



Techniques de Refroidissement des Fumées d'Incendie

Sylvain Brohez,

<sylvain.brohez@umons.ac.be>

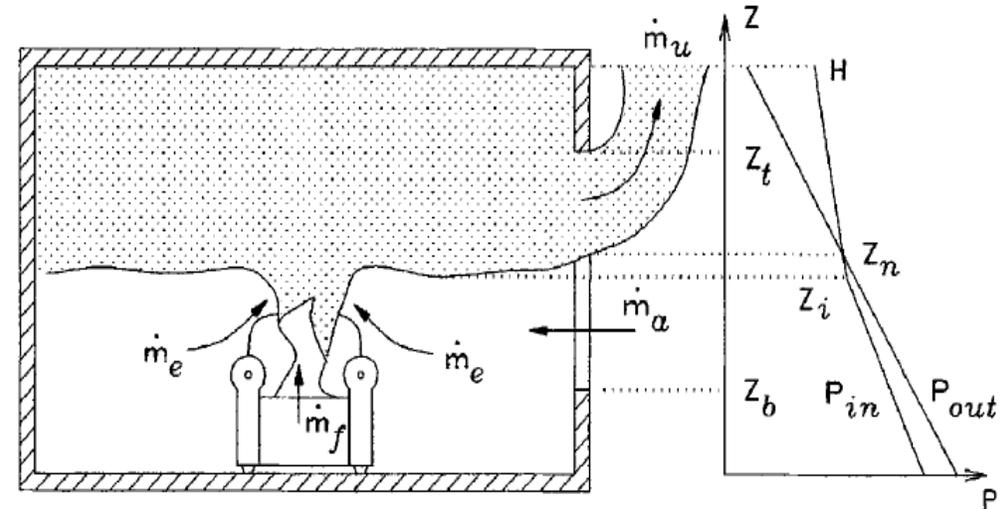
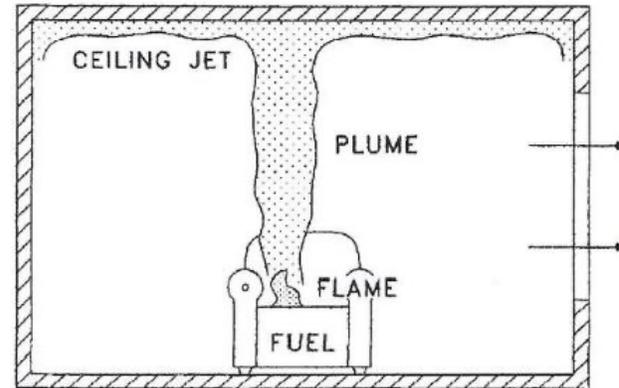
Contexte

Incendies en bâtiment

- ⇒ accumulation de fumées chaudes en partie haute
- ⇒ Stratification thermique
- ⇒ Foyer non visible

Risques:

- Progression limitée / impossible
- Flashover



Formation Flashover: Techniques de refroidissement des fumées



- *Projet de recherche (UMONS – RPA financé par KCCE)*
 - *Comparaison lance basse pression / haute pression*
 - *Pulsing, crayonnage Z-O-T,*
 - Paramètres: durée de l'impulsion, débit, présence additif classe A (pulsing-penciling)...

Choix de la Lance



Lance haute pression

- 40 bar
- 150 l.min⁻¹
- Exemple:
 - ✓ Leader Quadrafog



Lance basse pression

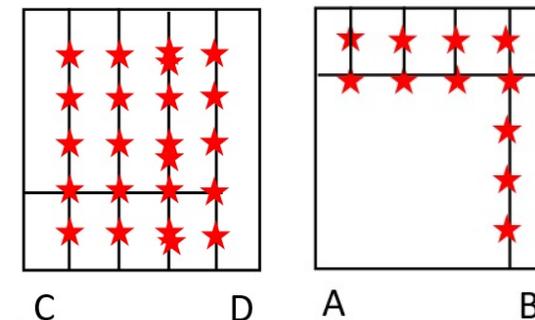
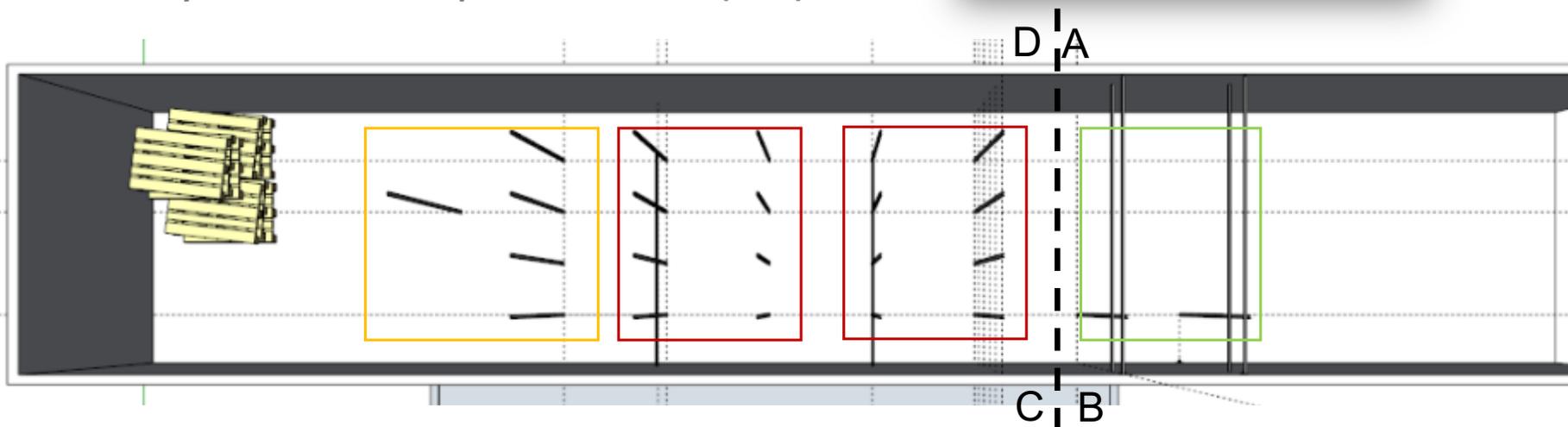
- 6-8 bar
- 250-500 l.min⁻¹
- Exemples:
 - ✓ Leader Multiforce
 - ✓ R.PONS Optrapons
 - ✓ POK

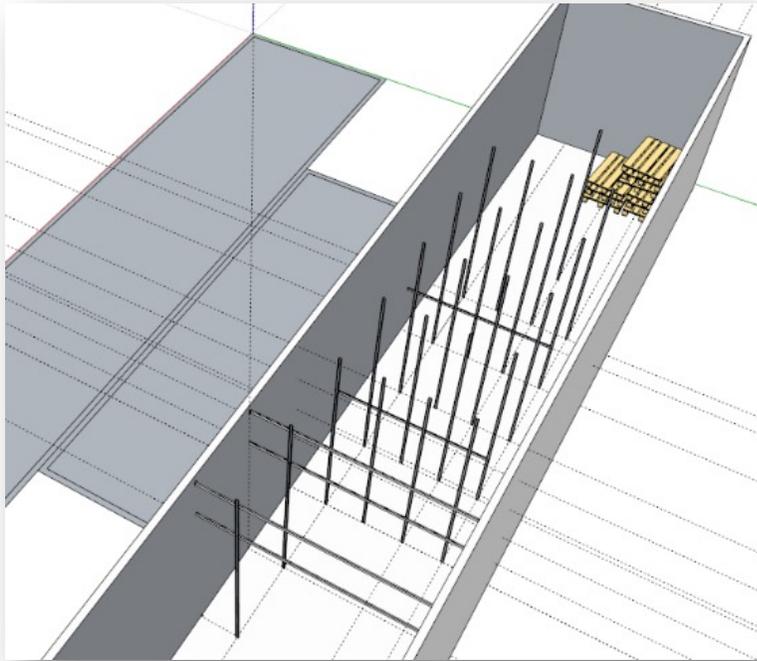


Dispositif Expérimental

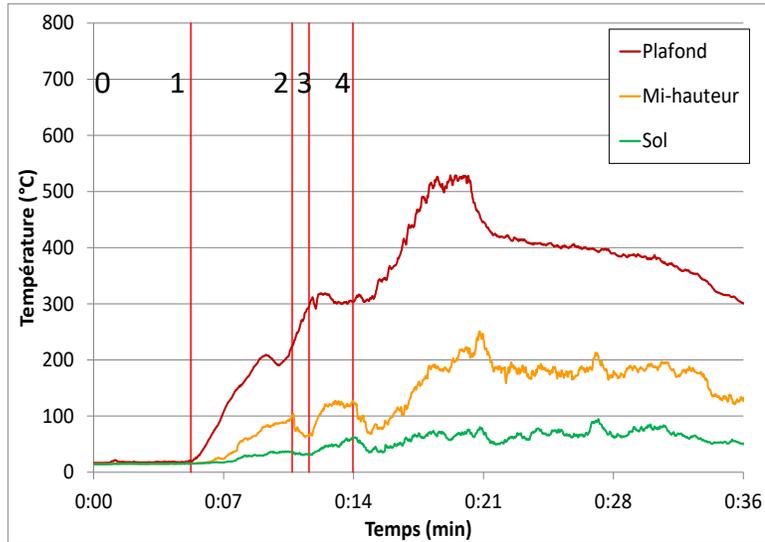
Caisson Flashover

- 13,65m x 2,44m x 2,55m
- Isolation minérale extérieure
- **145 thermocouples**
Type K, \varnothing 1mm et 0,5mm
- Système d'acquisition PC (1 s)

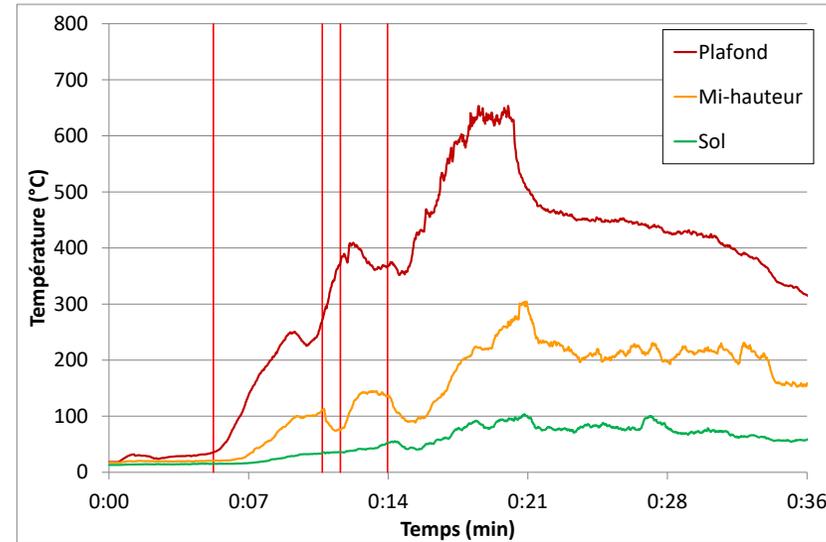




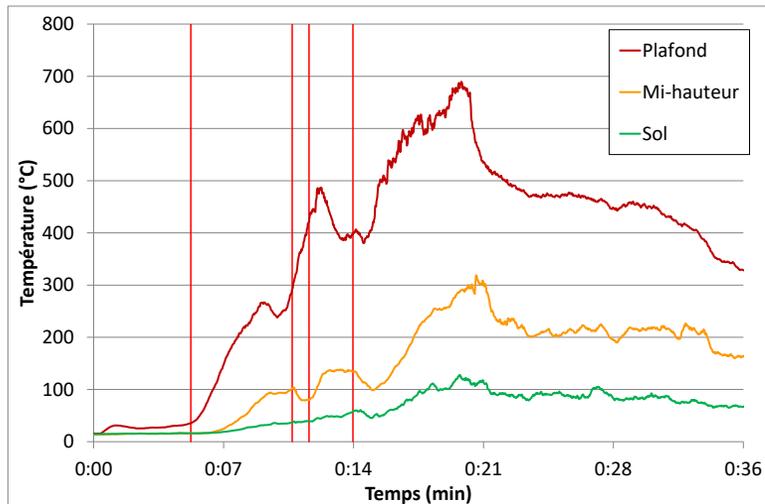
Mesures de Température



Ligne 8



Ligne 6



Ligne 4



0 : Portes ouvertes

1 : fermeture des portes (3/4) – développement couche chaude

2 : vapeur eau - ouverture de ¼ de porte (battant haut droit)

3 : fermeture de ¼ de porte (battant haut droit) – couche supérieure chaude

4 : roll over - ouverture de deux battants sur trois (le battant situé en haut à gauche reste fermé)... 600-700°C : flash over

Mesures de Température – Erreur rayonnement

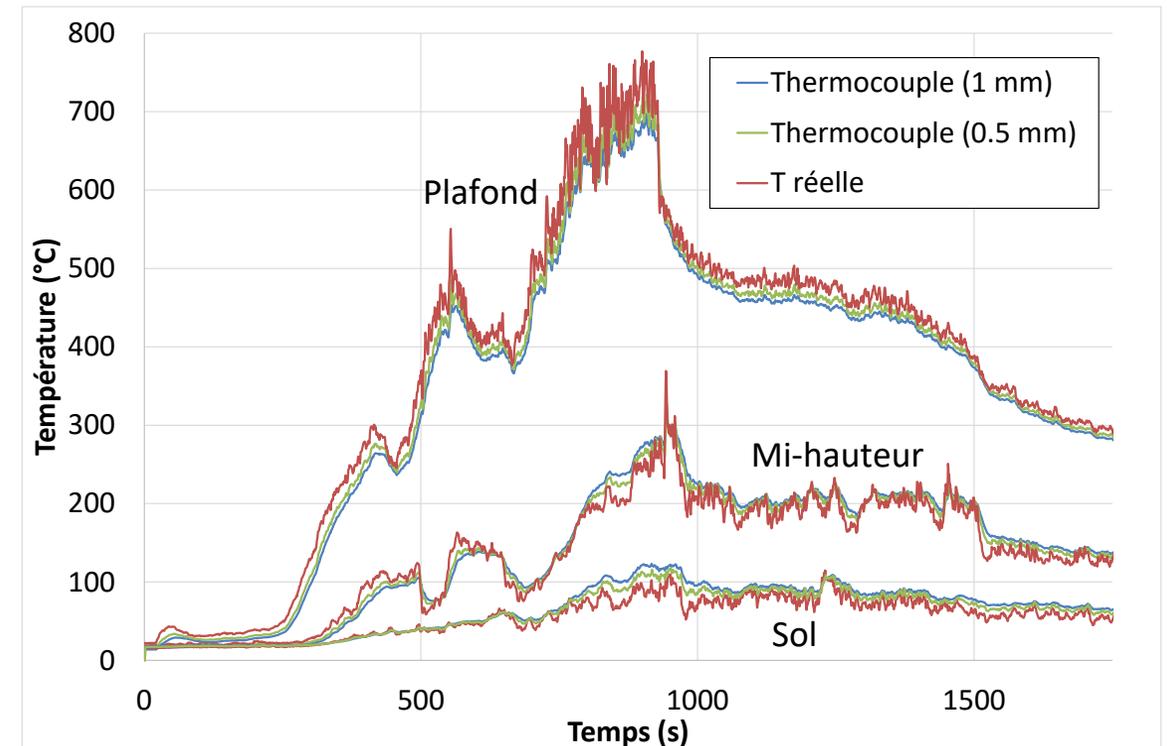
- $T_{\text{mesurée}} \neq T_{\text{réelle}}$
 - ✓ Utilisation de thermocouples de tailles différentes (\varnothing 0,5 et 1mm)
 - ✓ Correction d'inertie et de rayonnement

Bilan énergie (thermocouple):

$$h(T_{\text{fum}} - T_{\text{therm}}) = \varepsilon_{\text{therm}} \sigma (T_{\text{therm}}^4 - T_{\infty}^4)$$

$$\frac{T_g - T_{1\text{mm}}}{T_{0.5\text{mm}} - T_{1\text{mm}}} = \frac{\varepsilon \sigma (T_{0.5\text{mm}}^2 + T_{1\text{mm}}^2)(T_{0.5\text{mm}} + T_{1\text{mm}})}{h_{0.5\text{mm}} - h_{1\text{mm}}} + \frac{h_{0.5\text{mm}}}{h_{0.5\text{mm}} - h_{1\text{mm}}}$$

$$Nu = 2 + \left(0.4 Re^{0.5} + 0.06 Re^{2/3} \right) Pr^{0.4}$$



$$Nu = \frac{h D}{k} \quad Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad Pr = \frac{c_p \mu}{k}$$

Mesures de Température – Inertie thermocouples

Constante de temps :

$$\tau = \frac{\rho C_p D}{4 h}$$

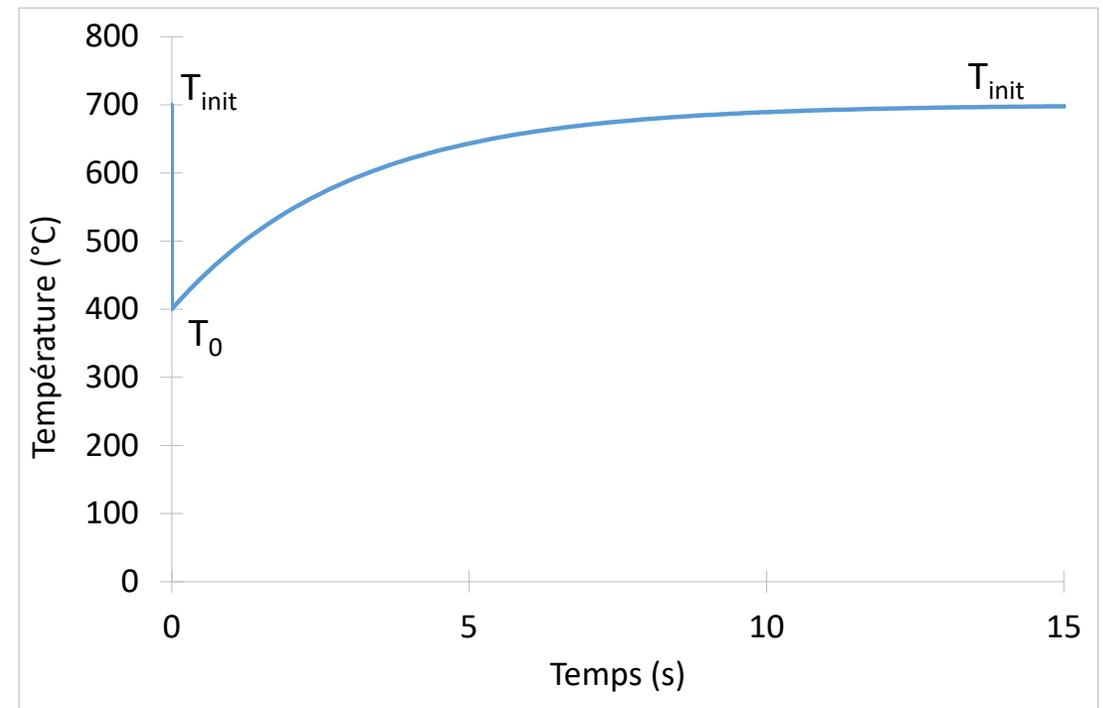
Thermocouple = système 1^{er} ordre :

$$T = T_m + \tau \frac{dT_m}{dt}$$

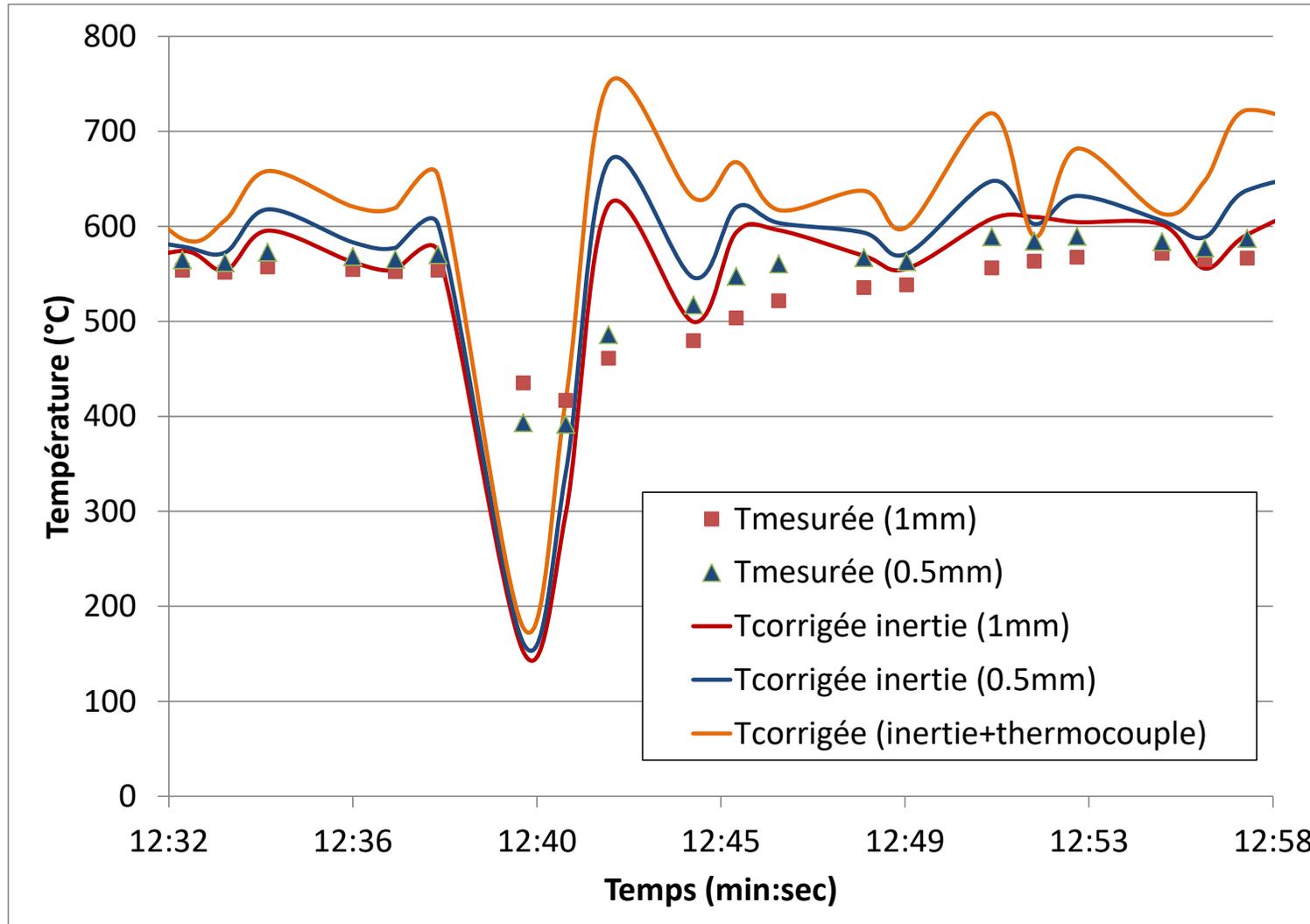
Réponse théorique d'un thermocouple soumis à une diminution brutale de température.

$$\tau = 3 \text{ s}$$

Il faut 5 τ pour retrouver la valeur de régime



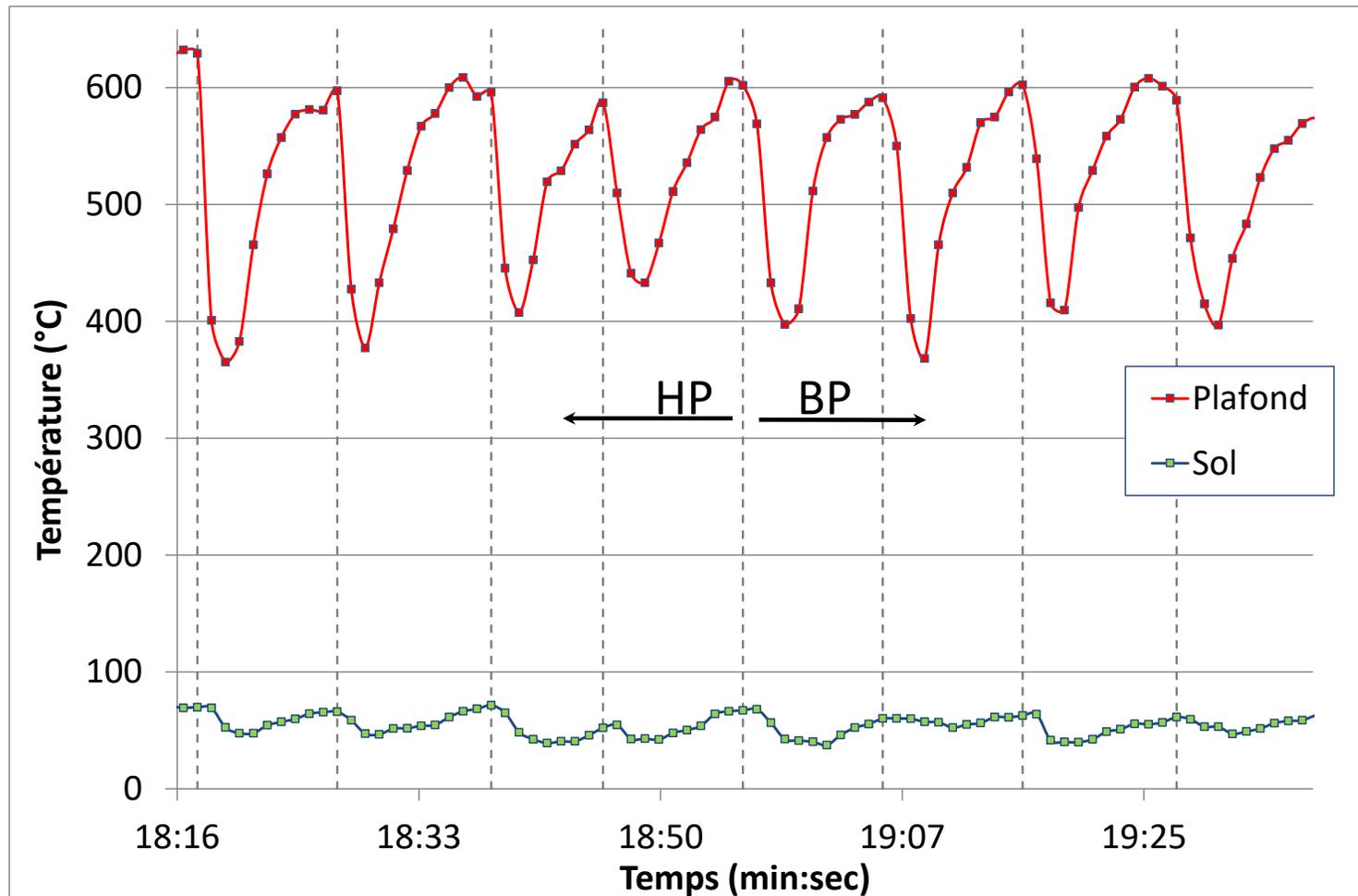
Mesures de Température – Inertie thermocouples



$$\tau = \frac{\rho C_p D}{4 h}$$
$$T = T_m + \tau \frac{dT_m}{dt}$$

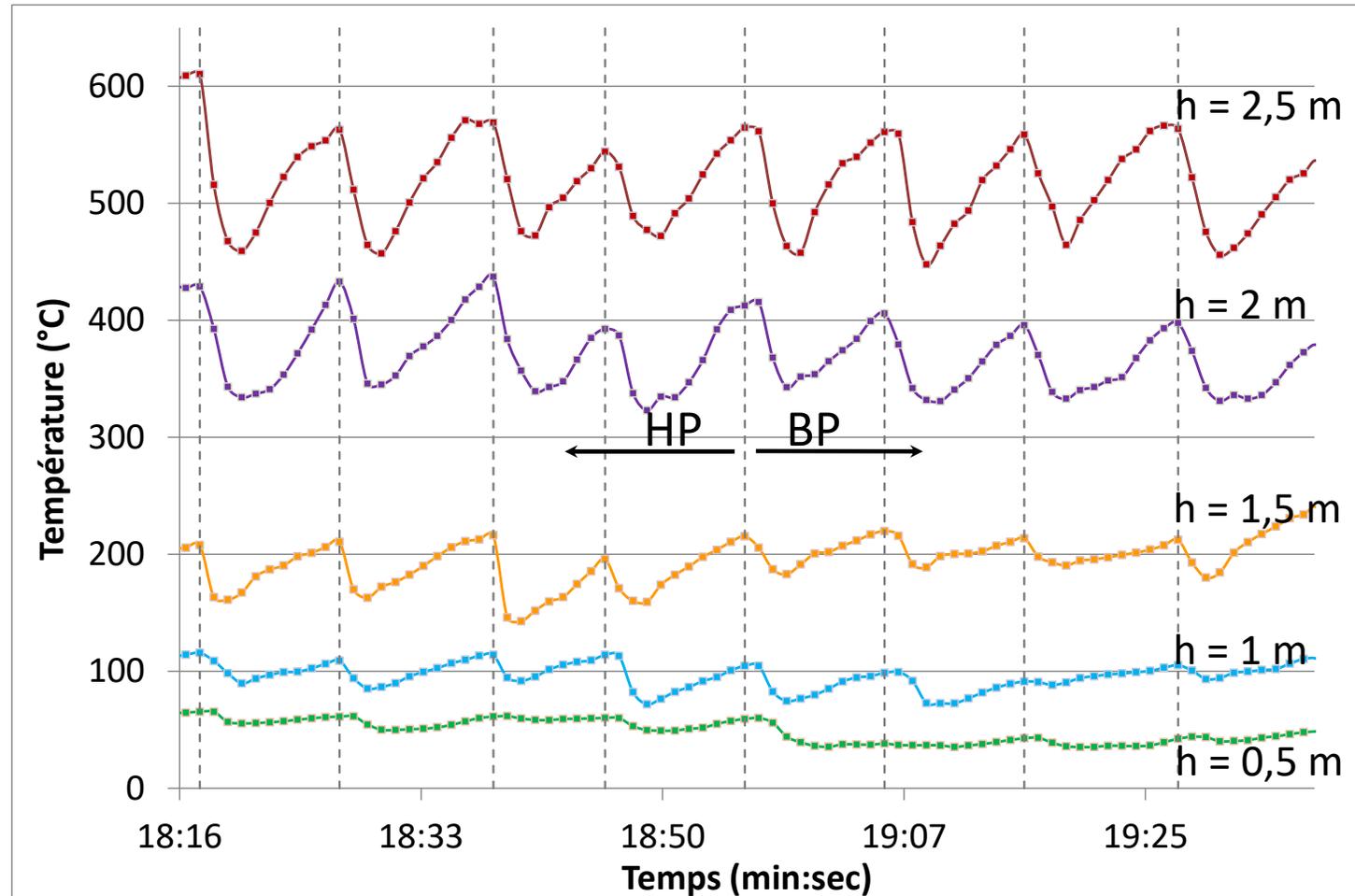
Refroidissement des fumées

Comparaison des performances des lances HP et BP (marque L, modèle M). Evolution de la température mesurée par les thermocouples de 0,5 mm de diamètre placés à la ligne 6. Pulsing: $\frac{1}{4}$ sec



Refroidissement des fumées

Comparaison des performances des lances HP et BP (marque L, modèle M). Evolution de la température mesurée par les thermocouples de 1 mm de diamètre placés à la ligne 6. Pulsing: $\frac{1}{4}$ sec



Refroidissement des fumées – Lance HP

durée impulsion = ¼ seconde

Rail 8	Rail 7	Rail 6	Rail 5	Rail 4	Rail 3	Rail 2
60	85	110	110	30	15	x
10	20	40	45	15	-15	-10
0	0	0	15	20	0	0

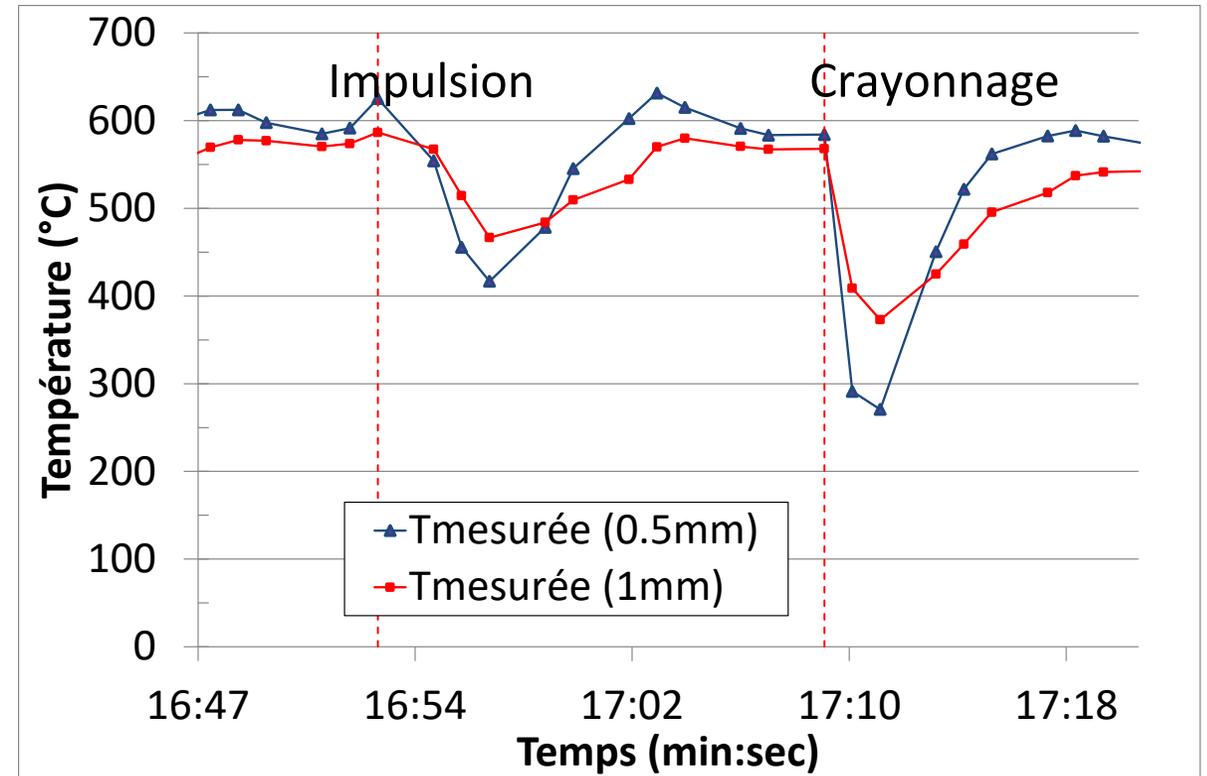
durée impulsion = ½ seconde

Rail 8	Rail 7	Rail 6	Rail 5	Rail 4	Rail 3	Rail 2
65	90	110	130	100	80	x
15	20	45	45	40	15	-20
0	0	0	15	25	5	-5

Crayonnage (lettre T), 1 sec

Rail 8	Rail 7	Rail 6	Rail 5	Rail 4	Rail 3	Rail 2
70	120	220	190	100	20	x
15	60	90	45	25	10	0
-15	-5	-10	-10	-10	5	0

Tableaux: baisse de T° sous-plafond, à mi-hauteur et près du sol



Rail 6, Thermocouples sous-plafond

Refroidissement des fumées

Lance **HP**, durée impulsion = $\frac{1}{4}$ seconde

Rail 8	Rail 7	Rail 6	Rail 5	Rail 4	Rail 3	Rail 2
60	85	110	110	30	15	x
10	20	40	45	15	-15	-10
0	0	0	15	20	0	0

Lance 1 **BP**, durée impulsion = $\frac{1}{2}$ sec

Rail 8	Rail 7	Rail 6	Rail 5	Rail 4	Rail 3	Rail 2
50	90	150	150	50	25	x
60	80	x	x	100	40	20
-15	-20	-25	-20	5	10	5

Lance 1 **BP**, 250 l/min, durée impulsion = $\frac{1}{4}$ sec

Rail 8	Rail 7	Rail 6	Rail 5	Rail 4	Rail 3	Rail 2
50	80	120	110	20	0	x
10	21	70	-10	-10	0	-10
0	0	5	15	15	0	0

Lance 1 **BP**, émulseur classe A

Rail 8	Rail 7	Rail 6	Rail 5	Rail 4	Rail 3	Rail 2
20	25	45	50	10	0	x
3	10	20	20	5	0	0
0	0	0	5	5	0	0

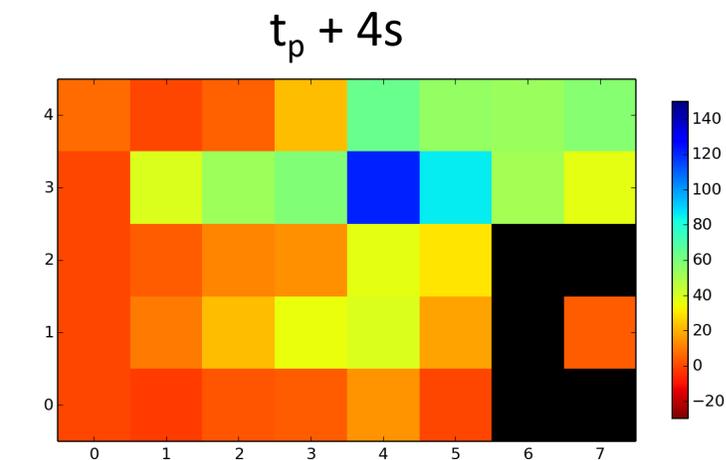
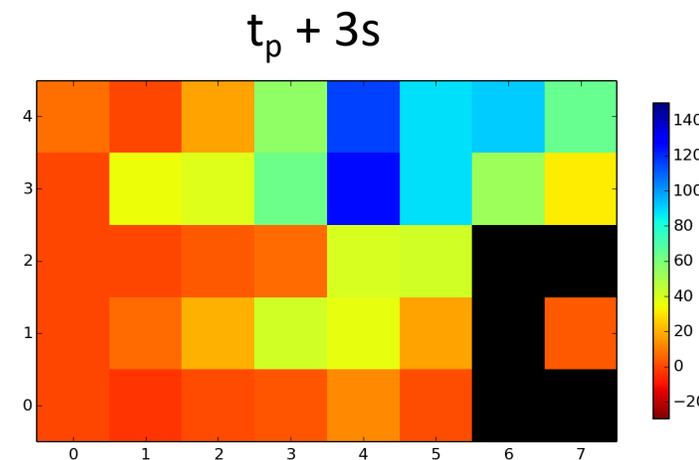
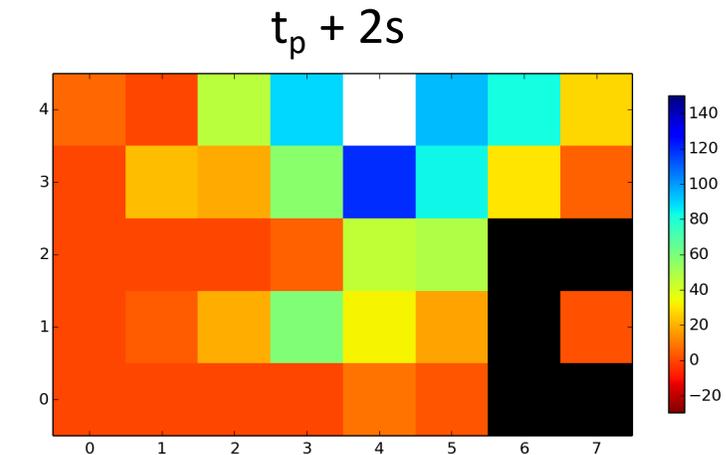
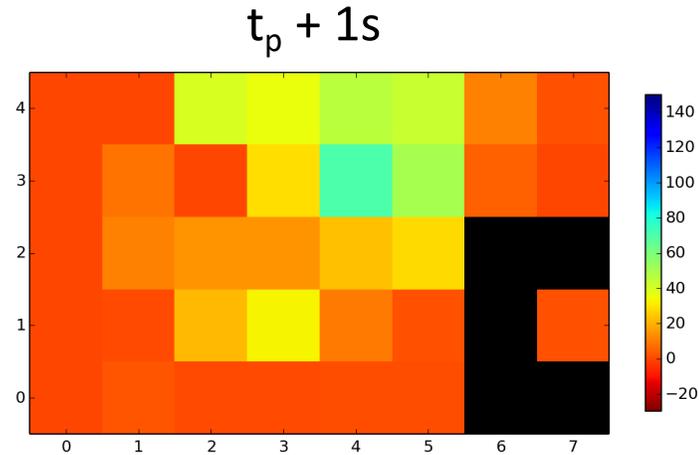
Lance 2 **BP**, 500 l/min, durée impulsion = $\frac{1}{4}$ sec

Rail 8	Rail 7	Rail 6	Rail 5	Rail 4	Rail 3	Rail 2
20	30	50	70	30	0	x
10	7	20	10	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Attention:

- qualité du brouillard (finesse des gouttes)
- durée impulsion: brûlure potentielle des SP
- émulseur en mode pulsing à proscrire (mousse retombe sur le sol)

Champs de température dynamique



Conclusions

- Efficacité des lances: importance qualité du brouillard!!!

	Lance Haute-Pression	Lance Basse Pression #1	...
ΔT	$\approx 110-120^{\circ}\text{C}$...
V_{eau}	0,65 l/pulse	0,4 l/pulse	...
	✓ Maniabilité × Pompe HP	✓ Débit disponible	...

- Efficacité du crayonnage (e.g. en T, $\Delta T \approx 200^{\circ}\text{C}$)
- *Emulseur en mode pulsing à proscrire (faible refroidissement)*
- Problème complexe:
 - ✓ Richesse des résultats générés
 - ✓ Dépendance aux conditions météo

Merci pour votre attention



PREMIER COLLOQUE FRANCOPHONE
INCENDIE

21 et 22 février 2024 à Lens (Belgique)

SOLDATS DU FEU
#PensezAutrement / événements

