

Gas cooling (refroidissement de la fumée) : une nouvelle approche

En Août 2012, j'ai participé aux cours sur le comportement du feu au MSB (Sécurité Civile Suédoise) à Revinge en Suède. Durant ces cours, beaucoup de sujets concernaient la lutte contre les incendies en intérieure. Un sujet des sujets de cette formation à particulièrement attiré mon attention : la technique de refroidissement de la fumée (technique 3D) en cas d'incendie en intérieur. En Septembre 2012 trois stages ont été organisés au centre de formation du PIVO à Vlaams Brabant dans le cadre de la formation des instructeurs CFBT pour la mise en œuvre de container T-Cell. L'instructeur australien John McDonough était présent pour donner son point de vue sur la question du refroidissement des gaz. Les deux pays (Suède et Australie) ont pris le refroidissement du gaz à un niveau supérieur par rapport à la Belgique. Cet article va tenter d'expliquer ces nouveaux développements.

1 Les incendie en phase de croissance

1.1 Où se situe le problème ?

Actuellement, lors de la formation de base des pompiers, beaucoup de temps et d'attention sont consacrées au refroidissement de la fumée. Après tout, les pompiers entrant dans un compartiment rempli de fumée prennent des risques. Il est possible que la fumée s'enflamme. Cela peut être lié à un Flashover, un Flashover induit par la ventilation, un Backdraft, ... Durant la phase de croissance de l'incendie, deux zones peuvent être distinguées. Contre le plafond, une couche de fumée a été formée. Cette couche de fumée va devenir de plus en plus épaisse, chaude et dense au fur et à mesure de la phase de croissance. Sous cette couche, une zone contenant de l'air relativement frais existe. Cet air est à une température qui ne diffère pas tellement de la température extérieure. A l'intérieur de la couche de fumée, la visibilité est pratiquement nulle, alors qu'en dessous, elle reste correcte. En utilisant la technique 3D, les pompiers sont capables de refroidir les gaz issus de la combustion. Mis à part cela, ils sont également en mesure de maintenir la distinction entre les deux couches, ce qui signifie qu'ils conservent également une bonne visibilité en dessous de la couche de fumée.

1.2 Application de la technique 3D

Lors de l'application de la technique 3D, l'eau est dirigée dans la couche de fumée sous la forme d'impulsions (voir [2] et [3]). A la lance, le cône du jet d'eau est réglé à un angle allant de 40 à 60 °. L'angle de la lance par rapport au sol doit idéalement être de 45 ° ou plus. L'idée est que l'opérateur à la lance produise plusieurs impulsions très courtes à différents endroits dans la couche de fumée, afin de couvrir toute la largeur de la pièce à traiter (voir figure 1.1 et la figure 1.2). Les figures 1.1 et 1.2 représentent chacun une série de trois impulsions. En réalité, le nombre d'impulsions doit être ajusté en fonction de la largeur de la pièce. L'eau de l'impulsion doit normalement s'évaporer à l'intérieur de la couche de fumée. En réalité, cependant, une partie de l'eau va finir contre les murs et / ou le plafond et s'évaporer à ces endroits. Un opérateur de lance ainsi formé sera

en mesure d'obtenir l'évaporation de la majorité de l'eau à l'intérieur de la couche de fumée.

1.3 Avantage de la technique 3D

Cette forme de refroidissement de la fumée a un double effet. Tout d'abord, l'eau nécessite de l'énergie pour s'échauffer puis s'évaporer. La vapeur ainsi formée va ensuite poursuivre son échauffement. Au niveau de cette vaporisation, un équilibre doit être atteint entre la température de la fumée refroidi et la température de la vapeur. Les lecteurs intéressés pour en savoir plus sur ce processus particulier sont invités à consulter la documentation existante dans la bibliographie (voir [4] p. 151 et plus loin et [3] chapitre 2). L'énergie nécessaire à la transformation de l'eau en vapeur d'eau est retirée à la couche de fumée. Une couche de fumée qui a été refroidi, aura moins de chance de s'enflammer. De même, la chaleur rayonnée par la couche de fumée sur les objets situés en dessous (tables, chaises, canapés, armoires, ...) va également diminuer. Cela conduit à une réduction du risque à l'embrassement général.

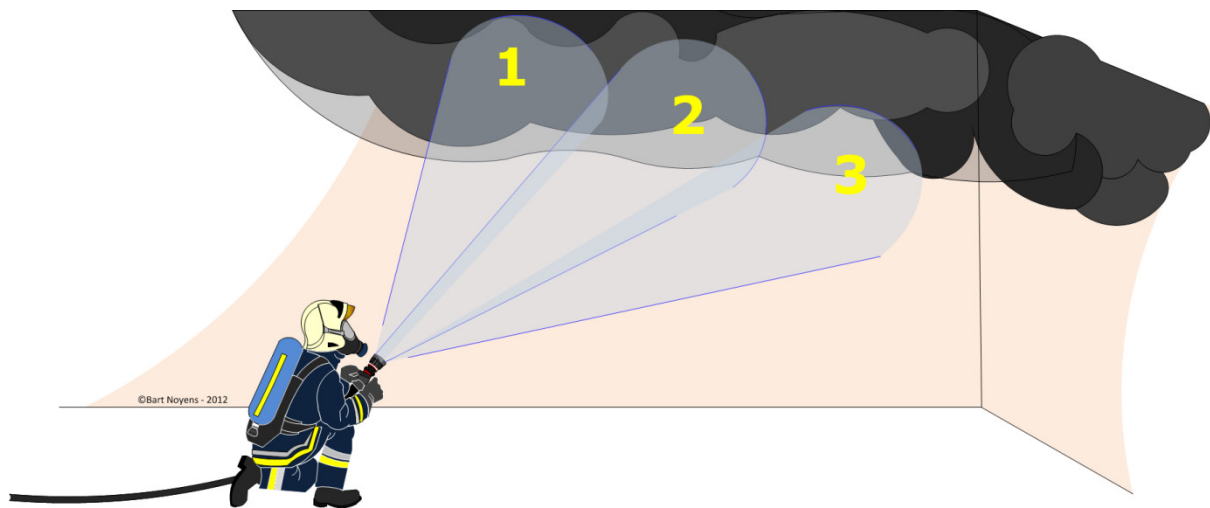


Figure 1.1 L'opérateur à la lance est en train de refroidir la fumée dans la couche de fumée lors d'un incendie en phase de croissance. Pour cela, il pratique une série d'impulsions courtes orientées dans la couche de fumée. La première impulsion est dirigée vers la gauche, le second au milieu et le troisième à droite. (Image: Bart Noyens)

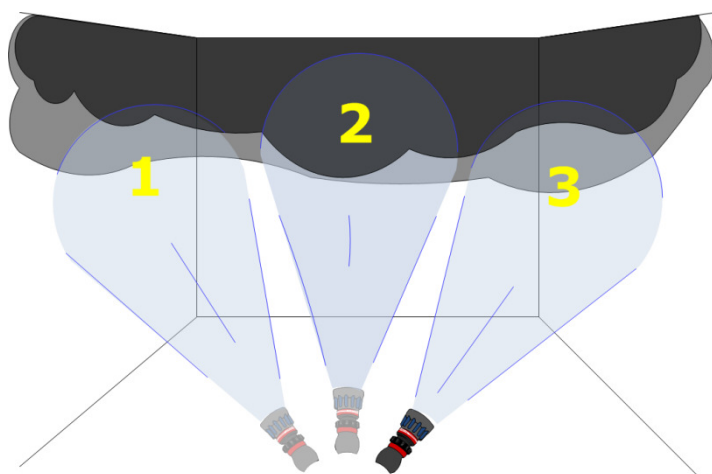


Figure 1.2 La technique 3D vue par l'opérateur de lance. (Image: Bart Noyens)

Une seconde façon par laquelle la technique 3D améliore les conditions de lutte contre l'incendie est liée au fait que la vapeur d'eau reste présente au sein même de la couche de fumée. Lorsque les gouttelettes d'eau s'évaporent, un grand volume de vapeur d'eau est créé. En même temps, le volume de la couche de fumée va diminuer. Un mélange entre le gaz inflammable et de la vapeur se forme. Contrairement aux gaz issus de la combustion, la vapeur

est ininflammable. Il en résulte une diminution de l'inflammabilité de la couche de fumée. C'est ce qu'on appelle « l'inertage ».

Les impulsions nécessite d'utiliser une faible quantité d'eau. Seuls un ou deux litres par impulsions suffit. Le fait d'utiliser une lance alimentée en haute ou en basse pression n'a pas vraiment d'importance. Lorsque les deux lances sont réglées pour fournir un débit de 150 à 200 litres, l'effet sera le même. Cette technique de lutte contre les incendies limites l'ampleur des dégâts collatéraux pouvant être causés par une utilisation excessive d'eau. Deuxièmement, la réserve en eau au niveau de l'engin pompe reste disponible pour l'extinction du foyer.

Enfin et ce n'est pas rien, il est important de préciser que la technique de lutte contre l'incendie 3D maintient également la « stabilité » de la couche de fumée. Après l'application de la technique, deux zones distinctes resteront toujours présentes. Une zone chaude, opaque, rempli de fumée restera en partie haute. En dessous, une zone « fraîche », constituée d'air frais avec une bonne visibilité sera toujours présente. Si l'on devait utiliser un jet continu, au lieu des impulsions, la couche de fumée serait complètement perturbée. Les deux zones distinctes seraient alors mélangées. Cela conduirait à la détérioration des conditions pour les pompiers. La température en partie basse du local augmenterait. La visibilité serait perdu ainsi et ce n'est pas négligeable, les chances de survie pour toutes les victimes qui se trouveraient dans la pièce diminueraient considérablement.

1.4 L'impulsion long (long pulse)

Presque à chaque fois que l'on instruit la technique 3D, il est question des impulsions courtes. Ces impulsions résultent d'une quantité limitée d'eau dirigées au sein de la couche de fumée afin qu'elles s'évaporent. C'est un moyen très efficace de permettre la progression en toute sécurité dans les opérations de lutte contre les incendies intérieurs durant des incendies en phase de croissance. La capacité de refroidissement de cette technique est cependant assez limitée. L'Officier australien John McDonough indique très justement que l'utilisation d'impulsions courtes ne sera pas efficace, par exemple, sur une progression en couloir, vers un feu de chambre entièrement développé. Même si une grande partie de l'énergie s'évacuera par la fenêtre, une partie des gaz issus de la combustion se déplaceront dans le couloir. Il est impossible d'absorber une telle quantité d'énergie en utilisant des impulsions courtes. En Australie, en dehors de l'impulsion courte, l'utilisation de l'impulsion longue est également préconisée.

Lors de l'exécution d'une impulsion longue, plusieurs modifications sont apportées par rapport à l'impulsion courte (technique 3D). L'angle formé entre la lance et le sol est réduite à environ 30°. De même, l'angle de pulvérisation du spray d'eau est réduit à 30° (voir figure 1.3 et 1.4). Le temps d'application (ouverture/fermeture) s'effectue le plus rapidement possible pour une impulsion courte. Pour l'impulsion longue, la lance est d'abord ouverte rapidement puis, après 2 secondes elle est refermée lentement. Cela permet l'utilisation d'une quantité d'eau plus importante. Mis à part que la zone de refroidissement sera plus longue. Cela permettra à l'opérateur de la lance de refroidir les fumées chaudes à une plus grande distance. Si les fumées sont très chaudes, l'impulsion longue permettra d'obtenir un meilleur résultat que l'impulsion courte. Les impulsions courtes entraîneront de l'eau qui sera totalement évaporé peu de temps après la sortie

de la lance. Dans le cas de fumées très chaudes s'écoulant dans un couloir ou dans un compartiment, l'impulsion longue permet d'améliorer la sécurité dans ces situations.



Figure 1.3 & 1.4 L'image de gauche montre une impulsion courte (short pulse). L'angle de la lance par rapport au sol est de 45°. L'angle de distribution du spray d'eau est compris entre 40° et 60°. La photo de droite montre une impulsion longue (long pulse). L'angle entre la lance et le niveau du sol est d'environ 30 ° et l'angle du cône de distribution est également de 30 °. (Photos: Geert Vandamme)

2 Feux sous-ventilés

2.1 A quoi correspond exactement un feu sous-ventilé ?

En raison du changement des modes de construction (plus isolés et surtout plus étanches à l'air) les pompiers sont de plus en plus confrontés à des incendies sous-ventilés.

"Un incendie sous-ventilé est un incendie qui est devenu contrôlé par la ventilation avant le Flashover"

Ces types de feux sont caractérisés par une déficience en d'oxygène. Dans les nouveaux bâtiments, très peu de fuites d'air existent. Cela signifie qu'une très petite quantité de l'air frais va entrer dans le bâtiment lorsque la porte et les fenêtres restent fermées. Par conséquent, le développement de l'incendie s'arrête du fait du manque d'oxygène. Lorsque le développement du feu s'arrête avant que le Flashover ait eu lieu, alors nous avons à faire face à un feu sous-ventilé. A partir de là, l'évolution de la situation dépendra des caractéristiques de l'immeuble. Si une fenêtre casse, l'air frais circulera à nouveau en direction du foyer. Cela permettra au feu de se développer à nouveau. Il pourra en résulter un Flashover induit par la ventilation.

La plupart du temps, les équipes de pompiers arrivent sur les lieux et trouvent un immeuble de plusieurs pièces complètement remplis de fumée. La fumée s'échappe par les fissures, les interstices. Ces types de feux sont très fumigènes avec peu ou pas de flammes. A l'instant où les pompiers ouvrent la porte de la pièce, un écoulement à double couches se manifeste. En partie haute, la fumée s'échappe alors qu'en partie basse, l'air frais entre. Les feux fortement sous-ventilé créé même un effet de tunnel. Un tunnel de l'air frais est aspiré alors que tout le reste de l'ouverture de la porte est utilisée pour faire sortir la fumée.

2.2 Les risques

Les recherches effectués par Steve Kerber (UL) nous montrent qu'un feu sous-ventilé dans une maison de plain pied (sans étage) se développe en Flashover induit par la ventilation en environ 80 secondes. Un incendie sous-ventilé dans une maison composée de deux niveaux prend 160 secondes pour atteindre ce phénomène (voir [5]). Il est imprudent de considérer ces délais comme étant des temps exacts d'occurrence du phénomène. Le temps nécessaire au Flashover dépend de la configuration de la maison elle-même, de la localisation du foyer de l'incendie et de l'emplacement des entrées et sorties d'air. Ces chiffres indiquent que les choses peuvent devenir hors de contrôle très rapidement lors de la ventilation d'un feu sous-ventilé.

Souvent, la chaîne d'événements suivant se produit. L'équipage arrive sur un feu sous-ventilé. Les pompiers ouvrent la porte ou la force pour entrer et initier une attaque du feu par l'intérieur. Cela provoque une entrée d'air frais dans le local. La puissance de feu augmentera. Il peut très bien arriver que la vitesse de reprise du feu soit plus rapide que celle des intervenants pour trouver le foyer de l'incendie. Dans ce cas, ils seront obligés de sortir et le feu se développera en Flashover induit par la ventilation. Beaucoup d'études de cas existent où les pompiers témoignent de l'apparition soudaine de flammes tout autour d'eux alors qu'ils avançaient dans un compartiment rempli de fumée. Ces pompiers ont dû littéralement ramper pour leur survie. Certains d'entre eux ont dû sauter par les fenêtres pour s'en sortir. Pour ces pompiers ce fût une surprise que le feu progresse si soudainement et rapidement. Ce genre d'incendie, ne devrait toutefois pas être une surprise pour les pompiers. Lorsque l'air est fourni à un feu sous-ventilé, la puissance de feu augmentera. Si l'eau n'est pas appliquée sur le siège de l'incendie, un Flashover induit par la ventilation se produira.

2.3 Solutions

Tout comme c'est le cas pour les feux en phase de croissance, une solution peut être trouvée par le refroidissement de la fumée. Le refroidissement de la fumée absorbera l'énergie et en même temps inerte en ajoutant de la vapeur. En faisant cela, on peut dire que «le temps ajouté est acheté». Le développement de l'incendie est ralenti de sorte que l'équipe d'incendie a un laps de temps plus important pour faire son travail. Tant que l'eau n'est pas appliquée sur le foyer de l'incendie, la situation demeurera très dangereuse.

La technique 3D n'est pas très adaptée pour ce type de situations. Le but de la technique 3D est de placer de petites quantités d'eau au sein même de la couche de fumée, afin de conserver sa stabilité et d'éviter la projection d'eau sur les murs ou surfaces chaudes. Lorsqu'il s'agit d'un feu sous-ventilé il n'y a plus de zones séparées. La couche de fumée a atteint le niveau du sol et la pièce est complètement remplie de fumée. Les pompiers n'ont plus trop besoin de se préoccuper des « problèmes » de dégâts d'eau. La fumée a fait en sorte que chaque surface doit être repeinte.

Pour autant, cela ne veut pas dire qu'il faut utiliser une quantité excessive d'eau. Toutefois, il n'est plus optimal d'utiliser les impulsions. Il est préférable de pulvériser l'eau sous la forme d'un arc de cercle (voir figure 2.1 et 2.2).

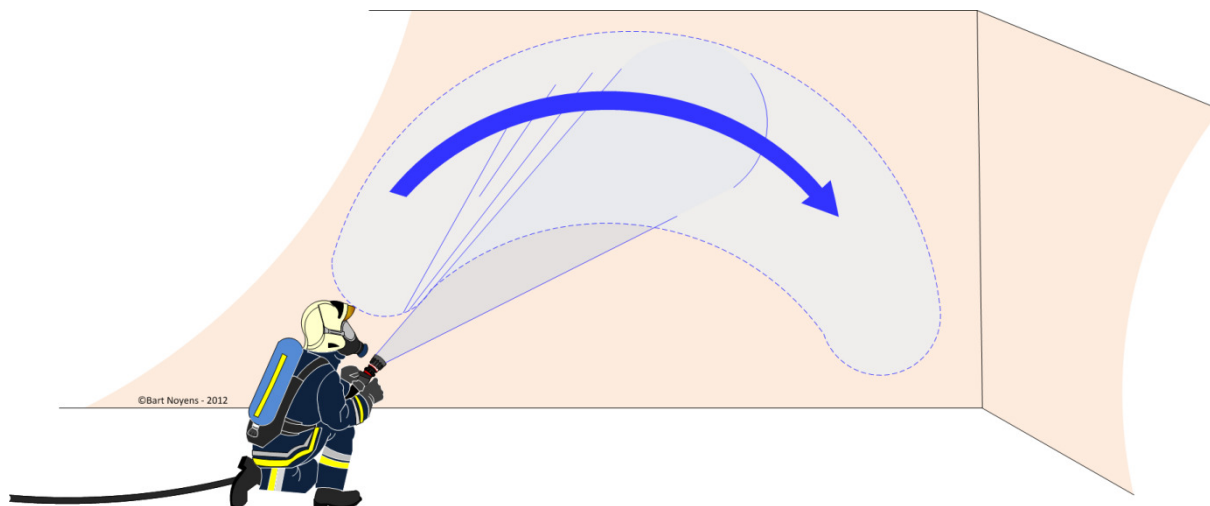


Figure 2.1 L'opérateur à la lance refroidit la fumée dans un incendie sous-ventilé. Il ouvre la lance en pratiquant un mouvement en arc de cercle de gauche à droite. Toute l'opération doit être exécutée dans un laps de temps de 3 secondes maximum. (Image: Bart Noyens)

Pour ce faire, la lance est ouverte et déplacée latéralement en formant un arc de cercle, puis fermée. Comme c'est le cas pour la technique 3D (ou de courtes impulsions), le débit est compris entre 150 et 200 litres par minute. L'angle de spray est réglé entre 40 et 60°. Ce procédé de refroidissement des gaz implique un temps d'application compris entre 2 et 3 secondes environ. Lorsque vous utilisez cette technique, beaucoup de turbulence seront induites et la fumée sera mélangée à la vapeur. Toutefois, cela n'induit pas vraiment de problèmes pratiques, car avant l'application, il n'y avait déjà aucune visibilité.

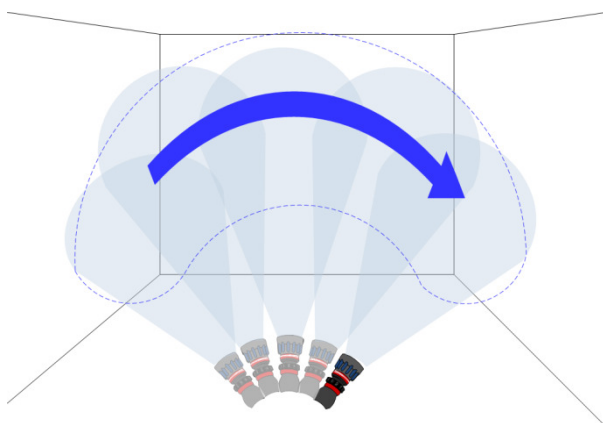


Figure 2.2 La lance est activée sur le côté gauche de la pièce et par la suite, déplacée en arc de cercle vers la droite avant d'être refermée. (Image: Bart Noyens)

Durant la phase de croissance de l'incendie, la technique 3D est utilisée pendant la progression: alternant progresser et refroidir. Lorsqu'il s'agit d'incendies sous-ventilé la technique alternative est utilisée pendant la progression: alternant progresser et refroidir. Si la température de la fumée reste trop élevée pour avancer, une action de refroidissement supplémentaire est effectuée. Étant donné que le mouvement de l'arc est utilisé, on peut être sûr que la totalité de la largeur de la pièce est couverte. Les feux sous-ventilés offrent une visibilité quasi nulle ce qui rend impossible de se rendre compte de la taille

du compartiment, par opposition aux incendies qui sont en phase de croissance. Ces derniers permettent une visualisation en dessous de la couche de fumée. Cela rend les feux sous-ventilés beaucoup plus difficile en termes d'évaluation de la couverture de refroidissement à travers la largeur de la pièce.

3 Approche alternative

Les Suédois ont commencé à changer leur façon de construire leurs bâtiments après la première crise du pétrole en 1973. Les températures durant la période d'hiver sont sensiblement inférieures à celle de la Belgique. Cela signifie qu'à même isolation, les maisons doivent être chauffés beaucoup plus qu'en Belgique. Les Suédois ont rapidement réalisé que la façon traditionnelle de construire (absence d'isolation dans les murs creux, simple vitrage et proliférations de fissures et de fuites d'air) n'étaient plus viable à long terme. Aujourd'hui en Suède les triples vitrages sont présent de partout. Les problèmes qui se posent aujourd'hui en Belgique, en raison des nouvelles méthodes de construction, se sont posées en Suède dans les années 80. Au fil des années, nos collègues suédois ont mis au point un certain nombre de solutions pour lutter contre ces problèmes.

3.1 Caméra à Imagerie Thermique, cobra et ventilation

En 2010, j'ai assisté à un cours d'introduction au système d'extincteur et de découpe à froid, alias le Cobra. Ce dispositif permet de créer de minuscules trous de seulement quelques millimètres dans les portes, les murs, les planchers, ... avec un jet d'eau. Pour obtenir cet effet une substance abrasive est ajoutée à l'eau qui est ensuite atomisée à très haute pression (300 bars). Une fois que le trou a été réalisé, l'eau va pouvoir entrer dans le local et pénétrer très loin dans celui-ci. Du fait de la pression très importante, un brouillard d'eau très fin est créé, ce qui est idéal pour le refroidissement de la fumée. Le débit est assez limité (60 litres par minute), ce qui ne permet pas d'obtenir une l'extinction totale de l'incendie. C'est un système qui permet de reprendre le contrôle sur un feu de compartiment pleinement développé ou pour neutraliser la fumée produite par un feu sous-ventilé.

Le Cobra ne constitue pas à lui seul une méthode de lutte contre l'incendie complète. En Suède, le Commandant des Opérations de Secours (COS) effectuera toujours une reconnaissance complète de la situation. Alors qu'il réalise cela, les lignes d'attaques seront établies pour permettre une attaque du feu par l'intérieur. Durant la reconnaissance le COS tentera de déterminer le comportement du feu. Assistée par une caméra à imagerie thermique (TIC) il détermine l'emplacement des "points chauds". À ces endroits un Cobra peut être utilisé. Le COS devra alors évaluer l'effet du Cobra. Il peut suivre l'évolution de la température des fumées qui sortent. Le Cobra sera mis en œuvre à plusieurs endroits différents pour s'assurer que les fumées ont été refroidies. Chaque fois que l'eau elle-même a percé dans la pièce, l'eau est pulvérisée à l'intérieur pendant une courte période de temps.

Une fois l'utilisation du Cobra terminée, plusieurs actions sont menées. Un exutoire sera créé à proximité du foyer. La porte d'entrée sera ouverte. Un ventilateur à pression positive commencera à évacuer les fumées refroidies du local. Après cela, l'attaque du feu par l'intérieur sera réalisée.

Il est très important de réaliser toutes ces différentes actions de façon coordonnées. Une fois que le Cobra est mis en œuvre, tout doit être prêt pour l'étape suivante. Les pompiers équipés de leur ARI doivent être prêt. Dès l'arrêt du Cobra, la ventilation (entrée, sortie et le ventilateur) doivent être mise en œuvre, suivi immédiatement par l'attaque du feu par l'intérieur. Ce mode de fonctionnement permet de lutter contre l'incendie, sans qu'il soit occasionné de dégâts supplémentaires par la propagation du feu dans les locaux adjacentes.

3.2 La lance "perçante" : "le Cobra du pauvre"

Le système de Cobra est très coûteux. Une alternative existe à un plus abordable, mais aussi avec moins de possibilités. L'un des instructeurs suédois l'a introduit de la manière suivante: "Si le Cobra est trop cher, d'abord achetez une lance perçante. Pour un certain nombre de feux, il vous permettra d'économiser beaucoup d'argent. Avec cet argent, vous pourrez acheter un Cobra, parce que c'est encore un outil fantastique".

La lance « perçante » est un tube en acier muni d'une connexion pour un tuyau haute ou basse pression. Une vanne est en place pour ouvrir et fermer le débit l'eau. La face avant du tube est en forme de cône se terminant par plusieurs petits trous. L'utilisation d'un perforateur électrique permet de réaliser un trou à travers une porte, un cadre de fenêtre ou la paroi d'une pièce dans laquelle l'eau doit être appliquée. Une fois le trou réalisé, la lance est introduite et le débit d'eau sera activé pendant quelques secondes.

En raison de la pression de travail plus faible, les gouttelettes d'eau produite par une lance « perçante » sont sensiblement plus grosses que celles d'un Cobra. La distance parcouru par les gouttelettes est également plus courte. La lance « perçante » est donc un outil moins efficace. C'est pour autant un outil simple ne nécessitant pas une formation aussi poussée que celle du Cobra.

Sur le terrain, le champ d'application de la lance « perçante » est similaire à celle du Cobra. Un effort coordonné est nécessaire pour faire l'ouverture, mettre la lance « perçante » en place, arrêter le débit d'eau, créer l'exutoire de ventilation, ouvrir la porte, mettre en service le ventilateur et initier l'attaque du feu par l'intérieur. Il est donc impératif que le COS ait une connaissance suffisante de la situation avant de décider de telles tactiques.

3.3 Attaque sous Ventilation à Pression Positive (VPP)

La Suède a également un certain nombre de services d'incendie qui utilisent des tactiques similaires dans lesquels les fumées ne sont pas refroidis avant l'initiation de l'attaque intérieure. Cette méthode est pratiquement identique à ce que nos collègues américains appellent the Positive Pressure Attack (PPA). Plus d'informations sur ce sujet sont disponible dans l'article publié dans ' de Brandweerman ' (voir [7]).

Les collègues suédois ajoutent cependant un élément à cette tactique. Au moment où l'attaque intérieure commence, l'équipe d'attaque effectuera en même temps un refroidissement de la fumée. Lorsqu'elle est correctement exécutée, cette tactique permet à la fois d'établir rapidement le contrôle de l'incendie et d'évacuer la fumée. Certains de nos collègues suédois supposent que les chances de survie des victimes potentielles sera augmenté grâce à cela. La recherche devra déterminer si cela est vrai pour le compartiment en feu et pour toutes les autres pièces reliées par des portes ouvertes. Les recherches effectuées par Steve Kerber (voir [5]) ont déjà montré que les victimes situées dans des locaux dont les portes étaient restées fermées avaient de fortes chances de survivre. Une intervention rapide de l'équipe d'intervention peut limiter le temps d'exposition des victimes aux gaz toxiques de la fumée.

Mis à part les avantages de cette tactique opérationnelle elle n'est pas sans risque. Le feu sera réactivé par l'air frais et peut éventuellement évoluer vers un Flashover induit par la ventilation. L'équipe d'intervention devra progresser rapidement de façon à éviter que

cela se produise. De même, le COS devra être très compétent pour évaluer la bonne approche d'attaque de feu. Il est clair que le cours sergent belge (2012) ne permet pas de fournir ce niveau de compétence. Avec un total de 70 heures d'enseignement théorique et aucune formation pratique, ce cours peut être comparé à une instruction écrite sur la façon de nager! Espérons que les futurs choix favoriseront une formation d'un meilleur niveau.

4 Remerciements

Cet article n'aurait pas été possible sans le soutien de la KCCE et de son Directeur Johan Schoups. Des remerciements particuliers sont également à faire au Lt Col Desneyder, Chef des pompiers du service d'incendie de Bruxelles, pour le soutien qu'il apporte dans ma quête de la connaissance. Enfin, je tiens à remercier le Lt. Bart Noyens du service d'incendie de Kasterlee pour le temps qu'il m'a consacré et une fois de plus pour les magnifiques images qui illustrent mes articles.

5 Bibliography

- [1] *Fire Behaviour and Fire Suppression Course for instructors, MSB, August 2012, Revinge, Zweden*
- [2] *Binnenbrandbestrijding, Koen Desmet & Karel Lambert, 2008 & 2009*
- [3] *Lambert Karel, Baaij Siemco, Progression du feu: approche, application tactique, 2012*
- [4] *Särdqvist Stefan, Water and other extinguishing agents, 2002*
- [5] *Kerber Steve, Impact of ventilation on fire behavior in legacy and contemporary residential Construction, 2011*
- [6] www.wikipedia.org
- [7] *CCS-Cobra training program, Boras, Zweden, maart 2010*
- [8] *Lambert Karel, invoeren van ventilatie: drie verschillende benaderingen, de brandweerman, september 2012*
- [9] *CFBT Instructors course level 2: the T-cell, September 2012, Relegem, Belgium*

Karel Lambert