



LA LUTTE CONTRE L'INCENDIE ET SES DANGERS...

L'UTILISATION DU JET DIFFUSE

Grimwood P.

Desmet K. - Gras S.
Ver. 1.0

UNCLASSIFIED



Contractant
Crisis & Emergency Management Centre
Kerkstraat 13
B-9070 Destelbergen

Redaction :
Koen DESMET
Crisis & Emergency Management Centre

Sebastien Gras
Sapeur-Pompier

Correction:

Sebastien Gras

D/2002/9233/003
SISO 614.8 UDC 614.8 NUGI 862, 693 NBC 79.23
Mots Clés: Combattre le feu, Brouillard d'eau 3D.

Crisis & Emergency Management Centre
www.crisis.be - www.cemac.org - info@cemac.org

© 2002, CEMAC (Crisis & Emergency Management Centre)



II. CONTENU

I. LISTE D'ADAPTATIONS	3
II. CONTENU	4
III. LISTE D'ABREVIATIONS	5
IV. INTRODUCTION	6
V. FLASHOVER ET BACKDRAFT	7
Flashover	7
Backdraft	7
L'inflammation des gaz chauds	8
Des effets transitoires soudains	10
VI. REFROIDIR LES GAZ DE COMBUSTION	13
Capacité de refroidissement de l'eau.	13
Jets d'eau	16
Qu'est que le refroidissement de phase gazeuse ?	17
VII. Applications Tridimensionnelles De Brouillard D'Eau.	21
Pre-flashover	21
Post-flashover	22
Aspects pratiques des applications du l'Eau-Brouillard 3D.	24
VIII. Stratégie et tactique des applications du l'Eau-Brouillard 3D	30
Procédé d'ouverture et d'entrée	30
Observer le comportement du feu	33
Suppression de la combustion et d'explosion des gaz de feu.	35
Refroidissement et eau-Brouillard 3D gazeux en feux élevés.	36
Les additifs de l'eau et les développements des systèmes de mousse à air comprimé (CAFS)	39
Formation dans les systèmes de conteneur de feu, Le 'tunnel' suédois	40
IX. Conclusion.	42

III. LISTE D'ABREVIATIONS

...



IV. INTRODUCTION

1. L'auteur PAUL GRIMWOOD a servi comme sapeur-pompier professionnel pendant 26 années, la plupart du temps parmi les sapeurs-pompiers de Londres. Ses 26 années de recherche et de travaux édités ont fortement influencé des revues majeures pour l'approche tactique mondiale de lutte contre l'incendie de contenants.



V. FLASHOVER ET BACKDRAFT

2. Le flashover et le backdraft sont des phénomènes thermiques totalement distincts se produisant dans des conditions différentes. Alors qu'il y a eu beaucoup de recherches scientifiques liées au flashover, les efforts de recherches concernant le backdraft n'ont pas été faits jusqu'à maintenant. Ces dernières années, les recherches sur les incendies se sont accrues.

VI. Flashover

3. "Lors d'un feu de contenant, on peut arriver à un stade où le rayonnement thermique du feu, les gaz chauds et les parois chaudes du compartiment causent l'inflammation spontanée de toutes les surfaces combustibles exposées dans le local. Cette transition soudaine et soutenue d'un feu croissant à un feu entièrement développé est le flashover." (Fire research station UK FEU - 1993).
4. "La transition rapide dans le développement d'un incendie où toutes les surfaces combustibles dans le compartiment s'enflamment." (ISO 1990).

VII. Backdraft

5. " Une ventilation limitée peut mener un feu de local à produire des fumées contenant des proportions significatives d'éléments partiels de combustion et des gaz imbrûlés de pyrolyse. Si ceux-ci s'accumulent, l'admission d'air peut mener à une déflagration soudaine. Cette déflagration qui se produit dans le compartiment et hors de l'ouverture est un backdraft." (Fire research station UK FEU - 1993).
6. " L'inflammation explosive ou rapide des gaz de combustion se produisant quand l'oxygène pénètre dans un bâtiment qui n'a pas été correctement aéré ou qui contenait une concentration faible en oxygène dû au feu." (NFPA - Etats-Unis).

7. Fleischmann, Pagni et Williamson ont suggéré que le terme « gaz imbrûlés » devrait être substitués au terme « gaz de combustion » dans la définition de NFPA.

VIII. L'inflammation des gaz chauds

10. Bien qu'il soit clair que le flashover et le backdraft sont deux événements séparés il y a d'autres situations où l'allumage des gaz chauds peuvent se produire. Ces événements additionnels ne se conforment pas à une des définitions ci-dessus mais présenteront des résultats semblables en termes de propagation rapide du feu. Il est important que le sapeur-pompier ait une compréhension de base de tous les événements qui peuvent mener à de tels allumages dans des conditions variables d'une structure en feu.
11. **A.** La formation de '**poches de gaz inflammables**' peut se produire dans les parties d'un bâtiment en feu. Ceux-ci peuvent exister dans le local en feu, ou dans les locaux adjacents, les vestibules d'entrée et les couloirs. Ils peuvent également se déplacer à une certaine distance de la source du feu vers des vides ou des espaces sous le toit. L'addition d'air n'est pas une condition pour l'allumage de ces gaz qui ont déjà été mélangés à l'air et atteignent une concentration explosive, attendant simplement une source d'énergie. La déflagration résultante sera comparée à celle d'un backdraft mais une description comme '**explosion de fumée**' est peut-être meilleure.
12. Lors d'un feu à Stockholm une couche de fumée s'était accumulée sous un plafond dans un entrepôt. La couche s'est enflammée, causant une explosion pendant la phase de déblai, après que le feu principal ait été supprimé. La cause fut attribuée à un fragment brûlant léger qui montait dans les couches de gaz grâce au courant de convection. Un autre incident, qui a fait exploser les fumées accumulées dans une armoire sous un escalier, a été causé par un sapeur-pompier qui soulevait des débris et découvrait un feu de combustion lente dans une pile de chiffons et de plastique. Les gaz du feu accumulés dans le compartiment ont été présentés à la source d'allumage qui demeurait couverte jusque-là ! Ni l'un ni l'autre de ces événements ont exigé un apport d'air afin de déclencher les déflagrations, mais ont plutôt été causé par une source d'allumage qui s'est présentée aux gaz.

13. **B.** Un autre **allumage des gaz de feu surchauffés** peut se produire, où ils se mélangent à l'air **pendant qu'ils sortent du compartiment**. Ceci peut se produire à une fenêtre ou une porte, et le feu résultant peut se propager vers l'intérieur du compartiment par les couches de gaz.
14. L'auteur a vécu cette situation en accédant à un feu d'appartement de sous-sol. L'extérieur de la chambre, où les gaz s'accumulaient, s'est embrasé pendant qu'il entrainait. Cet événement a emprisonné les sapeurs-pompiers pendant quelques secondes au pied des escaliers pendant que les flammes roulaient au-dessus de leurs têtes, bloquant la seule sortie de secours vers le haut, l'escalier menant au niveau de rue.
15. **C.** Un événement qui crée la propagation rapide du feu et qu'on nomme souvent flashover, peut se produire où un feu est soudainement remué par **un grand mouvement d'air**, généralement dans la direction de l'équipe qui lutte contre l'incendie. Ceci peut se produire quand une équipe avance contre une ligne d'attaque opérant dans leur direction; ou quand on utilise le PPV (ventilation à pression positive, positive pressure ventilation) sans faire une ouverture de ventilation; ou quand une fenêtre se brise sur l'autre côté du feu et une rafale de vent pousse le feu vers l'équipage. Les flammes se verront accroître et la chaleur se dirigera directement vers les sapeurs-pompiers avançant. Cet effet se produit également souvent dans les hauts bâtiments où une pression négative peut exister derrière l'équipe combattant le feu, dû à l'effet de cheminée des escaliers d'accès. Cette pression négative brise les fenêtres plutôt que prévu.
16. Les sapeurs-pompiers de Londres ont vécu un tel événement dans un feu de bâtiment de grande hauteur pendant que l'équipe accédait au compartiment en feu. Alors que la porte d'entrée de l'appartement était ouverte sur le 12ème étage, le feu a éclaté vers la vestibule d'entrée pendant que les fenêtres se cassaient vers l'intérieur. La chaleur a forcé les sapeurs-pompiers à se retirer de 2 étages avant qu'ils puissent reprendre leur attaque du feu, dans des conditions extrêmes ! L'effet de cheminée avait causé un effet ressemblant au flashover mais cet événement était ni un flashover ni un backdraft. Des événements semblables se sont produits à plusieurs feux de bâtiment haut, notamment le feu de Westvaco (NYC 1980), le feu de l'Empire State Building (NYC 1990), et le feu du Winecoff hôtel (Atlanta 1946).
17. **D.** Il y a une situation où **un flashover peut également être causé par ventilation accrue**. Chitty démontre cet événement où au commencement, pendant son développement, de petites ouvertures dans le compartiment permettent au feu d'atteindre une stabilité, commandé par la ventilation. Si davantage

de ventilation est fournie (une porte ou une fenêtre est ouverte) la perte de chaleur du compartiment augmentera pendant que plus de chaleur est poussée hors de l'ouverture. Avant le changement de la ventilation du feu contenait plus de matériel qu'il pouvait brûler et dégageait beaucoup de gaz inflammables. À ce stade la quantité de ventilation fournie est critique. S'il y a des pertes suffisantes de température dans le compartiment on peut empêcher le flashover. Cependant, si la ventilation est insatisfaisante et le niveau de température est maintenu, l'énergie libérée et les gaz inflammables créera le flashover – **Un flashover causé par la ventilation!**

IX. Des effets transitoires soudains

18. Les événements qui se produisent dans un incendie peuvent impliquer des changements comme événements d'étape (où la combustion est continue) et des événements passagers soudains (courts, souvent violents, des dégagements d'énergie du feu qui ne sont pas soutenus). Chitty a identifié sept manières qui mènent à un tel changement. Un flashover est défini comme un événement d'étape et un backdraft est considéré comme un événement passager. Il est possible que les événements d'étape et passagers se produisent séquentiellement ou en même temps. Par exemple, l'ouverture d'une porte, accédant une salle contenant un feu à ventilation limitée, peut avoir comme conséquence un backdraft, consommant les gaz inflammables produites, avant l'ouverture de la porte, d'une manière rapide et emmenant le feu original à accroître (voire même mener au flashover) jusqu'à ce que l'incendie soit de nouveau limité par la nouvelle ouverture de ventilation.
19. En réalité, il est difficile de dire exactement quel événement a déclenché l'augmentation soudaine de la vitesse du feu, mais il est plus **important que les sapeurs-pompiers comprennent les conséquences potentiellement graves de leurs actions**, qui peuvent mener à la soudaine combustion des gaz chauds.
20. **Les actions du sapeur-pompier et les signes d'avertissement** sont décrits ci-dessous :

- a) L'ouverture soudaine de la porte d'entrée d' un compartiment peut causer un backdraft, un flashover, créer un flux d'air négatif vers l'escalier, poussant les fenêtres du compartiment à céder menant à un développement rapide du feu. Employez les techniques d'entrée de porte et les applications correctes de jet diffusé pour diminuer les risques. Si possible, fermez tous les points d'accès du palier de l'escalier sur l'étage concerné par l'incendie avant d'ouvrir la porte d'entrée.
- b) Des feux dans des endroits restreints, les espaces sous toiture ou des compartiments clos et étanches, sont souvent liés aux risques de backdraft, car l' accumulation des gaz s'est faite lentement dans des circonstances de faible ventilation. La fumée sortant des fissures d'une telle structure peut avertir qu' à l'intérieur les gaz et la pression s'accumulent. L' application des tactiques de ventilation et jet diffusé sont la manière la plus efficace pour traiter des situations de ce type.
- c) Des dépôts huileux sur des fenêtres, des portes chaudes et de la fumée pulsante des poignées et de fissure autour des fenêtres ou des portes, sont des signes sûrs que le potentiel de backdraft existe quand on accède dans un tel local. La mise en place d'une ventilation en point haut sous couverture, suivi d'une attaque intérieure employant le brouillard d'eau en 3D est nécessaire.
- d) En avançant dans un local avec une lance alimentée dans une fumée épaisse - observez la fumée à la porte. Si un cycle de pulsation est évident, avec de la fumée bougeant et palpitant dans les deux sens , si la fumée est noire et s' enroule sur elle-même, quittez la pièce immédiatement derrière un jet diffusé dirigé vers le haut. De tels signes sont des indicateurs forts au potentiel de backdraft. Entendre des sifflements ou des bruits 'd'hurlerment' forment une indication classique de backdraft – il est temps de sortir.....vite !!! Une fois encore, employez également le jet diffusé.
- e) Un autre indicateur de backdraft peut être la présence de flammes bleues dans le compartiment. Ceci peut donner l'avertissement d'une combustion 'pré-mélangée' où l'air qui se précipite à grande vitesse vers la source du feu.....arrosez et quittez la pièce !

- f) Un accroissement soudain de chaleur dans un compartiment en feu, en particulier si elle oblige le sapeur-pompier à se mettre extrêmement bas, sur ses genoux, est un signe d'avertissement d'un flashover imminent. Arrosez vers le haut, progressivement. Avec un jet diffusé, refroidissez la phase gazeuse !!!
- g) Les signes de flammes dans les couches de gaz au-dessus de votre tête est un indicateur de flashover - de l'eau, pulsez, pulsez !!!
- h) Si la couche de fumée descend rapidement vers le plancher et le feu court sur le plafond, sortez vite du local derrière un jet diffusé avant qu'un flashover se produise.
- i) Prenez grand soin quand vous ouvrez des murs, des vides etc... Ayez une lance alimentée et refroidissez tous les écoulements gazeux qui peuvent se dégager vers l'extérieur ou retourner vers l'intérieur.
- j) Ne croyez jamais que le danger est évité une fois que le feu est sous contrôle et la phase de déblai est en cours. Prenez garde aux gaz accumulés dans les vides, dans des armoires, des espaces sous toiture ou des locaux adjacents. Assurez-vous que tous les secteurs soient efficacement aérés sous la protection d'un jet diffusé. Prenez garde lors de l'utilisation de la pression positive dans de telles circonstances, car des étincelles peuvent être transportées dans des mélanges de gaz combustibles !



X. REFROIDIR LES GAZ DE COMBUSTION

21. L'eau est reconnue comme un moyen de combattre le feu aussi longtemps que le feu a été découvert par l'homme. Excepté l'hélium et l'hydrogène, l'eau possède la plus grande capacité calorifique de toutes les substances naturelles et a la plus grande chaleur latente de vaporisation de tous les liquides. On estime théoriquement qu'un seul gramme d'eau liquide peut éteindre un volume de flamme de 50 litres en réduisant sa température au-dessous d'une valeur critique - équivalent à un 'taux d'application' de 0,02 litres par mètre cube. On l'a également suggéré que la quantité d'eau exigée pour maîtriser un feu de structure doit être de 38-68 litres par 28 mètres cubes de feu.
22. Par ailleurs, au Royaume Uni, il est estimé que la majorité des feux 'typiques' de locaux sont éteints en employant entre 60 et 361 litres, ce qui est beaucoup moins que la capacité d'un camion de pompiers ! Il y a également beaucoup de formules éditées, disponibles chez les sapeurs-pompiers, utilisées pour estimer la quantité d'eau nécessaire pendant les opérations de lutte contre l'incendie de structure. Celles-ci se basent sur la vision de Royer/Nelson que 10 gallons par minute est exigés par 1000 pieds cubes de feu, à l'évaluation plus acceptable de la NFPA (Etats-Unis) qu'approximativement 30 gal/min seraient nécessaires pour un tel volume du feu.

XI. Capacité de refroidissement de l'eau.

27. La capacité de refroidissement théorique d'eau est de 2,6 mégawatts par litre par seconde, bien que dans l'application pratique d'une attaque 'directe' la capacité réelle soit autour 0,84 MW par litre par seconde. Si on met en perspective de telles figures, le sapeur-pompier peut apprécier la capacité de combat des tuyaux d'eau dans n'importe quelle situation spécifique. Comme exemple, le taux de rejet de chaleur (Heat Release Rate) d'une chaise remplie de mousse est normalement dans la région de 4-500 kilowatts tandis qu'un petite armoire produira autour de 1.8 MW. Des feux plus importants, comme ceux

d'un poste où des postes de travail de bureau moderne 'comportant des meubles, de la papeterie et un ordinateur', peuvent présenter un plus grand défi et des HRRs de 1,7 MW après cinq minutes (2 bureaux) et 6,7 MW après 9 minutes (3 bureaux) ont été enregistrés, provenant seulement de ces articles! Les sofas triplaces produiront autour 3,5 MW et un ensemble de lit en pin et la literie en simulateur approche de 4,5 de MW HRR. Les simulateurs Suédois pour l'entraînement des pompiers au flashover approchent les 3 MW. Tandis que le feu dans un bâtiment haut (Interstate Bank) à Los Angeles en 1988, atteignait les 10 MW seulement deux à trois minutes après son origine ! Des grandes quantités d'eau seraient nécessaires pour contrôler une telle chaleur dégagée. Pour le sapeur-pompier ceci signifie qu'un jet d'eau doit avoir son potentiel maximal de refroidissement. Les estimées sont notées dessous

50 L/min -	0.69 MW
100 L/min -	1.39 MW
150 L/min -	2.10 MW
200 L/min -	2.79 MW
300 L/min -	4.20 MW
550 L/min -	7.69 MW
800 L/min -	11.19 MW
1000 L/min -	13.99 MW

capacité de refroidissement pratique d'eau
pour des applications 'directes'

24. On peut voir que à 0,84 MW par litre par seconde les capacités de refroidissement pratiques de l'eau sont autour d'un tiers de ses capacités théoriques ! Cela signifie qu'approximativement deux tiers de la quantité de l'eau appliquée à un feu ont normalement peu ou pas d'effet - il y a un écoulement important!
25. L'eau est un agent contre le feu potentiellement très puissant, bien que pour réaliser ce grand potentiel la chaleur doit être transférée efficacement du feu et de ses environs à l'eau appliquée pendant la lutte contre l'incendie. Beaucoup de scientifiques ont étudié la dynamique de la suppression et de l'extinction du feu en général. On accepte que le mode dominant de suppression d'un feu de structure est généralement identifié comme le refroidissement du combustible, bien qu'on recon-

naissance que le refroidissement et l'inertage indirects de l'atmosphère du feu jouent également un rôle. Cependant, peu ont réalisé les avantages et le potentiel de refroidir la phase gazeuse en termes de survie et sécurité du sapeur-pompier, et voici l'objectif principal de ce texte : présenter les techniques des applications d'un brouillard d'eau devenues de plus en plus populaires chez les sapeurs-pompiers depuis 20 ans dans les capitales de l'Europe.

26. À ce stade on doit clarifier que de telles utilisations d'eau ne sont pas comparables à la forme 'indirecte' d'attaque du feu devenue populaire pendant les années 50 et les années 60. Ce modèle de la lutte contre l'incendie, qui a toujours ses adeptes aujourd'hui, a souffert en termes des risques additionnels qu'il a créés - par exemple, la technique est fondée sur une création excessive de quantité de vapeur surchauffée dans un compartiment raisonnablement 'non aéré' (pièce ou espace). Elle consistait à diriger le jet d'eau sur les surfaces chaudes (les murs et le plafond) dans un compartiment en feu. Ceci nécessitait souvent que des sapeurs-pompiers travaillent dans des conditions extrêmes. Beaucoup on souffert de brûlures ou d'épuisement dû à la chaleur. Il y avait également un problème provoqué par l'effet de 'piston' de vapeur, qui 'poussait' la fumée, la chaleur et de temps en temps le feu dans des parties relativement non-impliquées du bâtiment, poussant parfois des personnes à se jeter des niveaux supérieurs au feu. Les sapeurs-pompiers ont souvent été emprisonnés par leurs propres actions, créant de la vapeur surchauffée pendant que l'équilibre thermique dans le compartiment était soumis à un effet d'enveloppe'. L'application indirecte d'eau poussait le feu et la chaleur vers le mur lointain, avant de se déplacer vers le haut et à travers le plafond pour redescendre derrière les sapeurs-pompiers progressant!
27. Contrairement, les objectifs principaux du jet diffusé ne sont pas de dominer le feu, mais doivent être considéré plus comme une approche tactique, **créant un environnement confortable et sûr dans lequel les sapeurs-pompiers peuvent travailler efficacement pendant leur lutte contre l'incendie et le sauvetage**. Dans le meilleur des cas, l'application empêche n'importe quel allumage des gaz de combustion, mais à défaut, éteint, atténue et contrôle les risques liés au flashover et au backdraft. Cependant, les techniques d'application

sont très précises et se fondent fortement sur l'équipement approprié, un mode opératoire efficace et la formation correcte effectuée à intervalles réguliers.

XII. Jets d'eau

28. Quand est-ce qu'un jet de lutte devient un jet pulvérisé? Quand un pulvérisateur devient une bruine, ou un brouillard? Ce sont de bonnes questions et plusieurs références ont essayé de fournir les réponses. Il est d'une importance particulière pour les fabricants des systèmes de suppression du feu de brouillard d'eau (WMFSS) qui sont engagés dans les installations fixes de lutte contre l'incendie, comme remplacement pour des systèmes de protection fixés par gaz d'halon. Herterich, a identifié un besoin d'une terminologie agréée en discutant des pulvérisateurs de lutte contre l'incendie. Une définition liée à la taille caractéristique des gouttelettes est ce qu'il prévoyait.
29. Grant et Drysdale, ont adapté un éventail des diamètres de gouttelette, pour démontrer la large gamme des possibilités. Une taille des gouttes s'étendant de 100 - 1000 microns (de 0.1mm - 1.0mm) a été considérée comme la plus adaptée à la lutte contre l'incendie. Les gouttes d'une telle taille sont équivalentes à celle de pluie légère ou à la bruine. La différence entre les 'pulvérisateurs' et 'le brouillard d'eau' restent un peu arbitraires cependant, par exemple le NFPA suggère qu'une définition pratique brouillard d'eau comme un jet diffusé dans lequel 99% du volume d'eau est composé de gouttelettes de moins de 1000 microns (1,0 millimètres) de diamètre, comparée aux systèmes de jet diffus conventionnels où 99% du diamètre de volume peut être dans l'ordre de 5000 microns (5.0mm).
30. Certains considèrent cette définition de la NFPA du 'brouillard' comme 'insatisfaisante' par rapport à celle du WMFSS (installation fixes). Une définition alternative a été avancé suggérant qu'un 'brouillard' devrait comporter des gouttes dont 99% de diamètre égal ou en-dessous de 500 microns (0.5mm). Il vaut la peine de noter que la plupart des gouttelettes des produit dans la gamme du WMFSS ont généralement

des diamètres de 50 à 200 microns. En plus on considère qu'une taille de gouttelettes de moins de 20 microns est nécessaire un jet diffus qui se comporte comme un vrai 'gaz'.

XIII. Qu'est que le refroidissement de phase gazeuse ?

31. En 1990 une expérience menée par l'institut du feu au Royaume Uni recherchait quel jet d'eau était utilisé pour combattre les feux de compartiment. On observait que les sapeurs-pompiers suivaient normalement une approche 'triphasee' en attaquant les feux post-flashover.

Phase Une: Refroidissement de la salle en pulvérisé avant l'entrée causant une réduction rapide de température de l'air. (800 deg. C - 400 deg. C).

Phase Deux: Après soixante seconde (phase 1) le sapeur-pompier avançait dans la salle et commençait une attaque directe sur le feu. (400 deg. C - 190 deg. C).

Phase Trois: L'extinction finale aurait lieu en éteignant des points chauds locaux. (190 deg. C et ci-dessous).

32. Tout le monde accepte que pulvériser l'eau vers le plafond (le gaz brûlant ou surchauffé se pose près du plafond) dans un feu de compartiment crée généralement un environnement plus sûr et plus confortable pour le sapeur-pompier. Une telle approche peut être classifiée comme 'le refroidissement en phase gazeuse'. Cependant, si l'opérateur du jet d'eau n'est pas formé dans l'application tridimensionnelle du jet, une quantité d'eau peut frapper les surfaces chaudes dans le compartiment entraînant une transition soudaine en vapeur surchauffée. Ceci doit être évité à tout pris, car cette approche est plus proche de la vieille approche 'indirecte', avec ses risques associés. Il est essentiel que le refroidissement en phase gazeux soit effectué grande adresse et précision. En plus elle exige une compréhension de base de la façon dont le brouillard d'eau en 3D fonctionne réellement.

33. Il y a eu beaucoup de recherches sur les effets du refroidissement en phase gazeuse mais la plupart d'entre elles a été dirigé par le WMFSS et concerne les installations fixes (sprinkler). Beaucoup moins de recherches ont été faites concernant l'application face à une véritable lutte contre l'incendie. Cependant, une grande partie du travail, en utilisant des modèles d'ordinateur et des essais en laboratoire, est d'importance directe pour les applications 3D, en particulier en termes de classement par taille idéale de gouttelettes; l'interaction des gouttelettes d'eau, la trajectoire de gouttelette idéale et le temps de vol (ou temps de résidence). On reconnaissait également dans ces expériences qu'il y avait un entraînement d'air 'pendant la décharge, qui a favorisait une combustion plus intense pendant les étapes initiales de l'application. En termes de lutte contre l'incendie il a été observé qu'une décharge continue dans un compartiment en feu augmente la température ambiante, en particulier au point d'entrée, d'environ 14% pendant une période de 2-5 secondes avant que le refroidissement en phase gazeux a lieu. Cette observation a été enregistrée tout en employant un jet diffus continu de 2 litres par seconde (aucune pulsation) sur un angle de cône de 26 degrés. De tels effets peuvent être extrêmement inquiétants pour les sapeurs-pompiers ! Cependant, en utilisant des techniques de pulsation correctes, il n'y aura qu'un entraînement négligeable d'air et un effet de refroidissement immédiat est évident.
34. Les lance de lutte contre l'incendie modernes, produisent des jet diffusés par des effets de pulvérisation de pression et le résultat se nomme un pulvérisateur 'poly-dispersé' -c.-à-d., il comporte d'un éventail de tailles de gouttelettes s'étendant de brut à très fin. Il y a plusieurs méthodes de mesurer la taille de gouttelettes dans un jet pulvérisé mais les résultats sont en souvent divergeants et dépendent de la méthode employée. On a suggéré qu'il y avait une taille optimale de gouttelette en termes de suppression du feu mais ceci n'a été jamais défini car les objectifs de recherche étaient variables. En termes de 'théorie' il est assez facile à assurer une taille optimale, mais dans de vraies situations une lance doit faire face à plusieurs facteurs gênants une fois dans une masse hostile des gaz surchauffés du feu. Plus la gouttelette est petite, plus sa capacité de refroidissement est bonne, mais si les gouttelettes sont trop petites il est peu probable que le feu peut empê-

cher ces gouttelettes d'atteindre le foyer. En termes de refroidissement en phase gazeuse, l'effet n'est pas tellement requis et la taille des gouttelettes du jet peut être réduite. **La lance de lutte contre l'incendie idéal produira un jet diffusé avec des gouttelettes assez petites pour suspendre en air pendant au moins quatre secondes**, optimisant des applications du brouillard d'eau en 3D pendant le refroidissement en phase gazeuse. Cependant, une telle lance sera également assez souple pour passer du jet diffusé au jet bâton et facilitera les coups directs à la base du feu. À cet effet on a généralement accepté qu'un jet d'eau avec une taille moyenne de gouttelette d'environ 300 microns (0.3mm) est idéal pour le refroidissement en phase gazeuse en utilisant les applications de lutte contre l'incendie tridimensionnelles.

35. Il y a eu une certaine critique au sujet des effets d'inversion de température quand des pulvérisateurs qui produisent des gouttelettes de 300 microns sont employés. Cet effet se produit quand le refroidissement des gaz du feu est si rapide et complet que la température au niveau du plancher excède parfois celle des parties hautes pendant quelques secondes! On suggère qu'une telle inversion de température est une bonne chose car la température de plancher ne peut pas se refroidir aussi rapidement que les gaz inflammables du feu du fait de l'évaporation complète des gouttelettes fines de l'eau dans les parties hautes du compartiment. Il ne s'agit pas d'une montée de température du plancher pendant l'application, mais simplement que le refroidissement gazeux est si complet, qu'il y a peu d'eau restant pour refroidir le plancher!
36. La taille optimale de gouttelettes pour le refroidissement en phase gazeuse en outre a été mentionnée dans un rapport, financé par les conseils Finlandais et Suédois de recherches du feu, où on montre que les gouttelettes au-dessous de 200 microns et ceux au-dessus de 600 microns ont créé des quantités excessives de vapeur d'eau indésirable pendant les essais, tandis que ceux dans la gamme des 400 microns (0.4mm) optimisaient l'effet du refroidissement en phase gazeuse. Les raisons de ceci étaient principalement dues aux effets de l'interaction quand les plus petites gouttelettes ont été employées, l'application de quantités additionnelles d'eau pour un taux de refroidissement efficace.

Et une plus grande quantité d'eau atteignant les surfaces chaudes dans le cas où des gouttelettes plus grandes étaient utilisées. (les grandes gouttelettes sont plus lourdes et ont moins de temps de résidence dans les gaz). Ce fait a été également noté dans une série d'essais aux Etats-Unis où les températures de mur dans le compartiment en feu ont été considérablement réduites proportionnellement à une augmentation en diamètre de gouttelette -encore, ayant pour résultat une plus grande évaporation (plus de vapeur) et le refroidissement de tout excepté les gaz du feu.

Pendant les deux premières minutes de l'application –

Les jet de gouttelettes de 330 microns ont diminué la température des murs de 57 deg. C

Les jet de gouttelettes de 667 microns ont diminué la température des murs de 124 deg. C

Les jet de gouttelettes de 779 microns ont diminué la température des murs de 195 deg. C

37. Ceci démontre de nouveau que des jets diffusés produisant de plus grandes gouttelettes atteindront une plus grande superficie (particulièrement les murs et le plafond) qui crée des taux excessifs de vapeur et moins de contraction des gaz. Le refroidissement en phase gazeuse est seulement efficace si les gouttelettes s'évaporent dans les gaz du feu, évitant le contact avec les surfaces chaudes autant que possible.

XIV. Applications Tridimensionnelles De Brouillard D'Eau.

38. Pendant le début des années 80 suivant un flashover où deux sapeurs-pompiers Suédois ont été tués, les sapeurs-pompiers de Stockholm ont commencé à pratiquer les techniques développées par Gisselson et Rosander qui visaient la protection des sapeurs-pompiers contre les risques de flashover et de backdraft. Ces techniques ont nécessité d'utiliser une lance d'eau-jet en brouillard (T&A Fogfighter) afin d'appliquer l'eau fine dans les gaz du feu en utilisant une série de 'jets' brefs (des pulsations du jet d'eau). L'objectif était d'éviter le contact avec toute surfaces (les murs et les plafonds chauds) et de placer peu de gouttelettes d'eau directement dans les gaz du feu comme ça l'effet de refroidissement est maximisé. L'application évite les expansions massives de vapeur et d'autres problèmes liés à l'attaque 'indirecte brouillard d'eau' et crée un environnement sûr et confortable pour que les sapeurs-pompiers avançant pour permettre d'attaquer la source principale de feu.
39. Le concept suédois (également nommé 'lutte contre l'incendie offensive') a été basé sur l'identification du procédé de développement d'un feu et de la grande emphase a été mise sur l'observation des signes spécifiques d'avertissement, qui pourraient mener à un allumage des gaz du feu, le flashover ou le backdraft. Les avantages des applications du l'eau-brouillard 3D sont également vus en situations de pré-flashover et de post-flashover.

XV. Pre-flashover

40. Le brouillard d'eau est appliqué sur l'itinéraire d'approche du feu, même en dehors du compartiment du feu lui-même, 'inertant' les gaz du feu qui peuvent être surchauffés ou simplement chauds. L'objectif est de suspendre une 'brume' de gouttelettes fines d'eau dans l'es-

pace au-dessus des têtes des pompiers pour empêcher ou atténuer le potentiel pour n'importe quelle combustion gazeuse. Cette seule technique a déjà sauvé beaucoup de vies de sapeurs-pompiers, tout fonctionnant dans des conditions dangereuses d'un feu de bâtiment. Une autre application se sert de la pression négative au-dessous de l'interface de la fumée et l'air, qui emmène l'air vers le feu. Une application de gouttelettes d'eau est placée dans cette 'voie d'air' pour maximiser les effets des techniques tridimensionnelles. L'eau est emmenée vers la source du feu. Les deux applications sont précises et exigent une action 'de pulsation' efficace du jet d'eau avec une attention particulière à l'angle du cône (diamètre du modèle de jet) et à l'angle d'application (par rapport à l'horizontal).

XVI. Post-flashover

41. Dans les situations où le feu s'est développé à son étape de flashover, l'application de brouillard d'eau en 3D peut être employé pour éteindre n'importe quelle combustion gazeuse avec une souspression sûre et rapide. Cette compétence exige une formation intensive durant laquelle le sapeur-pompier subit de réels flashovers dans un simulateur du feu où les étapes de développement et de progression sont recrées. Ils sont alors témoins de l'effet des pulsations du jet et il sont entraînés à commander le jet dans des conditions défavorables sans risque. Dans un flashover, tout se produit tellement rapidement que le sapeur-pompier doit s'entraîner plusieurs fois pour gagner la confiance en faisant face à cette situation de vie ou de mort!
42. Pour obtenir des résultats efficaces le 'cône brouillard' et les angles d'application sont aussi des aspects importants de la pratique du jet 'pulsant'. Par exemple, un cône de brouillard de 60 degrés appliqué à un angle de 45 degrés avec le plancher dans une salle moyenne (50 mètres cubes) contiendra environ 16 mètres cube de gouttelettes d'eau. Les pulsations d'une seconde de 100 LPM coulent du lance placeront approximativement 1,6 litres de l'eau dans le cône. Pendant cette explication, considérons une 'unité' d'air de 538 deg. C (ceci est

une température typique du feu dans un compartiment s'approchant du flashover) pèse 0.45kg et occupe un volume d'un mètre cube.

43. Cette 'unité' simple d'air est capable d'évaporer 0.1kg (0,1 litres) de l'eau, en vapeur, qui occupera 0,37 m cube. On doit noter qu'un cône de brouillard de 60 degrés, quand appliqué, occupera l'espace de 16 'unités d'air à 538 deg. C. Ceci signifie que 1.6kg (16 x 0.1kg), ou 1,6 litres de l'eau, peut être évaporé. Ceci est la quantité exacte qui est déchargée dans le cône pendant un éclat simple d'une seconde. Cette quantité est évaporée dans les gaz avant qu'elle atteigne les murs et le plafond, maximisant l'effet de refroidissement. Si trop d'eau traverse les gaz, des quantités indésirables de vapeur vont être créées quand l'eau n'atteigne les surfaces chaudes dans le compartiment.
44. Maintenant, par le recours aux calculs de loi de Charles nous pouvons observer comment les gaz ont été efficacement refroidis, entraînant une baisse du volume d'air. Chaque 'unité' d'air dans le cône a maintenant été refroidie à environ 100 deg. C et occupe un volume de seulement 0,45 m cube. Ceci cause une réduction de volume de l'air total (dans les confins de l'espace du cône) de 16 m cube à 7,2 m cube. Cependant, à ceci nous devons ajouter les 5,92 m cube de la vapeur d'eau (16 x 0,37) produit à 538deg.C dans les gaz. L'effet dramatique a créé une pression négative dans le compartiment en ramenant le volume global de 50 m cube à 47,1 m cube avec un éclat simple de brouillard! N'importe quel apport d'air qui a pu avoir eu lieu autour du jet sera minimal (autour 0.9Cu.m) et la pression négative est maintenue. Naturellement, en réalité le secteur entier est une masse de chaleur. Ses calculs basés sur la théorie tridimensionnelle d'eau-brouillard n'apparaissent pas ailleurs.
45. Bien qu'un calcul bien plus fin serait exigé pour satisfaire le chercheur de petite bête scientifique, des scientifiques au centre de recherches national Britanique du feu estime en tenant compte des variables liées au classement par taille de gouttelettes que le résultat plus fin demeurerait semblable.

XVII. Aspects pratiques des applications du l'Eau-Brouillard 3D.

46. L'application du brouillard d'eau tridimensionnel dans les 'vrais' feux exigent des portes lance une compréhension claire des objectifs et des possibilités de telles techniques. Ces sapeurs-pompiers doivent également avoir une adresse énorme lors des actions de manipulation et 'de pulsation' de la lance. De telles qualifications peuvent seulement être acquises par la formation régulière dans des simulateurs de feu construits, ou dans des containers (transport maritime) convertis.
47. D'avantage d'attention devrait être dirigée à l'entretien de l'équipement et des lances appropriés et vers une stratégie de lutte contre l'incendie efficace qui doit être adoptée pour compléter les techniques. Dans des 'vraies' situations de feu il est difficile à réaliser l'application 'parfaite' et un peu d'eau peut frapper les surfaces chaudes dans le compartiment. Néanmoins, les opérateurs du jet devraient essayer de réaliser un rapport de refroidissement de 2 à 1, en faveur des gaz chauds sur les surfaces, pour empêcher que l'application se transforme en attaque 'indirecte'. De telles applications exigent un angle de cône entre 40 - 60 degrés et ceci devrait être appliqué à environ un angle de 45 degrés avec le plancher. Dans l'obscurité d'une salle enfumée, il peut être difficile réaliser une telle précision. Cependant, des lances modernes sont maintenant souvent équipées de sélecteurs qui peuvent informer l'opérateur du jet quand le cône idéale est réalisée dans des situations 'sans visibilité'.
48. Certaines méthodes d'enseignement demandent de réaliser un modèle de brouillard qui heurte un diamètre extérieur d'un mètre carré du compartiment. C'est erroné! Premièrement, le concept entier des applications du l'eau-brouillard 3D doit éviter le contact des surfaces - et deuxièmement, dans le compartiment classé moyen un tel effet exigerait un cône-angle de 20 degrés. Cet angle de 'modèle de jet' réaliserait seulement une zone tridimensionnelle de juste plus d'un mètre cube par opposition aux 7 m cube du cône de 40 degrés et aux 16 m

cube du cône de 60 degrés! Le terme 'tridimensionnel' suggère que de telles applications soient mesurées dans des capacités cubiques, donc, on peut voir que les angles de cône en-dessous de 40 degrés ne réalisent pas l'effet optimum de refroidissement en phase gazeuse. En plus, plus le cône est étroit plus d'air est entraîné !

49. En termes d'angle d'application - dans une salle standard de taille de 50 m³ - l'opérateur du jet devrait **essayer de viser le centre du coin lointain de la salle où le plafond rencontre les murs**. Ceci placera le noyau de jet approximativement à un angle de 45 degrés avec le plancher. Cet angle réduira la quantité d'eau frappant les murs et le plafond et optimisera l'application en plaçant la majorité de gouttelettes de l'eau dans le cône directement dans les gaz. L'action 'de pulsation' du jet est créée par des mouvements 'marche-arrêt' rapides du levier de commande. Ceci est réalisé avec une certaine pratique et quelques lances sont davantage adaptées à cette action que d'autres. Dans le meilleur des cas, les différentes 'impulsions devraient durer entre 0,1 - 0,5 d'une seconde et placeront une gamme fine des gouttelettes d'eau les gaz pendant quelques brèves secondes.
50. Pendant que les impulsions du jet d'eau s'évaporent, le secteur devient 'embrumé' avec de la vapeur d'eau, mais ceci se produit sous la commande stricte de l'opérateur qui, avec l'expérience, apprendra à appliquer les impulsions à l'effet optimal. Tout mouvement 'de balayage' du jet est susceptible de déranger l'équilibre thermique dans le compartiment et pousse la chaleur vers le bas, vers les parties inférieures de la salle occupée par l'équipage de lutte contre l'incendie, et des éclats continus de plus d'une seconde peuvent causer un effet de 'piston' 'de poussée' au feu, vers des secteurs non-incendiés, des espaces de toit etc.
51. La technique de l'application tridimensionnelle du brouillard d'eau est souvent nommée '**hole punching**' '**faire des trous**', car l'opérateur du jet essaye 'de perforer' la couche des gaz du feu par de brèves injections des gouttelettes d'eau. Cet effet fera refroidir et contracter et créer dans les gaz un effet de neutralisation.
52. Une étude par le département de feu du comté de Fairfax dans 1985 a comparé les possibilités de refroidissement des jets concentrés contre

des jets diffusés et directs des lance. Utilisant des thermocouples protégés ils ont noté que le jet des lances utilisé en forme de brouillard était trois fois plus efficace en refroidissant les gaz du feu. Peut-être légèrement étonnamment le jet droit de la lance de combinaison était également deux fois plus efficace en refroidissant le feu. Les sapeurs-pompier impliqués dans les essais ont été convaincus. Ils n'utiliseront plus que des lances de combinaison au départ pour n'importe quelle opération de lutte contre l'incendie intérieure, s'appuyant sur leur versatilité.

53. En 1994 le laboratoire naval de recherches des USA a mené une étude, à bord d'un bateau d'essai de feu, pour déterminer les avantages et les inconvénients d'employer l'approche tridimensionnelle par rapport à une attaque droite plus traditionnelle de jet pour éteindre un feu croissant. Le feu se propageait dans les confins d'un compartiment de 73 mètre cube. La charge de carburant consistait des huches en bois et de panneau de particules, enrichie par le n-heptane. Pour fournir davantage de réalisme des obstructions ont été placées entre les sources de feu et le point d'entrée du compartiment en feu. Ceci a forcé les équipes d'attaque à avancer dans le compartiment avant qu'un coup direct à la base des flammes pouvait être réalisé. Un ligne de 38mm a été employé avec un débit de 360 L/min pour l'attaque avec le brouillard d'eau et de même pour des attaques de jet droit. Le brouillard d'eau était pulsé dans des éclats courts dans des cônes de 60 degrés, appliqué vers le haut à un angle de 45 degrés. Après avoir éteint la combustion gazeuse, les sapeurs-pompier avançaient vers la base du feu pour accomplir l'extinction employant un jet direct. Les thermocouples à de divers niveaux ont enregistré les températures pendant tous les essais et l'utilisation totale de l'eau a été notée.
54. Il est apparu clairement que l'application tridimensionnelle de brouillard d'eau était plus efficace en commandant les conditions environnementales, l'équilibre thermique est demeuré sans changement et la production de vapeur était minimale. En comparaison, les attaques droites de jet ont créé une vapeur excessive, perturbant l'équilibre thermique et faisant subir des brûlures les porte lances, les forçant parfois à battre en retraite du compartiment. La réduction des températures du compartiment étaient également plus rapides avec la tacti-

que de pulsation utilisant un brouillard-modèle. Le rapport concluait que la stratégie tridimensionnelle d'attaque de brouillard d'eau est la meilleure méthode pour maintenir un environnement sûr et une approche efficace au feu dans le compartiment impliqué, si un accès direct au siège d'un feu ne peut pas être faite.

55. Ce compte a été présenté par l'auteur à une convention de chefs de pompier Irlandais en 1998. Il représente une simulation structurale typique du feu à l'approche du flashover et démontre comment brouillard d'eau tridimensionnel peut être utilisé pour compléter la ventilation tactique ou les opérations de PPV.
56. *'pendant qu' on croulait dans la salle l'hurllement du feu m' inquiétais légèrement. La fumée épaisse s'encaissait vers le bas et plaçait l' 'interface'(fumée-air) à environ 4 pieds (1m) du niveau de plancher et la chaleur rayonnant du plafond pourrait clairement être sentie par les couches substantielles de nos vêtements de protection. J'ai regardé directement au-dessus de notre position, dans l'obscurité de la fumée, et ai noté quelques langues jaunes de flamme roulant le plafond, se détachant du foyer principal qui flambait dans l'autre coin du compartiment. Nous avons avancé environ 4 pieds (1 m) dans la salle quand je prenais pour la lance et déchargeais une pulsation brève de brouillard d'eau dans les couches supérieures, au-dessus de nos têtes. Il n'y avait aucune retombée d'eau et une série de bruits 'claquant' suggéraient que le brouillard avait fait son travail 'dans les couches surchauffées de gaz. Les langues de flamme se sont dispersées pendant quelques brèves secondes avant de reprendre leur danse de 'serpent' vers le point d'accès ouvert (porte) situé derrière nous. "Arrêtez l'eau" Miguel criait par la radio. Pendant que nous avançons plus loin dans la salle je me suis rendu compte que j'avais une confiance la plus profonde dans cet homme.*
57. *La fumée a continué à s'accroître vers le bas, autour de nous, et j'ai observé avec crainte plusieurs 'ballons de poches' de gaz du feu prendre feu, chacun pendant un bref moment, devant mes yeux à environ trois pieds (90 cm) du plancher. Je pouvais sentir le moment du flashover s'approcher rapidement et j'ai instinctivement mis ma main sur la lance. "ATTENDEZ", Miguel criait - il a ri pendant qu'il donnait un coup de pied à la porte d'accès pour la fermer. Je me suis senti extrê-*

mement vulnérable mais puis, comme si éteint par un jet d'eau, le feu a soudainement perdu son 'hurlement' et les flammes qui roulaient dans le plume au-dessus ont dispersés complètement. Tout est devenu noir et la fumée se dirigeait encore plus près du plancher. Il y avait un silence paisible dans cette expérience sans visibilité qui a semblé tout d'un coup bien connue au 'sapeur-pompier' en moi. Miguel a pris la lance de mes mains et a déchargé plusieurs brèves 'pulsations brouillard d'eau, dans une direction générale, dans les parties supérieures de la salle. Encore, il n'y avait aucune retombée et vous pourriez presque sentir les particules minutieuses de l'eau se suspendant dans les couches inflammables surchauffées de gaz. La vapeur et l'humidité était négligeable et aucun mouvement d'air a été aperçu. Plus important encore, le rayonnement thermique avait diminué considérablement, réduisant la probabilité d'un flashover. Alors j'ai entendu la voix de Miguel sur la radio, réclamant une action tactique de ventilation extérieure et presque immédiatement la couche de fumée a commencé à se lever pendant que les sapeurs-pompiers dans la rue ouvraient la fenêtre menant à la salle. Le feu dans le coin de la salle est devenu visiblement plus actif et il a augmenté d'intensité, toutefois cette fois les langues de flamme dans la couche au plafond se dirigeaient vers la fenêtre ouverte et loin de notre position.

58. Miguel Basset était l'officier en chef des sapeurs-pompiers de Valencia en Espagne. Il était un homme pratique, qui avait appris beaucoup au sujet du feu et de son comportement dans de diverses conditions. Il avait 'joué' avec le feu pendant un certain nombre d'années, expérimentant à côté de son équipe de sapeurs-pompiers, poussant des paramètres de ventilation à leurs limites dans une tentative à mesurer leur effet sur la croissance du feu. Dans le noir de ce feu en maison de formation, Miguel m'a enseigné beaucoup au sujet de la contrôle du feu. Il avait clairement démontré, comment les sapeurs-pompiers peuvent utiliser des actions tactiques de ventilation pour attaquer le progrès d'un feu et cela simplement en fermant la porte d'accès ou en ouvrant une fenêtre à un niveau le plus élevé. De cette manière, vous pouvez éviter ou retarder une situation de backdraft ou de flashover. Il a également montré comment les sapeurs-pompiers peuvent réduire le

rayonnement thermique en renversant la direction de la plume d'un feu loin du point d'accès, comme décrit '.

■



XVIII. Stratégie et tactique des applications du l'Eau-Brouillard 3D

59. On voit que l'utilisation des techniques de refroidissement en phase gazeuse peut être efficace et réduit le risque. Ils complètent les aspects opérationnels liés à la ventilation tactique d'un feu ou à l'utilisation de la ventilation à pression positive (PPV). Comme avec n'importe quelle stratégie, il est important d'assurer que des communications radio sont établies et maintenues. **Les équipes à l'intérieur sont les seules en mesure à décider quand** et si les opérations de ventilation doivent débuter et leurs demandes sont passées au commandant des opérations de secours qui a la responsabilité finale pour lancer de telles actions. Les implications tactiques au sujet de l'utilisation du brouillard d'eau en 3D, sont lancées avant de gagner l'entrée à une structure impliquée par feu.
60. Dans le meilleur des cas, quand il y a assez d'hommes, une deuxième ligne de support (back-up) devrait être étendue pour fonctionner derrière la première ligne. En termes d'application, les sapeurs-pompiers européens ont fréquemment démontré des débits extrêmement bas en utilisant le brouillard en 3D avec un lance débite uniquement 100l/min. Cependant en conformité avec la pratique sûre un débit de minimum de 450 L/ min est recommandée pour une première ligne d'attaque dans un bâtiment.

XIX. Procédé d'ouverture et d'entrée

61. Avant que les sapeurs-pompiers accèdent à un compartiment en feu, ils doivent faire des 'pulsations' d'eau vers le haut, juste devant la porte d'entrée, juste une seconde avant d'ouvrir la porte. Dans un compartiment contiguë du feu, un vestibule ou un couloir, cette action peut empêcher les gaz surchauffés du feu à s'enflammer en sortant à l'air libre. Il y a toujours un danger à ce stade que les gaz

- s'enflamment pouvant de nouveau faire brûler les gaz du compartiment créant un effet de 'retour en arrière'.
62. L'application initiale du brouillard d'eau, d'un angle de cône de 60 degrés, en dehors du compartiment, doit empêcher ou éteindre n'importe quel 'retour en arrière' des flammes du point d'accès. Et puis on progresse par une brève série d'impulsions dans le flux d'air pendant qu'il entre dans le compartiment au-dessous de l'interface. Cette action transporte quelques gouttelettes d'eau vers la base du feu et peut avoir un effet de refroidissement immédiat et un effet d'étouffement près de la source des flammes.
 63. À ce stade les sapeurs-pompiers devraient avancer leur ligne d'attaque d'environ quatre pieds (1m) à l'intérieur de la porte du compartiment, avant qu'ils débutent avec une nouvelle série d'impulsions dans les gaz du feu. La première devrait être directement au-dessus de leurs têtes 'pour examiner' les conditions, recherchant tous les signes de 'retombées' et écoutant les bruits sautant pendant que les gouttelettes s'évaporent. Ceci est suivi immédiatement de la décharge 'pulsant' plus lointaine, en utilisant le principe d'angle d'application de 45 degrés, visant pour le coin lointain de la salle où le plafond rencontre les murs. La lance est dirigée en cercle dans l'air, refroidissant le maximum des gaz du feu mais évitant une action 'de balayage'.
 64. Le porte lance doit atteindre un équilibre fin entre la quantité de brouillard d'eau envoyée dans les couches de gaz et éviter le trempage au dessus des capacités de vaporisation de ces gaz (évitant que l'eau atteigne des surfaces chaudes, évitant des retombées). Une 'lecture' continue de la situation est nécessaire. L'équipe est alors en mesure d'avancer plus profond dans le compartiment, pulsant dans les couches des gaz pendant qu'elles disparaissent.
 65. Si une couche claire de visibilité existe au-dessous de l'interface, près du niveau de plancher, celle-ci devrait être maintenue en pulsant dans les gaz en évitant tout contact avec des surfaces chaudes. Cette couche claire peut alors être employée pour localiser le feu et les victimes qui gisent éventuellement au sol. En maintenant l'équilibre thermique de cette façon et en diluant les couches de gaz, le compartiment de-

viendra plus frais et la probabilité d'allumage des gaz de feu sera considérablement diminuée.

66. Quelques sapeurs-pompiers européens, particulièrement ceux de Suède, préfèrent fermer partiellement la porte de sortie derrière eux pendant qu'ils entrent, ils appellent ça « l'anti-ventilation ». La base pour une telle action est de maintenir faible l'arrivée d'air, limitant la quantité d'air alimentant le feu. Une telle stratégie fait froncer les sourcils de beaucoup de pompiers, particulièrement où un dispositif de restriction de fermeture de porte n'est pas utilisé. Un tel objet empêcherait au moins le blocage de la porte en position fermée si un backdraft se produisait et évite la possibilité que les lignes d'attaque deviennent coincées sous la porte. L'équipe à l'intérieure évaluera constamment les conditions dans le compartiment et tiendra compte de tout effet que la taille de l'ouverture (de la porte) a sur le développement du feu. Cette ouverture peut être agrandie ou réduite à n'importe quelle étape de l'opération de lutte contre l'incendie pour influencer des conditions telles que

1. La hauteur de la couche de fumée.
2. La quantité de la chaleur rayonnant vers le bas du plafond.
3. L'intensité du feu.
4. La direction de la langue de feu au niveau du plafond.
5. La température dans le compartiment.

67. Cependant, en fermant la porte d'accès la production et la retenue des gaz du feu est augmentée et les actions de pulsation d'eau deviennent extrêmement importantes pour rendre inerte l'atmosphère dans la chambre. Les avantages du maintien de l'arrivée d'air peuvent être vus dans ces températures de container, enregistrées pendant une simulation typique de formation – (aucune action de lutte contre l'incendie a été faite pendant cette expérience)

porte d'accès fermée- baisses de température

de 800° C à 600°C au plafond en 20 secondes

de 800° C à 400°C à 5 pieds (1,5m) de plancher en 20 secondes

de 600°C à 300°C à 3 pieds (90cm) de plancher en 20 secondes

ouvrent la porte d'accès – la température s'élève

400 °C à 800 °C à 5 pieds (1,5m) de plancher en 20 secondes

Fermer la porte de nouveau

baisse de 800°C à 450° C en 20 secondes

Le flux de chaleur radiante tombe à plusieurs reprises au-dessous du niveau critique (20 kw/m²) chaque fois que la porte est fermée - excédant ce niveau dans 20 secondes chaque fois la porte est ouverte - ceci influence directement la probabilité de flashover.

68. Dans son livre, David Birk décrit un modèle informatique d'un 'vrai' feu dans une salle d'hôtel et il étudie les effets variables que les différentes ouvertures de porte d'accès ont sur la croissance et le développement du feu. Avec le feu initial limité à une chaise brûlante il décrit le grand effet l'ouverture de la porte à sur le temps pour atteindre le flashover

porte ouverte de 90 cm – flashover en 2,38 minutes

porte ouverte de 30 cm – flashover en 2,82 minutes

porte ouverte de 15 cm – flashover en 4,28 minutes

porte ouverte de 7,5 cm – flashover en 6,97 minutes

porte fermée - flashover ne se réalise pas

On doit également noter que la couche chaude, qui se mesurait à 1 m du sol avec une porte fermée se lève à 1,7m avec une porte ouverte de 90 cm.

XX. Observer le comportement du feu

69. Le porte lance doit observer les conditions des gaz de très près pour s'assurer qu'il n'y a aucun potentiel d'allumage des gaz de combustion. Les couches chaudes devraient être évaluées pour observer des signes de flammes dans ses couches car il s'agit d'un signe de flashover imminents. Plus bas l'existence de ballons de feu (poches de gaz du feu inflammable, pré mélangées avec l'air), enflamment brièvement à environ 2 ou 3 pieds (60-90 cm) du plancher, est un autre avertissement d'un flashover imminent.

70. Les signes d'un mouvement d'air rapide au-dessous de l'interface est un signal sûr, quittez derrière un jet d'eau pulsant car un backdraft peut se produire dans des secondes qui viennent. Le sapeur-pompier devrait également rechercher la fumée qui s'enroule sur elle-même, en particulier de la fumée noire, ceci peut parfois être notée près de l'entrée car c'est un autre avertissement de 'backdraft'. Un autre exemple d'une condition dangereuse est la présence de flammes bleues – elles peuvent également servir d'indicateur de backdraft. Là où la visibilité est impossible cause de fumée épaisse, le sapeur-pompier doit compter sur ses sens - une augmentation soudaine de la température du compartiment, forçant le sapeur-pompier à s'agenouiller, est un signe sûr d'un flashover imminent.



XXI. Suppression de la combustion et d'explosion des gaz de feu.

70. La notion que des applications tridimensionnelles de brouillard d'eau peuvent être employées pour supprimer ou éteindre les atmosphères inflammables est bien fondée. Cependant, la recherche scientifique jusqu'ici s'est concentrée sur des installations fixes et suggère que les vapeurs extrêmement légères sont nécessaires pour atténuer ou empêcher les effets d'une flamme qui se propage dans un mélange de gaz et d'air. Diverses épreuves et essais ont été effectués pour la suppression d'explosion de tous les types de gaz inflammables et de vapeurs liquides où les brumes extrêmement fines ont, avec succès, arrêté la propagation des flammes et ils ont rendu inerte ou dilué l'atmosphère d'une telle manière qu'une combustion ne pouvait plus avoir lieu. Le rapport du FRDG prit note à plusieurs reprises de ces études et informe que des tailles de gouttelettes en-dessous de 100 microns (0.1mm) peuvent être employées pour réaliser une suppression adéquate. En termes de lances de lutte contre l'incendie, de telles gouttelettes fines n'existeront pas dans le cône pendant l'application 'moyenne', mais on suggère que les lances produisant des gouttelettes dans la marge de 0,3 millimètres sont aussi capable éteindre et d'inertiser les couches inflammables de gaz. Si un allumage de la couche de gaz se produisait alors on suggère que la dissolution de gouttelette du jet, comme brouillard, servira à atténuer les effets explosifs.
71. Tandis que davantage de recherches est exigée dans ce secteur en termes d'efficacité des pulvérisateurs de lutte contre l'incendie on accepte généralement qu'une constante application 'de pulsation' des gouttelettes d'eau, suspendue dans les couches supérieure d'un compartiment surchauffé par le feu, réduira la probabilité de combustion gazeuse et augmentera considérablement les paramètres de survie des sapeurs-pompiers occupant l'espace.

XXII. Refroidissement et eau-Brouillard 3D gazeux en feux élevés.

72. Les étages modernes de bureaux sont un dispositif commun des gratte-ciels et apportent des difficultés aux sapeurs-pompiers. Le grand terrain ouvert fournit une abondance d'air pour alimenter n'importe quel feu et l'ameublement moderne de bureau présente une source de carburant avec un potentiel calorifique élevé (Heat Release Rate). Ces faits, ajoutés à une réponse retardée à l'étage du feu, entraînent que des sapeurs-pompiers sont souvent confrontés à une situation chaude et pleine de fumées, en particulier si des installations fixes contre le feu ne sont pas installées.
73. Le feu peut approcher du flashover et la conception des postes de travail divisés, peut présenter aux sapeurs-pompiers une vue des flammes au niveau élevé, mais empêchera un coup direct à la source à moins qu'elle soit très près. Cette situation permettra une couche fortement inflammable de gaz du feu de s'accumuler au niveau du plafond, ou dans l'espace, à travers l'étendue entière de l'étage en feu! Quand de telles surfaces d'étages sont susceptibles d'excéder 5.500 m³, l'ampleur du problème peut être clairement appréhendée. Un facteur gênant pour réussir une attaque feu dans de telles circonstances est la disponibilité d'eau sur les étages supérieurs d'un tel bâtiment.
74. On peut voir que les débits prescrits par le NFPA de 33 gal/min (150l/min) par 30 mètres cubiques est rarement, si jamais, réalisé pendant les opérations de lutte contre l'incendie. En effet, les sapeurs-pompiers doivent généralement faire face avec des débits de 10% inférieurs par rapport aux conditions 'normales' et ils doivent encore éteindre le feu!
75. Un exemple assez récent d'un tel feu s'est produit en 1992 où le septième étage d'une tour de bureau de 70 mètres (12 étages) à Los Angeles était impliquée. Le feu, qui a commencé dans un poste de travail, a impliqué la majeure partie des 11.200 m³ du 7ème étage. A l'arrivée, aux environs de 10H05, les sapeurs-pompiers de LAFD ont noté des

flammes jaillir de deux fenêtres au septième niveau. Le bâtiment lui-même se trouvait à quelques blocs de la tour de l'Interstate Bank - la scène d'un feu important en 1988. A l'étage en feu, le capitaine Don Austin du camion 3 dit que son équipage a rencontré des conditions très difficiles aggravées par la fumée qui s'étendait jusqu'au plancher, mais à des températures modérées. Les sapeurs-pompiers de LAFD ont avancé leur ligne d'attaque de 50mm, équipé d'une lance automatique, d'environ sept mètres quand ils ont observé une lumière orange chaude droit devant. Bien qu'ils aient essayé de frapper le feu, la ligne de 50mm a semblé n'avoir aucun effet sur les flammes. Soixante secondes après l'ouverture du jet, le feu s'est propagé à travers le plafond et l'équipe a été emprisonnée par les flammes au-dessus et derrière eux. Austin et son équipage, leurs casques fondant de la chaleur, sont parvenus à ramper de nouveau vers la 'sécurité' du palier. À ce moment, du côté nord du bâtiment, l'étage entier s'est mis à brûler, des flammes poussaient de chacune des vingt fenêtres du 7èmes étage de ce côté du bâtiment. Le feu, par la suite, a été maîtrisé par les 263 sapeurs-pompiers sur les lieux dans un délai d'une heure et dix-neuf minutes.

76. Un rapport récent de l'USFA passe en revue la tactique de lutte contre l'incendie en IGH a mentionné certains des problèmes rencontrés par des sapeurs-pompiers, en particulier en termes de pression et de débits présent aux niveaux supérieurs. Les conditions de pre-1993 NFPA avaient prévu que des lances classique directes reliés à une ligne d'attaque de 68mm seraient employées pour des telles opérations et 4,5 bar était demandée comme une pression minimale en sortie de colonnes. Le NFPA a mis à jour cette condition en 1993 et a augmenté la pression minimum de sortie à 7 bar, mais le rapport de l'USFA a conseillé des départements de feu qu'ils devraient se préparer aux situations où une attaque sur un feu élevé est faite dans des conditions de basse pression. Ceci peut se produire dans les bâtiments pre-1993 ou où les systèmes de colonne ou les valves de réduction de pression ne fonctionnent pas correctement. Parmi leurs recommandations, le USFA a suggéré que les lignes d'attaque devraient se composer des 50mm minimum diamètre et être équipées de lances spéciales qui peuvent combiner les avantages du brouillard et le jet directe. Tels lan-

ces sont conçues pour fournir leur débit optimal avec 5 bar (brouillard) et à 3,5 bar (jet droit).

77. Un bâtiment élevé, par définition, signifie plus de dix étages bien que la majorité de bâtiments 'élevés' soient autour de cette taille. Le facteur principal par rapport au choix de lance est : 'sortez et examinez vos approvisionnements et pressions à tous les niveaux en ces structures'. Seulement alors vous pourrez décider du choix de la taille de lance et du tuyau car chaque situation peut être différente. Cependant, l'expérience a prouvé que l'équipement doit toujours refléter le plus mauvais scénario - et aux niveaux supérieurs d'un bâtiment haut, ceci peut signifier de basses pressions d'eau et un approvisionnement en eau insatisfaisant.



XXIII. Les additifs de l'eau et les développements des systèmes de mousse à air comprimé (CAFS)

78. L'utilisation des additifs d'eau et des systèmes de mousse à air comprimé (CAFS) ont démontré que l'utilisation d'eau peut être améliorée. On peut en déduire que si on emploie de la mousse de classe A en brouillard d'eau 3D les gouttes seraient plus petites (moins de tension de surface) et donc leur effet de refroidissement serait plus important. En terme de CAFS, son utilisation permet d'attaquer un feu de l'extérieur du bâtiment. L'application de CAFS en brouillard par contre à comme effet que la lance arrache l'air du jet et le rends comparable à un jet de brouillard d'une lance avec de la mousse classe-A.
79. L'avantage du CAFS est donc lié a l'application en jet concentré, il a une porté accrue qui permet de attaquer un feu post-flashover d'une distance importante et ainsi diminue les dangers pour les sapeurs-pompier. Le CAFS ne refroidira pas les gaz du feu (on ne met pas une couche de mousse sur de la fumée) et donc ne protège en aucun cas des pompier qui font une attaque intérieure.



XXIV. Formation dans les systèmes de conteneur de feu, Le 'tunnel' suédois

80. Le 'simulateur de flashover' suédois est une unité de formation conçue par l'office national suédois de survie en 1986, suivant des épreuves et de l'expérimentation effectuées plus tôt par des sapeurs-pompier à Stockholm. Il y a maintenant plusieurs versions du système mais les plupart sont basées sur le modèle original des conteneurs d'expédition en acier reliés ensemble pour former des modules de brûlure et d'observation. Le module de brûlure est garni des panneaux de particules, de demi-pouce (16-18mm) et un petit feu en bois est mis à feu, permettant l'accumulation des quantités énormes de gaz inflammables avant qu'ils se mettent à feu dans des simulations répétées. Ceci permet à des sapeurs-pompier d'observer les étapes de la croissance et du développement d'un feu; la formation des couches inflammables de gaz; de voir les 'rolls-overs' du feu dans les couches de gaz et de voir les allumages des gaz eux-mêmes. Les effets sont assez dramatiques avec des taux de rejets de chaleur approchant les 3MW mais des contrôles rigoureux de sécurité assurent que le danger pour les sapeurs-pompier est réduit au minimum.
81. C'est une manière efficace pour apprendre aux sapeurs-pompier de telles conditions de feu avec un élément de contrôle, de sécurité. Ils apprennent à 'lire' un feu et sont témoins des effets des allumages des gaz de combustion. Tandis que le flashover crée n'est pas un flashover réel dans la plus large définition, il présente certainement assez réellement les conditions les plus graves du feu.
82. Le sapeur-pompier et ses vêtements de protection sont examinés à la limite ! Dans le conteneur on enseigne aux sapeurs-pompier non seulement à identifier les dangers du feu, mais également comment aborder des situations de pré- et post-flashover et de backdraft. Les procédures sont reliées au refroidissement en phase gazeux et l'application du brouillard d'eau en 3D est pratiquée à plusieurs reprises jusqu'à ce que les opérateurs deviennent efficaces dans l'utilisation des diamètres

du cône; les angles d'application et la technique de pulsation du jet. Cependant, il est important d'observer un code strict de sécurité avec une attention particulière prêtée à ce qui suit:

- (a) En plus de lignes en service dans le conteneur, une ligne additionnelle devrait être prête, alimentée séparément et équipée en dehors du système.
- (b) Les qualités protectrices thermiques de l'habit moderne, ont créés une situation où le sapeur-pompier est parfois ignorant des niveaux de chaleur. Beaucoup de travail a été effectué dans ce secteur et les fabricants ont proposé de diverses idées comprenant les affichages récepteurs dans les masques de respiration et des alarmes sonores établies dans les unités de détresse pour avertir des sapeurs-pompiers des changements soudains de la température et des conditions. Le 'Smartcoat' est un exemple où les sondes surveillent la température à l'intérieure du manteau, avertissant le sapeur-pompier quand une température de 65 degrés C. est atteinte dans le revêtement de protection. Ceci est basé sur le fait que la peau humaine souffrira des brûlures de 1^{er} degré quand elle atteint 48 deg. C, de 2^{ème} degré si elle atteint 55 deg. C, et de 3^{ème} degré si la température de peau atteint une valeur réelle de 65 degrés C. En termes réelles, la peau doit être soumis à 71 degrés C. pendant 60 secondes; ou à 82 degrés C. pendant 30 secondes; ou à 100 deg. C. pendant 15 secondes pour recevoir des brûlures de 2^{ème} degré. Dans le conteneur on entend des systèmes d' alarmes sonner, vous donnant approximativement 30 secondes avant que des brûlures sont normalement infligées!
- (c) Tous les sapeurs-pompiers s'exerçant dans le système devraient être étroitement surveillés pendant les simulations et pour au moins 15 minutes après, pour rechercher des signes d'épuisement dû à la chaleur. Tous les sapeurs-pompiers devraient être hydratés avant, et après les simulations.

XXV. Conclusion.

83. La suspension de gouttelettes d'eau directement dans les gaz du feu au-dessus des têtes, est la mesure la plus efficace que un sapeur-pompier peut prendre pendant son approche de la source du feu. Cette application, pour être efficace doit être d'une grande précision et d'une grande adresse de commande du jet d'eau. Il exige la formation régulière et la fourniture d'équipement approprié afin de réaliser des résultats optimaux.
84. Les sapeurs-pompiers du nouveau millénaire réaliseront bientôt qu'il y qu'une méthode pour traiter efficacement les risques liés aux flashover, aux backdrafts et aux allumages de gaz de combustion - et c'est celle de les empêcher en premier lieu!

