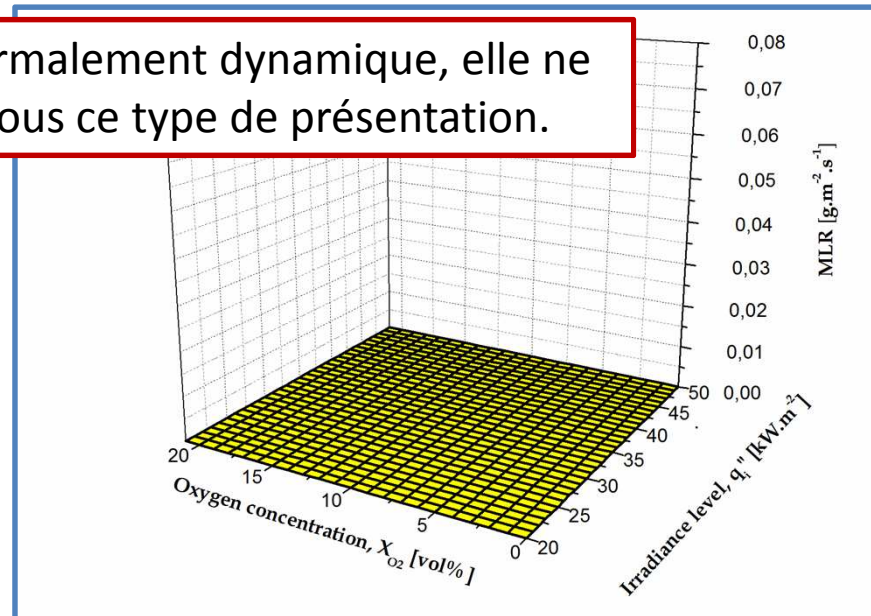
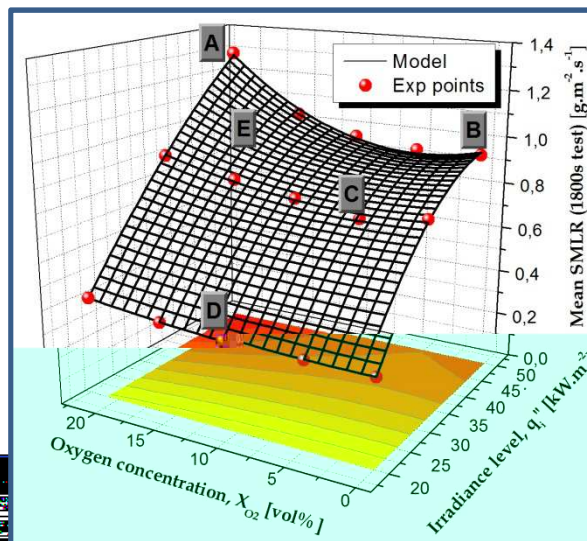


Figure 6 : Evolution temporelle de la réponse de la SMLR d'une mousse Polyisocyanurate sur

large de moyen de l'axe et de la concentration d'oxygène (Pas de données) - Le disque d'acier

Méthodologie

- Connaissant la réponse du paramètre spécifié
 - ✓ Pour chaque pas de temps de l'essai
 - ✓ Quel que soit le point étudié sur le domaine
- Il est possible de retrouver les courbes
 - ✓ Expérimentales ayant servi de référence
 - ✓ Numériques prédictives



Méthodologie

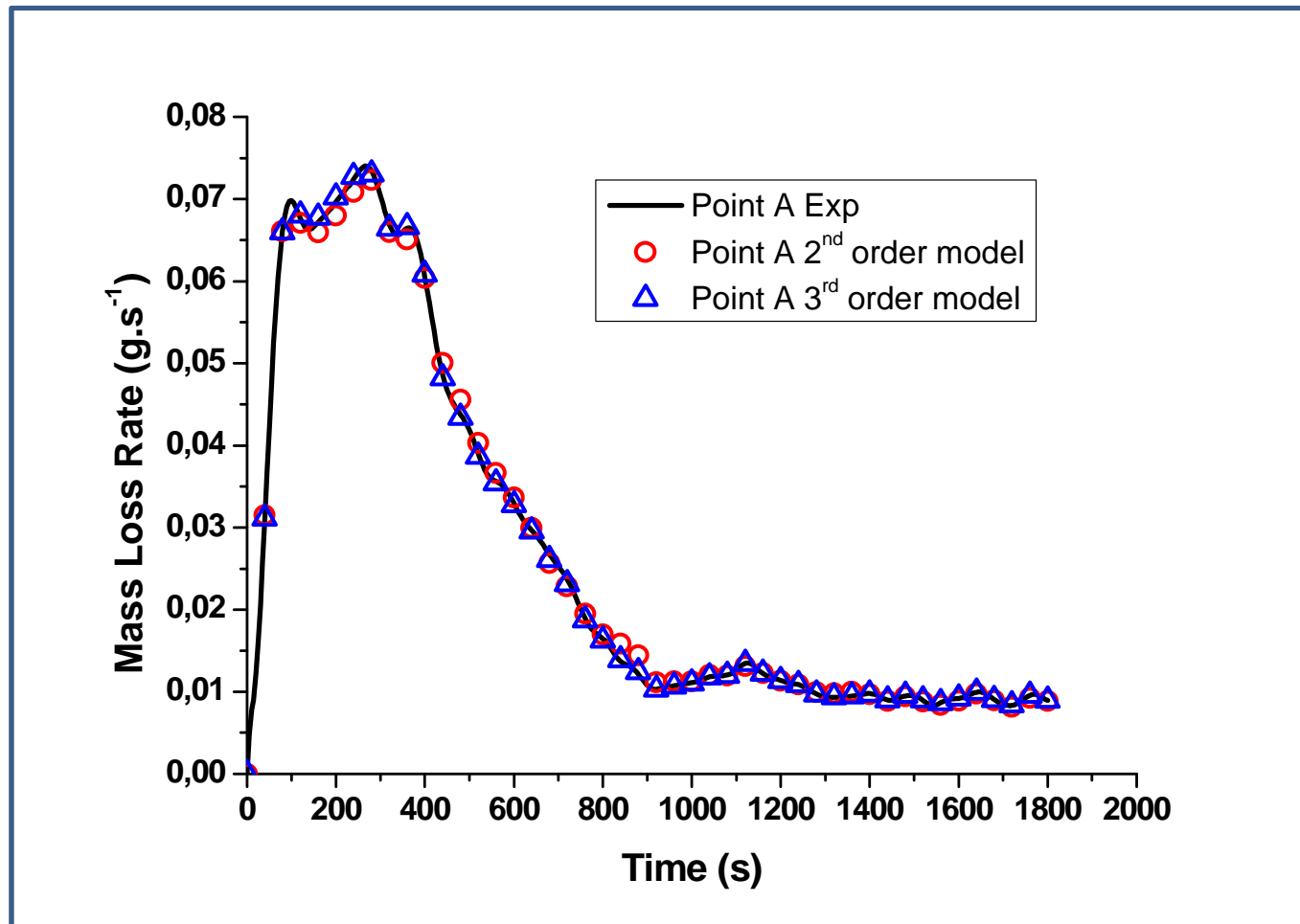
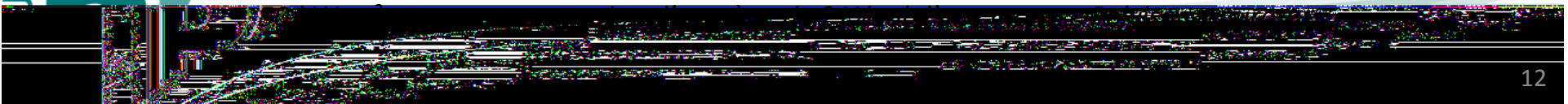


Figure 7 : Evolution de la vitesse de perte de masse (MLR) en fonction du temps à un flux de



Méthodologie

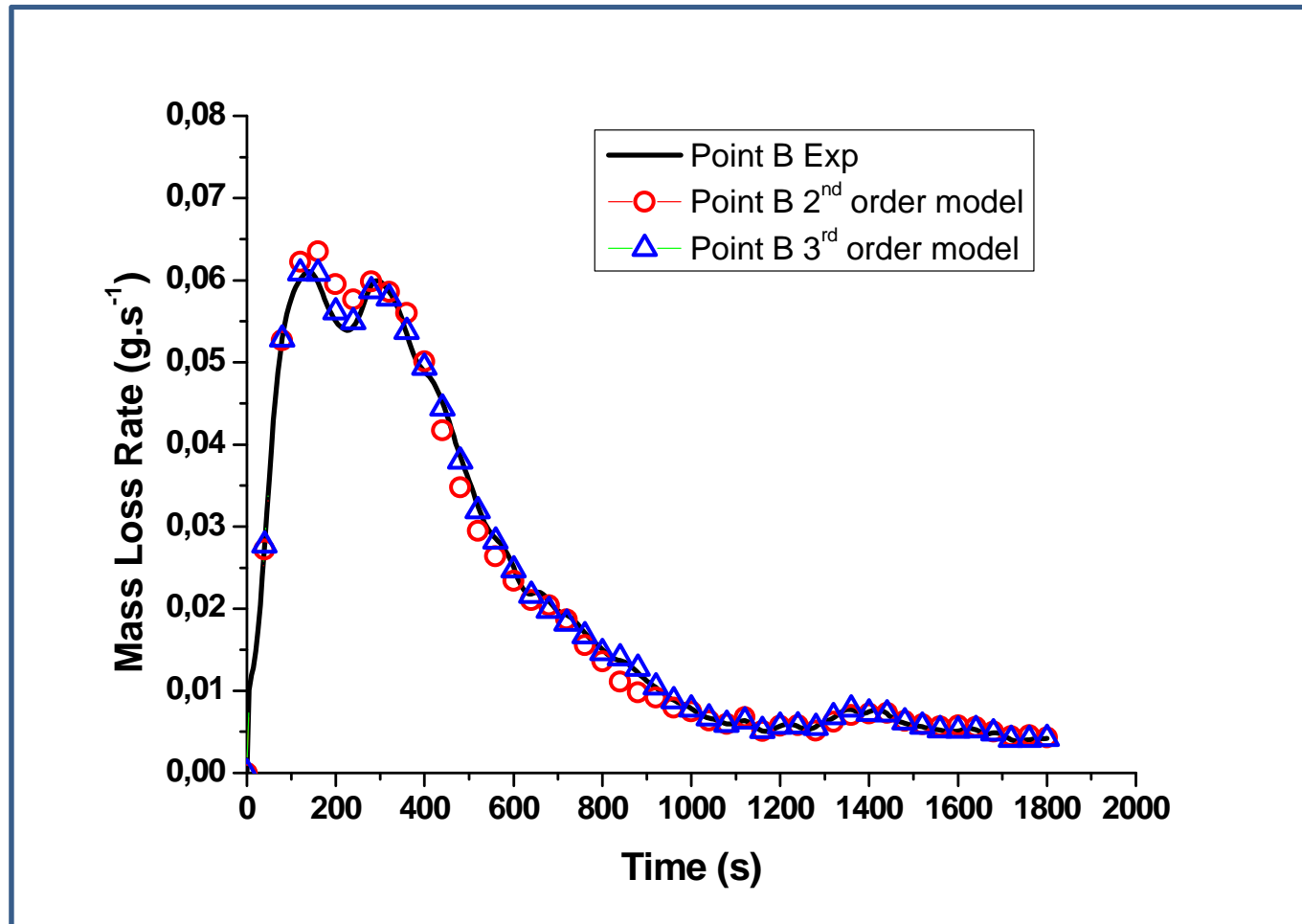
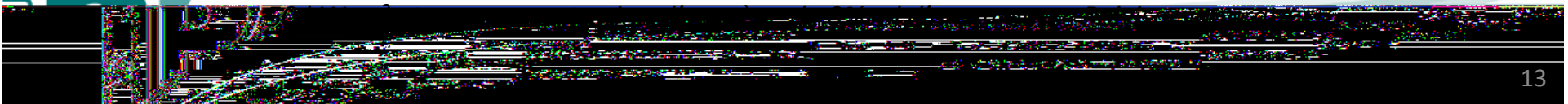


Figure 8 : Evolution de la vitesse de perte de masse (MLR) en fonction du temps à un flux de



Méthodologie

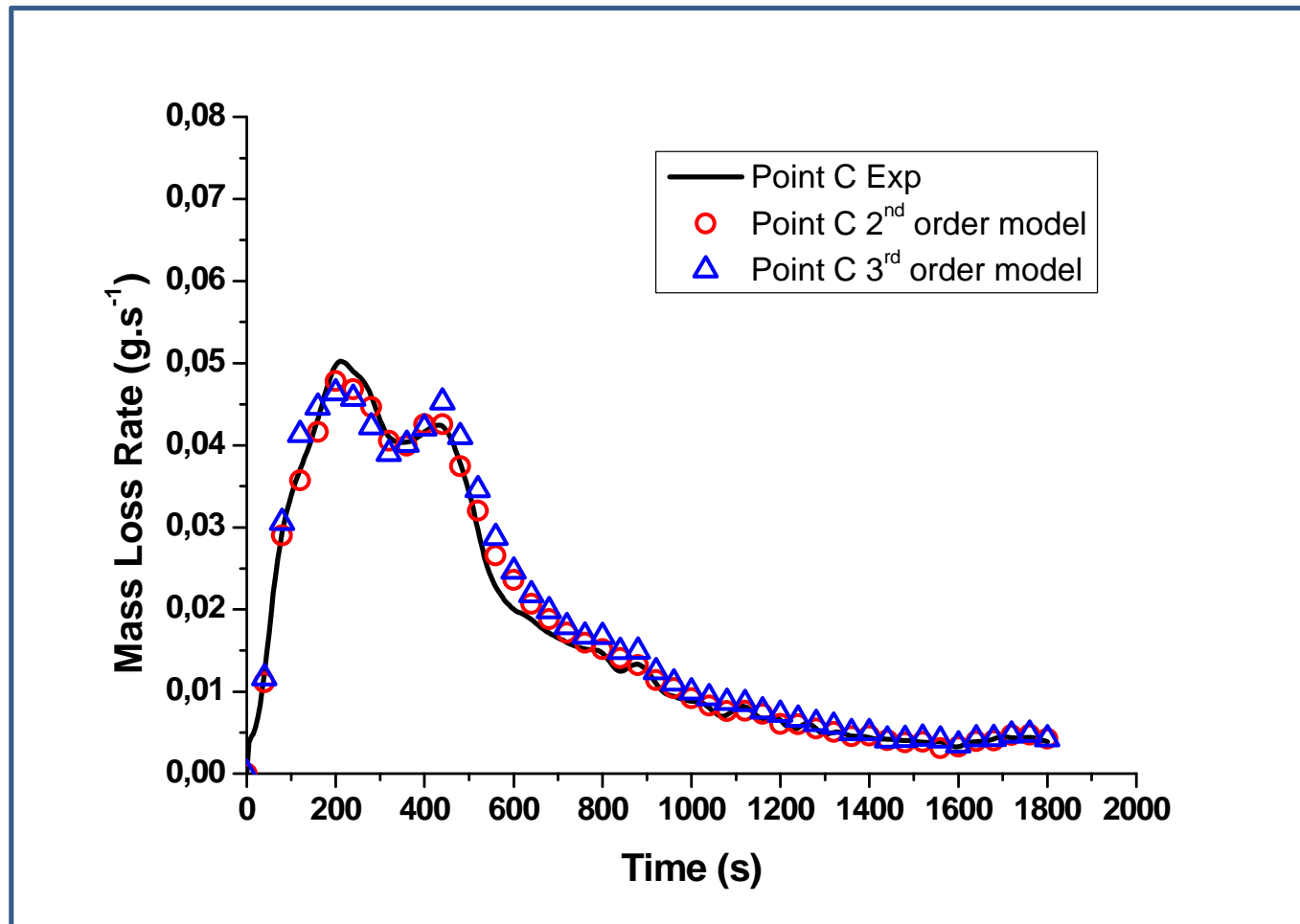
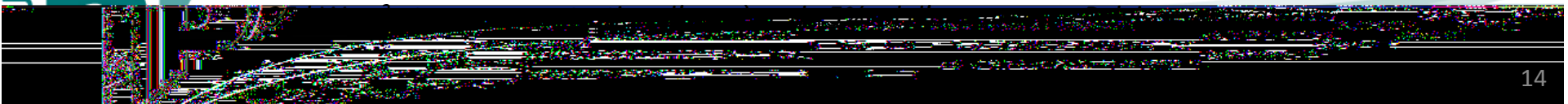


Figure 9 : Evolution de la vitesse de perte de masse (MLR) en fonction du temps à un flux de



Méthodologie

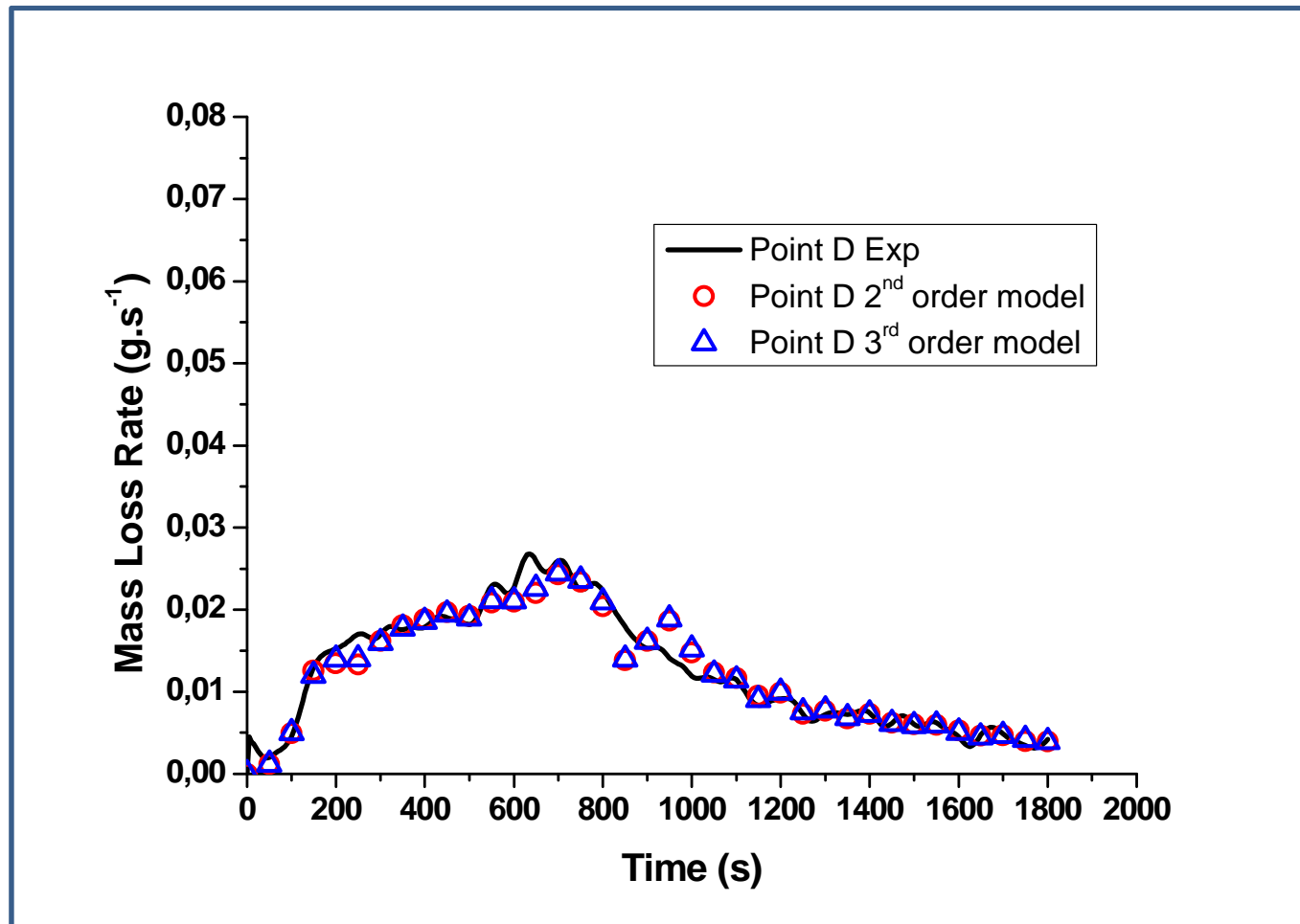
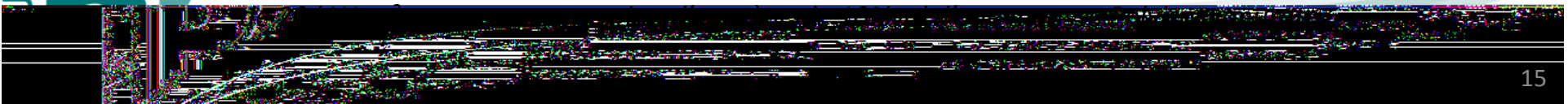


Figure 10 : Evolution de la vitesse de perte de masse (MLR) en fonction du temps à un flux



Méthodologie

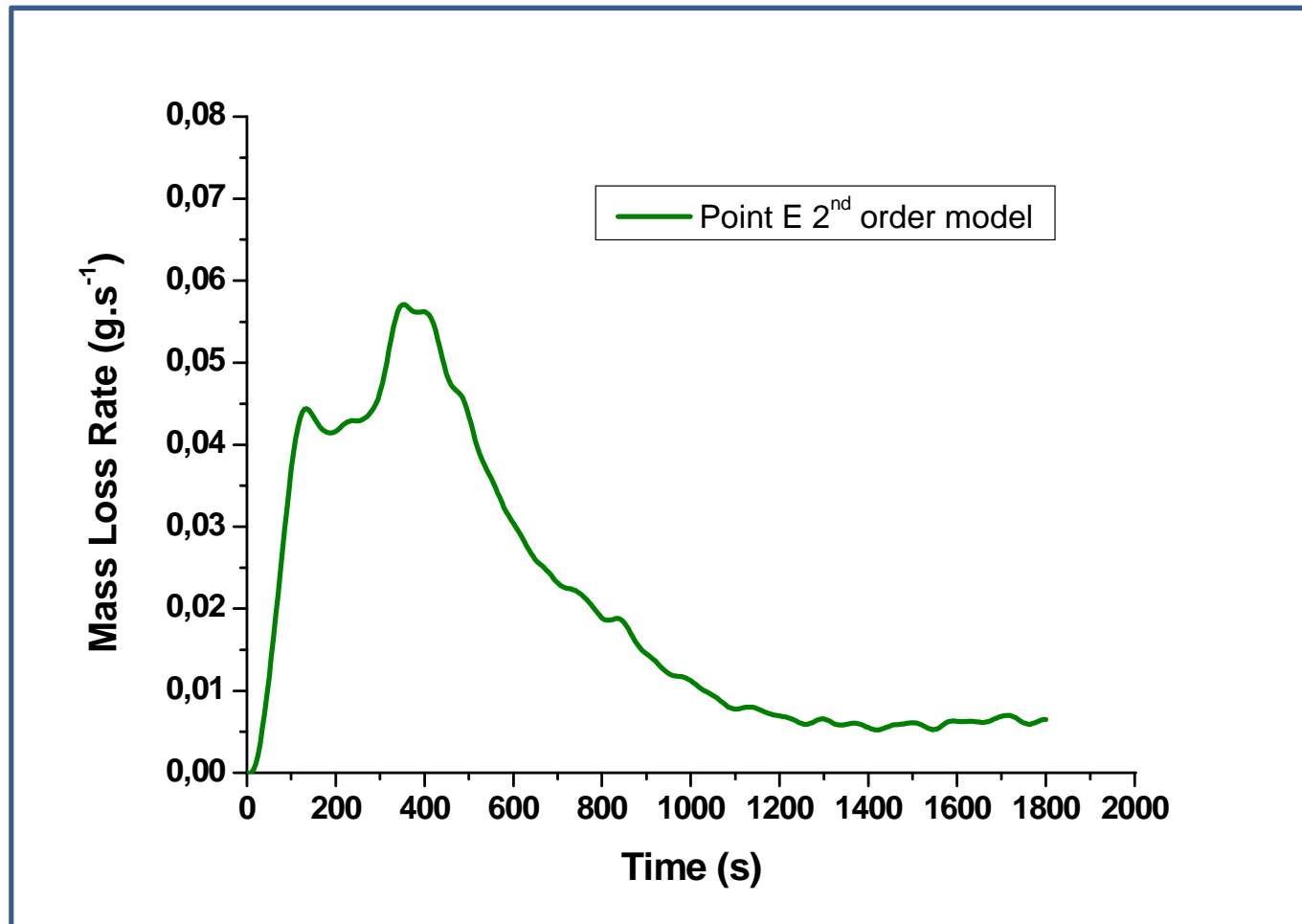
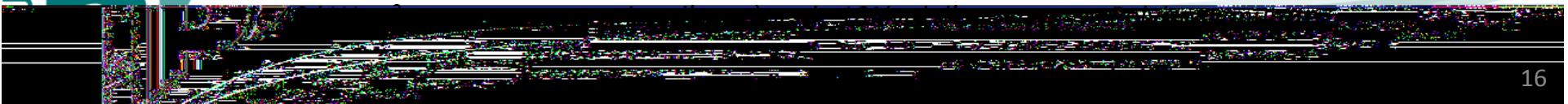


Figure 11 : Evolution de la vitesse de perte de masse (MLR) en fonction du temps à un flux



Valida

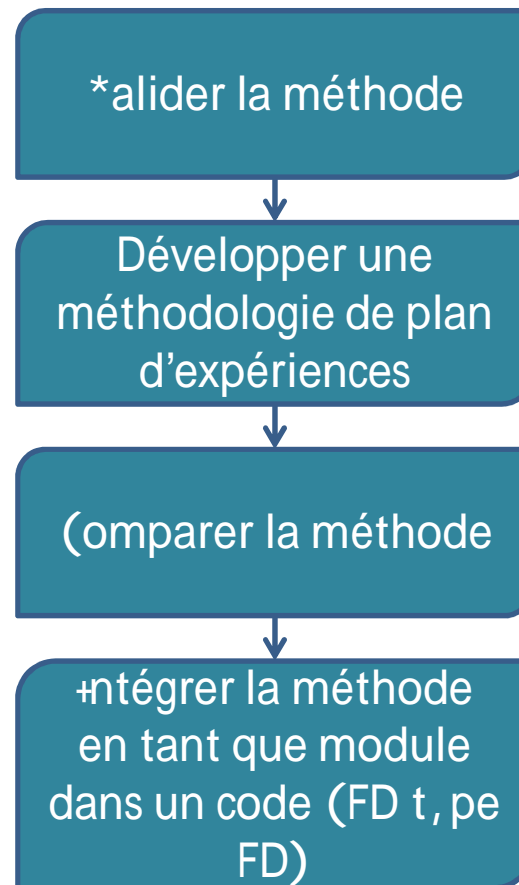
- La méthodologie de surface est validée à l'aide d'une somme des écarts
 - ✓ Les points déterminés numériquement sont comparés avec les points expérimentaux (15 points de référence)
 - › $|Valeur\ référence - Valeur\ numérique|$

- L'adéquation des courbes expérimentales et numériques est déterminée par la méthode de Hilbert

	\$éthode utilisée	\$od#le ordre %	\$od#le ordre &	\$od#le ordre '
Erreur relative	Euclidienne	1,20%	0,20%	-2,30%
(os Téta)écante	0,991	0,996	0,849

Tableau 1 : Présentation de l'erreur relative et du déphasage des courbes numériques, basées sur des surfaces de différents ordres polynomiaux, aux courbes expérimentales selon la méthode de Hilbert

Perspectives





Développement d'une méthodologie prédictive de la dégradation thermique de matériaux solides en tunnels routiers

F. Hermouet – T. Rogaume – E. Guillaume

F. Richard – J. Fonticq

Merçi de votre attention



Institut P' • UPR CNRS 3346

ENSM A • Téléport 2

BP 4010



! "6 61 !UTUR#SC#PE C\$ASSENEUI% C&' &(