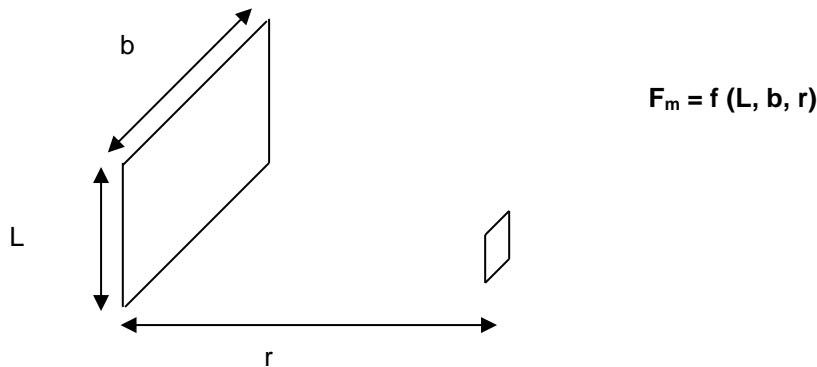


# MODELISATION DES EFFETS THERMIQUES

## EXTRAIT GTDLI

- **Facteur de vue plan vertical :**

Dans la littérature, il n'existe qu'une seule corrélation permettant de calculer le facteur de vue plan. Cette corrélation est fonction des dimensions du « mur » de flamme, ainsi que de la distance entre la cible et la flamme. Elle est présentée dans les rapports [1], [2] et [6].



**Figure 1**

Cette corrélation correspond à la configuration d'un vent nul.

$$X=L/r \quad Y=b/r$$

$$F_v = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \operatorname{Arctg} \left( \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} \right) + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \operatorname{Arctg} \left( \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right) \right]$$

$$X=L/b \quad Y=r/b$$

$$A = \frac{1}{\sqrt{X^2 + Y^2}}$$

$$F_h = \frac{1}{2\pi} \left( \operatorname{Arctg} \frac{1}{Y} - A \cdot Y \cdot \operatorname{Arctg} A \right)$$

- **Données météo :**

- Humidité relative de l'air : 70 %
- Température 15° C
- Vitesse de vent : 5 m/s
- Masse volumique de l'air : 1,161 kg/m<sup>3</sup>

- **Données Produits :**

De manière conservatrice, les distances d'effets pour tous les hydrocarbures liquides (gazole, FOD,...) sont calculées en considérant la combustion d'essence dont le débit de combustion est pris égal à 0,055 kg/m<sup>2</sup>.s. Le débit de combustion est pris égal à 0,025 kg/m<sup>2</sup>.s pour l'éthanol, et 0,03 kg/m<sup>2</sup>.s pour l'éthanol sous bois.

- **Corrélations du modèle :**

• Diamètre équivalent :

Pour un feu de nappe circulaire :

$$Deq = \text{Diamètre de la nappe en feu}$$

Pour un feu de forme rectangulaire :

$$Deq = 4 S / P \text{ si la Longueur} < 2,5 \times \text{largeur}$$

$$Deq = \text{largeur si la Longueur} > 2,5 \times \text{largeur}$$

Pour un feu de nappe de forme quelconque :

$$Deq = 4 S / P$$

avec :

S et P correspondant respectivement à la surface brute (surface avec bacs) et au périmètre de la cuvette en feu,

Longueur et largeur correspondant respectivement à la Longueur et largeur de la surface en feu

• Hauteur de flamme :

**Formule de Thomas avec un vent de 5 m/s :**

$$L = 19,18 \times m^{0,74} Deq^{0,735}$$

avec  $m = 0,055 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$  (valeur retenue pour les hydrocarbures liquides)

• Angle d'inclinaison de la flamme

**Corrélation de Welker and Sliepcewich :**

$$\frac{\tan \xi}{\cos \xi} = 3,3 \times (Fr)^{0,8} \times (Re)^{0,07} \times \left( \frac{\rho_v}{\rho_{air}} \right)^{-0,6}$$

avec :

Fr: Nombre de Froude

$$Fr = \frac{u_w^2}{Deq \times g}$$

Re: Nombre de Reynolds

$$Re = \frac{Deq \times u_w \times \rho_{air}}{\mu_{air}}$$

$\rho_v$  : Masse spécifique du produit en phase vapeur, à sa température d'ébullition (2.56 kg/m<sup>3</sup> pour essence)

$\rho_{air}$  : Masse volumique de l'air : 1,161 kg/m<sup>3</sup>

$\mu_{air}$  : viscosité dynamique de l'air ambiant (1.9 x 10<sup>-5</sup> (kg.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>))

• Pouvoir émissif :

**Corrélation de Mudan and Croce :**

$$Emoy = 120e^{-0.12D} + 20 \text{ pour les hydrocarbures}$$

$$Emoy = 37,5e^{-0.15D} + 31 \text{ pour les alcools.}$$

• Coefficient d'atténuation atmosphérique :

**Corrélation de Bagster :**

$$\Gamma(r) = 2,02 \times (HR \times TVAP(H_2O) \times r)^{-0,09}$$

TVAP(H<sub>2</sub>O)=1665 Pa à 15°C

HR= 70 %

## EXTRAIT FAQ – FLUMILOG

Pour répondre à une problématique récurrente de présence de liquides inflammables au sein de cellules de stockage, un nouveau module a été ajouté à la méthode Flumilog.

Elle permet désormais de calculer des incendies de cellules contenant ce type de produits, assimilés soit à des hydrocarbures, soit à des alcools.

Toutefois, pour ces combustibles la procédure de calcul diffère de celle utilisée pour les combustibles solides, les hypothèses considérées pour les combustibles solides résultant d'interprétations d'essais feux réels. En effet, la mise en place de cette fonctionnalité de calcul répond à un besoin spécifique : celui de réaliser des sommes de flux thermiques provenant de cellules de combustibles solides et de flux thermiques provenant de cellules de combustibles liquides. Ces derniers flux sont obtenus selon les hypothèses de la feuille de calcul du GTDLi annexée à la Circulaire DPPR/SEI2/AL- 06- 357 du 31/01/07 relative aux études de dangers des dépôts de liquides inflammables.

Dans la présente méthode et dans le cadre d'hypothèses pénalisantes, les liquides inflammables sont supposés brûler à pleine puissance sur une surface donnée pendant une durée forfaitaire dépendant du cas de propagation étudié, et selon certaines hypothèses de vitesse de combustion, de hauteur de flamme et d'émission de flamme explicitées dans cette note. L'intérêt de cette nouvelle fonctionnalité est de réaliser les sommes de flux au cours de calculs "hybrides" mêlant combustibles liquides et solides de façon automatique et homogène suivant les utilisateurs.

### 1.1 CALCUL DES CARACTERISTIQUES DU COMBUSTIBLE

#### 1.1.1 SURFACE DE COMBUSTIBLE

Pour les liquides inflammables, de manière similaire aux combustibles solides, la méthode Flumilog demande d'entrer la configuration de stockage (longueur de stockage, déports, dimension de racks ou d'ilots etc.). Cependant, il est important de noter que, contrairement aux feux de solides, les combustibles liquides sont supposés occuper toute la surface de la cellule au cours du calcul de sorte à obtenir un feu de nappe généralisé à l'ensemble de la surface la cellule. Ainsi, quelle que soit la configuration géométrique de stockage entrée par l'utilisateur, la nappe est supposée occuper toute la surface au sol de la cellule. Les dimensions d'ilot, de racks ou de palettes n'ont aucune influence sur les résultats. Il est à remarquer que, lorsque la longueur de la cellule est supérieure à 2,5 fois la largeur de celle-ci, alors le diamètre équivalent est pris égal à la largeur de la cellule. Toutes les grandeurs physiques présentées sont constantes dans le temps.

#### 1.1.2 VITESSE DE COMBUSTION DES COMBUSTIBLES

De manière homogène à la feuille de calcul du GTDLi, la vitesse de combustion des combustibles liquides est forfaitairement égale à 55 g/m<sup>2</sup>/s pour les hydrocarbures et 25 g/m<sup>2</sup>/s pour les alcools.

Conformément aux hypothèses de la feuille de calcul du GTDLi, aucune limitation de hauteur n'est appliquée pour les liquides inflammables.

### 1.2.2 EMISSION DE FLAMME

L'émission de flamme est calculée à l'aide de la corrélation de Mudan et Croce et s'exprime en kW/m<sup>2</sup> :

$$E_{mcy} = 120e^{-0.12D} + 20 \text{ pour les hydrocarbures,}$$

$$E_{mcy} = 37,5e^{-0.15D} + 31 \text{ pour les alcools.}$$

Elle est limitée en valeur inférieure à 30 kW/m<sup>2</sup>.

L'émission est ensuite considérée comme homogène sur toute la hauteur de la flamme.

### 1.3 CALCUL DE LA PUISSANCE DE L'INCENDIE

La puissance de l'incendie est obtenue par la formule :

$$P = \dot{m} \Delta H_c S_{flamme}$$

où  $\Delta H_c$  est la chaleur de combustion prise égale à 40 MJ/kg pour les hydrocarbures et 27,8 MJ/kg pour l'éthanol, et  $S_{flamme}$  la surface de flammes égale à la surface au sol de la zone considérée en feu.

### 1.4 DUREE D'INCENDIE

Lorsque la cellule de combustibles liquides est la cellule de départ de feu dans un scénario de propagation d'incendie, alors la durée de feu est forfaitairement égale à une valeur légèrement inférieure à 240 minutes. Ainsi un mur de degré REI240 restera en place durant l'incendie d'une telle cellule.

En revanche, la durée d'incendie est forfaitairement égale à une valeur légèrement inférieure à 120 minutes dans le cas d'une cellule seule, d'un stockage extérieur ou d'une cellule n'étant pas celle du départ de feu dans le cas d'un calcul de propagation d'incendie. Ainsi, un mur de degré REI120 restera en place durant l'incendie d'une telle cellule. Il est important de noter que, dans ce cas, la durée d'incendie peut s'avérer minimisée dans la méthode Flumilog par rapport à la réalité.

## 1.2 CALCUL DES CARACTERISTIQUES DE FLAMME

### 1.2.1 HAUTEUR DE FLAMME

La longueur de flamme est obtenue à l'aide de la corrélation de Thomas avec prise en compte du vent selon la formule suivante :

$$L_{jto} = 55 D \left( \frac{\dot{m}''}{\rho_{air} \sqrt{gD}} \right)^{0.87} \approx U^{-0.21}$$

avec

$$U^* = \frac{u_w}{U_c},$$

$u_w$  étant la vitesse du vent,

et

$$U_c = \left( \frac{g \dot{m}'' D}{\rho_{air}} \right)^{1/5}$$

Conformément au GTDLi, la valeur de la vitesse du vent est fixée à 5 m/s. L'angle d'inclinaison de la flamme est également donné par la relation empirique de Thomas :

La corrélation permettant de déterminer l'angle d'inclinaison  $\Theta$  de la flamme est la corrélation de Welker and Sliepcevich, présentée ci-dessous :

$$\frac{\tan \Theta}{\cos \Theta} = 3,3 \times (Fr)^{0,8} \times (Re)^{0,17} \times \left( \frac{\rho_v}{\rho_{air}} \right)^{-1,5},$$

avec  $\rho_v$  la masse volumique du produit en phase vapeur à sa température d'ébullition,  $Fr$  le nombre de Froude :

$$Fr = \frac{u_w^2}{D \times g},$$

$Re$  le nombre de Reynolds :

$$Re = \frac{D \times u_w \times \rho_{air}}{\mu_{air}},$$

$\mu_{air}$  la viscosité dynamique de l'air.

Finalement, la hauteur  $H_{fbo}$  de flamme est obtenue d'après la relation :

$$H_{fbo} = L_{jto} \cos \Theta$$