

Le stoppeur de fumées

1 Nouveaux feux, nouveaux problèmes, nouvelles solutions

Il est désormais indéniable pour les services d'incendie que le comportement des feux a évolué. Les nouvelles méthodes de construction ont entraîné des feux en manque d'air, avant qu'il n'évolue vers un Flashover. Quand un feu manque d'air, il passe d'un feu contrôlé par le combustible (FC) vers un régime contrôlé par la ventilation (VC). Si ce point de transition, FC/VC, se passe avant le Flashover, nous avons affaire à un feu dit « sous-ventilé ». Si cette transition se produit pendant ou après le Flashover, il sera dénommé feu « ventilé ». Pour devenir un feu ventilé, il doit y avoir suffisamment d'ouvertures (portes et fenêtres) disponibles. Le feu a besoin d'un apport d'air suffisant pour se développer.

Les deux types de comportement du feu (ventilé et sous-ventilé) commencent à l'identique dans la phase d'amorçage. Le feu est contrôlé par le combustible lors de cette étape. Il va commencer à consommer l'oxygène et produire de la fumée. Dans un incendie ventilé, il y aura un approvisionnement continu d'air frais. Une partie de la fumée quittera le volume à travers les ouvertures.

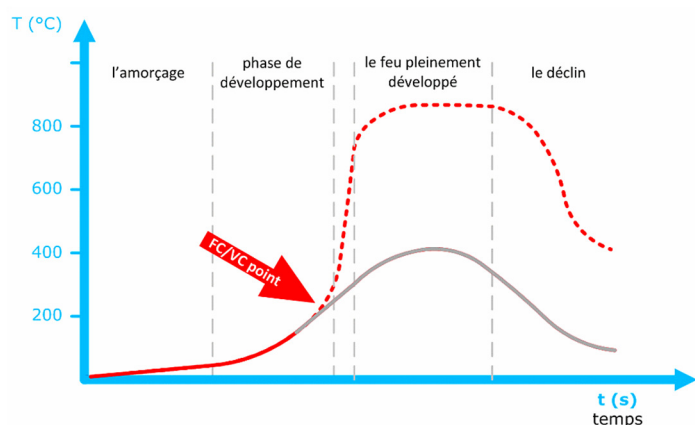


Figure 1 Le développement d'un feu ventilé (pointillé rouge) et d'un feu sous-ventilé (Gris). Le point FC/VC marque la transition d'un feu contrôlé par le combustible vers un feu contrôlé par la ventilation. Le point FC/VC qui est indiqué sur le graphique appartient à la ligne grise. La ligne pointillée rouge possède également son propre point FC/VC situé probablement quelque part pendant ou juste après le Flashover. (Graphique : Karel Lambert)

Cela n'est pas le cas pour les feux sous-ventilé. Le pourcentage d'oxygène va diminuer plus vite et le volume va se remplir plus vite de fumée. La couche de fumée va commencer à descendre et l'intensité du foyer va diminuer. Souvent, lorsque les pompiers arrivent, ils sont confrontés à une chambre qui est complètement rempli de fumée. Dès que la porte sera ouverte, il y aura à la fois un écoulement de l'extérieur vers l'intérieur et inversement, entre l'air entrant et les fumées sortantes. Ces deux flux conduiront au déclenchement d'un phénomène. Le flux d'air entrant permet l'augmentation du taux de chaleur dégagé. En de rares occasions, cela peut conduire à un

Backdraft. Le plus souvent, le feu va progresser vers un Flashover induit par la ventilation. Cela pose un risque sérieux pour les pompiers.

Le flux dégagé vers l'extérieur peut aussi causer beaucoup de problèmes. Cela peut se produire à la fois dans un feu sous-ventilé comme ventilé. Un bon exemple est celui d'un feu d'appartement pleinement développé au deuxième étage de l'immeuble. Lorsque la porte de l'appartement est ouverte, les fumées et les flammes chaudes transitent dans le couloir. Les fumées chaudes commencent à se déplacer vers l'escalier central. L'escalier va commencer à se remplir de fumée. Cependant, ces escaliers sont probablement la seule voie disponible pour les résidents des appartements situés au-dessus du sinistre pour

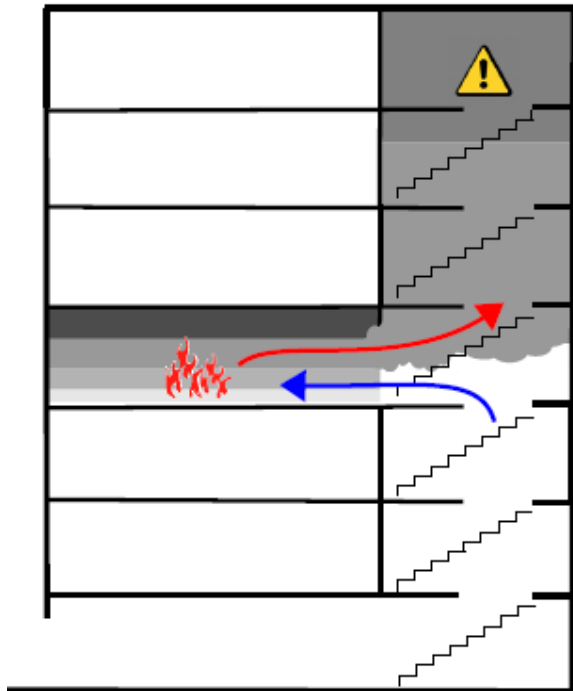


Figure 2 Un incendie se déclarant dans l'un des étages du bâtiment aura de la fumée qui s'évacuera dans les escaliers. Ici, la concentration des fumées peut atteindre un niveau dangereusement élevé. C'est l'un des risques les plus importants pour les occupants du bâtiment. (Illustration : Art Arnalich)

évacuer l'immeuble. Les personnes regardant par leur fenêtre au 10^e étage verront des flammes sortir. Quand ils décident d'évacuer, ils rencontreront d'abord un couloir assez clair. Comme ils descendent l'escalier, les fumées deviennent de plus en plus épaisses et chaudes. La nature humaine les fera continuer à descendre dans l'escalier jusqu'à ce qu'ils se retrouvent dans des fumées encore plus denses, et plus épaisses. A Bruxelles, il y a eu plusieurs cas où le service d'incendie a dû appeler des moyens supplémentaires (jusqu'à 4 équipes médicales) pour prendre en compte ce genre de victimes.

Les bâtiments modernes ont une porte coupe-feu entre l'escalier et le couloir, ainsi qu'une autre menant de l'appartement au couloir. Dans les bâtiments de plus de 25m, il y a même un sas supplémentaire. Nous retrouvons donc trois portes coupe-feu entre l'appartement et la cage d'escalier. Cependant dans les bâtiments anciens

(antérieurs à la nouvelle législation de construction), la porte d'entrée de l'appartement est souvent la seule qui sépare l'escalier du feu. À Chicago, un incendie de grande ampleur a causé la mort de 6 personnes retrouvées dans les escaliers. Lorsque l'attaque du feu a été lancée, les portes coupe-feu ont été ouvertes. Une grande quantité de fumées, s'est propagées dans l'escalier. Six personnes ont été piégées et sont mortes par l'inhalation des fumées.

Un certain nombre de solutions possibles aux problèmes posés par des feux-sous ventilés a déjà été évoqué dans les articles précédents. L'anti-ventilation signifie que la porte du volume sinistré doit rester autant que possible fermée. Typiquement, la porte sera fermée laissant de quoi permettre le passage du tuyau, après que le binôme d'attaque soit entré. Un pompier appelé «homme de porte » maintiendra cette porte fermée facilitant le passage du tuyau autant que nécessaire. Cette méthode permettra de limiter le passage des fumées vers l'extérieur du volume. Supposons que l'ouverture est de 9 cm et que la porte totale soit de 90 cm de large, le flux des fumées sortant est réduite à 1/10^e de ce qui pourrait être normalement sortant. La même chose vaut naturellement pour le flux d'air frais entrant. L'ouverture de la porte dans ce cas est de 9 cm de large et 2 m de haut. Le feu ne peut aspirer l'air qu'à travers la partie inférieure de cette ouverture. Si cela est la seule ouverture du volume, l'application d'anti-ventilation provoquera un taux de dégagement de chaleur dix fois moins important que lorsque la porte est complètement ouverte. Ce qui réduira considérablement le risque d'un Flashover induit par la ventilation.

Une deuxième solution concernant les feux sous-ventilés est l'attaque extérieure offensive. Cela signifie que l'eau est projetée depuis l'extérieur. De préférence, cela se fait sans faire

une ouverture trop large. En faisant ainsi, on peut éteindre sans l'air frais peut entrer le compartiment. Il existe plusieurs outils pour cela, comme la lance cobra et la lance perforante. Ces outils réduisent le risque de progression rapide du feu. Lorsque la température baisse, la vitesse à laquelle les fumées circulent, va diminuer. Néanmoins, ces fumées sortantes peuvent encore être un problème.

Une troisième possibilité, afin de limiter la propagation des fumées, a été testée. Elle consiste à mettre les couloirs et les volumes adjacents en surpression. Pour atteindre ce résultat par pression positive, des ventilateurs sont mis en place de manière précoce. Il s'agit là, d'une nouvelle tactique, qui a donné d'assez bons résultats. Toutefois Il est nécessaire que d'autres recherches soient menées afin de déterminer ce qui peut et ne peut pas être fait lors de l'application de cette tactique.

Hormis pour la ventilation par pression positive (VPP), un ventilateur peut également créer une voie d'air. Si la voie d'air d'entrée est suffisamment dimensionnée et qu'une évacuation vers l'extérieur est présente, il est possible que la porte de l'appartement devienne une ouverture unidirectionnelle. Dans ce cas, une grande quantité d'air est soufflé vers l'intérieur de l'appartement et la sortie des fumées dans la zone couloir est stoppée. Cela signifie que le feu va progresser, mais le problème des fumées dans le couloir est résolu. Dans la pratique, l'efficacité de cette méthode dépendra de la position du ventilateur, dans la mesure où les portes des volumes non-concernés par le feu peuvent être fermées. Il en est de même concernant l'influence du vent qui peut avoir un effet dévastateur sur cette tactique.

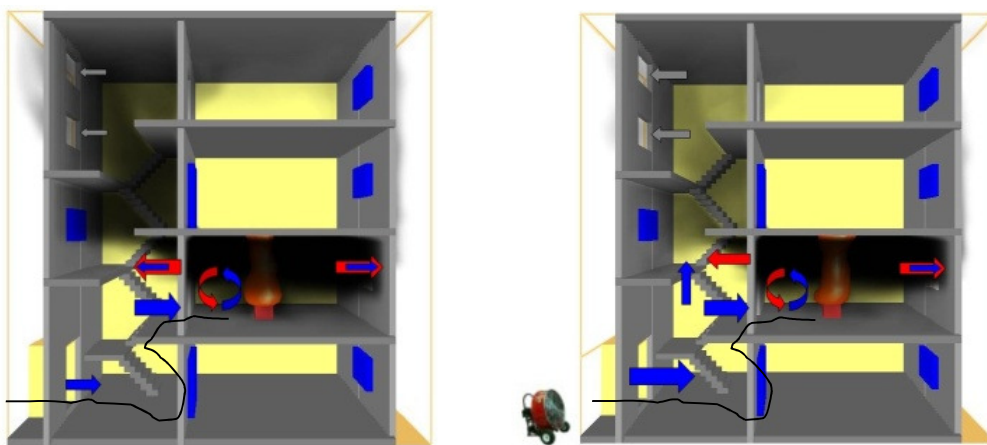


Figure 3 Comparaison entre un feu avec ou sans ventilateur. L'illustration sur la gauche montre que le feu peut se développer librement et pousser les fumées dans l'escalier. L'illustration de droite montre le ventilateur poussant les fumées. L'écoulement des fumées vers les escaliers est fortement limité. (Graphique: Michael Reick)

En Allemagne, le Professeur Michael Reick a longuement étudié le problème décrit ci-dessus. Prof. Reick est un pompier volontaire. Il se demandait s'il serait possible de trouver une solution simple pour protéger les pièces voisines contre la propagation des fumées. Il pense alors au concept du « stoppeur de fumées ». Cet article vise à regarder d'un peu plus près ce stoppeur de fumées. Ainsi que sur son déploiement et ses possibilités.

2 Le stoppeur de fumées

2.1 Description

Le stoppeur de fumées est un équipement d'une grande simplicité. Il est composé d'une sorte de rideau, fait de la même matière qu'une couverture anti-feu. L'objectif est d'utiliser ce rideau pour venir fermer l'ouverture de la porte. Pour atteindre cet objectif, le stoppeur de fumées possède un mécanisme de positionnement pouvant être utilisé rapidement et efficacement. Le mécanisme se compose d'un châssis extensible et d'une barre verrouillable qui peut être ajustée à la largeur de la porte. Le principe de ce châssis est analogue à celui des systèmes antivol parfois utilisés dans les voitures, où, une barre est placée entre la pédale d'accélérateur et le volant.



Figure 4 Gros plan sur le stoppeur de fumées. Ajusté la tige en poussant sur le bouton. Ensuite, tourner la barre dans le sens de la flèche jusqu'au maintien en place du dispositif contre les montants. (Photo: Karel Lambert)

Cette barre, ajustable et verrouillable, détient un mécanisme à vis qui permet manuellement de mettre en tension le châssis contre l'encadrement de la porte. De cette façon, l'extrémité supérieure du rideau peut être solidement positionnée dans l'encadrement de la porte. De fait, l'extrémité supérieure de la porte devient obturée. Le rideau lesté obture librement la porte quasiment jusqu'à sa partie inférieure. Cela signifie que les pompiers peuvent se déplacer librement au travers de l'encadrement de la porte pour entrer dans le volume.

Si l'ouverture de la porte doit être complètement fermée pour des raisons de tactique opérationnelle, un deuxième stoppeur de fumées peut être placé à une position inférieure. La porte est alors totalement obturée. L'inconvénient, c'est qu'il devient compliqué d'utiliser cette porte comme point d'entrée.

2.2 Positionnement

Le stoppeur de fumées est normalement placé dans un sac de transport. Il est retiré de son sac, uniquement, lorsque la porte qui doit être obturée est fermée. Le rideau est complètement déployé et le stoppeur de fumées placé dans l'ouverture de la porte. Un seul pompier peut effectuer la mise en place du stoppeur de fumées. Lors de l'installation, la tige réglable est positionnée entre les montants du cadre de la porte. Ensuite la tige est vissée sans contrainte, de sorte que le stoppeur de fumées est calé fermement dans l'encadrement de la porte.

Pour une utilisation optimale du stoppeur de fumées, il doit être placé aussi près que possible du foyer. Cela signifie qu'il est préférable de placer

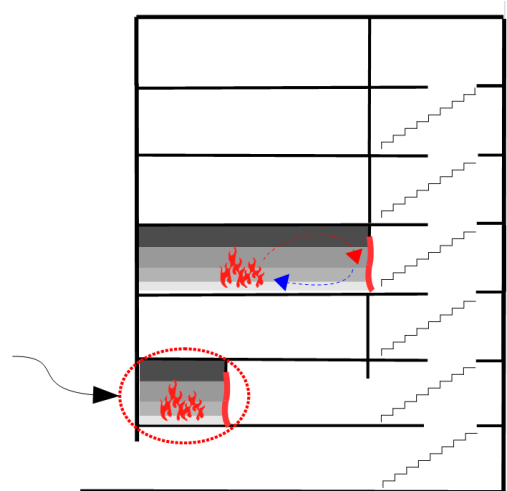


Figure 5 Le stoppeur de fumées doit être placé aussi près que possible du foyer. (Dessin : Art Arnalich)

le stoppeur de fumées au niveau de la porte de la chambre ou est localisé le foyer, plutôt que sur la porte de l'appartement. Cela est particulièrement vrai pour les feux sous-ventilés. Dès que la porte de la chambre sera ouverte, un flux sera formé. Le feu va attirer et consommer l'air frais des volumes adjacents. Le stoppeur de fumées placé à la porte de l'appartement n'aura aucune incidence sur ceci. En outre, s'il est placé au niveau de la porte de la chambre, l'effet sera beaucoup plus bénéfique.

3 Possibilités

3.1 Limiter le flux des fumées vers l'extérieur

Dans le scénario du feu d'appartement décrit ci-dessus, les fumées qui se propagent dans le couloir sont une menace immédiate pour tous les résidents situés au-dessus du niveau du feu. Ce flux de fumées transitant vers l'extérieur peut être complètement arrêté en utilisant un stoppeur de fumées. Cela signifie que toutes les zones de fuites et d'évacuation deviennent accessibles une fois le bâtiment ventilé.

Dans le cas de feux sous-ventilés, il peut être choisi de mettre le stoppeur de fumées en place avant d'ouvrir la porte. Portes s'ouvrant habituellement vers l'intérieur de l'appartement. La propagation des fumées est tout simplement empêchée.

Concernant les feux ventilés, la température sera beaucoup plus élevée, causant des flux plus rapides. Dans une attaque intérieure traditionnelle, le binôme aura à se déplacer sous un flux de fumées sortant. Pendant qu'ils progressent, la chaleur est transférée de la couche de fumées directement sur les pompiers. Ce transfert de chaleur est supérieur à celui des feux sous-ventilé pour deux raisons :

1. La différence de température entre les fumées et le pompier est plus grande
2. La vitesse du flux des fumées sortant est plus élevée

Le stoppeur de fumées réduit cette vitesse de sortie des fumées à zéro. Cela va grandement limiter le transfert de chaleur. Les pompiers seront en mesure de progresser pendant un temps plus long dans cet environnement, avant d'avoir trop chaud.

3.2 Limiter le flux d'oxygène entrant

Le stoppeur de fumées couvrira quasiment toute l'ouverture de la porte, ce qui aura pour effet de limiter le flux d'oxygène entrant. Cependant, l'écoulement ne sera pas complètement arrêté, en raison de l'extrémité inférieure du stoppeur de fumées. Celui-ci permet toujours à l'air frais d'entrer dans le volume. Toutefois, le débit est moindre qu'une porte ouverte. Contrairement à l'anti-ventilation appliquée par un homme de porte, nous notons que l'ouverture laissée par le stoppeur permet un écoulement d'air de forme différente. Le stoppeur de fumées offre une ouverture horizontale à proximité du sol utilisé entièrement par l'air entrant. Un homme de porte laissera quant à lui une ouverture verticale d'environ 5 à 10cm de large par 2m de haut. La zone située sous la couche de fumée est utilisée par le flux d'air entrant. Il n'est pas clairement défini quelle méthode permet à l'air de moins bien circuler. Mais il doit être dit qu'un homme de porte aidera également à faire progresser le tuyau. Les deux systèmes ont leurs avantages et inconvénients.

Lorsque nous regardons l'effet du flux d'air entrant, nous pouvons affirmer que le risque de Flashover induit par la ventilation est grandement influencé, si la porte est le seul ouvrant possible. A l'ouverture de cette porte, lors d'un feu sous-ventilé, le Flashover induit par la ventilation peut se produire dans les 2 à 4 minutes. Le stoppeur de fumées permettra de réduire considérablement ce flux d'air entrant, réduisant ainsi le développement de feu. Le régime de feu sous-ventilé perdurera et les équipes de pompiers ont plus de temps pour localiser et éteindre le feu.

Le risque de Backdraft sera également complètement écarté. Le «courant de gravité» formé à l'ouverture de la porte, correspondant au mouvement des masses de gaz froid et chauds, sera entravé par le stoppeur de fumées. Ce courant de gravité aurait normalement provoqué le mélange entre les fumées et l'air frais. Lorsque ce processus est entravé, le mélange inflammable nécessaire pour le déclenchement d'un Backdraft n'est pas formé.

3.3 Limiter le retour de flux des ventilateurs

Au cours des dernières années, plusieurs chercheurs ont fait des tests pour déterminer le positionnement optimal des ventilateurs. Quand un ventilateur est placé face à une porte, plus la distance est raccourcie, plus l'air circule vite. Lorsque le cône d'air formé par le ventilateur ne couvre plus entièrement l'ouverture de la porte, un retour du flux se forme dans la partie supérieure de la porte. Le stoppeur de fumées peut contrer cela. L'Utilisation du stoppeur de fumées pour obturer l'extrémité supérieure de la porte peut stopper le retour de flux. L'efficacité du ventilateur est augmentée.

Des recherches ont également montré que le rapport de taille entre entrée et sortie est important. Lors de l'utilisation d'un ventilateur, la sortie doit être idéalement supérieure à l'entrée. La plupart du temps, la taille des ouvertures est imposée par le bâtiment lui-même. L'entrée correspondant habituellement à l'ouverture de la porte. Le passage de porte est d'environ 2m². La sortie quant à elle, peut être une fenêtre ouverte. Dans la plupart des cas, la superficie totale des fenêtres d'une pièce est plutôt limitée. L'ouverture totale des fenêtres sera rarement plus de 2m². Le stoppeur de fumées peut réduire la surface d'échange au niveau de la porte à 1m² augmentant ainsi l'efficacité de la ventilation par pression positive.

Enfin, le stoppeur de fumées combiné à la VPP sera d'une meilleure protection pour la cage d'escalier. La figure 3 montre qu'il y a encore une quantité de fumées sortant dans l'escalier lorsqu'une attaque intérieure (sans stoppeur de fumées) est soutenue par la ventilation. Un autre inconvénient de cette approche est que la VPP peut accélérer le développement du feu.



Figure 6 Le stoppeur de fumée obture la moitié supérieur de l'ouvrant limitant ainsi le phénomène de refoulement causé par le ventilateur. Le ventilateur peut être placé plus près de la porte. (Photo : Michael Reick)

En utilisant un stoppeur de fumées, le débit des fumées vers l'extérieur sera donc stoppé. Puis, l'impact du ventilateur sur le feu sera limité. Dans la situation où le résident d'un appartement en feu quitte son logement en laissant la porte ouverte, il y aura donc une grande quantité de fumées à envahir les escaliers. Le service d'incendie peut obturer l'ouverture de la porte au moyen du stoppeur de fumées. Une fois posé, l'ouverture de l'exutoire de la cage d'escalier peut être faite. Le ventilateur pourra donc nettoyer la cage d'escalier des fumées (voir Figure 7). Une fois que les fumées auront été ventilées, l'exutoire pourra être refermé. Une zone de surpression est alors formée dans la cage d'escalier, la protégeant de toutes les fumées sortantes.

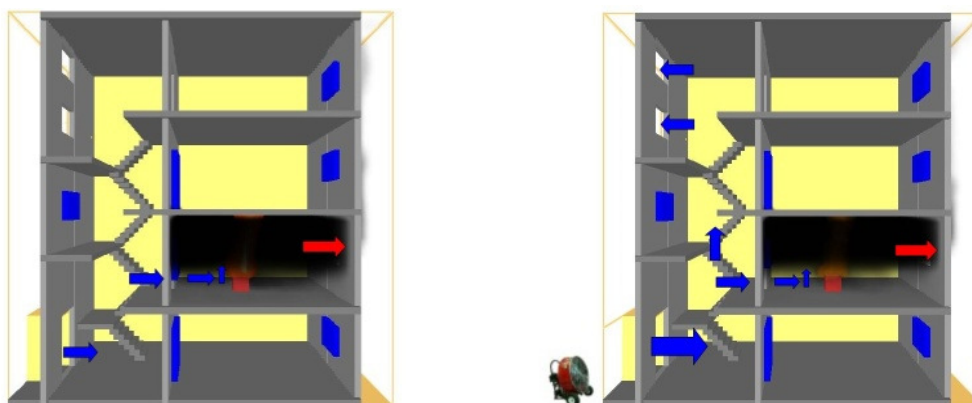


Figure 7 La combinaison du stoppeur de fumées et de la VPP. L'escalier est mieux protégé que dans les situations où un stoppeur de fumées n'est pas utilisé.
(Dessin: Michael Reick)

3.4 Evaluer l'efficacité du stoppeur sur le comportement du feu

Le stoppeur de fumées est solidement fixé sur l'extrémité supérieure de la porte. Le rideau du stoppeur est quant à lui librement suspendu jusqu'en partie basse de la porte. Cela signifie que le rideau est soumis à l'influence de la voie d'air. Il reste libre de tout mouvement et en observant son déplacement, plusieurs analyses peuvent en être tirées. Il y a trois possibilités différentes :

1. Le rideau se déplace vers l'intérieur.
2. Le rideau reste immobile.
3. Le rideau se déplace vers l'extérieur.

Quand le rideau se déplace vers l'intérieur, il peut en être conclu qu'il existe un second ouvrant. Les fumées transitent probablement au travers d'une fenêtre ou d'une deuxième porte vers un autre volume. L'espace sous le stoppeur de fumées alimente le foyer en air frais. Le deuxième ouvrant pourrait avoir un flux bidirectionnel de sorte que le feu va obtenir beaucoup plus d'air qu'avec l'ouverture seul de la porte. Il est important de noter qu'un incendie ventilé aura atteint un taux de dégagement de chaleur plus élevé.

Quand le rideau reste suspendu sans mouvements, aucune autre ouverture n'est disponible pour le feu. Cela signifie que la croissance du feu ne se développera qu'en fonction de l'air disponible provenant du dessous du stoppeur de fumées. Parce que ce n'est qu'une très petite zone, le feu sera que faiblement alimenté. Dans ce cas, le feu est alors contrôlé par la ventilation. Il est possible que le rideau se déplace légèrement de temps en temps. Ceci

est causé par la vitesse à laquelle les pressions s'équilibrent avec l'environnement extérieur.

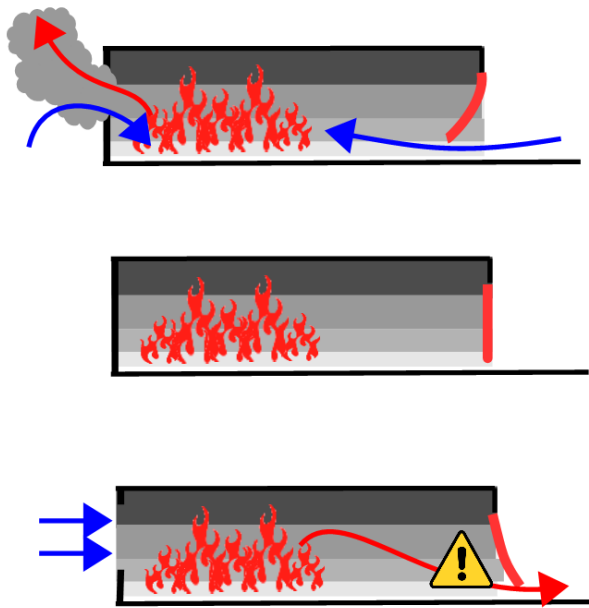


Figure 8 Trois mouvements possibles du rideau donnent des informations sur le comportement du feu. (Dessin : Art Arnalich)

Habituellement, la porte d'entrée est située au niveau bas de l'appartement, mais ce n'est pas toujours le cas. Parfois, il existe même deux portes d'entrées. Pour le cas, lorsque le feu est situé au niveau inférieur à celui de la porte d'entrée, cette porte fonctionnera comme une cheminée. Ce qui entraînera le déplacement du rideau.

Une situation dangereuse survient quand le rideau se déplace vers l'extérieur du volume sinistré. Ce rideau ne se déplacera vers l'extérieur qu'à partir du moment où un écoulement se fera vers la zone protégée. Typiquement, il y aura des fumées sortant de sous le rideau. Ceci montre qu'il y a un second ouvrant. Néanmoins, dans le cas présent, c'est le vent, devenu le flux d'air entrant principale, qui est à l'origine de ce second ouvrant. Cette situation peut indiquer un « Wind Driven Fire ». Situation dans laquelle, il est important de rester extrêmement prudent.

Autre situation dans laquelle le rideau peut se déplacer vers l'extérieur est que l'incendie se déroule dans un appartement à deux niveaux.

3.5 Limitation des dommages par les fumées

Le stoppeur de fumées limite également les dommages causés par les fumées dans les pièces adjacentes. Le montant des dommages causés par les fumées sur la zone d'intervention est souvent très élevé. Chaque surface qui a été en contact avec les fumées doit être nettoyée. Ce qui représente un travail colossal. Souvent, de nombreux objets sont irrécupérables et doivent être jetés. Une fois nettoyés, les murs sont ensuite traités avec un produit spécifique pour neutraliser l'odeur. Dans la majorité des cas, les murs seront repeints.

Tous ce nettoyage engendre aussi des coûts importants dans des volumes non touché par le feu. En particulier là où l'écoulement des fumées a transités au travers des différents volumes avant d'être évacué vers l'extérieur. Utiliser le stoppeur de fumées peut largement réduire ces dommages. La figure 9 représente un exemple des effets de l'utilisation d'un stoppeur de fumées. Une chambre d'hôpital est couverte de suie après un incendie. Cependant le stoppeur de fumées a empêché tous dommages causés dans le couloir.



Figure 9 Incendie dans une chambre d'hôpital en Allemagne. L'image de gauche montre que la chambre a complètement été remplie de fumées. L'image de droite montre le couloir, au milieu se trouve la porte accédant à la chambre sinistrée. Il n'y a pas de dommages dans le couloir. Le stoppeur de fumées est sur le sol à l'extrémité droite de l'image. (Photo: Michael Reick)

4 Inconvénients

Naturellement, le stoppeur de fumées a ses inconvénients. Il est placé dans un sac de transport d'une certaine taille. Les binômes ont déjà beaucoup de matériel avec eux : ARICO, caméra thermique, écheveaux et cassettes, barre Halligan, ... Il peut être difficile d'emporter un sac supplémentaire contenant le stoppeur de fumées. Heureusement, les feux sous-ventilés offrent un certain laps de temps pour agir. Ici, le service d'incendie doit tenir compte de scénario alternatif. S'il y a un feu sous-ventilé dans une pièce, derrière une porte fermée, un pompier peut aller chercher le stoppeur de fumées. Dans le même temps, un ventilateur peut être mis en place pour évacuer les fumées qui fuient aux travers des fissures et mettre sous pression les volumes adjacents. Une fois le stoppeur de fumées mis en place, l'attaque intérieure peut être initiée.

Un second inconvénient se produit lors des feux ventilés. Lorsque les pompiers sont confrontés à un incendie en phase de croissance, une couche de fumée se forme dans le volume. Ces fumées envahissent progressivement les volumes adjacents. L'abaissement lent de la couche de fumée, laissera une visibilité confortable. Au moment où le stoppeur de fumées est mis en place, cette même couche de fumée va très vite s'abaisser. Ce qui réduira considérablement et très rapidement la visibilité.

5 Allocution de clôture

Le stoppeur de fumées est un équipement bien connu en Allemagne. Il y en a plus de 10.000 utilisés couramment. Prof. Reick a rassemblé 1400 rapports d'interventions pour feu dans lequel le stoppeur de fumées a été utilisé. De toute évidence, cela signifie que le stoppeur de fumées est un outil précieux dans notre boîte à outils.

6 Bibliographie

- [1] Lambert Karel & Baaij Siemco, *Progression du feu: approche technique, application tactique*, 2013

- [2] *Lambert Karel, Solutions pour les progressions rapide du feu, de brandweerman, mei 2013*
- [3] *Reick Michael, Smoke Flow Control and related tactical issues, presentatie tijdens IFIW 2014, Polen*
- [4] *Reick Michael, Smoke Flow and related tactical issues, paper voor IFIW 2014*
- [5] *Lambert Karel, Baaij Siemco, Nieling Hans & Vandenberghe Hein, Brandbestrijding: technisch bekeken, tactisch toegepast, 2015*
- [6] *Lambert Karel, Piercing nozzles, 2014*
- [7] *Arnalich Art, Smoke stopper – operational manual, 2015*
- [8] *Reick Michael, Smoke BlockAID – a portable smoke blocker for firefighting, 2012*
- [9] www.rauchverschluss.de
- [10] *Lambert Karel, Backdraft: fire science and firefighting, a literature review, 2013*
- [11] *Lambert Karel, Experimentele studie van het gebruik van overdrukventilatie in een traphal bij een brandweerinterventie, Masterthesis, Postgraduate Studies in Fire Safety Engineering, Ugent, 2012*
- [12] *Reick Michael, communication personelle*
- [13] *Arnalich Art, communication personelle*
- [14] *Lambert K, Merci B (2014) Experimental study on the use of positive pressure ventilation for fire service interventions in buildings with staircases, Fire Technology, Vol 50, p 1517-1534*
- [15] *Lambert Karel, Exutoires & Incendie, De brandweerman, mei 2014*