

LA FORMULE IOWA-GRIMWOOD

Débit ou consommation d'eau pour les feux en espace clos

Par John D WISEMAN, Jr

Traduction Pierre-Louis LAMBALLAIS / pl.lamballais@flashover.fr

Vocabulaire (ajout du traducteur)

Cet article utilisant abondamment les unités de mesure, il m'a semblé utile de placer ici un petit récapitulatif de ces unités.

- Le gallon (symbole: gal) est une unité de volume utilisée pour mesurer les liquides. Il en existe deux types :
- Le gallon impérial (symbole gal GB) utilisé dans le système d'unité impérial vaut 160 onces liquides soit 4,54609 litres.
- Le gallon américain (symbole gal US) utilisé dans le système d'unité américain vaut 128 onces liquides soit 3,78541 litres.
- Pour information, il semble que nos collègues Canadien doivent jongler avec les deux types de Gallons...
- Le pied (en anglais : foot (singulier), feet (pluriel) - symbole: ft. C'est une unité de longueur du système d'unités de nombreux pays anglo-saxons dont, notamment, les Etats-Unis, où il est le système officiel, ainsi qu'au Royaume-Uni, bien que ces derniers adoptèrent le système métrique décimal en 1995. 1 ft = 0,3048 m
- Le British Thermal Unit (Btu, BTU). Unité d'énergie anglo-saxonne qui est définie par la quantité de chaleur nécessaire pour élever une livre anglaise d'eau de 63° à 64° Fahrenheit. Il est souvent utilisé pour décrire la quantité de chaleur pouvant être dégagée. 1 Btu équivaut environ à 252.0 calories 1 055 joules

Présentation

Un des points les plus notables dans l'étude des lances à jet diffusé, qui a été réalisée dans les 50 dernières années, c'est la convergence des résultats, qui aboutissent à la même conclusion.

Les conclusions des auteurs établissent sans aucun doute possible que les lances à jet diffusé peuvent être utilisées efficacement et en toute sécurité, pour combattre les feux de locaux, aussi bien que les autres types d'incendies.

Un des point les plus intéressants de ces études, concerne le fait que deux formules de calcul du débit nécessaire, réalisées dans deux pays différents, à 36 ans d'intervalle, s'avèrent en fait être la même formule.

Une des ces deux formules utilise le système de mesure anglo-saxon, tandis que l'autre utilise le système métrique, ce qui masque cette similitude.

Le passage de l'utilisation des lances à jet bâton, à l'usage de lances à jet diffusé, s'est produit aux USA suite à un discours du Chef Lloyd Layman du Parkersburg W V Fire Department, lors de la Fire Department Instructor's Conference (FDIC) qui s'est tenu à Memphis, TN, USA, en 1950.

Le Chef Layman a conduit les premières recherches sur l'usage de ce type de lance, dans le cadre de l'école des gardes côtes Coast Guard Fire School, Ft. McHenry, Baltimore, MD, USA, durant la seconde guerre mondiale.

La formule Iowa

La première formule a été mise au point par deux personnes, Keith Royer Directeur et Bill Nelson (Instructeur en Chef), à l'institut des services incendie de l'Université de l'état de l'Iowa, à Ames, dans l'Iowa. C'est la raison pour laquelle on parle de la formule « Iowa ».

Ils portèrent leur attention sur une question de base : combien faut-il d'eau pour contrôler un feu avec une lance à jet diffusé ? Ils répondirent à cette question par la création de la formule suivante :

$$\text{Gal} = \text{Vol} \times 200$$

Dans cette formule, Gal représente le volume de l'eau en Gallons, Vol représente le volume de la pièce en pieds cube, tandis que 200 représente une constante, issue de deux faits scientifiques :

Le premier élément, c'est qu'un gallon d'eau liquide, se change en vapeur à 212°F, avec un rapport de volume de 1 pour 1700. Ceci signifie qu'un pied cube d'eau liquide va générer 1700 pieds cubes de vapeur. Sachant qu'un pied cube d'eau, contient 7,48 Gallons, un Gallon d'eau va produire :

$$1.700 / 7,48 = 227$$

Donc 227 pieds cubes de vapeurs. Ainsi, un gallon d'eau convertie en vapeur, peut remplir un espace confiné de 227 pieds cubes. Cette valeur de 227 est arrondie à 200, pour prendre en compte la déperdition lors de la conversion de l'eau en vapeur, dans les conditions actuelles de lutte contre le feu (conservation de 90% environ).

Le second élément, c'est qu'un pied cube d'oxygène pur, combiné avec un combustible ordinaire, produit 538 BTU de chaleur. Sachant que l'air contient 21% d'oxygène, et que la production de flamme s'arrête dès que ce pourcentage descend sous la barre des 15% , nous en déduisons l'opération suivante :

$$21\% - 14\% = 7\%.$$

Ce n'est donc que cette portion d'oxygène, en l'occurrence 7%, qui participe à la production des flammes. En multipliant ces 7% par le nombre de BTU produit par un pied cube d'oxygène, nous obtenons :

$$538 \times 0.07 = 37 \text{ btu}$$

Ce qui nous donne le nombre de BTU produit par un pied cube d'air. Le nombre de BTU produits par 200 pieds cubes d'air est donc de :

$$37 \times 200 = 7.400 \text{ btu}$$

Phase d'élévation de température : pour faire passer un gallon d'eau de 62°F à 212°F, il faut 1250 BTU (un gallon pèse 8,34 livres -> $8,34 \times (212-62) = 1250$).

Phase de changement d'état : pour vaporiser un gallon d'eau à 212°F (donc passage eau liquide vers eau vapeur), il faut 8090 BTU ($8.34 \times 970.3 = 8.090$).

Donc, si nous appliquons gallon d'eau à 62°F sur un feu, nous aurons une absorption de :

$$1250+8090 = 9340 \text{ BTU}$$

Puisque $7400 < 9340$, la conclusion est qu'un gallon d'eau peut absorber toute la chaleur produite par 200 pieds cube d'air. Noter la marge de sécurité, qui est de près de 2000 BTU !

Il est remarquable que les deux faits scientifique convergent tous les deux vers cette valeur constante de 200. Ceci procure une bonne base et une bonne validation pour la formule de volume de l'Iowa.

Conversion de la formule Iowa en système métrique

Pour réaliser la conversion de la formule utilisant le gallon, en version métrique, nous devons commencer par utiliser le litre. Le litre, comme le gallon, est une unité de mesure. Un gallon équivaut à 3,785 litres. Sachant que le volume des structures est habituellement exprimé en mètres cubes, nous devons transformer les litres en mètre cubes, ce qui est facilité par le système métrique.

Un litre équivaut à 1 décimètre cube, donc à 1 millième de mètres cubes. Donc :

$$1000L = 1m^3$$

Le rapport d'expansion de l'eau en vapeur reste évidemment le même (1 pour 1700), ceci étant indépendant de l'unité de mesure utilisée.

Donc 1 litres d'eau engendre 1700 litres de vapeurs.

$$L = V / 1.700$$

Dans cette formule, L et V sont exprimés en litres. Pour changer cette valeur V en mètres cubes, il est nécessaire de diviser le numérateur et le dénominateur de la fraction, par 1000.

Nous obtenons donc :

$$L = (V/1000) / (1700/1000)$$

V / 1000 devant alors être renommé comme étant « Vol », le volume en mètres cubes.

Nous avons alors :

$$L = \text{Vol} / 1,7$$

Sachant que la formule IOWA estime à 90% le taux de conversion réel de l'eau en vapeur, nous devons faire la même chose pour notre formule en système métrique pour obtenir :

$$L = \text{Vol} / 1,5$$

Nous obtenons ainsi la formule IOWA, mais en système métrique.

La formule Grimwood

Paul Grimwood a réalisé de nombreuses recherches sur les débits utilisés par divers services d'incendie européens, dans le cadre de la lutte contre le feu. Dans son ouvrage « Fog Attack », il a résumé son travail, en estimant le débit à 0,5 litre par minute pour un mètre cube comme étant le débit utilisé habituellement dans la lutte contre les feux de structure.

Dans un article récent, il a présenté une formule qui donne le débit minimum :

$$\text{Lpm} = A \times 2$$

Dans cette équation, Lpm est le débit, et A est la surface au sol de la pièce, exprimée en mètres carrés.

Cette formule diffère de la formule IOWA (en gallons), par deux aspects.

En premier, c'est une formule relative au débit et non pas au volume d'eau nécessaire. Ensuite, cette formule prend en compte la surface au sol et pas le volume du local.

Ce que nous allons faire, c'est convertir la formule IOWA-Gallon, en une formule utilisant le débit. Les formules prenant en compte un débit, doivent utiliser une composante « temps ».

RoF = Rate of Flow donc Débit pour une minute

$$\text{RoF} \times t = \text{Gal (ou L)}$$

Une formule relative au débit, qui serait exprimée sans facteur de temps, ne serait donc valide que pour une durée d'une minute.

$$\text{Donc } \text{RoF} \times 1 = \text{Gal (ou L)}$$

Par exemple un RoF de 100 Lpm équivaut à 100L, mais seulement pour une minute. Pour toutes les autres durées, la formule est fautive (non identique). Appliquer cette transformation à la formule IOWA-Gallon, nous donne :

$$\text{Lpm} \times t = \text{Vol} / 1,5$$

En réalisant la même opération sur la formule Grimwood, nous obtenons le résultat suivant :

$$\text{Lpm} \times t = A \times 2$$

Il reste un changement à faire. La formule Grimwood doit être modifiée pour traiter l'information en terme de volume. Nous réalisons ceci en multipliant la surface au sol par la hauteur de plafond, pour une hauteur de 2,5m (8ft) et aussi pour 3m (10ft). Bien sur, si nous multiplions le numérateur, nous devons aussi multiplier le dénominateur.

$$\begin{aligned}\text{Lpm} \times t \times 3 &= 3 \times A \times 2 \\ \text{Lpm} \times t \times 2,5 &= 2,5 \times A \times 2\end{aligned}$$

Comme $3 \times A$ donne le volume de la pièce (ou $2,5 \times A$), nous pouvons changer la notation pour qu'elle devienne :

$$\begin{aligned}\text{Lpm} \times t &= (\text{Vol.} \times 2) / 3 \\ \text{Lpm} \times t &= (\text{Vol.} \times 2) / 2,5\end{aligned}$$

Notre dernier changement va consister à simplifier le numérateur de chaque fraction, en multipliant le numérateur et le dénominateur par 0,5.

Pour un plafond de 3m :

$$\begin{aligned}\text{Lpm} \times t &= (\text{Vol} \times 2 \times 0,5) / (3 \times 0,5) = (\text{Vol} \times 1) / (1,50) \\ \text{Lpm} \times t &= \text{Vol} / 1,5\end{aligned}$$

Pour un plafond de 2,5m :

$$\begin{aligned}\text{Lpm} \times t &= (\text{Vol} \times 2 \times 0,5) / (2,5 \times 0,5) = (\text{Vol} \times 1) / (1,25) \\ \text{Lpm} \times t &= \text{Vol} / 1,25\end{aligned}$$

Dans cette formule, Lpm = litres par minutes et Vol = volume de l'espace clos, en mètres cubes.

On peut noter que la formule utilisant une hauteur de plafond de 3m (10ft) est identique à la formule RoF Iowa.

La formule utilisant une hauteur de plafond de 2,50m (8ft) donne quant à elle un résultat à 90% de celui donné par la formule Iowa.

Conclusion

Que pouvons-nous déduire de tout cela ?

D'abord que ces deux formules ont été créées, il y a 36 ans, dans deux pays différents, et elles sont pourtant identiques. C'est un bon exemple de la convergence des recherches scientifiques, qui utilisent les mêmes bases et les mêmes principes.

Nous pouvons dire que la formule Iowa-Grimwood est la seule permettant aux services d'incendie de déterminer la quantité d'eau nécessaire pour réaliser une attaque en jet diffusé, dans le cadre des feux en espace clos.

Application numérique (ajout du traducteur)

Imaginons que nous ayons une pièce de 4 m x 3 m avec un plafond de 3 m.

Nous avons un volume total de :

$$4 \times 3 \times 3 = 36 \text{ m}^3$$

$$\text{Donc Lpm} \times t = 36 / 1,5 = 24$$

Il faudra donc 24 litres d'eau pour éteindre le feu pouvant se développer dans cette pièce.

Le but étant de projeter cette eau le plus vite possible, nous n'utiliserons évidemment pas un débit de 24 Lpm pour arroser 1 minute, mais plutôt notre DMR-500 pour arroser beaucoup moins longtemps.

En imaginant que nous voulions projeter ces 24 litres d'eau en 1 seconde, il nous faudrait une lance avec un débit de $24 \times 60 = 1440$ Lpm. Avec une lance à 500 litres minutes, nous aurons donc besoin de $1440 / 500 = 2,88$ secondes de projection d'eau.

Ceci correspond effectivement aux préconisations que l'on trouve par exemple dans notre GNR : approche avec quelques jets pulsés, puis un crayonnage d'un « Z » (durée de 2 secondes). Nous arrivons bien au résultat escompté, dans le cas d'un local totalement embrasé.

COPYRIGHT Février 2004 DMG World Media Ltd.

COPYRIGHT Février 2004 Gale Group

TRADUCTION Octobre 2004 Flashover.fr