

Application offensive de brouillard d'eau tridimensionnel

Par Paul GRIMWOOD – Traduction et calculs complémentaires par Franck GAVIOT-BLANC (franck.gaviot-blanc@flashover.fr) et Pierre-Louis LAMBALLAIS (pl.lamballais@flashover.fr)

Traduction de l'article 3D OFFENSIVE WATER FOG APPLICATIONS (Article d'origine : www.firetactics.com/3DCALCULATION.htm)

Ndt : ce document n'est pas une simple traduction. Les explications ont été améliorées, et des exemples de calculs ont été ajoutés, ceci dans le but de faciliter la compréhension.

Pour obtenir des résultats efficaces le "cône de brouillard" et les angles d'application sont aussi des aspects importants de la pratique du jet à "impulsion".

Par exemple, un cône de brouillard de 60° appliqué avec un angle de 45° par rapport au sol dans une pièce moyenne (volume d'environ 50 m³), projettera un volume d'environ 16 m³ de gouttelettes d'eau. Des pulsations d'une seconde à 100 l/mn sortant de la lance, placeront donc approximativement à chaque fois 1,6 litres d'eau dans le cône de dispersion (100 litres par minutes = 100/ 60 = 1,6 litre par seconde).

Pour expliquer cela, considérons une "unité" d'air chaud à 538°C, occupant un volume de 1 mètre cube, pesant 0,44 kg. C'est « unité » qui nous servira de base pour nos calculs. La température est approximativement celle obtenue dans un feu de compartiment typique, en situation pré-flashover.

Vérification numérique : Calcul de la masse d'un mètre cube d'air à 538°C

Loi des gaz parfait : $PV = nRT$ avec $n = m / M$

P est la pression en Pascal

V est le volume en m³

n est le nombre de mole de gaz

R est la constante des gaz parfaits avec les unités du système internationale

T est la température du gaz en Kelvin

m est la masse de gaz en Kg

M est la masse molaire du gaz en Kg

$$PV = (m/M) RT$$

$$m = (MPV) / (RT)$$

Application numérique :

$$m = (0,029 \times 101325 \times 1) / (8,31 \times (273,15 + 538))$$

$$m = 0,436 \text{ Kg soit } 0,44 \text{ Kg}$$

Volume de vapeur issu de l'évaporation

Cette "unité", d'air chaud est capable d'évaporer 0,1 Kg, ou 0.1 litre d'eau liquide (soit 1/16^{ème} du volume d'eau contenu dans le cône), en vapeur, cette vapeur occupant alors 0,37 m³

Vérification numérique : Calcul de la quantité de vapeur produite par 0.1 litre d'eau à 538°C

Loi des gaz parfait : $PV = nRT$ avec $n = m / M$

$$PV = (m/M) RT$$

$$V = (m/M) * RT / P$$

Application numérique :

$$V = (0.1 * 0.018) * 8.31 * 811 / 101325$$
$$V = 0,369 \text{ m}^3, \text{ arrondi à } 0,37\text{m}^3$$

Volume du cône de brouillard

Lors de son application, le "cône de brouillard" à 60°, occupera un espace de 16 "unités" d'air à 538° C . On pourra donc y placer 1,6 kg, où 1,6 litre d'eau (16 m³ x 0,1 kg), qui pourra être évaporée. C'est la quantité exacte qui est déchargée dans le cône pendant une seule impulsion d'une seconde à 100l/minute. Cette quantité d'eau est évaporée dans les gaz avant qu'elle atteigne les murs et le plafond, maximisant l'effet de refroidissement du ciel gazeux. Si l'eau traverse les gaz, cela crée des quantités indésirables de vapeur quand l'eau atteindra les surfaces chaudes du compartiment.

Contraction des gaz

Maintenant, par le recours aux calculs de la loi de Charles, nous pouvons observer comment les gaz ont été efficacement refroidis, entraînant leur contraction. Chaque volume "unité", dans le cône à maintenant été refroidie à environ 100° C et occupe désormais un volume de seulement 0,46 m³.

Vérification numérique : volume corrigé de vapeur

$$V_{100} / T_{100} = V_{538} / T_{538}$$

$$\text{d'où on obtient } V_{100} = V_{538} \times T_{100} / T_{538}$$

Application numérique :

$$V_{100} = 1 \times (100 + 273,15) / (538 + 273,15)$$
$$V_{100} = 0,46 \text{ m}^3$$

Variation du volume

Ceci cause une réduction du volume total traité (donc dans les limites du cône de dispersion), de 16m³ à 7,36 m³

$$\text{volume initial de 16 unités} = 16 \times 1 \text{ m}^3 = 16\text{m}^3$$

$$16 \text{ unités « contractées » donc } 16 \times 0,46 = 7,36 \text{ m}^3$$

Cependant, cette baisse de température a été réalisée par la transformation de l'eau liquide en eau « vapeur ». Il faut donc compter avec le volume de vapeur qui vient d'être généré.

Chaque refroidissement d'une « unité » génère 0,37m³ de vapeur d'eau, nous obtenons donc ici 16 x 0,37 = 5,92 m³ de vapeur, dans la zone traitée.

Le volume global du local se décompose comme suit :

34m³ non traités

16 m³ traités donc

$$34 + 16 = 50 \text{ m}^3$$

Après refroidissement, le volume de 34m³ non traités reste évidemment inchangé, mais le volume de 16m³ a été contracté pour descendre à 7,36 + 5,92 = 13,28 m³

Le volume global du local est donc désormais de :

$$34 + 13,28 = 47,28\text{m}^3$$

Avec une seule impulsion de brouillard, nous avons créée une pression négative dans le compartiment en ramenant le volume global de 50 m³ à 47,28 m³! L'apport d'air éventuel qui a pu avoir lieu autour du jet sera minimal (environ 0,9 m³) et la dépression sera maintenue.

Le volume de la pièce est de 50 m^3 . Le volume de dispersion à la lance avec un angle de 60° est de 16 m^3 . $50/16 = 3.125$. il faudrait théoriquement appliquer 3.125 fois le volume contenu dans le cône de dispersion pour refroidir idéalement l'ensemble de la pièce soit les 50 m^3 .

Commentaire des traducteurs :

Il va de soit que ce calcul est simpliste et très théorique, toutefois il faut retenir :

- 1- Que la température d'une pièce de 50 m^3 proche du Flashover peut être contrôlé par quelques impulsions d'une seconde dans le ciel gazeux soit avec moins de 10 litres correctement projetés.*
- 2- Que cette technique permet, si elle est correctement employée, une contraction des gaz chauds ce qui permet une meilleur visibilité tout en ne modifiant pas l'aéraulique de la pièce. Les secours pourront donc travailler dans de bonnes conditions de température dans la zone de survie ceci en prenant en compte les éventuelles victimes qui pourraient ce trouver dans la pièce sinistrée et qui ne portent pas de vêtements de protection ...*

Franck GAVIOT-BLANC / Pierre-Louis LAMBALLAIS