

Mise en évidence d'une longueur caractéristique d'allumage d'une flamme

Y. BAARA, K.KHELLOUFI, M.AMMARI, O.HARROUZ, N. ZEKRI (LEPM » -USTO-)

INTRODUCTION

Dans ce travail, le flux radiatif d'une flamme cylindrique est déterminé par la méthode Monte Carlo et son effet sur la végétation examiné. Le temps d'inflammation est calculé en fonction de la distance à la flamme. Sa forme exponentielle permet de déduire la longueur caractéristique d'impact de la flamme sur son environnement. Cette longueur caractéristique induit une transition de phase de type percolation lorsque le système devient hétérogène.

DESCRIPTION DU MODELE

On va utiliser le facteur de forme calculé par la méthode de Monte Carlo pour déterminer la température en chaque point de l'espace. Le modèle que nous présentons ici est celui de KOO et al. [01] initialement développé par PAGNI et PETERSON [02]. C'est un modèle unidimensionnel où la végétation est assimilée à une couche combustible homogène poreuse. La température à la surface et à l'intérieur de la couche combustible ne dépend que de la distance à la flamme.

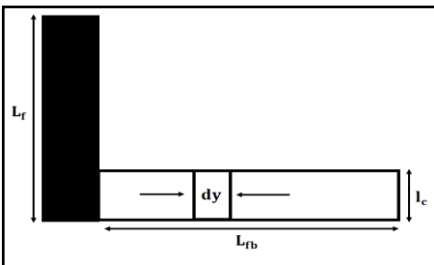


Schéma de la flamme : modélisation physique de la flamme

Soit un élément de volume $dy \times l_c \times 1$ de la couche combustible situé à une distance y de la flamme. Cet élément reçoit de la chaleur de la flamme par rayonnement aussi bien à la surface que comme à l'intérieur de la couche combustible. La conduction est négligée, de sorte que le bilan thermique peut s'écrire :

$$qT = qsr + qrl$$

qT est l'énergie totale reçue par l'élément de volume. En recevant cette énergie, l'élément de volume monte en température. A 373K°; cette énergie sert à évaporer l'eau libre contenue dans le combustible. Au-delà de 373K; l'énergie qT est à la base de l'augmentation de la température du combustible jusqu'à la température d'inflammation. Ce qui nous donne en termes d'équation:

$$qT = \begin{cases} \rho_c C_{pc} \varnothing \frac{dT}{dt}, \text{ pour } T \neq 373 \text{ K} \\ -\rho_c h_{vap} \varnothing \frac{dW}{dt}, \text{ pour } T = 373 \text{ K} \end{cases}$$

Où ρ_c et C_{pc} sont respectivement la masse volumique et la chaleur spécifique du combustible. \varnothing est la fraction volumique de la phase solide (éléments fins de la végétation) et W est sa teneur en eau. h_{vap} est la chaleur latente d'évaporation de l'eau.

L'énergie qsr ; reçue par rayonnement à la surface par l'élément de volume de la couche combustible, est donnée par :

$$qsr = \frac{a_{fb} \sigma \epsilon_f T_f^4}{l_c} F$$

Où a_{fb} est le coefficient d'absorption de la couche combustible. ϵ_f est l'émissivité de la flamme. σ est la constante de Stephan Boltzmann. F est le facteur de forme.

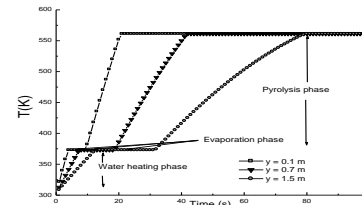
La perte de chaleur dans l'air ambiant par rayonnement du combustible qui est soumis à l'influence de la flamme est donnée par :

$$qrl = -\frac{\sigma \epsilon_c (T_y^4 - T_{amb}^4)}{l_c}$$

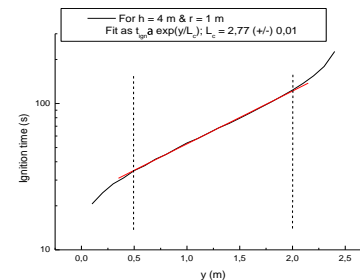
Où ϵ_c est l'émissivité de la couche combustible.

RESULTATS

On prend un cylindre droit Pour $h=4$ m et $r=1$ m :
On trace le temps d'inflammation en fonction de y :



Température en fonction de y



Temps d'inflammation en fonction de y.

Pour apprécier l'impact de la flamme sur son voisinage, nous avons "suivi" l'évolution au cours du temps d'un volume élémentaire du lit de combustible au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la flamme.

Comme nous le montre la figure 03 le temps d'inflammation augmente et il y a 3 comportements. Mais ce qui nous intéresse c'est le comportement exponentiel dans l'intervalle $y \in [0,5, 2,0]$. physiquement cette variation signifie que $t_{ig} \propto \exp(y/L_c)$. L_c est la longueur caractéristique au-delà de laquelle la flamme ne peut jamais allumer une végétation (et ça explique pourquoi le soleil ne nous enflamme pas).

CONCLUSION

Nous avons montré l'existence d'une longueur caractéristique d'allumage d'une flamme, en utilisant un modèle physique simple de transfert de chaleur (Koo et Pagni)[01]: rayonnement convection, conduction.

Cette longueur justifie la forme d'un feu (circulaire en l'absence de vent ou de pente) et elliptique en présence du vent ou de la pente (Observation de Drouet)

Longueur à la base du modèle Petit Monde adapté par Pr N.Zekri et al. [03] à la propagation du feu (modèle validé par des feux méditerranéens et de savane).

PERSPECTIVE

Détermination de cette longueur caractéristique en fonction des paramètres de la flamme (hauteur et rayon) et de la végétation (humidité).

REFERENCES

- [01] Koo, E., Pagni, P.J., Woycheese, J., Stephens, S., Weise, D., and Hurde, J., "A Simple Physical Model for Forest Fire Spread Rate," Proc. Fire Safety Sci 8 : 851-862.
- [02] Pagni, P.J., and Peterson, T.G. (1973), "Flame Spread through Porous Fuels," Proceedings of Fourteenth International Symposium on Combustion, The combustion Institute, Pitts., pp. 1099-1107.
- [03] N. Zekri, B. Porterie, J.P. Clerc, and J.C. Loraud, Phys.Rev.E 71, 046121 (2005).