Allumage piloté d'un lit de combustibles végétaux

P. Mindykowski, A. Fuentes
J.L. Consalvi, B. Porterie

GDR 17-18 Juin 2010

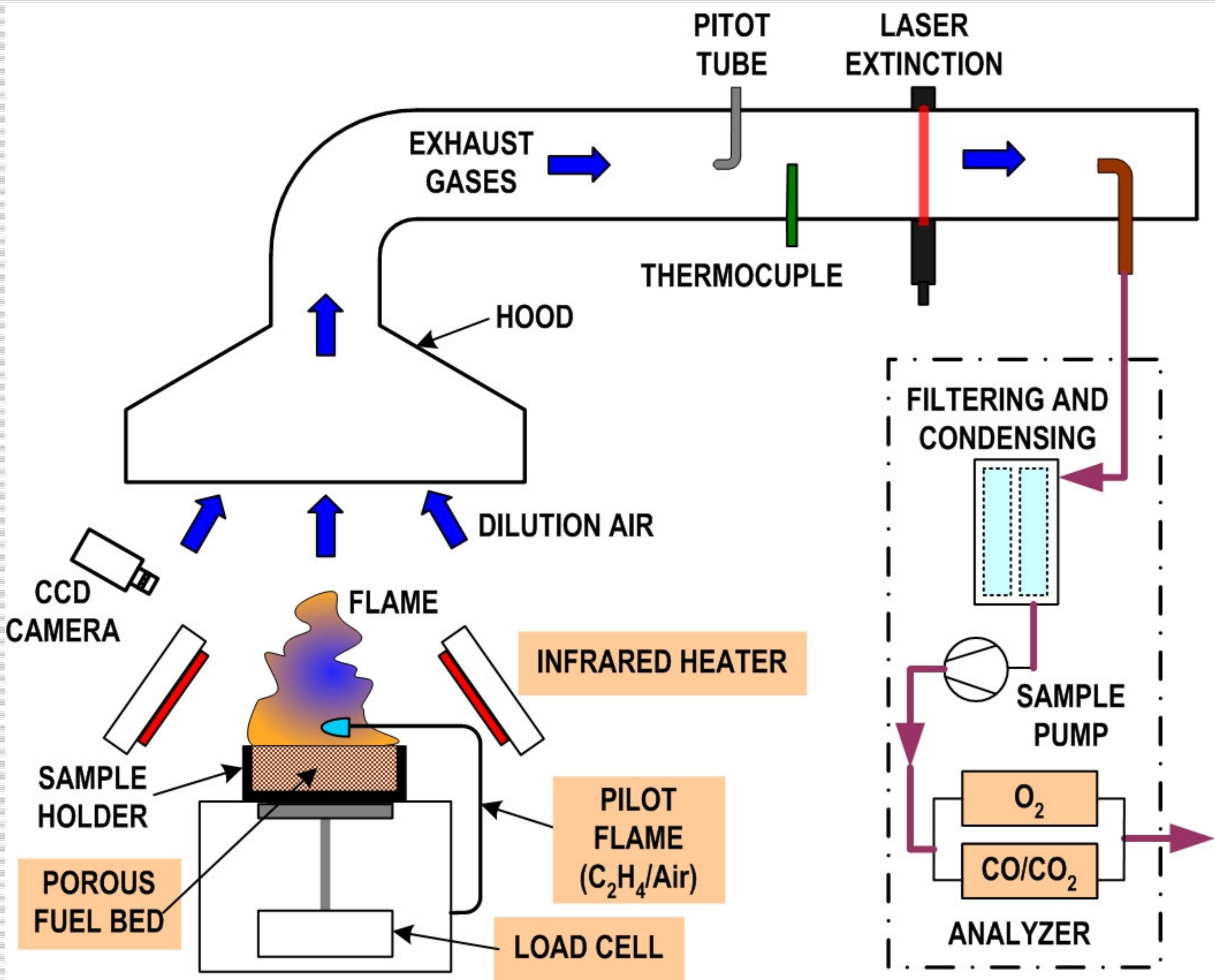
SOMMAIRE

- Introduction
- Partie expérimentale: Protocole et résultats
- Modèle thermique
- Procédure de détermination du temps d'allumage
- Conclusions

PARTIE EXPERIMENTALE: PROTOCOLE ET RESULTATS

Expériences sur le FPA du BRE (Edimbourg)

(en coll. avec Albert Siméoni, SPE et José Torero, BRE)



Echantillons chauffés à 60°C pendant 12 heures

➔teneur en eau <3%

$m_k = 5.0$ g

$m_k = 10.0$ g

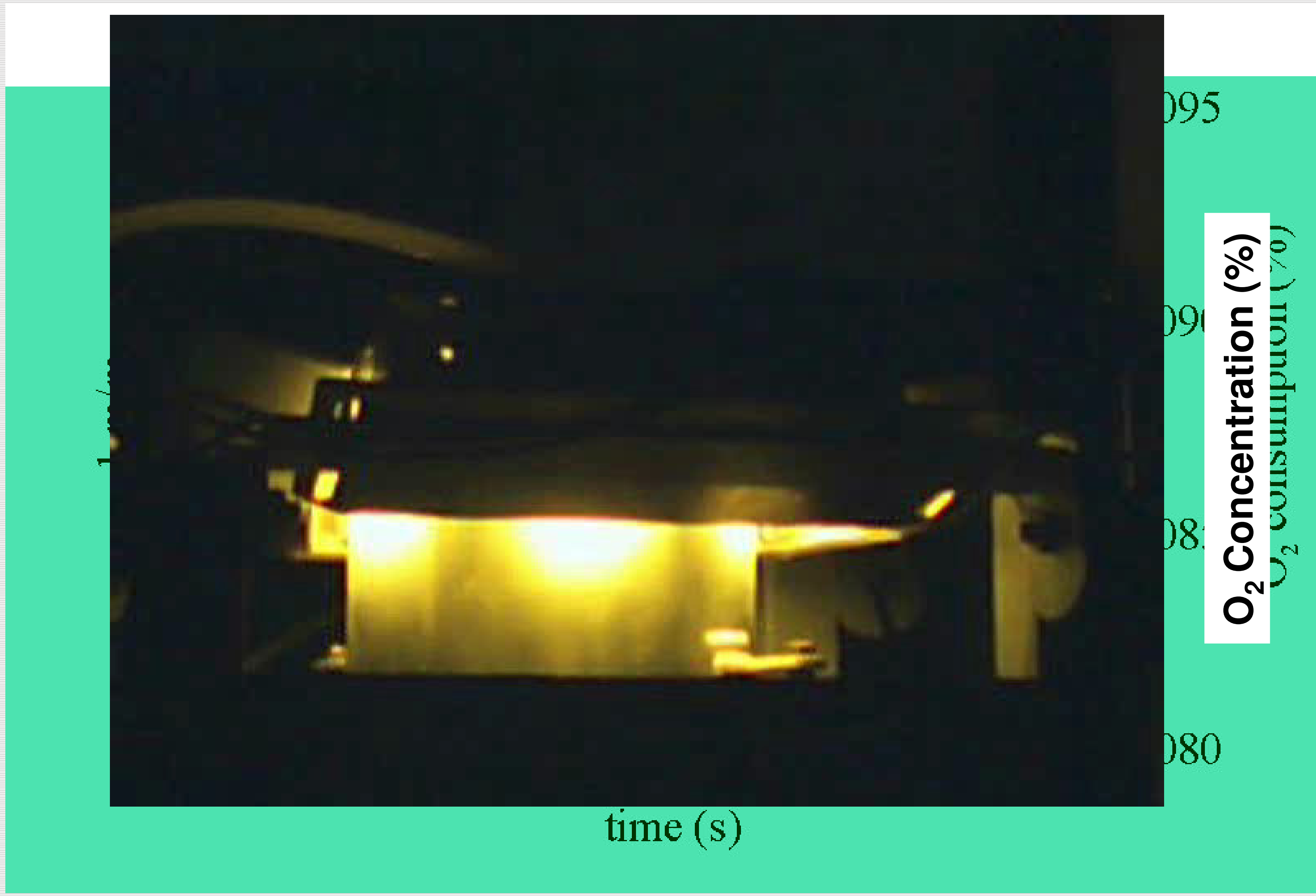
$m_k = 20.0$ g

TYPE		m_k(g)	α_k	ρ_k(kg/m^3)	σ_k(m^{-1})
Aiguilles mortes de pin maritime	MP1	5.0	0.020	630	5500
	MP2	10.0	0.040		
	MP3	20.0	0.080		
Feuilles mortes de chêne kermès	KO	4.1	0.023	480	5950

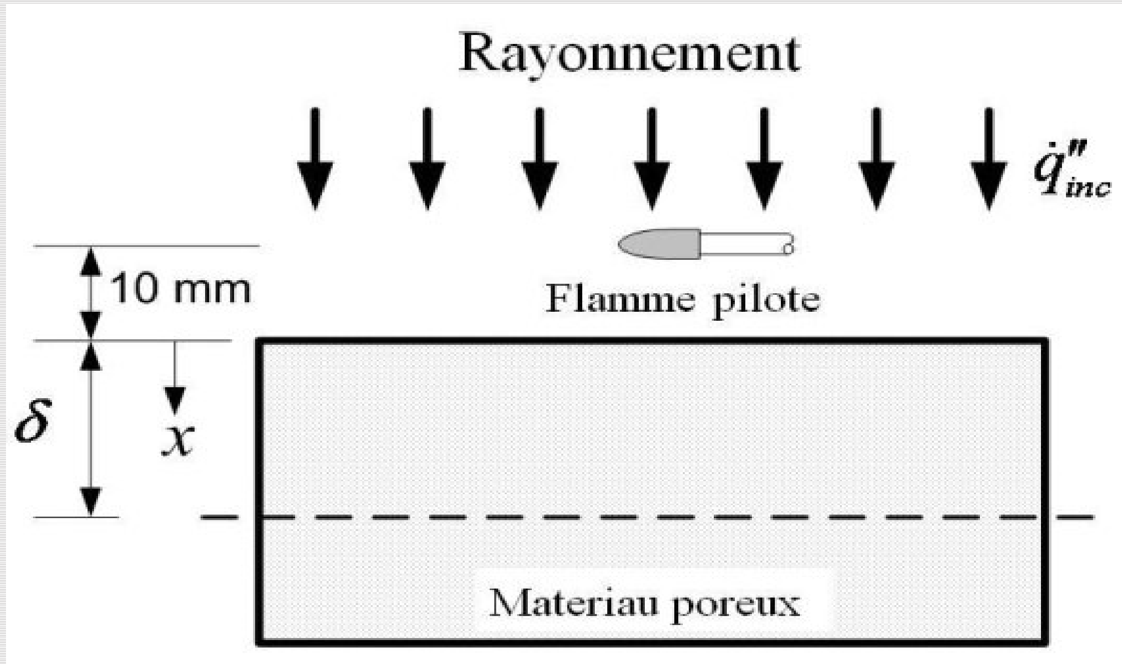
$$\alpha_k = m_k / \rho_k V_{basket}$$

DÉTERMINATION DU TEMPS D'ALLUMAGE

L'allumage correspond à l'apparition de la flamme visible



MODELE THERMIQUE



- Critère d'inflammation: température critique
- Milieu équivalent 1D
- **Les éléments végétaux sont inertes, thermiquement fins, secs, opaques et noirs**
- Approximation de Schuster-Schwarzschild pour la divergence du flux radiatif net
- La profondeur du lit de combustible **concernée** par le processus d'inflammation est le libre parcours moyen du rayonnement $\delta=4/\alpha_k \sigma_k$.
- Flux convectif et diffusif aux limites du lit (x=0 et x=δ) représentés par h

- **bilan énergétique sur δ**

$$\alpha_k \rho_k C_{pk} \frac{\partial \bar{T}}{\partial t} = \frac{a_b}{\delta} \dot{q}_{inc}'' + \frac{2a_b}{\delta} \sigma (T_\infty^4 - \bar{T}^4) + \frac{h}{\delta} (T_\infty - \bar{T})$$

Température moyennée **sur δ**

Coefficient d'absorption du lit

$$a_b = 1 - \exp(-2 \frac{\alpha_k \sigma_k \alpha_{k,rad}}{4} \delta)$$

- Adimensionnement

$$\tau = t \frac{a_b \dot{q}_e''}{\delta \alpha_k \rho_k C_{pk} (T^* - T_\infty)} \qquad \psi = \frac{T - T_\infty}{T^* - T_\infty} \qquad \beta = \frac{T_\infty}{T^*} \qquad \alpha = \frac{h}{2\sigma a_b T^{*3}}$$

$$\psi = \int_0^\tau \frac{1 - [(1-\beta)\psi + \beta]^4 + \alpha[(1-\beta)\psi + \beta]}{1+\alpha} d\tilde{\tau}$$

Eq. de Volterra

PARAMETRES DU MODELE

Données inconnus

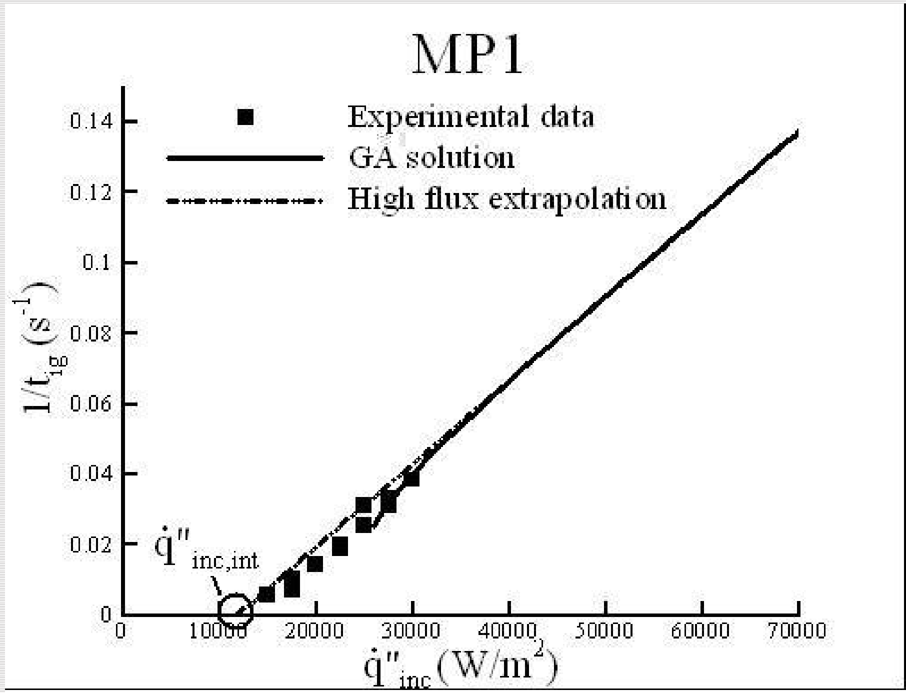
α_k ρ_k T_∞ δ a_b

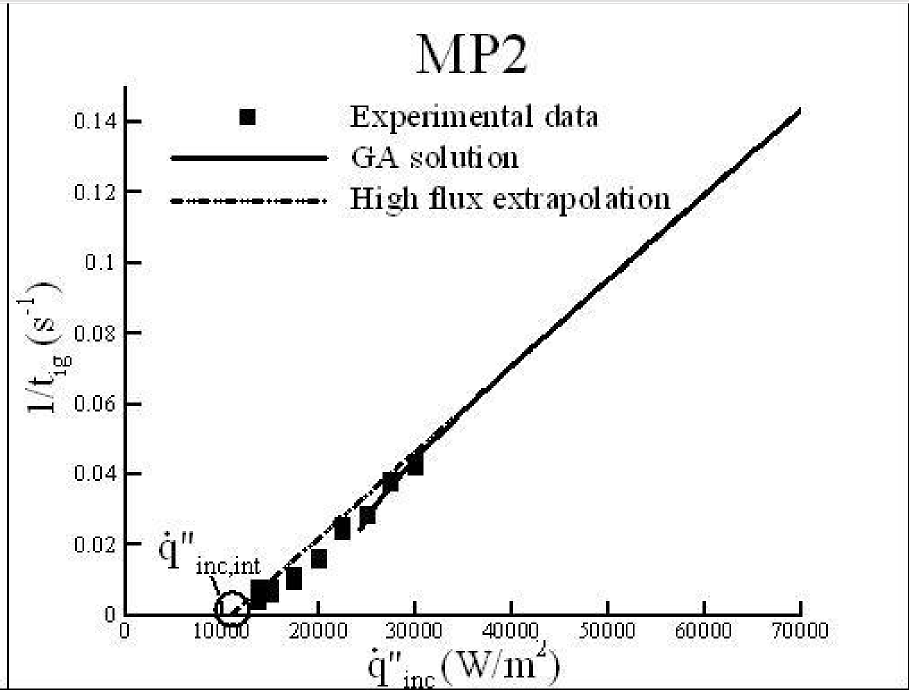
Paramètres

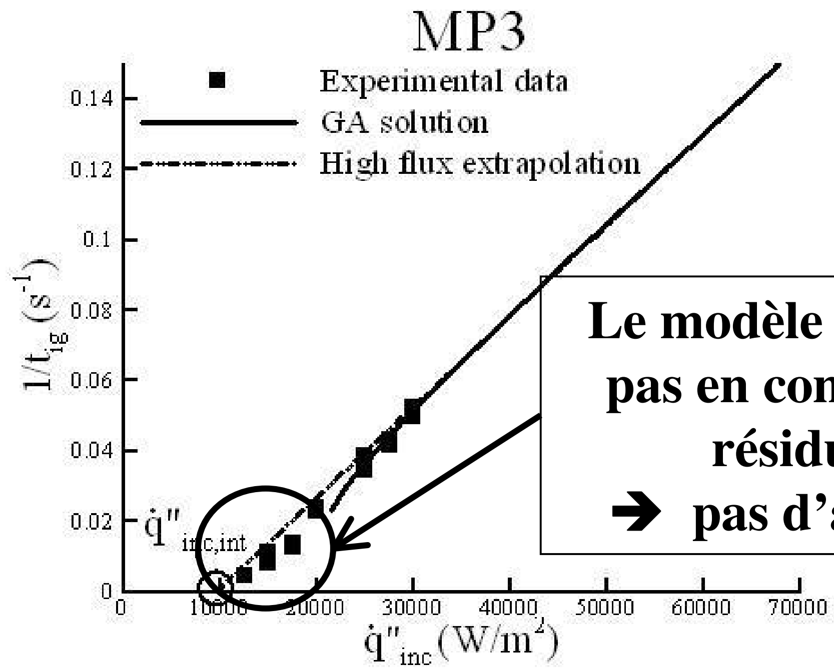
h ? C_{pk} ? T_{ig} ? $\dot{q}''_{inc,cr}$?

Détermination par ALGORITHME GENETIQUE

Type	**h (W/m²)**	**C_{pk} (J/kg/K)**	**$\dot{q}''_{inc,cr}$ (kW/m2)**	**T_{ig} (K)**
MP1	9.6	1770	25.00	660
MP2	9.8	1780	23.17	647
MP3	9.5	1770	20.60	626
	10 (Grishin)	Litt: 1400-2000		



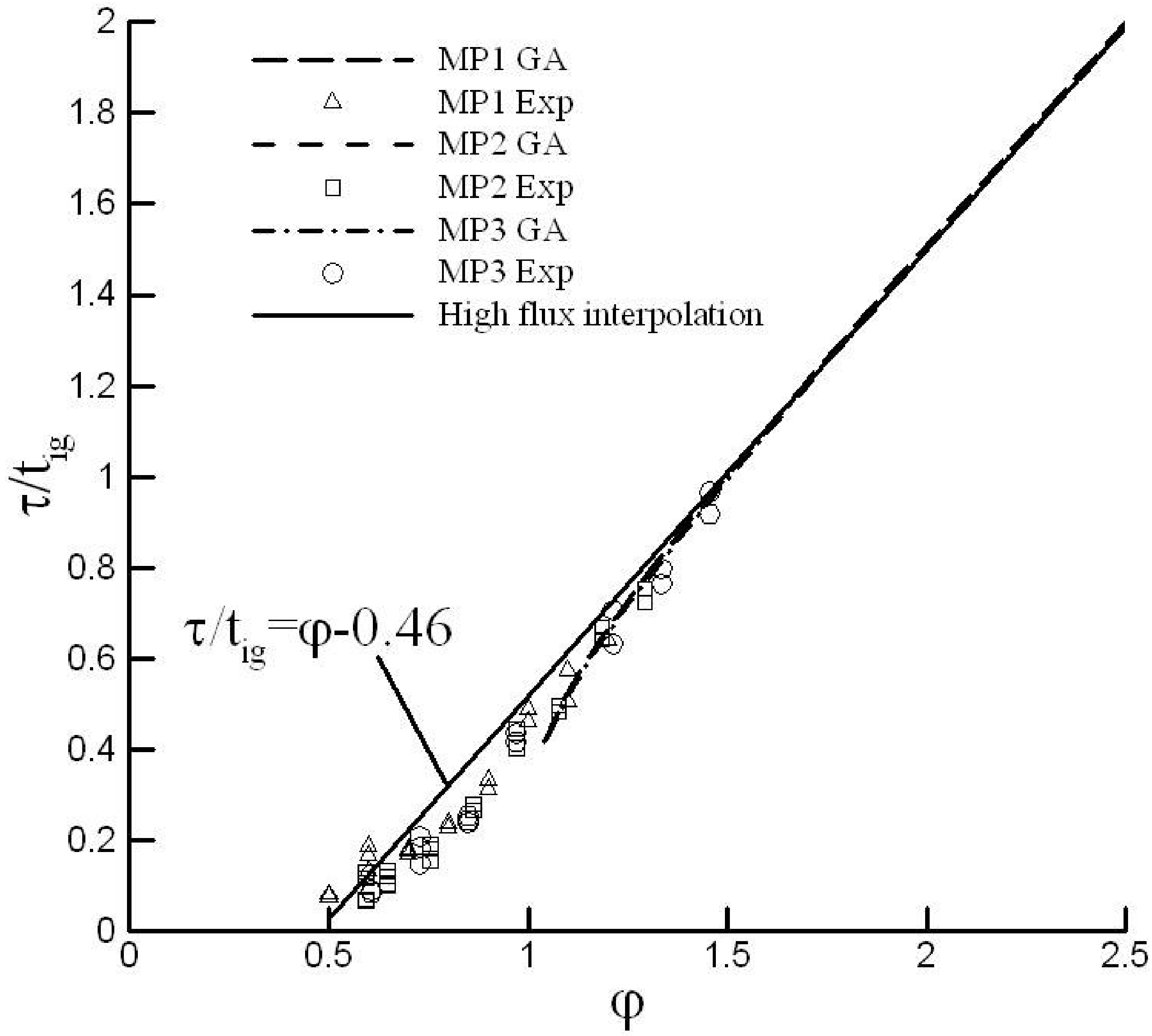




Le modèle thermique ne prend pas en compte l'oxydation du résidu charbonneux

➔ pas d'allumage à bas flux

Sous forme adimensionnée



PROCÉDURE D'OBTENTION DU TEMPS D'ALLUMAGE

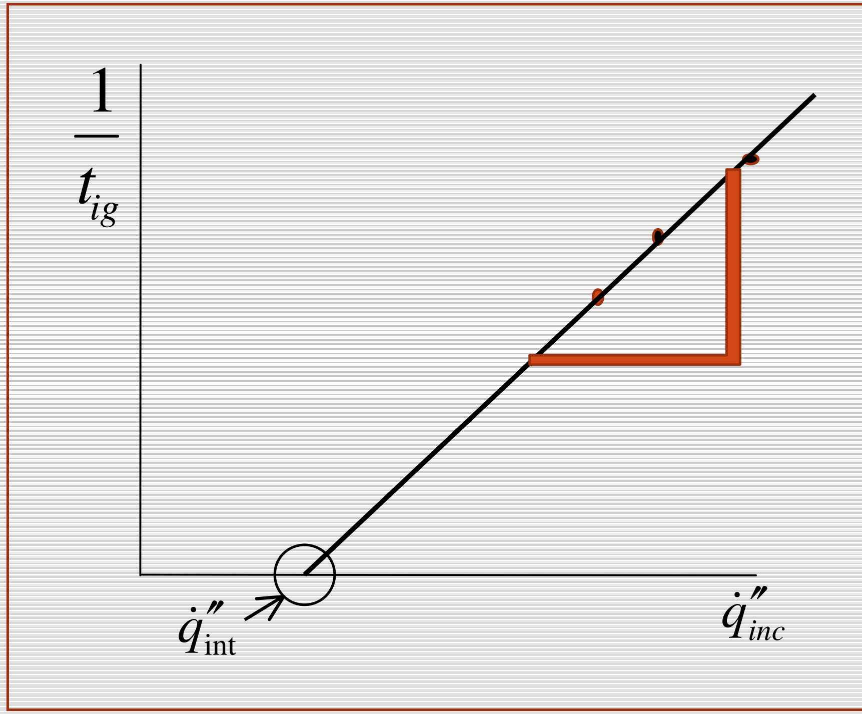
Expériences à haut flux

Tracer **$1/t_{ig}$ vs. flux** incident

Détermination du $\dot{q}''_{\text{int}}$

Calcul de T_{ig}

Calcul du C_p



$$\dot{q}''_{\text{int}} = \left(\frac{0.42\left(1+1.42\left(\frac{h}{2\sigma a_b T_{ig}^{3}}\right)\right)}{1+\left(\frac{h}{2\sigma a_b T_{ig}^{3}}\right)} \right) \left(\frac{2\sigma(T_{ig}^4 - T_\infty^4)}{a_b} + \frac{h_{conv}}{a_b}\left(T_{ig} - T_\infty\right) \right)$$

$$C_{pk} = \frac{a_b}{\text{pente} * \delta\alpha_k \rho_k (T_{ig} - T_\infty)}$$

$$\boxed{\frac{1}{t_{ig}} = \frac{a_b}{\delta\alpha_k \rho_k C_{pk} (T_{ig} - T_\infty)} \left[\dot{q}''_{inc} - A\dot{q}''_{inc,cr}\right]}$$

CONCLUSIONS

- ✓Litière végétale ~ matériau homogène thermiquement fin
  - ✓Expériences + modèle thermique + algorithme génétique

    → mise au point d'une procédure simple de détermination du temps d'allumage
  - ✓Qqs expériences à haut flux → temps d'allumage

PERSPECTIVES

- ✓Elaborer un nouveau modèle prenant en compte la cinétique de dégradation du matériau: déshydratation, pyrolyse, combustion du résidu charbonneux
- ✓Changement d'échelle (litière→arbre)