



**Réseau Maîtrise des Risques Technologiques  
(GRR SER Haute-Normandie)**



**CNRS - GDR Incendies**

**Séminaire du 13-14 Décembre 2007, ENSI Bourges**

# ***Estimation en temps réel de la puissance dégagée lors d'un incendie de compartiment***

**M. Lebey\*, H. Besnard\*, E. Lambert\*\***

**Laboratoire d'Ondes et Milieux Complexes - CNRS FRE 3102**

**Université du Havre – BP 540 76058 Le Havre Cedex**

(\* Université du Havre UFRST - \*\* IUFM de l'Académie de Rouen)

→ Problème réel :

→ A leur arrivée sur les lieux, les équipes d'intervention doivent:

A) Prendre des décisions rapidement,

Et

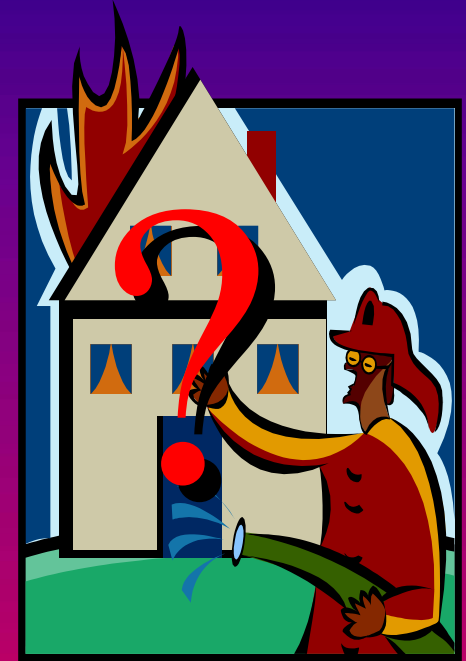
B) Trouver des réponses à des questions basiques:

→ Par exemple:

- 1) Le feu est il en phase de croissance ou décroissance ?
- 2) Y-a-t-il des risques de flashover ou de backdraught ?
- 3) Peut-on engager des équipes à l'intérieur ?

→ → → d'où

*Estimation en temps réel de la puissance dégagée lors d'un incendie de compartiment*

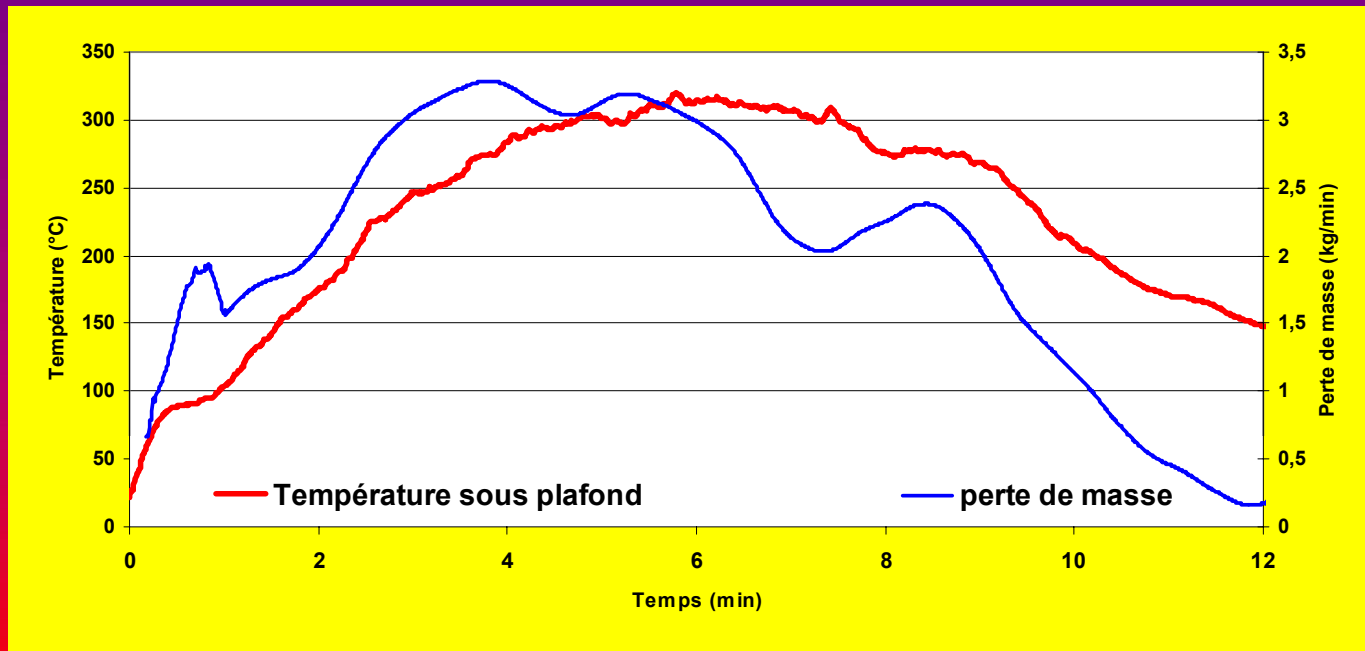


## Grandeur caractéristique : la température

→ La Température est un paramètre d'analyse pertinent car

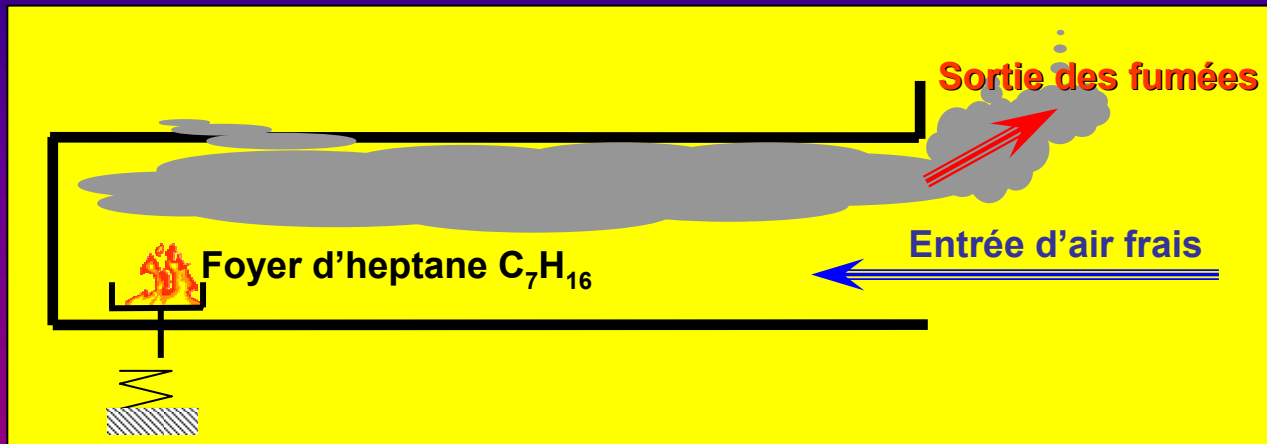
- 1) c'est une grandeur facilement accessible
- 2) son évolution peut être liée à celle de la puissance du feu

→ Exemple : Evolutions temporelles de la **température** et de la **vitesse de combustion (perte de masse)** pour un foyer de bois en « grandeur réelle »



→ Idée de base : Estimer la puissance du foyer, à partir des mesures de température

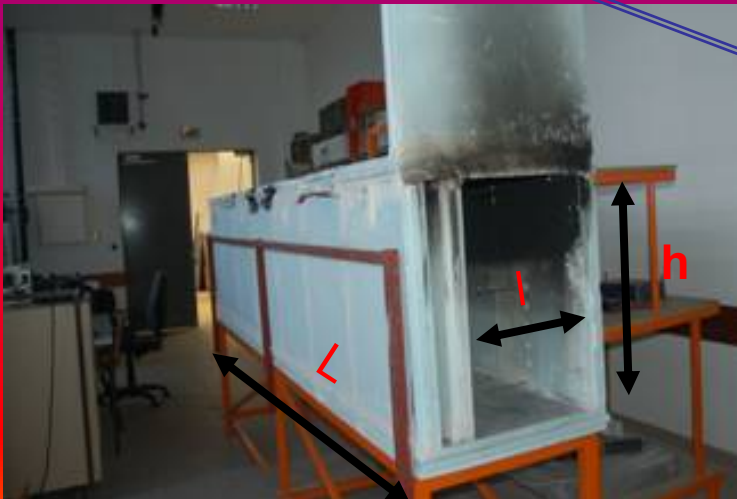
## Conditions expérimentales



### → Mesures :

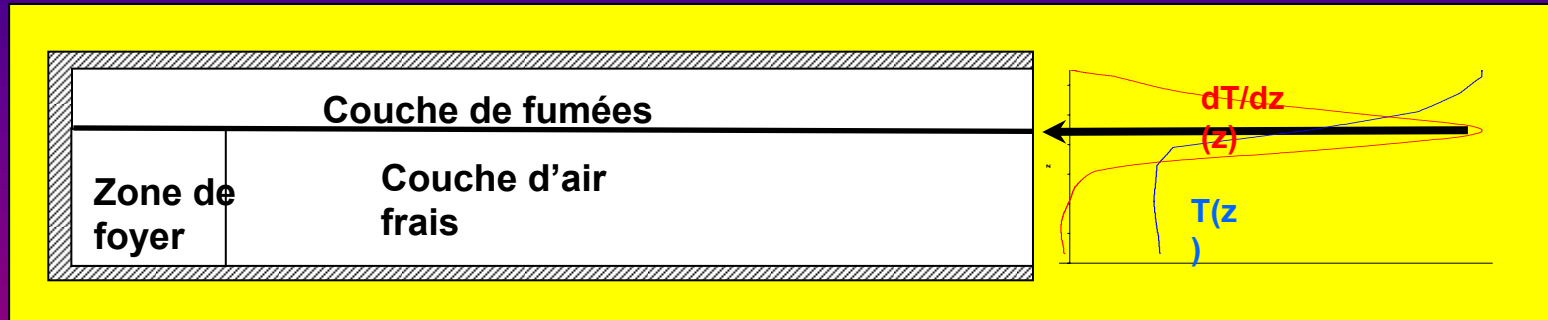
- 1) Température (Thermocouples K)
- 2) Masse (capteur d'effort)
- 3) Vitesse (anémomètre)
- 4) Logiciel d'acquisition & traitement

Labview



## Modélisation – Bilan d'énergie - Méthode

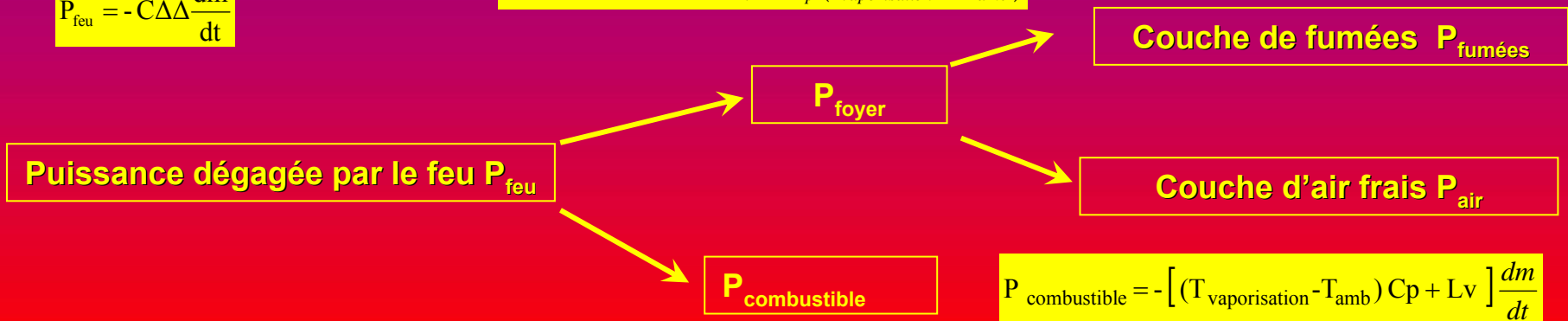
### → Modélisation : modèle à 2 zones +1



### → Bilan d'énergie – Zone de foyer

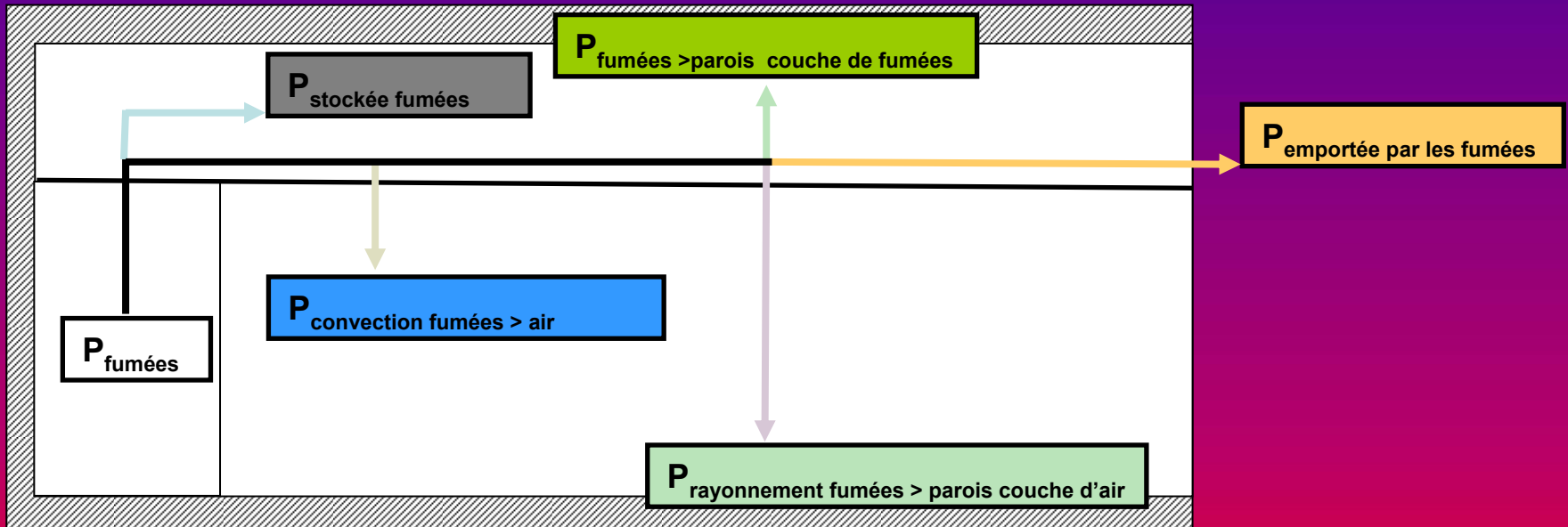
$$P_{\text{feu}} = -C\Delta\Delta \frac{dm}{dt}$$

$$P_{\text{feu}} = P_{\text{foyer}} \frac{C\Delta h}{C\Delta h - L_v - C_p (T_{\text{vaporisation}} - T_{\text{amb}})}$$



### → Méthode : de l'estimation de $P_{\text{fumées}}$ et $P_{\text{air}}$ on déduit $P_{\text{foyer}}$ , puis $P_{\text{feu}}$

## Bilan d'énergie – Couche de fumées - 1



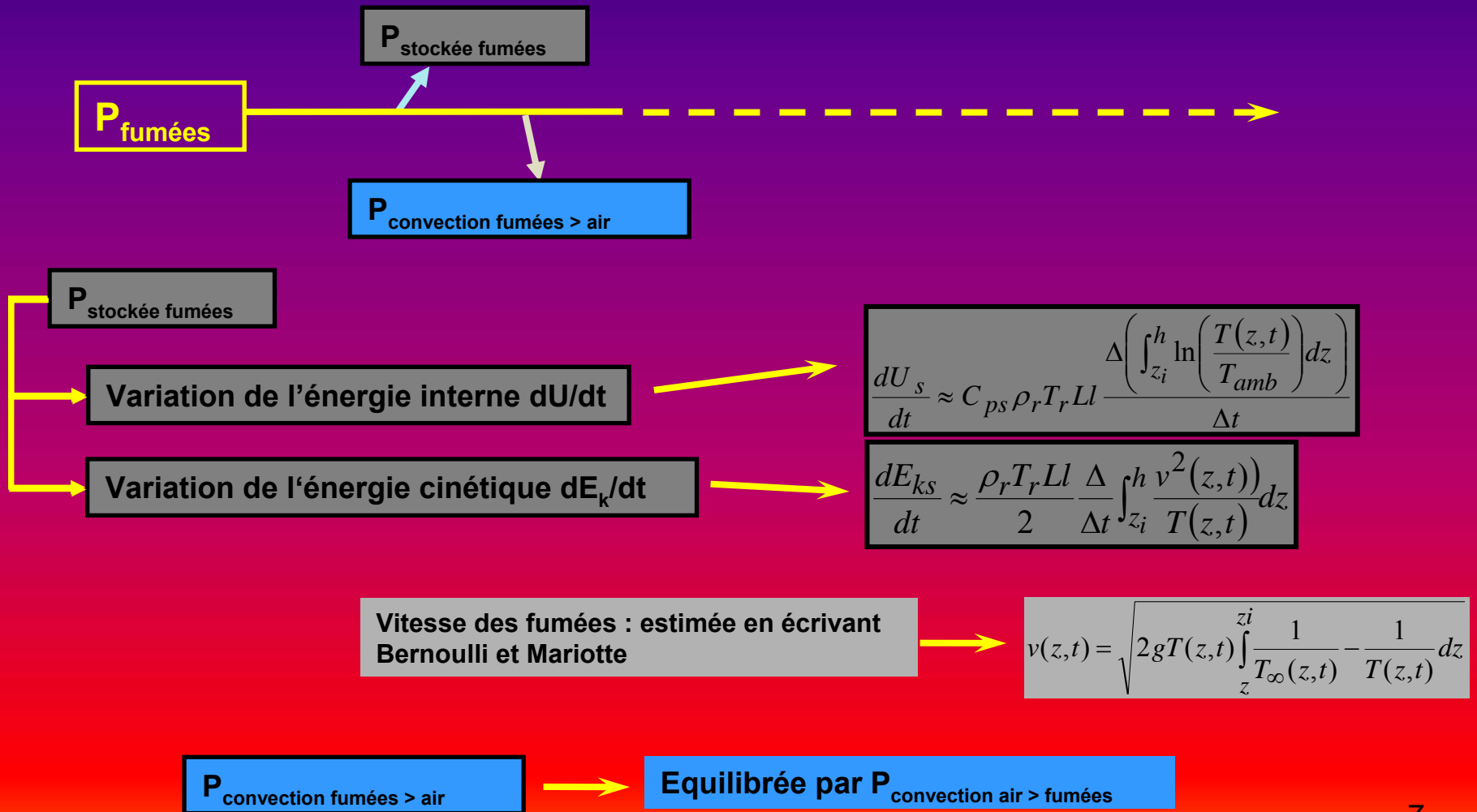
Calcul de



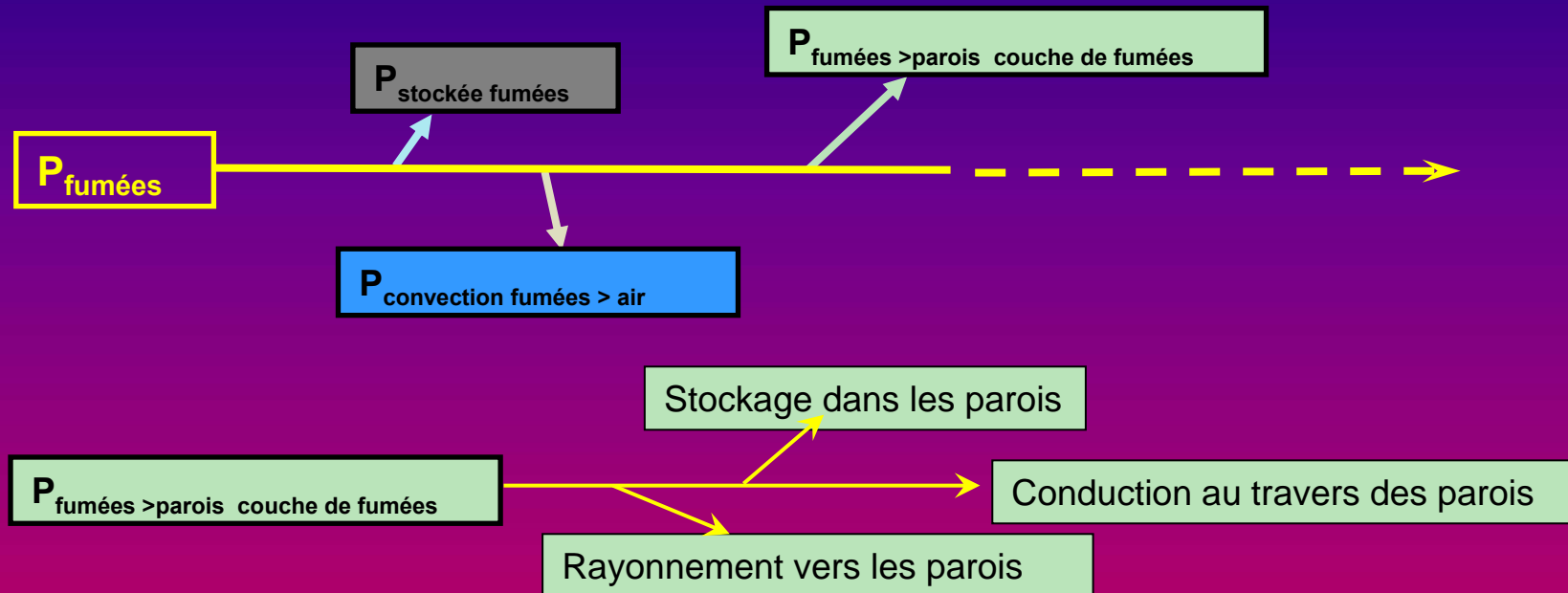
⇒ Estimation de  $P_{\text{fumées}}$

## Bilan d'énergie – Couche de fumées - 2

→ Outils & hypothèses : Gaz parfaits – Loi de Mariotte – Théorème de Bernoulli



## Bilan d'énergie – Couche de fumées - 3

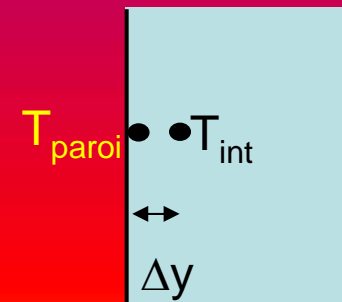


$$P_{\text{rayonnée}} = \varepsilon_{\text{parois}} \sigma t_{\text{fumée}} (T_{\text{paroi}}^4 - T_{\text{air}}^4) S_{\text{paroi}} F$$

$$P_{\text{stockée}} = \rho_g C_{pg} \frac{\partial \bar{T}}{\partial t} \Delta y S \text{ avec } \bar{T} = \frac{T_{\text{paroi}} + T_{\text{int}}}{2}$$

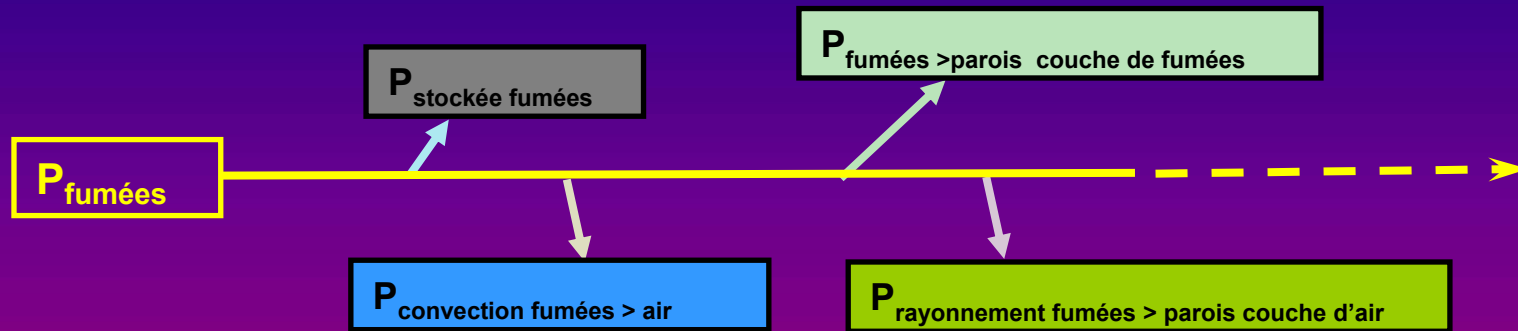
$$P_{\text{conduction}} = k_g \frac{\partial T}{\partial y} S \approx k_g \frac{T_{\text{paroi}} - T_{\text{int}}}{\Delta y} S$$

Stockage dans une épaisseur de paroi  $\Delta y$





## Bilan d'énergie – Couche de fumées - 4

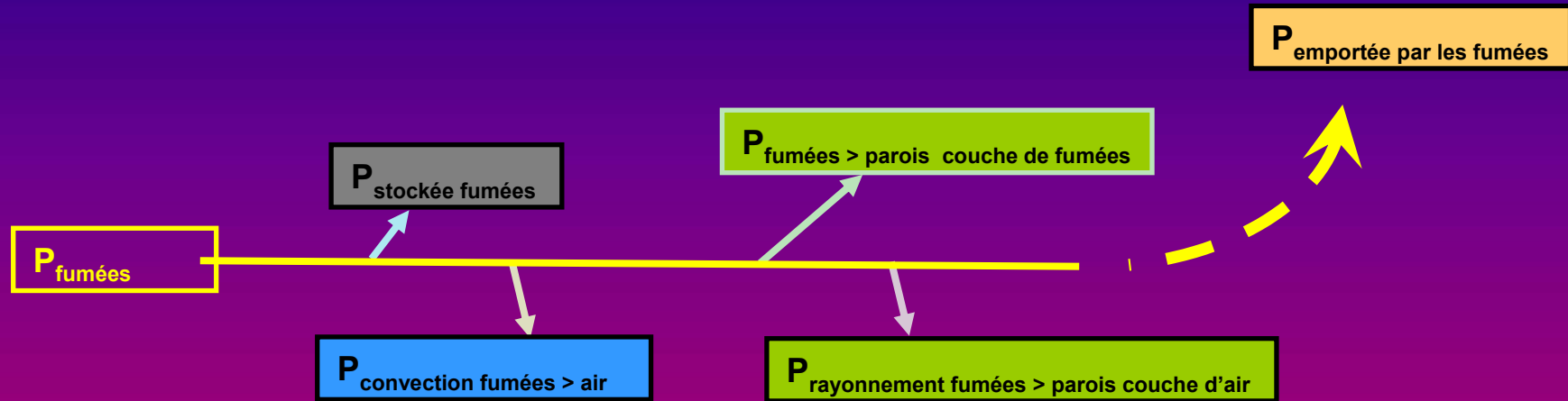


$P_{\text{rayonnement fumées} > \text{parois couche d'air}}$

-Emissivité des fumées = 0.25

$$P_{\text{rayonnement fumées} > \text{parois couche d'air}} = \varepsilon_s \sigma (T_s^4 - T_a^4) S_{\text{fumées-air}}$$

## Bilan d'énergie – Couche de fumées - 5

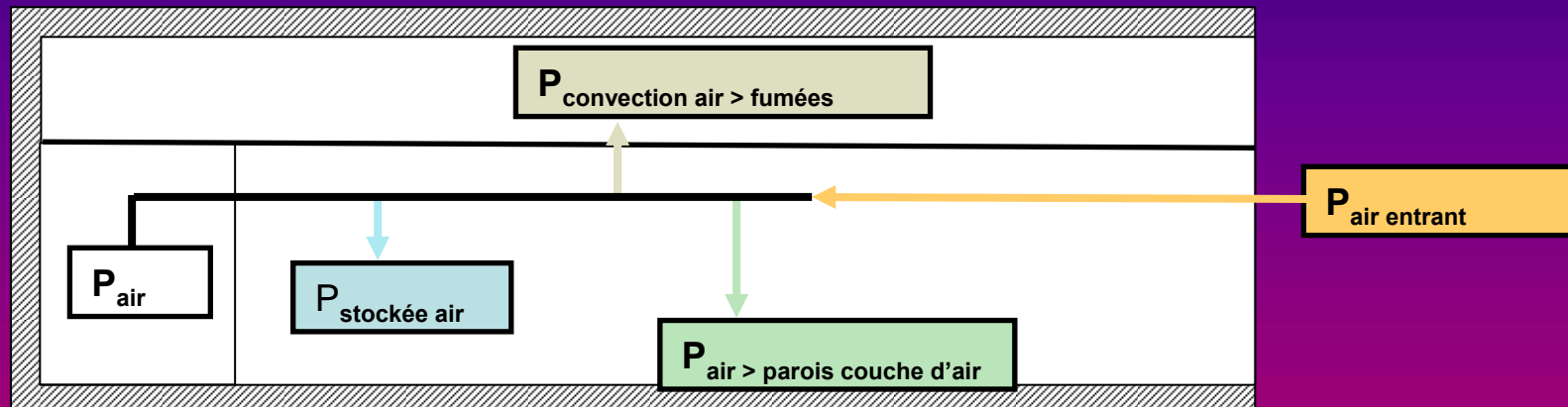


**P<sub>emportée par les fumées</sub>**

$$P_{emportée\ par\ les\ fumées} = C_d C_p \text{ fumée} \frac{\rho_r}{T_r} l \int_{z_i}^h \frac{T - T_{amb}}{T} v dz$$

**Avec  $C_d$  : coefficient de débit = 0.7**

## Bilan d'énergie – Couche d'air



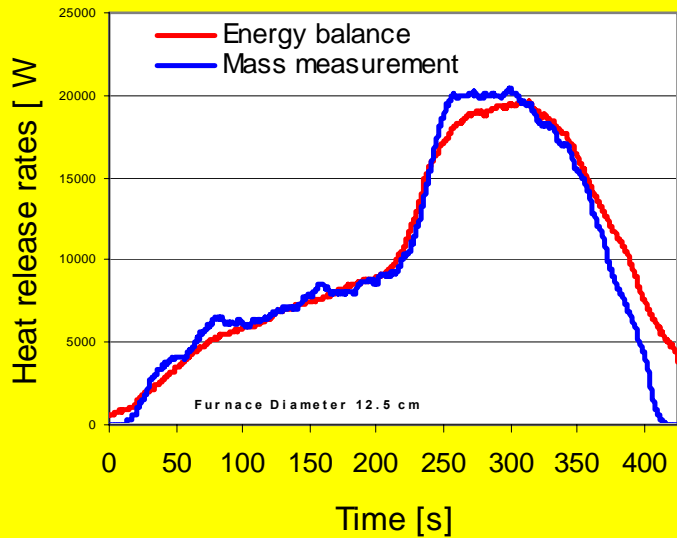
$P_{\text{convection air} > \text{fumées}}$

Ce terme est équilibré par la puissance  $P_{\text{convection fumées} > \text{air}}$

→ Avec

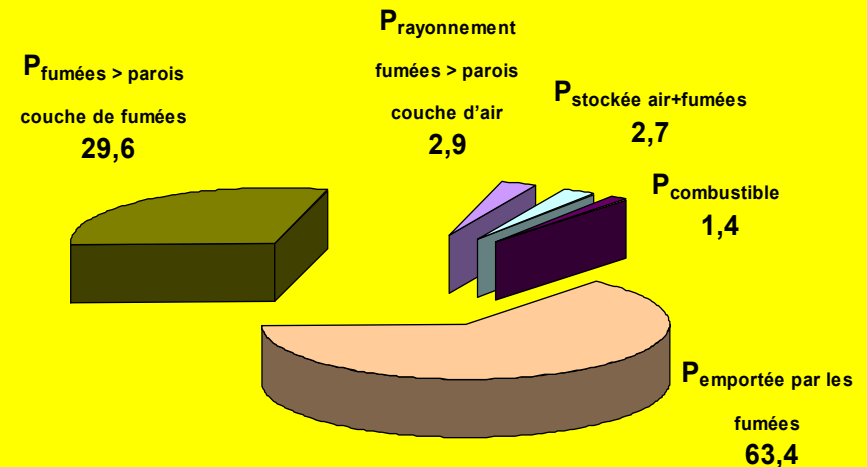
- 1)  $T_{\text{air}} \approx T_{\text{amb}}$ , seul reste à prendre en compte le stockage éventuel :
- 2)  $P_{\text{air}} \approx P_{\text{stockée air}}$
- 3) Ce terme est calculé de la même façon que pour la couche de fumées

## Résultats expérimentaux

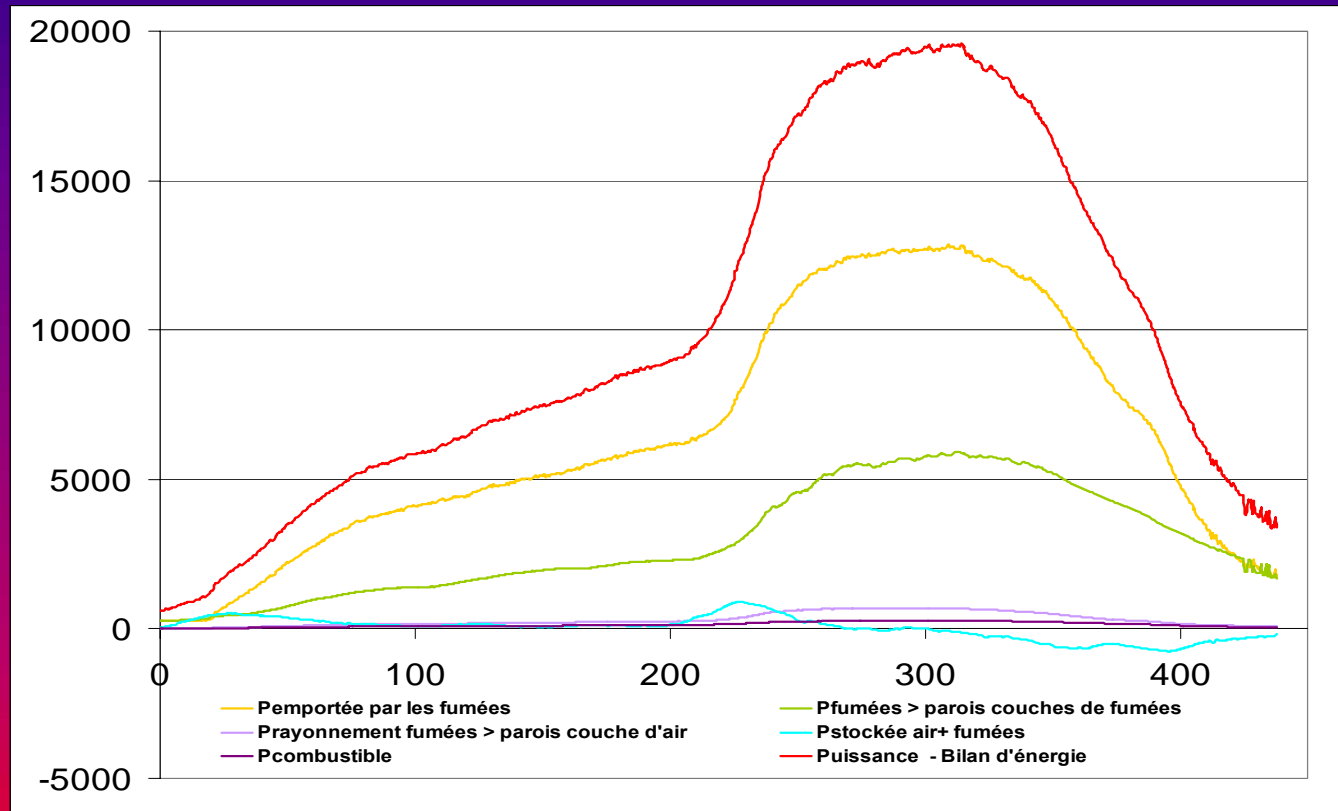


- ➔ Bon accord général entre la puissance déduite de l'évolution de masse brûlée et celle calculée selon notre méthode
- ➔ Bonne estimation de la valeur maxi
- ➔ Ecarts plus importants quand la puissance décroît. Inertie thermique sous évaluée ?

Contributions moyennes % ➔



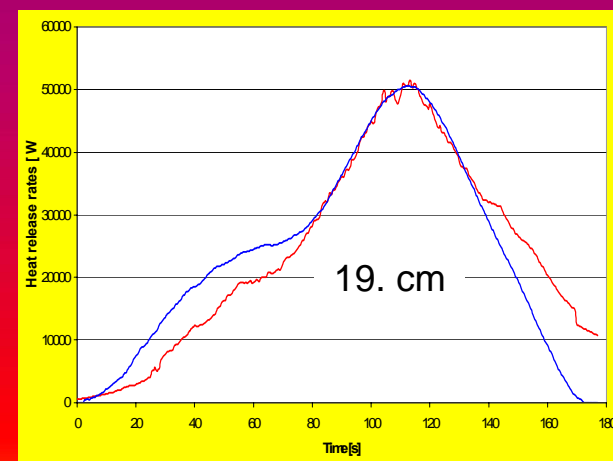
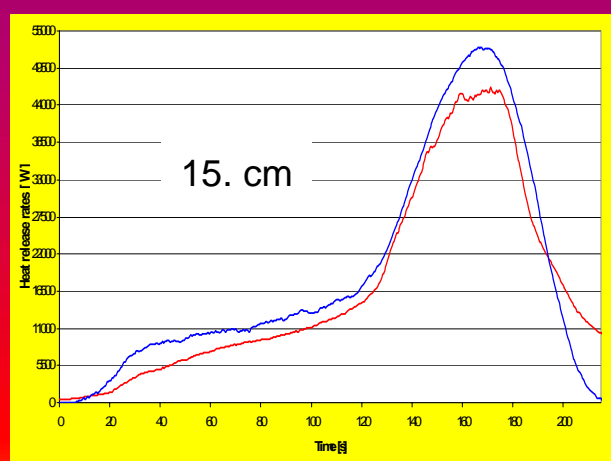
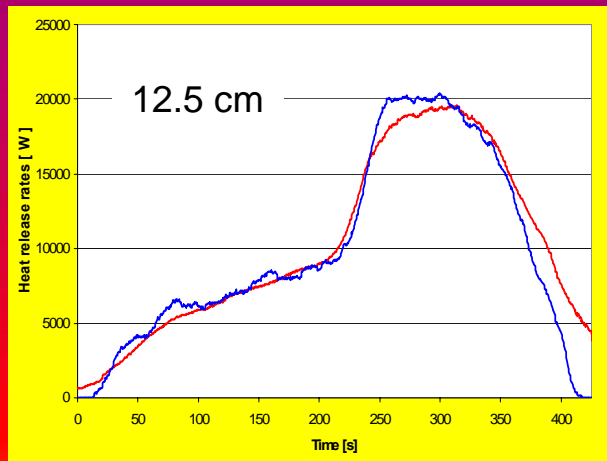
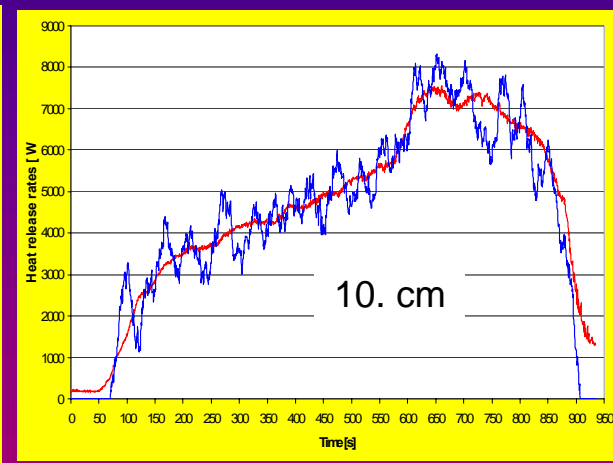
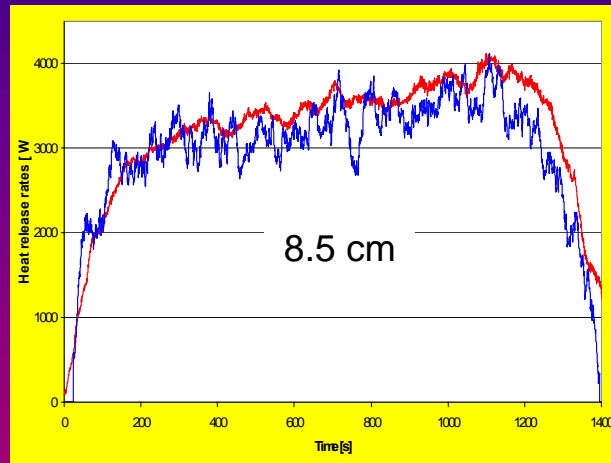
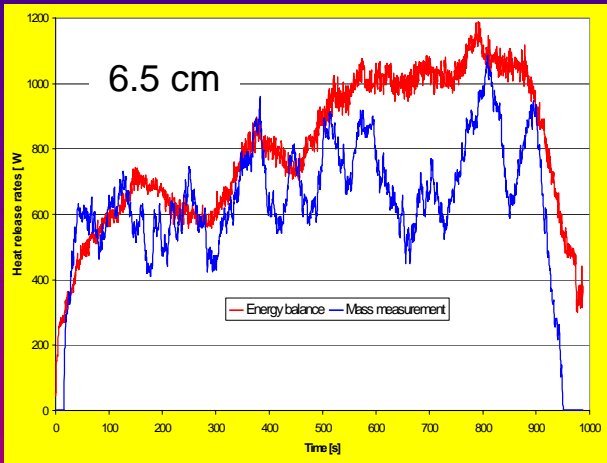
## Evolutions temporelles des $\neq$ termes



→ Dans un modèle simplifié, la puissance du foyer peut être estimée en ne prenant en compte que les deux principaux termes, à savoir :

- 1) la puissance emportée dans les fumées
- 2) la puissance échangée entre les fumées et leurs parois

## Résultats expérimentaux, pour $\neq$ diamètres de foyer



## En conclusion

- 1) Bon accord général avec la puissance calculée à partir des mesures de masse brûlée
- 2) Méthode applicable en temps réel
- 3) Nécessité de mesures de température. Mesures externes ( Caméra IR) ?
- 4) D'autres tests sont à mener pour valider la méthode en faisant varier divers paramètres (échelle, type de foyer, géométrie,...)

\* \* \*

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le Conseil Régional de Haute-Normandie et l'ANR pour les financements qu'ils ont apportés permettant la réalisation de ces travaux de recherche