

La recherche incendie en France

Quelques verrous

P. Boulet, K. Chetehouna, A. Collin, A. Coppalle, S. Duquesne,
J.B. Filippi, J.P. Garo, M. Lebey, D. Morvan, B. Porterie,
T. Rogaume, P.A. Santoni, O. Vauquelin

La recherche incendie en France - Quelques verrous

Laboratoires du GDR Feux 2864 CNRS



CORIA (UMR 6614) Université-INSA de Rouen



IUSTI (UMR 7343) Aix-Marseille Université



LEMTA (UMR 7563) Université de Lorraine



LOMC (UMR 6294) Université du Havre



M2P2 (UMR 7340) Aix-Marseille Université



P-PRIME (UPR 3346) ENSMA-Université de Poitiers



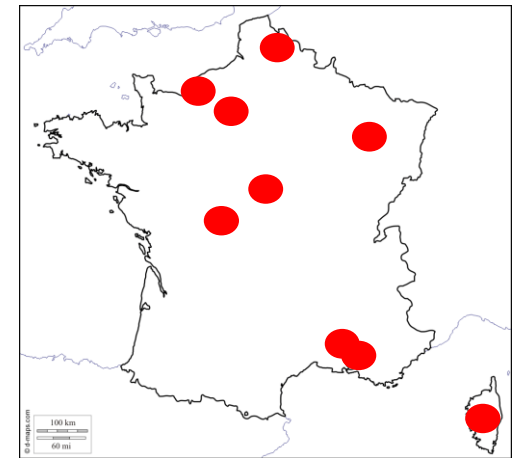
PRISME (EA 4229) INSA CVL - Univ Orléans



SPE (UMR 6134) Université de Corse



UMET (UMR 8207) Université de Lille 1, Chimie Lille



La recherche incendie en France - Quelques verrous

Partenaires du GDR Feux



Centres techniques, industriels, académiques... :

Air Liquide ; AREVA ; Calyxis ; CEA ; CEREN ; CETU ; CNPP ; CSTB ; CTICM ; DGA Techniques Aéronautiques ; DGA Techniques Navales ; Efectis-France ; Groupe SCF ; Imperial College London ; INERIS ; Ingeliance ; INRA ; IRSN ; IRSTEA ; LCPP ; LNE ; PlasticsEurope ; Poujoulat ; RISE ; SDIS 54, 74, 85, 2B,... ; University of Maryland ; Université de Gand ; University of Edinburgh ; University of Ulster
, ...

En lien avec des sociétés savantes : *International Association of Fire Safety Science ; International Association of Wildland Fire ; GDR Accort ; Groupe de la SCF ; GFC ;*

La recherche incendie en France - Quelques verrous

Contexte, objectifs

Faire progresser la connaissance sur le comportement des incendies

Apporter des réponses aux questionnements de la société (prise en compte des évolutions : changement climatique, nouveaux matériaux, édifices aux géométries complexes, ...)



La recherche incendie en France - Quelques verrous

Missions du GDR Feux



Animer et fédérer la communauté : Rencontres semestrielles ; Journées thématiques ; Rencontres avec d'autres GDR et groupes.

Porter des actions de perspectives : problématiques nouvelles



La recherche incendie en France - Quelques verrous

Les acteurs du GDR Feux s'intéressent à

La dynamique des incendies

La façon dont les incendies commencent, se développent et se propagent

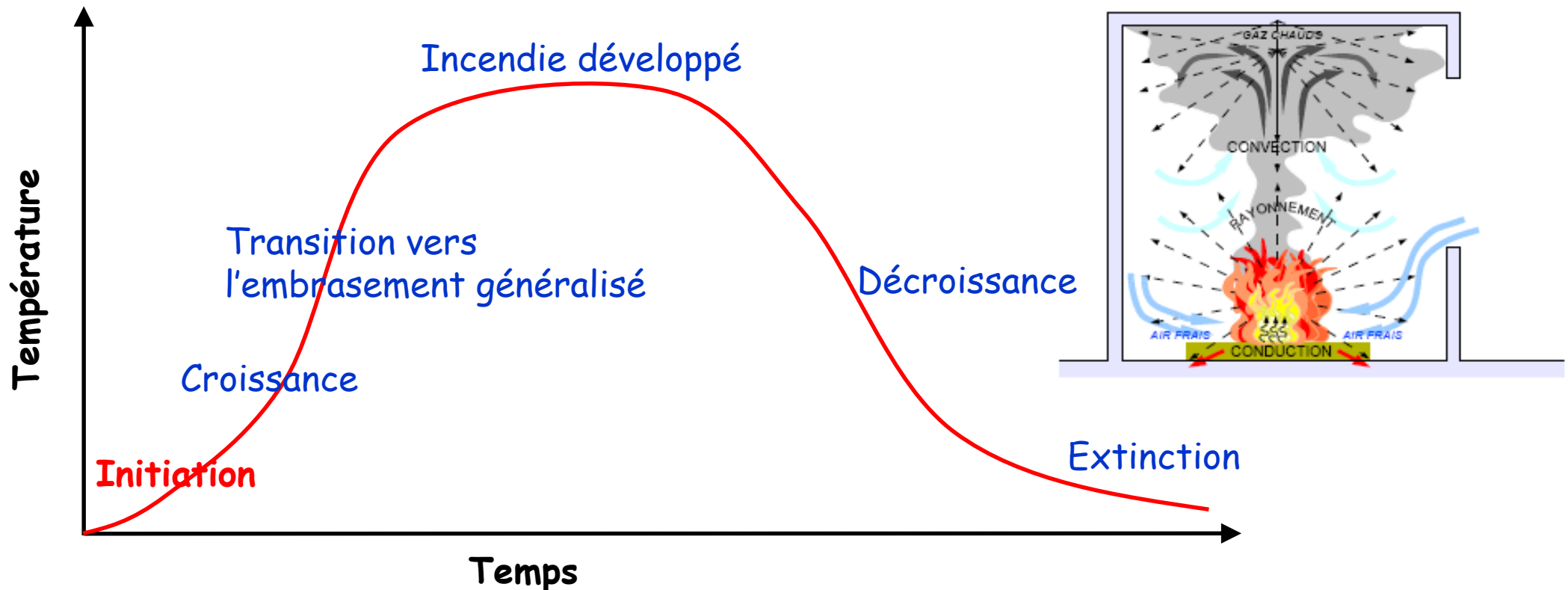
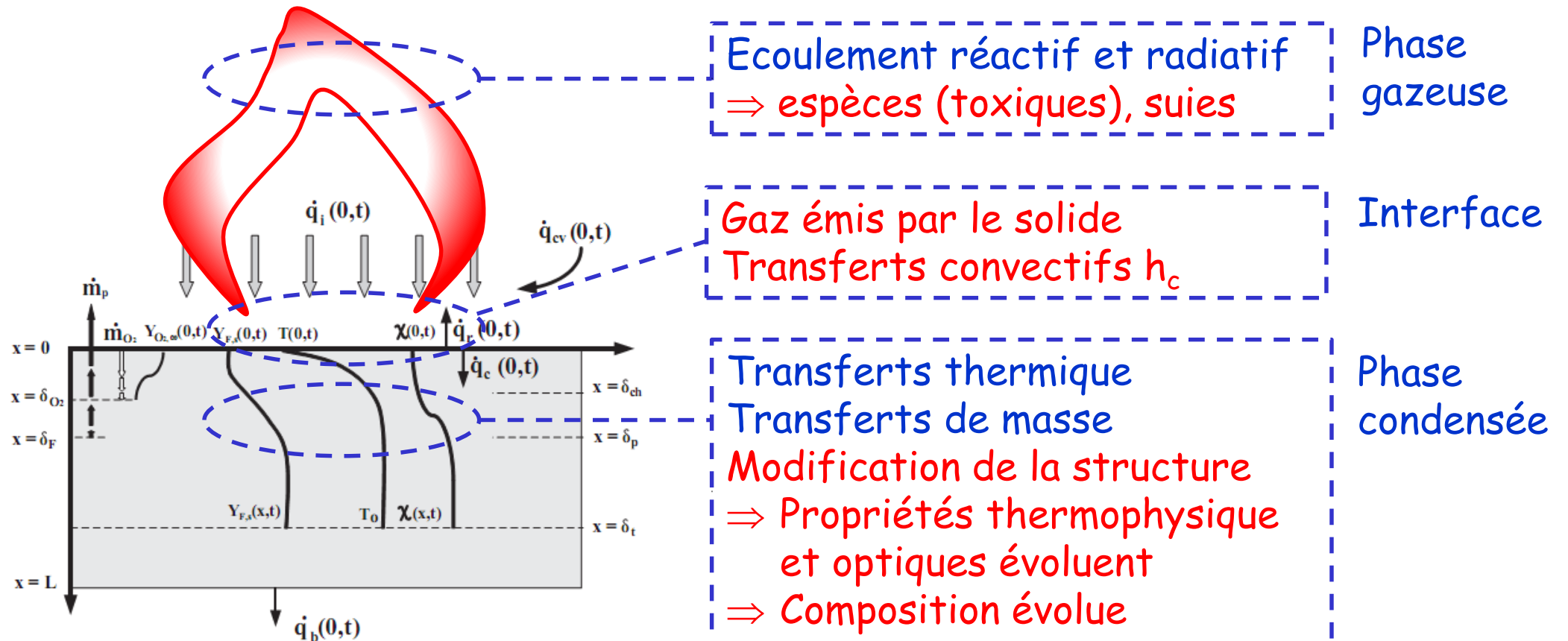


Illustration classique d'un incendie dans un local non limité par un manque d'oxygène

La recherche incendie en France - Quelques verrous

Les acteurs du GDR Feux s'intéressent à
Comportement au feu des matériaux

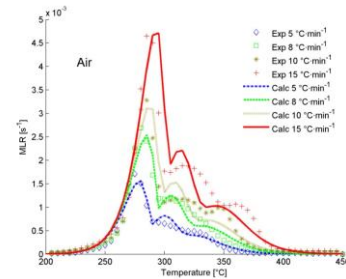


La recherche incendie en France - Quelques verrous

Les acteurs du GDR Feux s'intéressent à
Comportement au feu des matériaux



Echelle ATG



Mécanisme

Virgin $\rightarrow \alpha_1 + \text{gas}$

$\alpha_1 \rightarrow \alpha_1 + \text{gas}$

...

Modèle

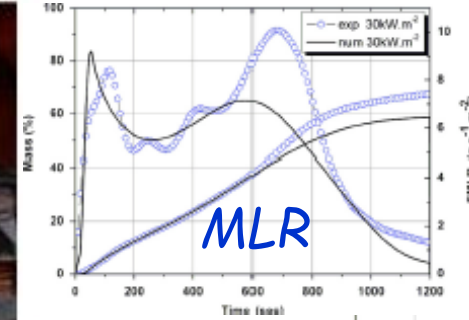
$$T = \beta t$$

$$\dot{m}_s''' = \rho_s A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)$$

Optimisation

A, E_a, n

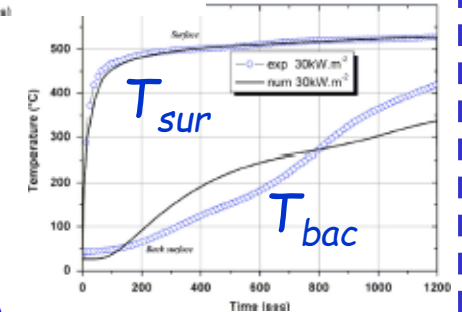
Echelle Cône calorimètre



Modèle

$$\dot{m}_s''' = \rho_s A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)$$

$$\frac{\partial(\rho_s C_{ps} T)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \dot{Q}_{s,rad}''' - H_p \dot{m}_s'''$$



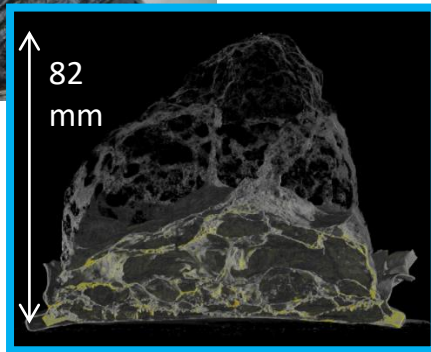
La recherche incendie en France - Quelques verrous

Les acteurs du GDR Feux s'intéressent à

Synthèse de RF, formulation, développement de matériaux



Intumescence



PU-APP 2% Nano MgO

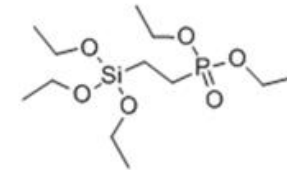
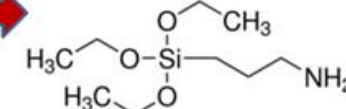
Bio-composites fibres de lin/PLA avec RF



Commingled Flax/PLA

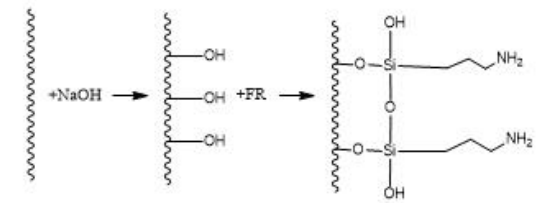
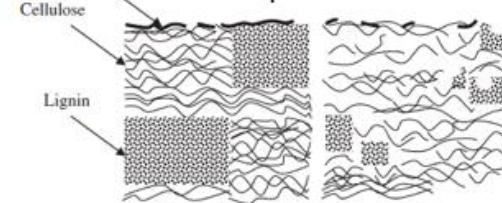
Fiber treatments with Flame Retardants (FR)

Composites manufacture



Traitement des fibres

Fiber pre-treatments



La recherche incendie en France - Quelques verrous

Les acteurs du GDR Feux s'intéressent à

La dynamique des incendies

La façon dont les incendies commencent, se développent et se propagent

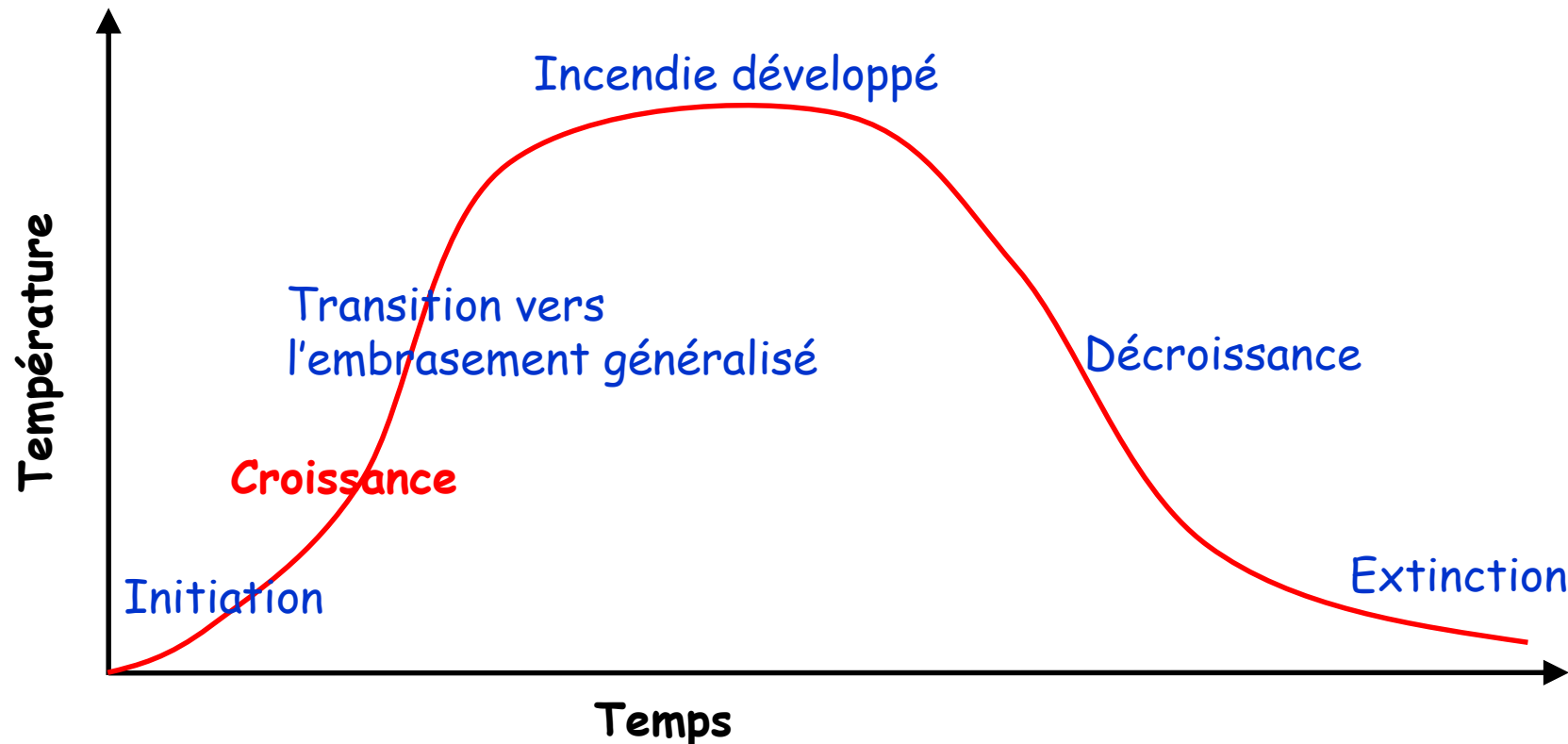


Illustration classique d'un incendie dans un local non limité par un manque d'oxygène

La recherche incendie en France - Quelques verrous

Les acteurs du GDR Feux s'intéressent à



Croissance et propagation

Rayonnement et convection sont les modes de transferts dominants

Rayonnement donné par l'ETR (milieu gris, émettant, absorbant, non diffusant)

$$\frac{dI(\mathbf{x}, \vec{s})}{ds} = \kappa \frac{\sigma T^4}{\pi} - \kappa I(\mathbf{x}, \vec{s}) \quad \kappa = p_{H_2O} \hat{\kappa}_{H_2O} + p_{CO_2} \hat{\kappa}_{CO_2} + \kappa_{suie} \quad \kappa_{suie} = C f_v T$$

La moyenne de la divergence du flux radiatif

$$-\nabla \overline{\dot{q}''_{rad}} = \int_{4\pi} \overline{\kappa I} d\Omega - 4\sigma \overline{\kappa T^4}$$

Modèles ITR ? $4\sigma \overline{\kappa T^4} = \chi_{rad} \dot{q}'''_{comb}$

Etude des variations de κ_{suie} en fonction de λ



La recherche incendie en France - Quelques verrous

Les acteurs du GDR Feux s'intéressent à

A la circulation des fumées / Aux problématiques d'évacuation

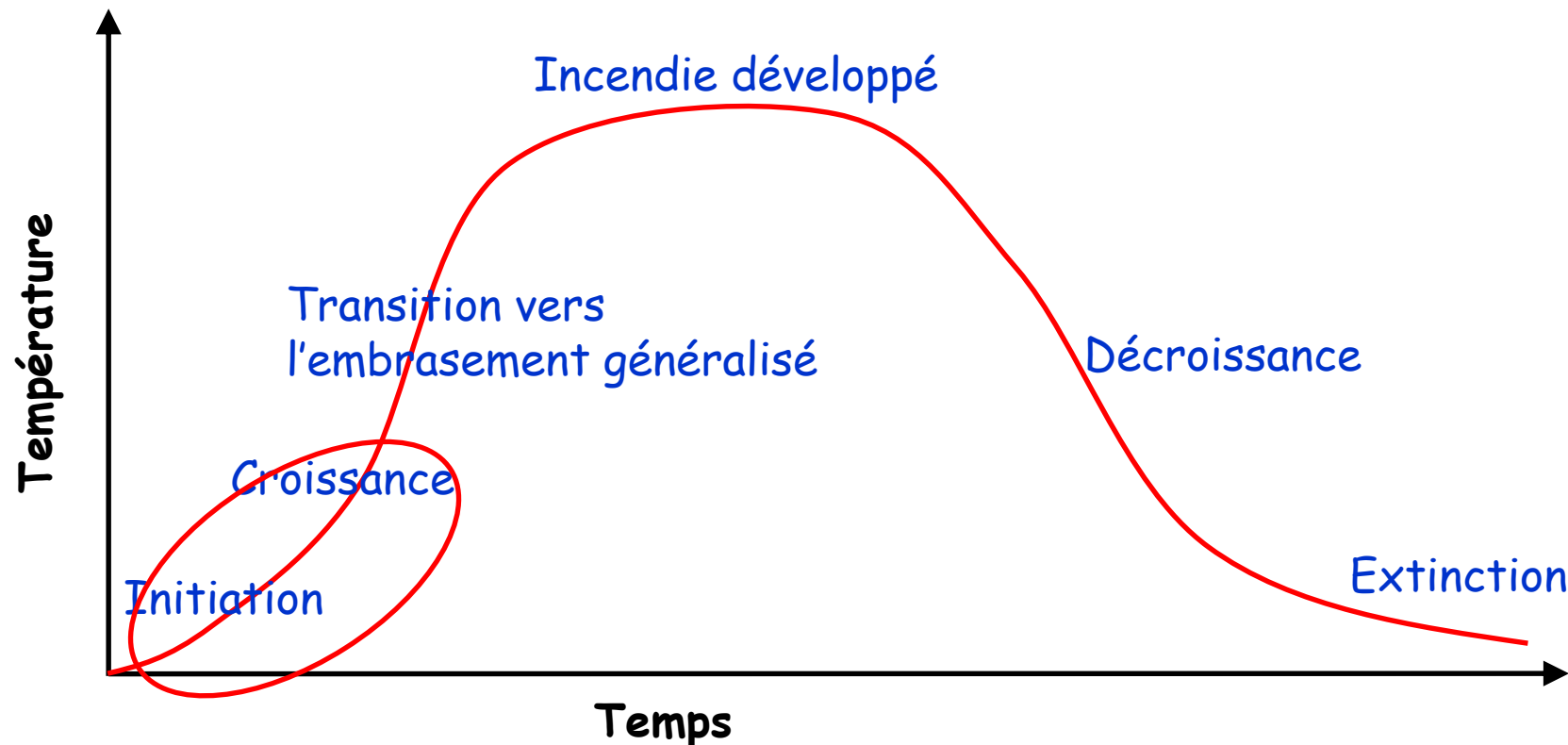


Illustration classique d'un incendie dans un local non limité par un manque d'oxygène

La recherche incendie en France - Quelques verrous

Les acteurs du GDR Feux s'intéressent à



Circulation des fumées

Problématiques :

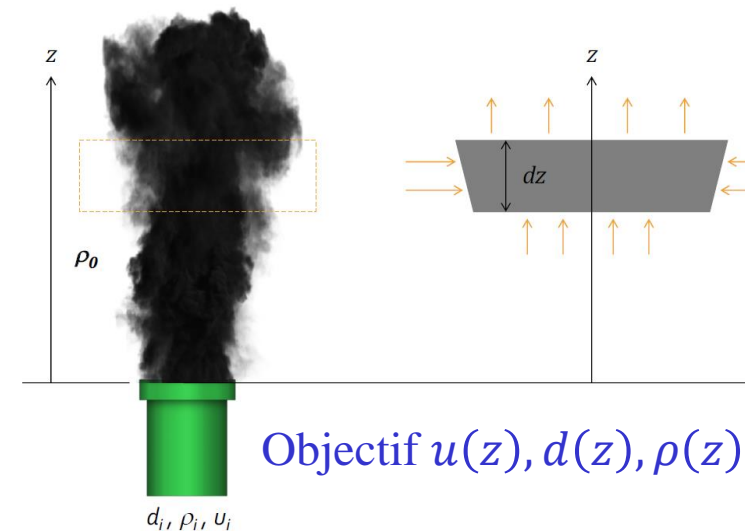
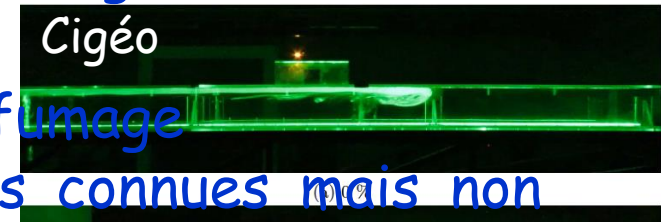
- Propagation et contrôle des fumées d'incendie dans les galeries
⇒ Solutions de contrôle, contraintes de confinement
- Ventilation naturelle/forcée dans le cadre du désenfumage
⇒ Apporter des bases théoriques sur des informations connues mais non encore quantifiées

Exemple : panaches pour cas général non Boussinesq

$$\text{Eqs de conservation} \Rightarrow \frac{d\Gamma(z)}{dz} = f(\Gamma(z))$$

$$\Gamma(z) = \frac{5}{16\alpha} \frac{\eta g \delta}{u^2} \quad \text{fonction de panache,}$$

$$\Rightarrow u(z), \delta(z), \eta(z) \text{ avec } \delta \text{ rayon modifié, } \eta = \Delta\rho/\rho$$



Objectif $u(z), d(z), \rho(z)$

Effet de la pente sur la propagation et le mélange

La recherche incendie en France - Quelques verrous

Les acteurs du GDR Feux s'intéressent à



Evacuation

Estimer les temps d'évacuation ($RSET < ASET$) pour des ensembles bâtimentaires



Approche macro ou approche micro (par agents type EVAC)

Approche macro

$$\begin{cases} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla}(\rho \vec{v}) = 0 \\ \vec{v} = V(\rho) \vec{U} \end{cases}$$

$$V(\rho) = V_0 - V_0 \exp\left(-1,913\left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_{max}}\right)\right)$$

Intègre la notion de probabilité \Rightarrow 1 simulation

Prise en compte des contraintes thermiques

$$\vec{U} \Rightarrow \vec{U}^*$$



Difficultés

Données expérimentales

Population avec des caractéristiques de déplacement particuliers

Populations avec différents objectifs

La recherche incendie en France - Quelques verrous

Les acteurs du GDR Feux s'intéressent à

La propagation à d'autres compartiments

La tenue des structures

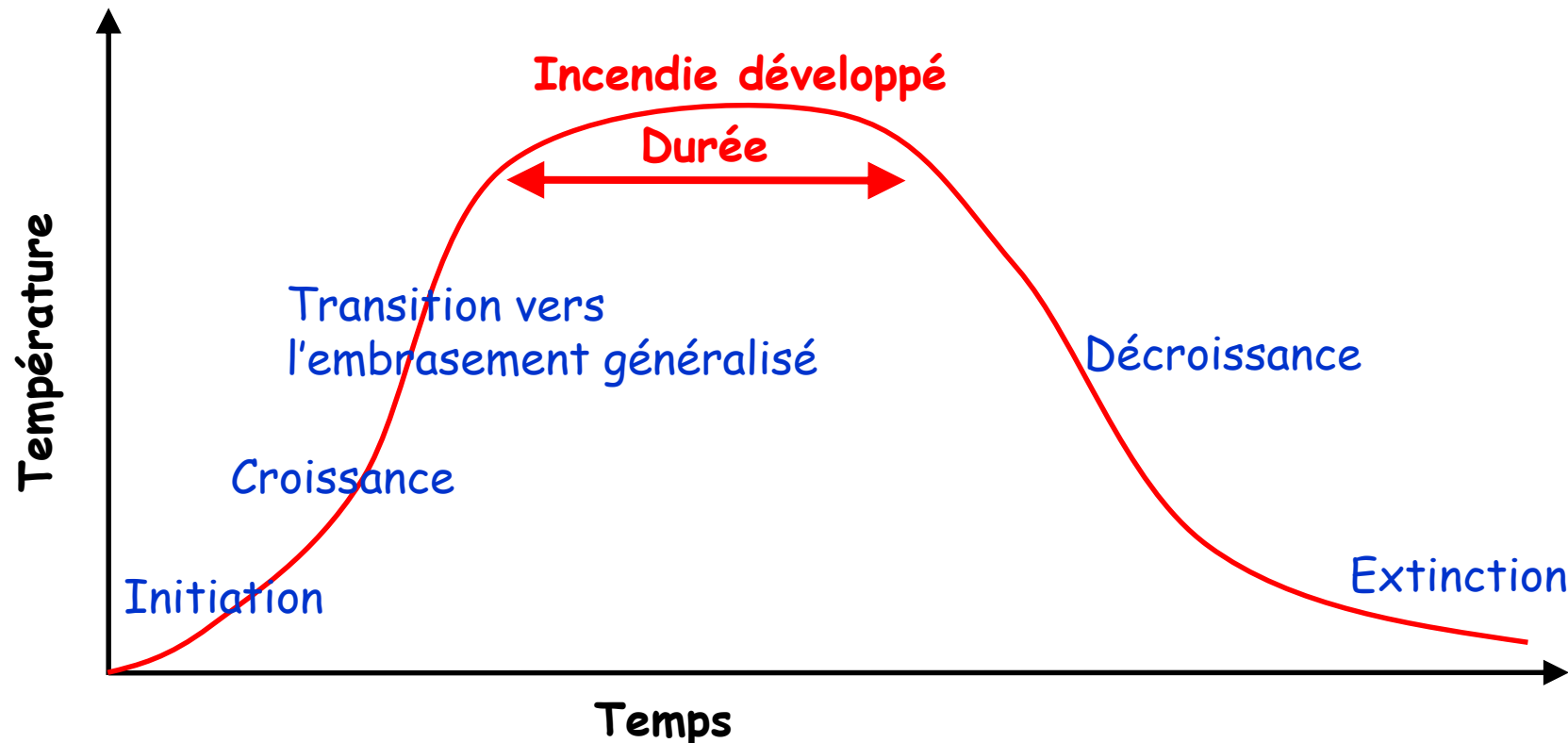
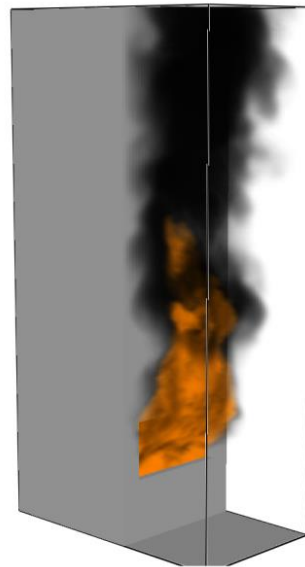


Illustration classique d'un incendie dans un local non limité par un manque d'oxygène

La recherche incendie en France - Quelques verrous

Les acteurs du GDR Feux s'intéressent à
Propagation à d'autres compartiments



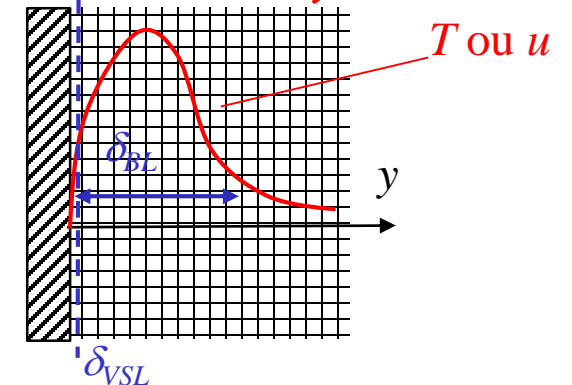
Essai LEPIR - Feu de façade
Interaction flamme paroi

Echanges convectifs

Wall resolved LES (modèle WALE)

$$\dot{q}''_{w,c}(x) = k \frac{(T_g - T_w)}{\delta y/2}$$

Calculé comme en
DNS



Wall modeled LES (loi de paroi pour u)

Zone log partiellement résolue (voir haute
résolution pour un nœud de vitesse en $y^+=30$)

$$\dot{q}''_{w,c}(x) = h(T_g - T_p)$$

$$h = \max\left(C|T_g - T_p|^{1/3}, \frac{k}{L}Nu\right) \text{ ou loi de paroi pour } h$$

La recherche incendie en France - Quelques verrous

Les acteurs du GDR Feux s'intéressent aux



Incendies de forêt

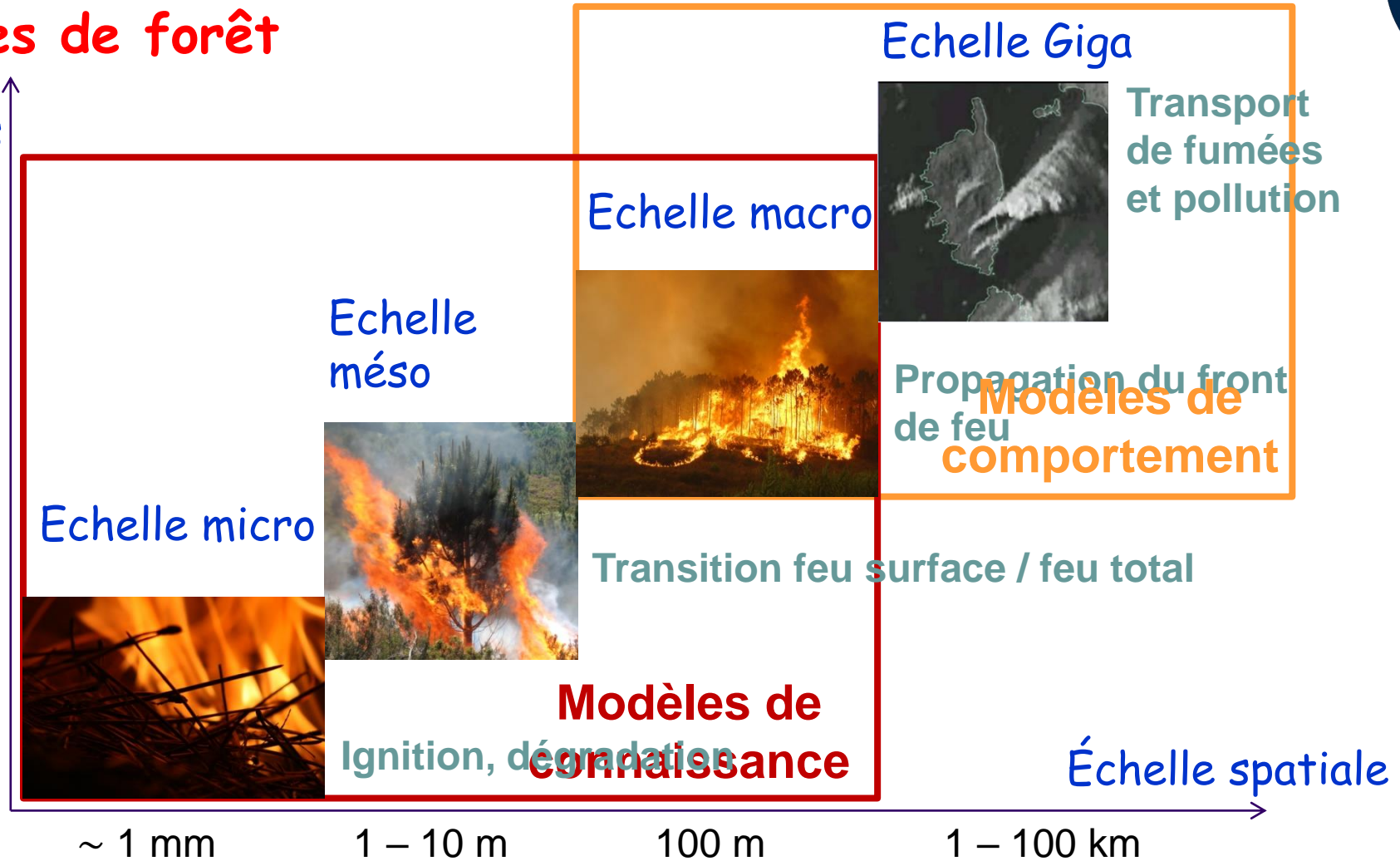
Echelle de temps ↑

Jours

Heures

Minutes

Secondes

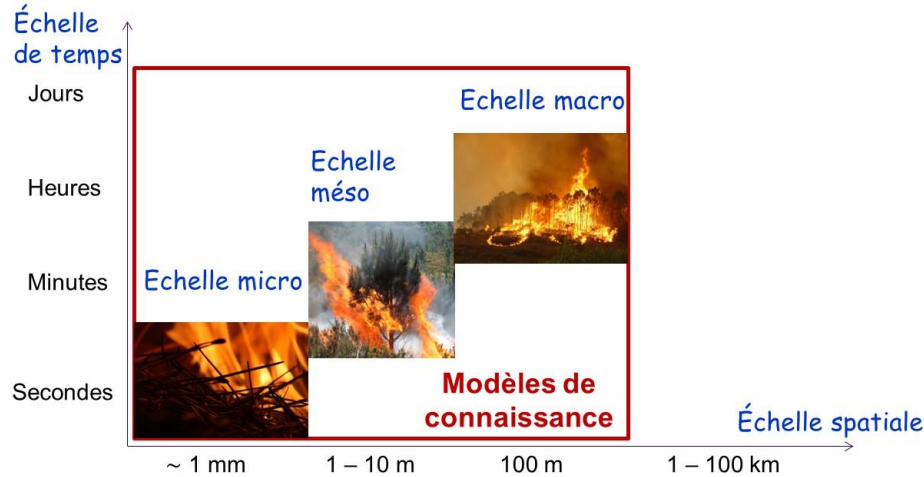


La recherche incendie en France - Quelques verrous

Les acteurs du GDR Feux s'intéressent aux



Incendies de forêt



Modèles de connaissance

Modèle CFD multiphasique et radiatif

Les équations comprennent des termes sources d'interaction phase solide/gaz.

$$\frac{d\alpha_g I}{ds} = \underbrace{\alpha_g \kappa \left(\frac{\sigma T^4}{\pi} - I \right)}_{\text{Gaz + suies}} + \underbrace{\sum_s \kappa_s \left(\frac{\sigma T_s^4}{\pi} - I \right)}_{\text{Phase solide}}$$

$$\kappa_s = \frac{\alpha_s \sigma_s}{4}$$

Coefficient d'absorption de la classe végétale s

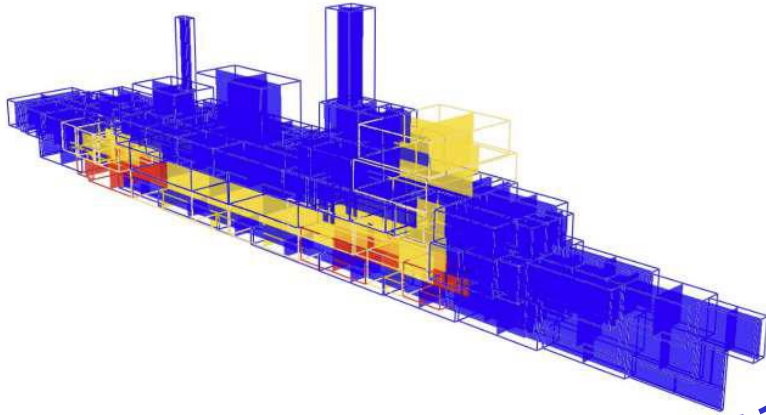
Beaucoup de sous-modèles qui restent à éprouver

La recherche incendie en France - Quelques verrous

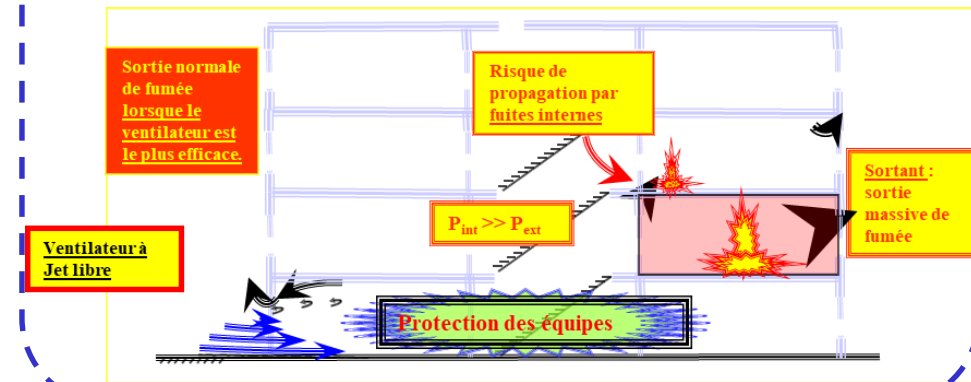
Les acteurs du GDR Feux s'intéressent également

cnrs
dépasser les frontières

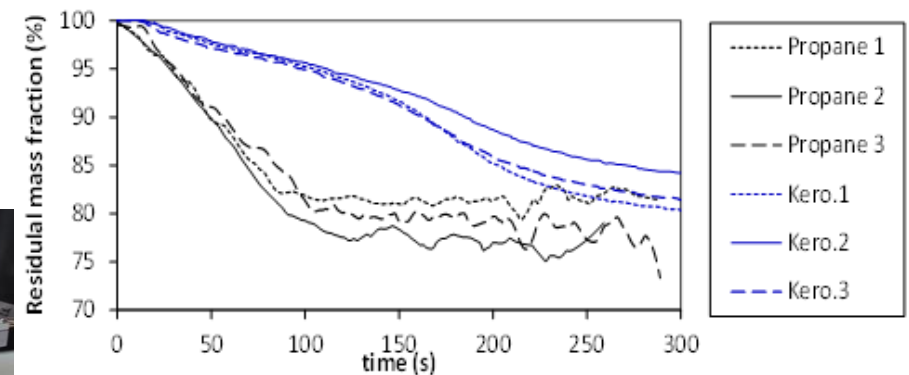
Propagation multi-compartmenté



Contrôle du mouvement des fumées



Résistance au feu des matériaux composites



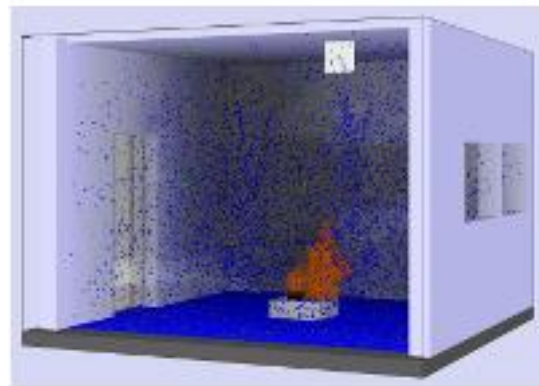
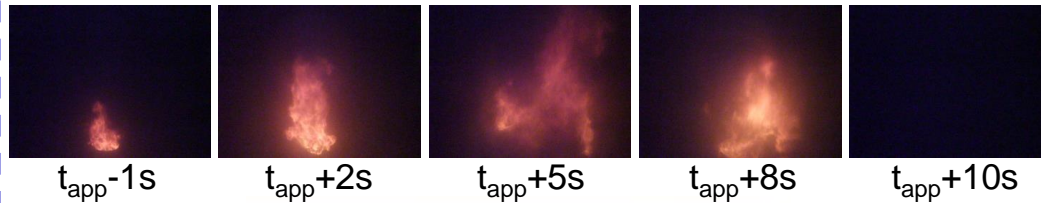
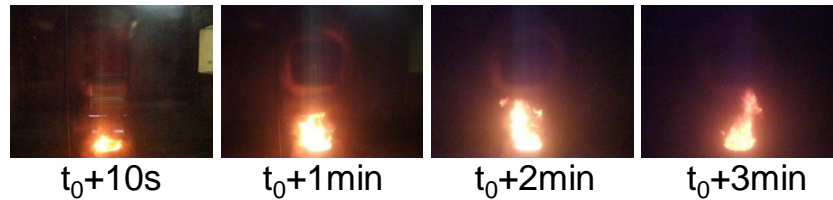
La recherche incendie en France - Quelques verrous

Les acteurs du GDR Feux s'intéressent également

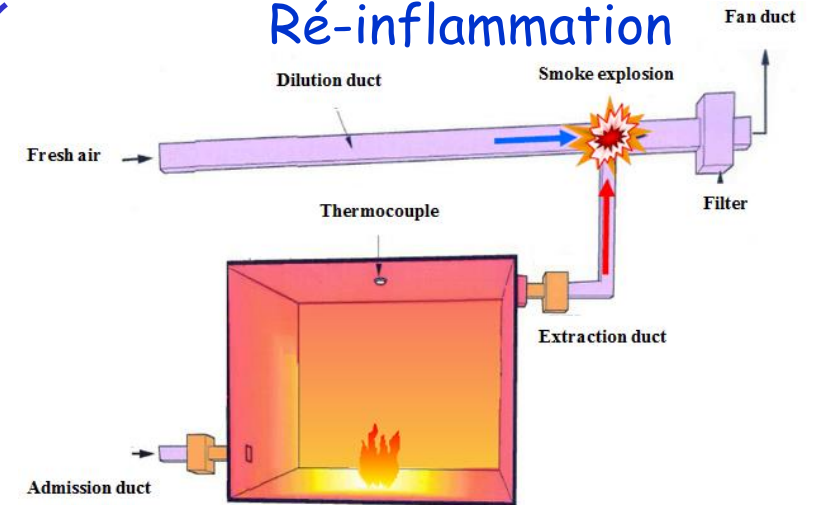


Extinction par brouillard d'eau

Test 18
t_{app} = 5 min



Ré-inflammation

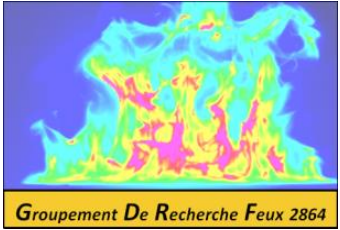


$$\text{EDC} \quad \dot{\omega}_i = -\frac{\rho}{\tau_{mix}} \min\left(Y_i, \frac{Y_{O_2}}{S}\right) \Gamma(Y_{O_2} - Y_{O_2,lim})$$

$$\text{HVAC} \quad \dot{V}_{fan} = \dot{V}_{max} \text{sign}(\Delta P_{max} - \Delta P) \sqrt{\frac{|\Delta P - \Delta P_{max}|}{\Delta P_{max}}}$$

$$K = \frac{2\Delta P_{nodes}}{\rho_a u_{duct}^2} \quad A_L = \frac{\dot{V}_{leak}}{\text{sign}(\Delta P) \sqrt{2|\Delta P|/\rho_\infty}}$$

La recherche incendie en France - Quelques verrous



Merci pour votre attention