

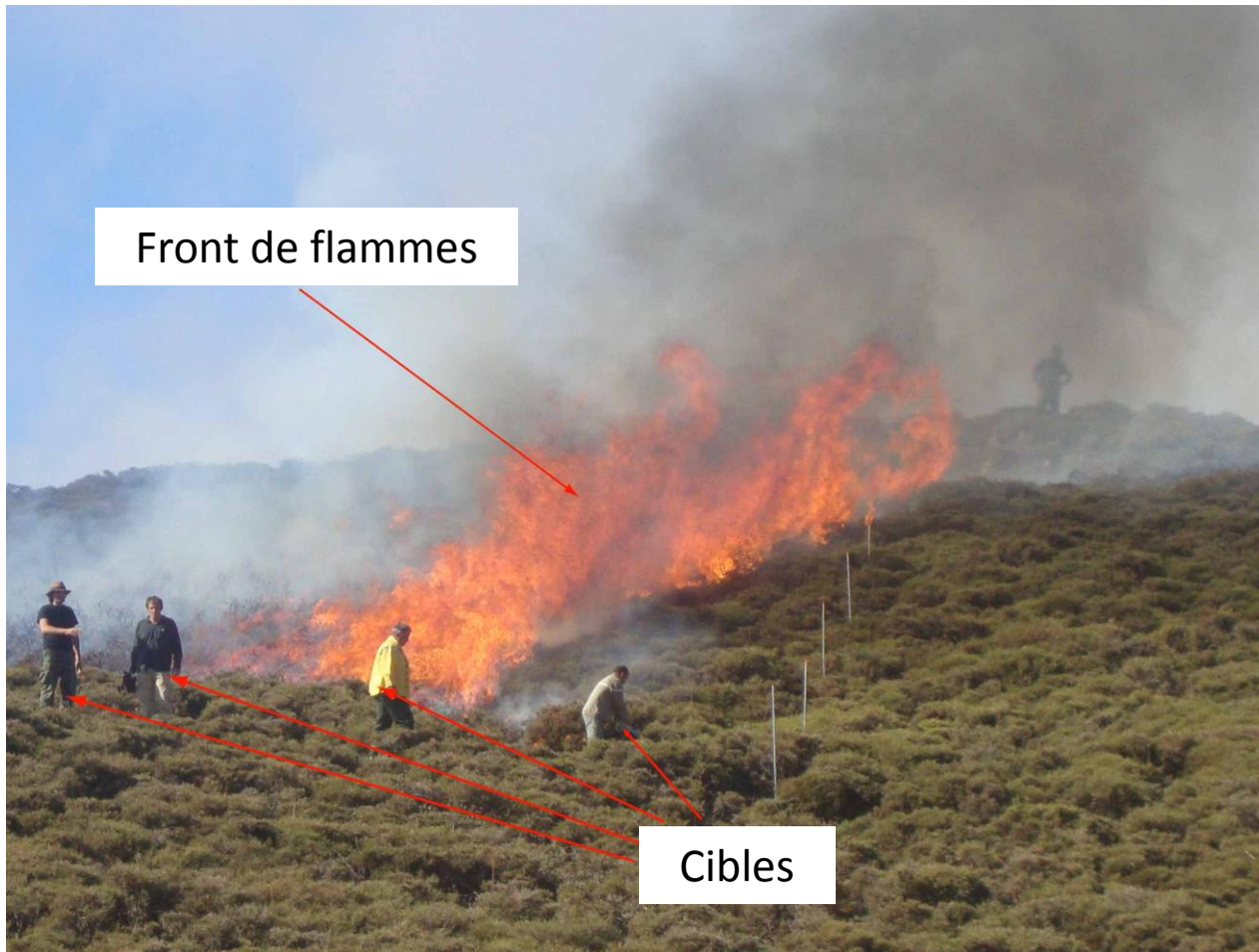
Modèle analytique basé sur la quantité de chaleur rayonnée afin de déterminer les distances de sécurité dans les feux de forêts

Basiliu Moretti¹, Jean-Louis Rossi¹, Albert Simeoni² and Valérie Leroy-Cancellieri¹

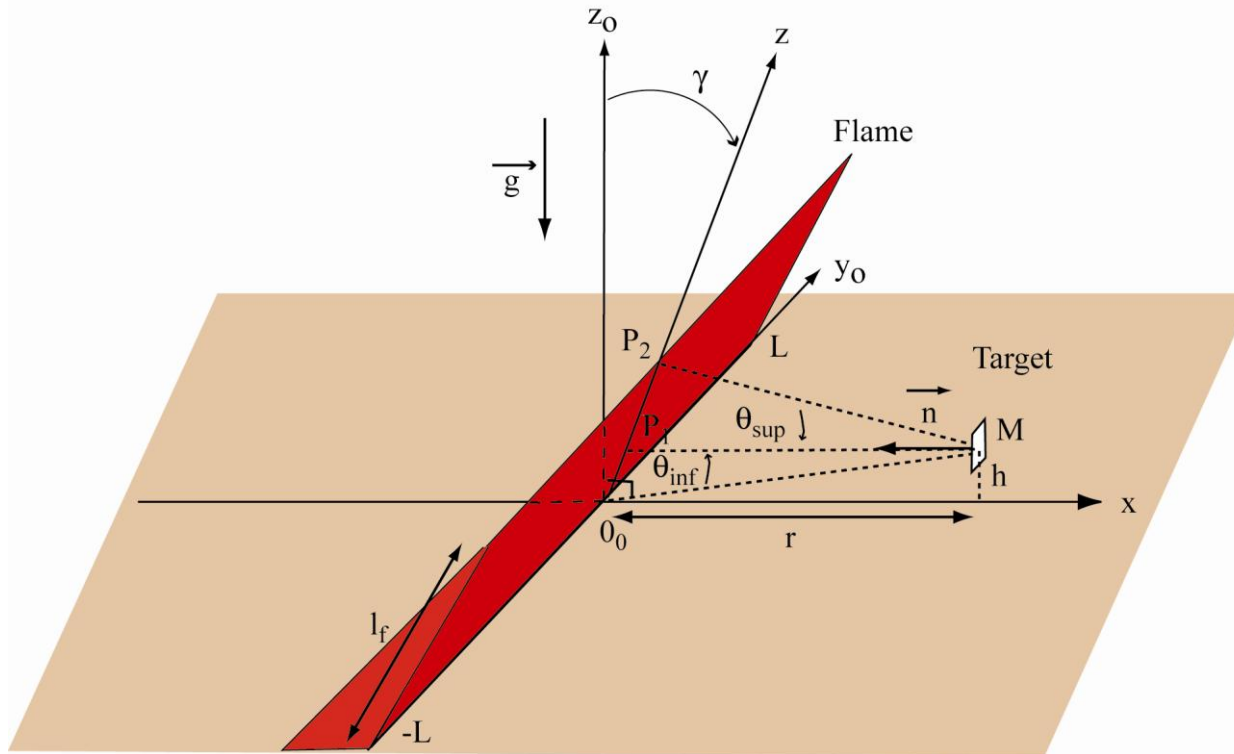
¹ *UMR CNRS SPE 6134 - Université de Corse*

² *Department of Fire Protection Engineering Worcester Polytechnic Institute, USA*

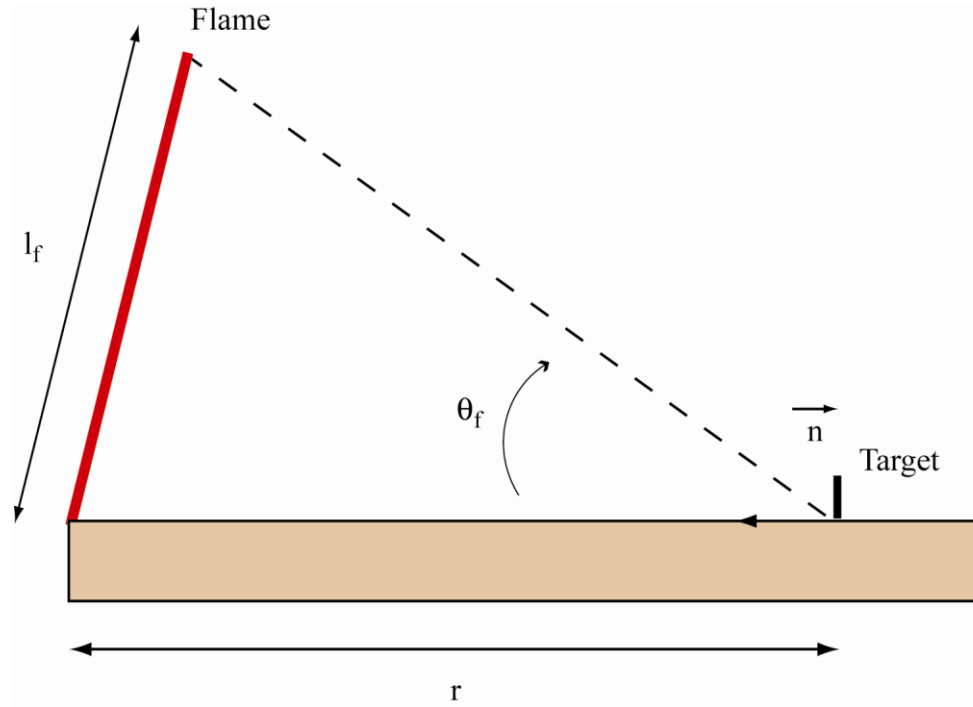
Estimation du flux



Modèle de flux simplifié



Facteur de forme



$$F_{f \rightarrow M}(r, \theta_f) = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{2L \arctan \left(\frac{2 r \cos y \sin \theta_f \sqrt{L^2 + (r \cos y)^2}}{L^2 \cos(2\gamma - \theta_f) + (L^2 + (r \cos y)^2) \cos \theta_f} \right) \cos y}{\sqrt{L^2 + (r \cos y)^2}} - 2 \arctan \left(\frac{L \cos(2\gamma - \theta_f)}{r \cos y} \right) \sin \theta_f \right) \quad (1)$$

Flux de chaleur

$$\Phi^{th}(M) = \tau \varepsilon B T_f^4 \left(F_{f \rightarrow M}(r_{inf}, \theta_{inf}) + F_{f \rightarrow M}(r_{sup}, \theta_{sup}) \right) \quad (2)$$

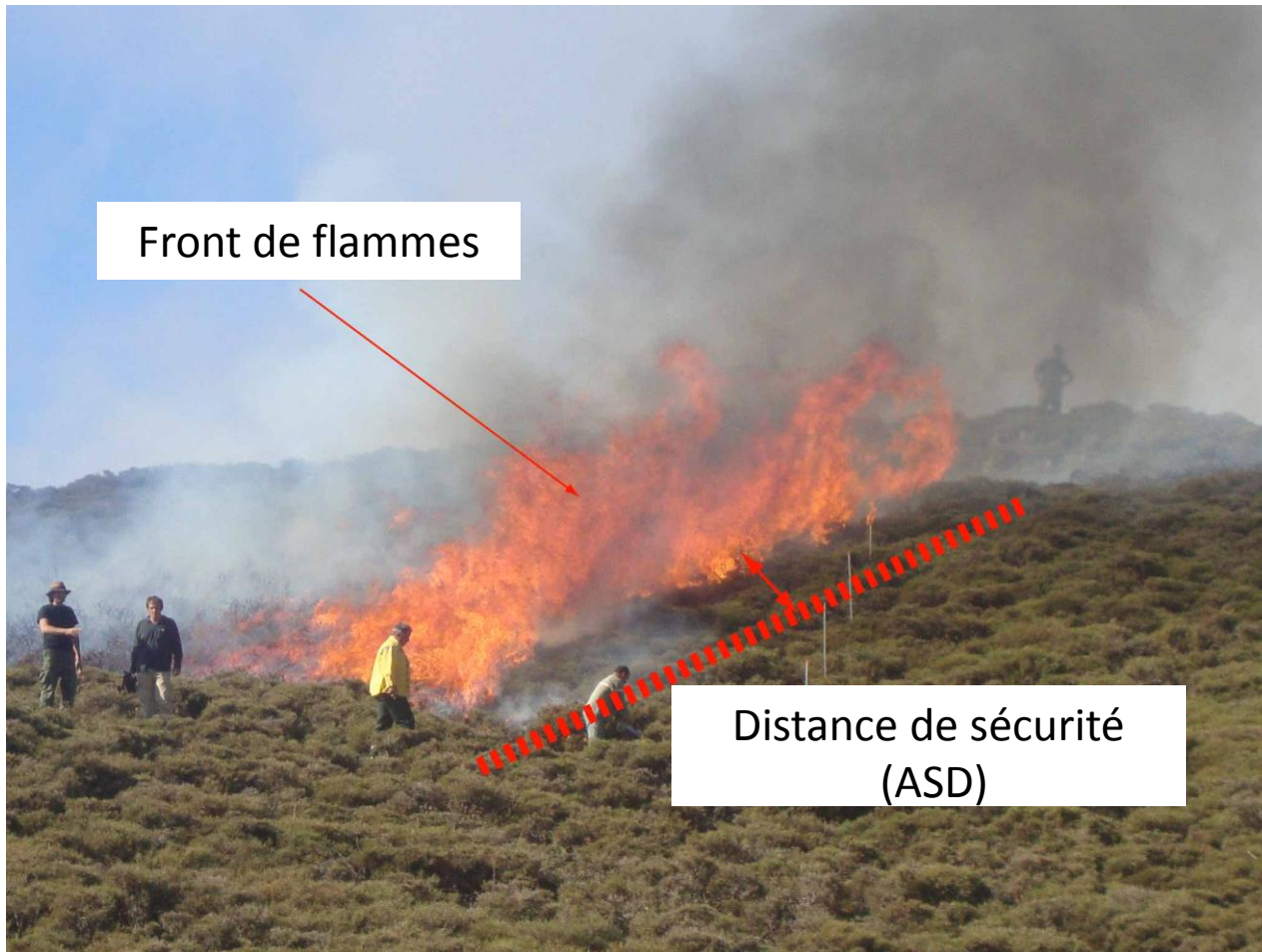
$$\theta_{inf} = \arctan \left(\frac{h}{r_{inf} - h \tan \gamma} \right)$$

$$\theta_{sup} = \arctan \left(\frac{h}{r_{sup} - (l_f - h) \tan \gamma} \right)$$

$$r_{inf} = r$$

$$r_{sup} = r - h \tan \gamma$$

Distance de sécurité

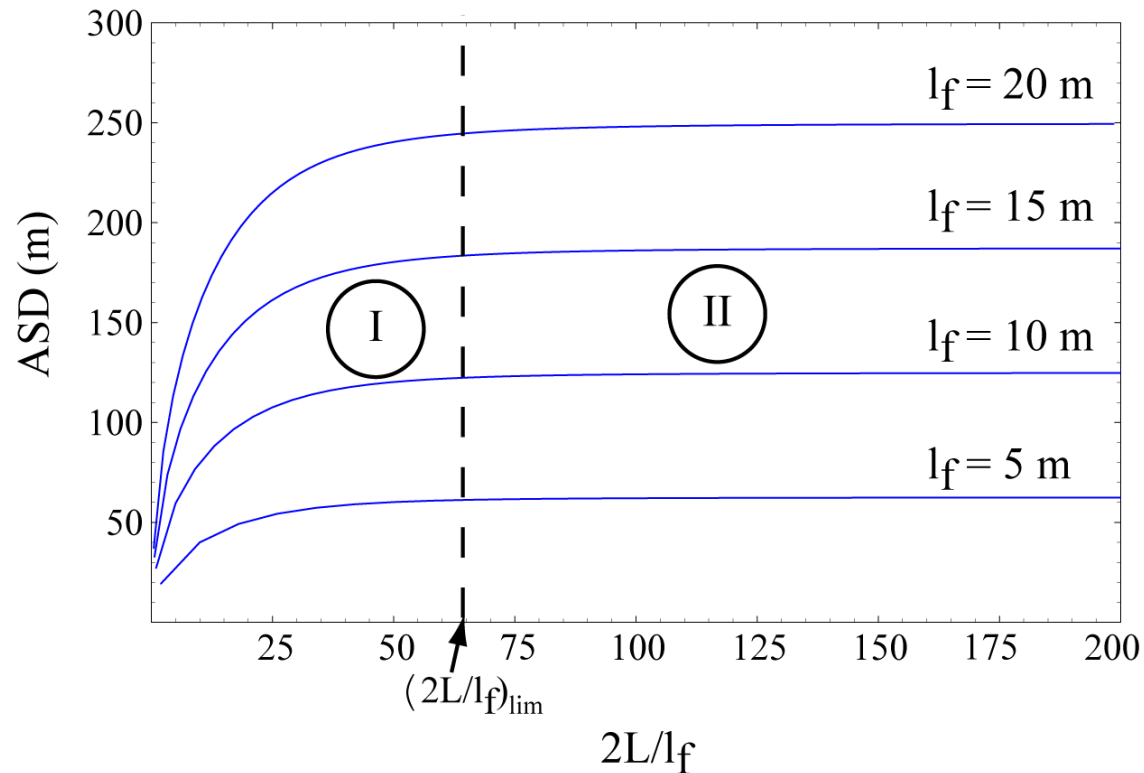


Détermination numérique des distances de sécurité

$$\Phi^{th}(M) = \Phi_{thres} \quad (3)$$

Détermination numérique des distances de sécurité

Les distances de sécurité en fonction du ratio (Largeur/Longueur de flamme) pour un front vertical ($\gamma = 0$, $T_f = 1200$ K, $\tau = 1$ and $\varepsilon = 1$) et pour 4 longueurs de flamme différentes ($l_f = 5$ m, 10 m, 15 m and 20 m). La valeur seuil est de 4.7 kW.m⁻²



Expression analytique pour les grand feux

$$F_{f \rightarrow M}^{WI}(r, \theta_f) = \frac{1}{2} \sin \theta_f \quad (4)$$

où

$$\theta_f = \arctan \left(\frac{l_f \cos \gamma}{r - l_f \sin \gamma} \right)$$

$$\frac{\tau \varepsilon B T_f^4}{2} \sin \left(\arctan \left(\frac{l_f \cos \gamma}{ASD^{WI} - l_f \sin \gamma} \right) \right) = \Phi_{thres} \quad (5)$$

$$(ASD^{WI})^2 - 2 l_f \sin \gamma ASD^{WI} + \frac{1}{4 \Phi_{thres}^2} \left(4 \Phi_{thres}^2 l_f^2 - (B l_f T^4 \varepsilon \tau \cos \gamma)^2 \right) = 0 \quad (6)$$

Expression analytique pour les grand feux

$$ASD_1^{WI} = \frac{l_f \Phi_{thres} \cos \gamma \sqrt{-4l_f \Phi_{thres} + (BT_f^4 \varepsilon \tau)^2}}{2\Phi_{thres}} + l_f \sin \gamma \quad (7a)$$

$$ASD_2^{WI} = \frac{-l_f \Phi_{thres} \cos \gamma \sqrt{-4l_f \Phi_{thres} + (BT_f^4 \varepsilon \tau)^2}}{2\Phi_{thres}} + l_f \sin \gamma \quad (7b)$$

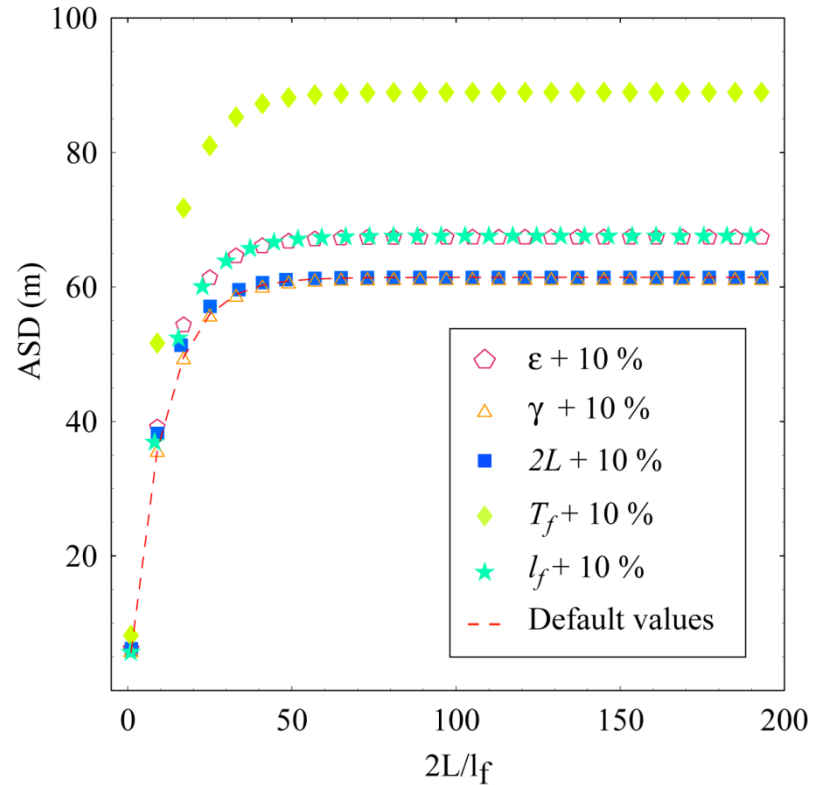
$$ASD_1^{WI} > 0 \text{ and } ASD_2^{WI} < 0$$

Expression analytique pour les grand feux réel

$$ASD = ASD_1^{WI} \left(1 - \exp \left(-k_{thres} \frac{2L}{l_f} \right) \right) \quad (8)$$

Analyse de sensibilité

Analyse de sensibilité (valeurs par défaut:
 $T_f = 1200\text{ K}$, $\varepsilon = 0.5$, $g = 20^\circ$, $l_f = 10\text{ m}$).
La valeur seuil est fixée à 4.7 kW.m^{-2}

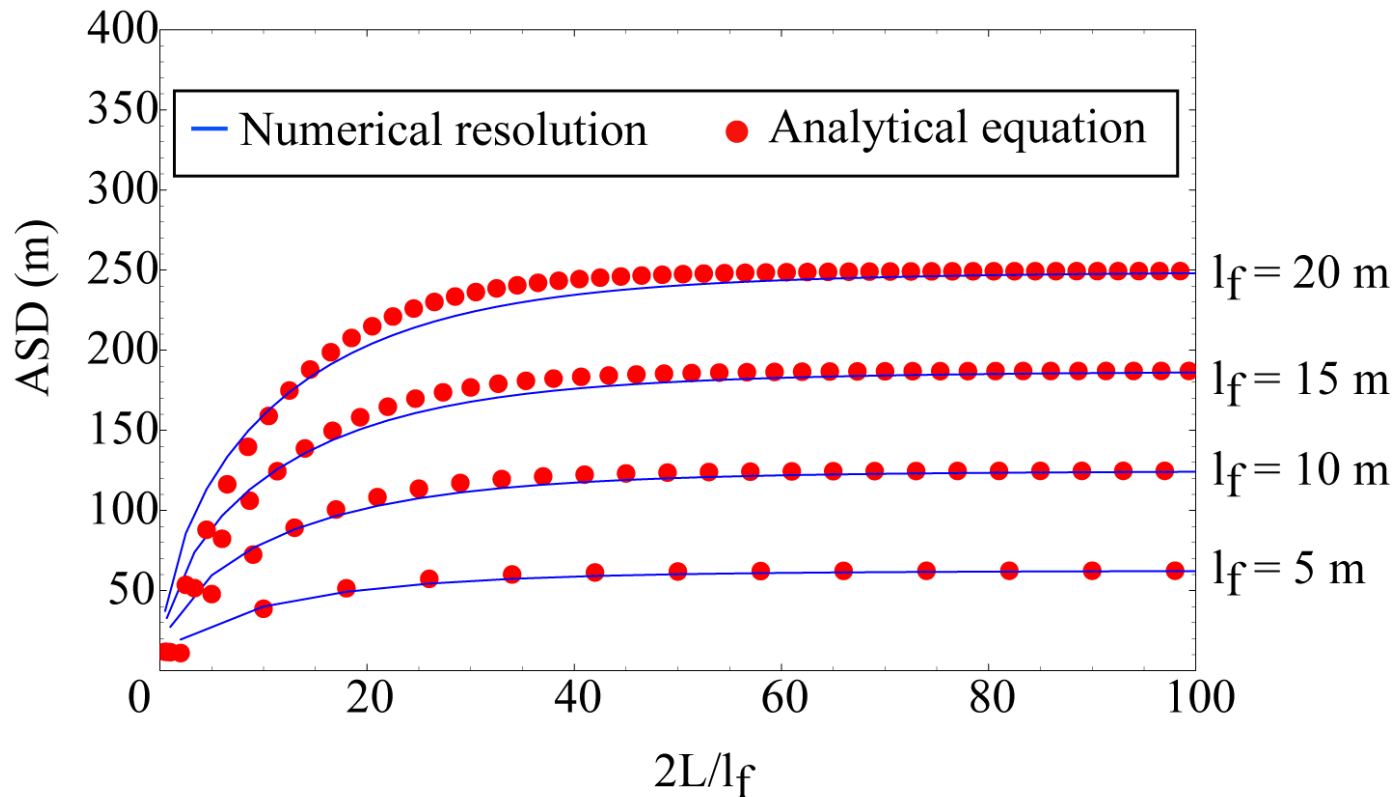


Résultats de l'analyse de sensibilité

La valeur seuil est fixée à 4.7 kW.m^{-2}

Paramètre	Valeur par défaut	Valeur (+10%)	Valeur (-10%)	Moyenne(ASD- $ASD_{+10\%}$) (m)	Moyenne(ASD- $ASD_{-10\%}$) (m)
T_f (K)	1200	1320	1080	- 25.66	19.23
ε	0.5	0.55	0.45	- 5.54	5.56
l_f (m)	10	11	9	- 5.38	5.45
L (m)	5 - 1000	5.5 - 1100	4.5 - 900	- 0.29	0.35
γ (°)	20	22	18	0.42	- 0.35

Comparaison entre les résultats numériques et les résultats analytiques



Validation du modèle avec une approche numérique en l'absence de vent ($\gamma = 0$). Les distances de sécurité admissibles sont fonction du ratio Largeur/Longueur de flamme).
La valeur seuil est de 4.7 kW.m^{-2}

Comparaison avec deux autres modèles

Comparaison entre le modèle analytique et deux autres modèles dans deux configurations de feux différentes en l'absence de vent : (a) 20 m de large and 5 m de haut et (b) 20 m de large et 15 m de haut
La valeur seuil est de 7 kW.m⁻²

<i>Modèle</i>	<i>ASD (m)</i> Scenario (a)	<i>ASD (m)</i> Scenario (b)
<i>Analytique</i>	26.9	47.1
<i>Butler and Cohen</i>	20	60
<i>Zarate et al.</i>	26.9	47.8

Détermination d'un nouveau critère

$$\frac{1}{ASD} (ASD - ASD_1^{WT}) = AP \quad (9)$$

Détermination du $(2L/l_f)_{lim}$ pour 4 hauteurs de flammes : 5, 10, 15 et 20 m and précision différentes (AP = 2, 5 and 10 %).
La valeur seuil est de 4.7 kW.m^{-2}

$l_f(m)$	$(2L/l_f)_{lim}$	$(2L/l_f)_{lim}$	$(2L/l_f)_{lim}$
	avec AP = 2 %	avec AP = 5%	avec AP = 10%
5	62	44	32
10	63	44	31
15	63.3	43.3	30.7
20	63.5	43.5	31

Détermination du paramètre k_{thres} pour quatre valeurs seuil

Détermination du paramètre k_{thres}
Pour 4 valeur seuil de flux: 5, 7, 12 et 37.5 kW.m⁻²

Valeur seuil de flux (kW/m ²)	Critère	k_{thres}
5	Maximum tolérable pour une personne	0.16
7	Maximum tolérable pour un pompier	0.19
12	Inflammation du bois	0.27
37.5	Mort instantanée	1.21

Conclusion

- Expression analytique des distances de sécurité
- Hypothèse de la flamme solide
- Détermination des paramètres importants

