

## La forme la plus familière de Progression Rapide du Feu: le Flashover

Dans un article précédent nous avons vu le comportement du feu lorsqu'il était ventilé ou sous-ventilé. Nous avons pu voir qu'avec une disponibilité suffisante de combustible et d'oxygène l'incendie passera à un état où la pièce entière sera embrasée. Cette transition est appelée Flashover. Le Flashover est responsable de la mort de dizaines de sapeurs-pompiers dans l'histoire récente. Ces incidents, avec décès en service, montrent parfois une même tournure d'évènement. Les pompiers arrivent sur la scène lorsque le feu est toujours en phase de croissance. Ils entrent dans le bâtiment pour rechercher et secourir les victimes ou pour initier l'attaque du feu. Durant la recherche des victimes et/ou du foyer, le risque induit par l'évolution du feu n'est pas surveillé de près. Lorsque le Flashover se produit dans ces situations, les pompiers se font parfois piéger inconsciemment, le résultat est généralement la mort ou des blessures graves.

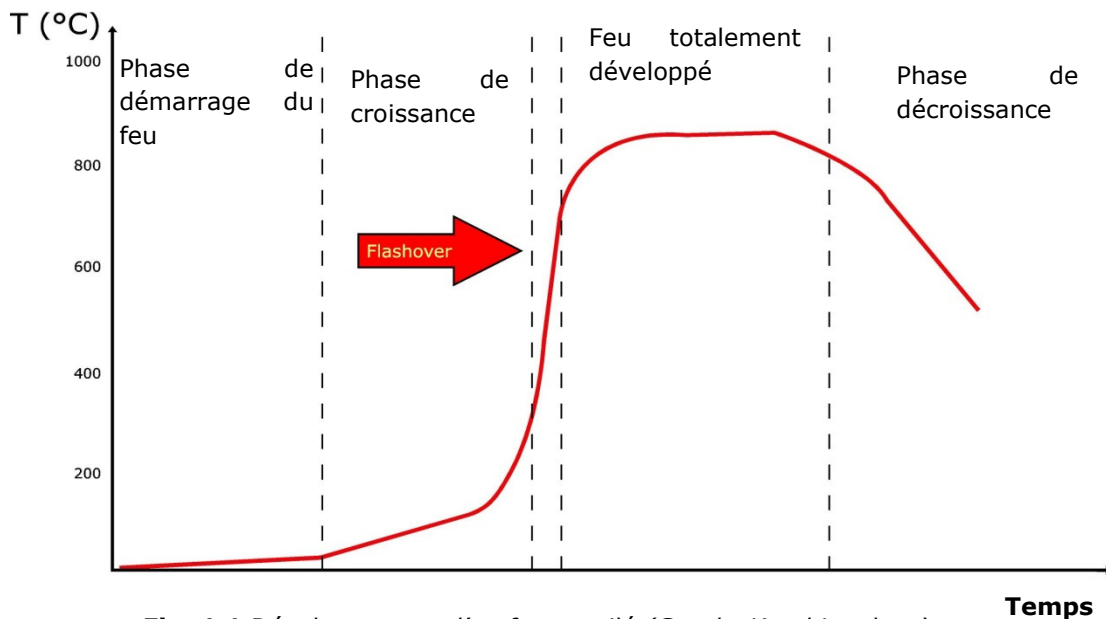
*Le Flashover est la transition soudaine et continue d'un feu en croissance vers un feu totalement développé.*

### 1. Les différents types de Flashover

#### 1.1 Les Flashover « communs »

Le Flashover est un évolution normale du développement d'un feu ventilé (voir fig 1.1). Il marque la transition d'un feu de la phase de croissance vers la phase où il est totalement développé. Pendant la phase de croissance, une couche de fumées chaudes se forme contre le plafond. Cette couche transmet la chaleur à tous les objets en contact avec elle (meubles, revêtement muraux combustible etc...). C'est l'effet convectif du transfert de chaleur. A part cet effet, la fumée rayonne vers les objets en dessous d'elle (table, chaises etc...). C'est l'effet radiatif du transfert de chaleur. Ces deux effets provoquent la montée en température de tous les objets dans la pièce. A un certain moment, la température va atteindre le seuil de pyrolyse, ce qui signifie que la température des objets dans la pièce va être telle qu'ils vont commencer à pyrolyser. Le Flashover est précédé par le Roll-over. Le Roll-over consiste en un front de flammes se déplaçant dans la couche de fumée. Cet effet va causer une augmentation substantielle de la température de la fumée, qui va à son tour augmenter la température des objets au travers d'un rayonnement plus important. Si la pyrolyse des objets de la pièce n'a pas encore débutée elle devrait le faire rapidement. Peu après, l'allumage des gaz de pyrolyse nouvellement formés va causer l'embrasement de la pièce entière.

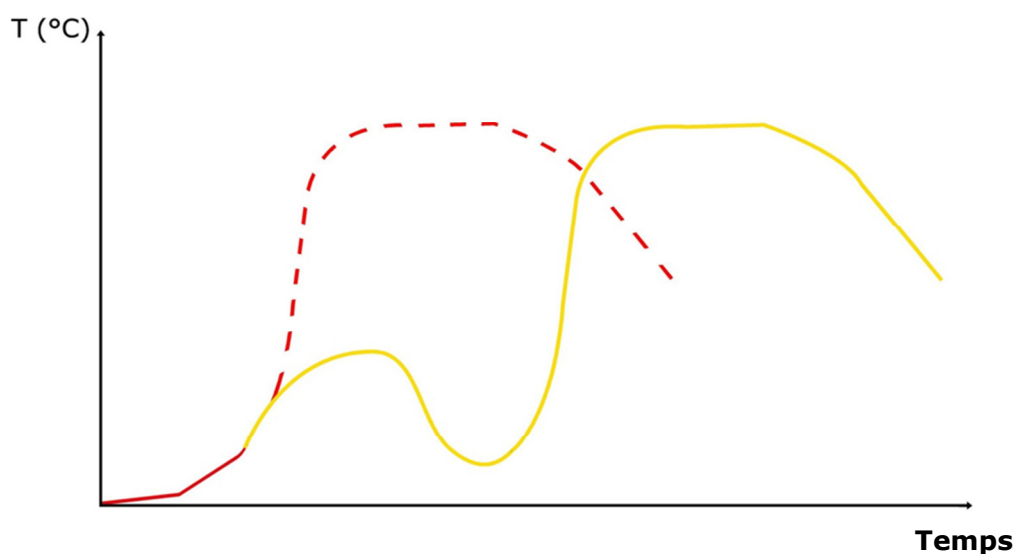
Durant le Flashover la température dans la pièce va augmenter de façon extrême. En à peine quelques secondes, elle va atteindre 600°C. Le flux radiatif va lui aussi augmenter. La survie devient impossible. Les pompiers qui se trouvent dans une pièce où un Flashover se produit n'ont qu'une poignée de secondes pour s'en sortir vivant. Même dans ce cas ils auront sans doute de sévères brûlures. Il est donc primordial de sortir d'une pièce avant que le Flashover ne se produise.



**Fig. 1.1** Développement d'un feu ventilé (Graph: Karel Lambert)

## 1.2 Flashover induit par la ventilation

Un Flashover induit par la ventilation ne se produit que lorsqu'un feu devient sous-ventilé et qu'il a accumulé suffisamment de chaleur au moment de son passage, de contrôlé par le combustible, à contrôlé par la ventilation. Cela signifie que le manque d'oxygène a inhibé le développement du feu durant la phase de croissance. Si aucun changement ne se produit dans le profil de ventilation du feu, celui-ci finira par s'éteindre de lui-même. La ligne jaune sur le graphique 1.2 illustre le phénomène. Au début, la ligne jaune croît moins vite et ensuite, elle commence à chuter. De nombreux paramètres vont déterminer la quantité de chaleur accumulée dans la pièce durant la phase de sous-ventilation. Avec suffisamment de chaleur, beaucoup d'objet vont continuer à pyrolyser. Une fois encore, nous allons être confrontés à l'apport de combustible gazeux. Manifestement cela va être un problème récurrent dans les habitats modernes qui sont très bien isolés.



**Fig. 1.2** Flashover induit par la ventilation (Graph: Karel Lambert)

Cette situation implique un grand danger pour les équipes de sauvetage. En ouvrant simplement la porte, une arrivée d'air est créée. **Entrer dans une pièce c'est la ventiler!** Les pompiers vont donc toujours exercer un changement sur le profil de ventilation. Cette ventilation supplémentaire va à son tour alimenter le feu. La figure 1.2 nous montre que la courbe jaune a tendance à aller vers le haut. La température dans la pièce va augmenter. La fumée dans la pièce va s'embraser et en quelques secondes le feu va atteindre un état complètement développé. Les effets de ce phénomène sont similaires à ceux d'un Flashover commun.

La quantité d'oxygène ajoutée déterminera la vitesse à laquelle le Flashover induit par la ventilation se produira. Quand une porte est ouverte l'air entrera dans la pièce. Supposons qu'un ventilateur à pression positive soit mis en place devant la porte. Dans ce cas le Flashover se produira beaucoup plus rapidement.

Les autres termes utilisés pour décrire ce phénomène sont « Flashover retardé » et « Emballement thermique ». Au niveau international le terme « Flashover induit par la ventilation » est préféré.

### 1.3 Comparaison ces deux types de Flashover

Maintenant nous allons comparer les deux types de Flashover et examiner les similitudes et les différences. La principale différence est la source du phénomène. Le Flashover commun se produit lors du développement d'un feu ventilé alors que le Flashover induit par la ventilation se produit lors du développement d'un feu sous ventilé. La figure 1.3 représente la température en fonction du pourcentage de combustible (gazeux).

La partie gauche du graphique montre le démarrage du feu. Dans ce cas le feu est contrôlé par le combustible et limité à une certaine zone. Les matériaux impliqués dans la combustion détermineront si le feu évolue vers un Flashover ou non. Des paramètres comme le débit calorifique (heat release rate), le taux avec lequel l'énergie est dégagée par certains objets, la propagation des flammes (flame spread), le taux avec lequel les flammes se propagent à la surface des objets, vont déterminer l'évolution du feu. Avec un débit calorifique et une propagation de flammes suffisante le feu va grandir et la température dans la pièce va augmenter. Suffisamment de combustible doit être disponible pour que cela se produise. La chaleur va s'accumuler dans la pièce et lorsqu'il y aura assez d'énergie dégagée le Flashover se produira. Quelques sources utilisent le terme « Flashover induit par la chaleur » ou « Flashover induit par le rayonnement ».

La partie droite du graphique décrit un feu sous-ventilé. Dans ce cas le feu est déjà en train de brûler depuis un moment. Suffisamment de combustible est disponible mais l'air nécessaire manque. Le feu va s'éteindre par lui-même à moins que la ventilation ne soit augmentée. Si cela se produit, le développement du feu va accélérer à nouveau. La température va augmenter dans la pièce. Comme pour le Flashover commun l'accumulation de température va avoir lieu. Comme auparavant suffisamment de chaleur doit être accumulée pour que le Flashover ait lieu. Ce type de Flashover est donc autant induit par la chaleur qu'un Flashover commun. Le début de l'accumulation de chaleur est causé par un changement dans le profil de ventilation du feu. Pour cette raison ce Flashover est défini comme « Flashover induit par la ventilation ».

En résumé, un Flashover commun provient d'un feu contrôlé par le combustible tandis qu'un Flashover induit par la ventilation provient d'un feu sous-ventilé.

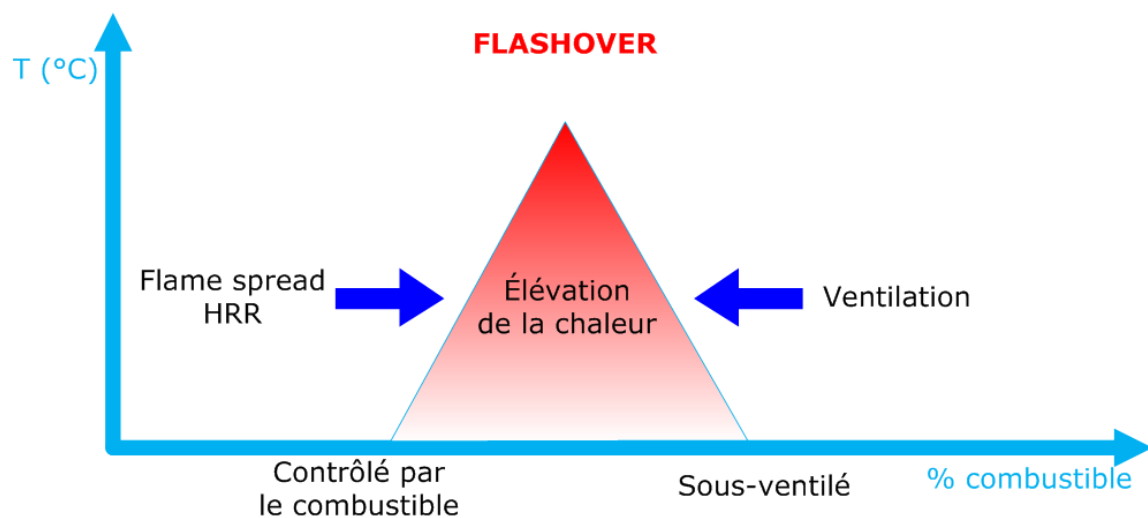


Fig 1.3 Les deux types de Flashover (Graph: Karel Lambert)

## 2. Stratégies pour des interventions en toute sécurité

Souvent par le passé, les pompiers ont été piégés inconsciemment par la soudaine augmentation de l'intensité du feu. A partir du moment où le Flashover se produit, les pompiers ont rarement la moindre chance de s'en sortir. Dans plusieurs pays des recherches minutieuses sont menées après qu'un incident ai impliqué des pompiers pour en apprendre plus et rendre plus sûr les interventions futures. Ces recherches ont montrés qu'un pompier n'a aucune chance d'en réchapper si il est pris dans un Flashover, à plus de 1,5 m de l'entrée de la pièce. Ce qui signifie qu'après un Flashover quelqu'un a uniquement le temps de parcourir 1,5 m avant de mourir. Evidemment cette distance est parcourue juste après que la pièce devienne un véritable enfer. La température est proche de 600°C et il n'y a pratiquement aucune visibilité. Ces paramètres nous conduisent à la conclusion qu'il n'y a qu'une quantité limitée de solutions sûres disponibles.

### 2.1 Ne pas être présent

La stratégie la plus importante est : « ne pas être là ». Les pompiers qui sortent d'un bâtiment juste avant un Flashover ne risquent pas de mourir à cause du Flashover qui se produit. Cette stratégie souligne l'importance d'une évaluation correcte du feu. A cause des dynamiques du feu, différents signes d'avertissement sont visibles et il est possible d'en déduire l'imminence d'un Flashover. Un (sous)officier devrait toujours être capable de reconnaître ces signes et d'ordonner l'évacuation immédiate du bâtiment dès que nécessaire. Il est clair que pour le moment l'éducation manque clairement dans ce domaine.

### 2.1.1 Les signaux d'avertissement d'un Flashover

Pour les pompiers il est crucial de lire le feu correctement et d'évaluer si un Flashover est possible. Le modèle B-SAHF, conçu par Shan Raffel et approfondie par Ed Hartin, peut être un outil utile pour ce travail. Il y a plusieurs signes qui indiquent que le Flashover est proche et que l'ordre d'évacuation des intervenants engagés doit être donné:

- Une couche de fumée qui chute rapidement ou qui est déjà très proche du sol.
- Une couche de fumée qui contient des fumées sombres et noir ou qui évolue de blanche, grise vers un noir qui se densifie.
- Une couche de fumée très turbulente ou qui devient très turbulente.
- La chaleur de la fumée qui devient insupportable.
- Les objets qui pyrolysent soudainement et qui, jusque là, semblaient non affectés par le feu.

## 2.2 Empêcher un Flashover

La cause du Flashover est bien connue. Dans les deux cas de Flashover, la chaleur s'accumule dans la couche de fumée. Dans le cas du Flashover commun cela est obtenu par l'ajout de plus de combustible. Dans le cas du Flashover induit par la ventilation cela est obtenu par l'augmentation de l'approvisionnement en oxygène.

### 2.2.1 Refroidir la fumée

La tactique qui a le plus de chance de réussir sur des feux en phase de croissance, est le refroidissement de la fumée (Gas Cooling). Ceci est réalisé en utilisant la technique 3D (lutte contre le feu en 3 dimensions). Le but de cette technique est de refroidir et de rendre inerte la couche de fumée. Pour atteindre ces objectifs l'angle de pulvérisation en sortie de lance doit être réglé à environ 60°. Une impulsion aussi courte que possible est réalisée dans la fumée. En faisant cela un grand nombre de gouttelettes entrera dans la couche de fumée. L'évaporation de ces gouttes va extraire de l'énergie à la fumée, ce qui va induire une chute de sa température. Lorsque plusieurs impulsions sont dirigées dans la couche de fumée, on peut éventuellement maintenir la température des fumées suffisamment faible pour rendre impossible le Flashover. Un autre avantage de cette technique est le mélange de vapeur d'eau dans la couche de fumée. La vapeur est un inertant de combustion. Un roll over éventuel sera entravée par la vapeur d'eau présente dans la fumée. Rendre une couche de fumée impropre à la combustion appelée inertage.

## 2.2 Anti-ventilation

Dans le cas où la ventilation induit le Flashover, l'utilisation de l'anti-ventilation peut offrir une solution. Anti-ventiler signifie que l'on va tenter d'enfermer le feu dans la pièce dans laquelle il brûle. Un feu qui est sous-ventilé va éventuellement finir par mourir par manque d'oxygène. En réalité il n'est pas toujours possible de mettre en œuvre cette tactique d'anti-ventilation. Une, ou des fenêtres de la pièce peuvent se casser à cause des différences de températures entre l'intérieur et l'extérieur. Aux Etats Unis et au Canada, des expériences ont été menées pour évaluer les possibilités d'éliminer la ventilation et en particulier les effets du vent. Pour de fortes vitesses de vent l'utilisation d'appareil de contrôle de vent (Wind control devices - WCD) peut être une option. Pour faire simple une toile anti-feu est placée devant les fenêtres.

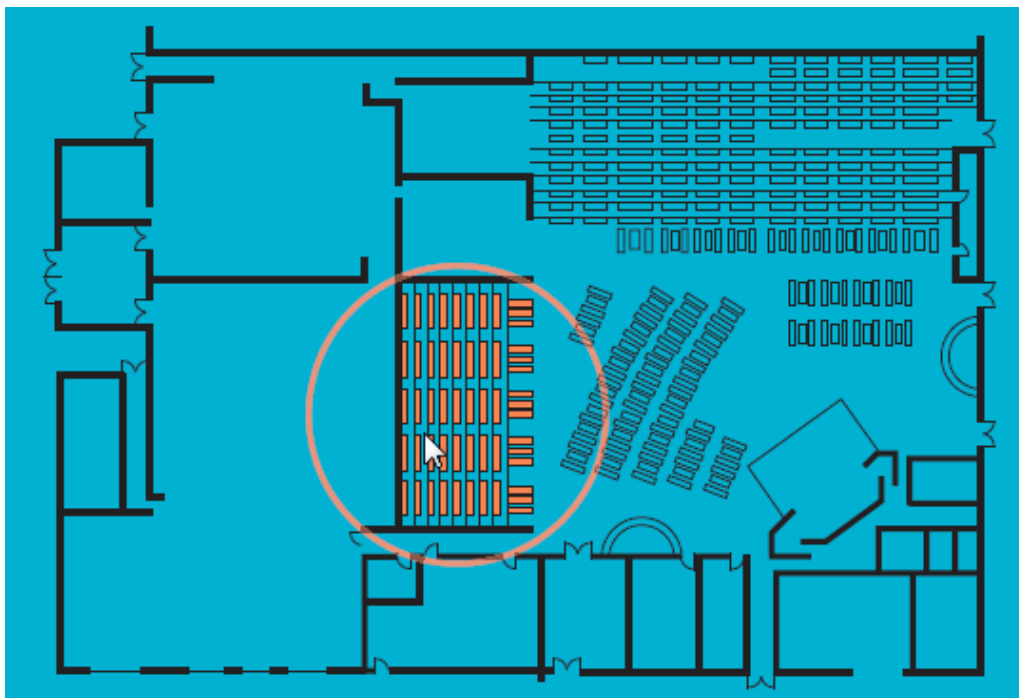
### 3. Etude de cas : La discothèque « Stardust »

Le 14 Janvier 1981 un feu a démarré au Stardust, une discothèque de Dublin. Au moment du feu il y avait 841 personnes dans la discothèque. Le feu a débuté dans une section fermée de la grande pièce et s'est développé très rapidement en Flashover. A cause de cela le feu s'est propagé au reste de la discothèque. 48 personnes sont mortes cette nuit là et 214 autres ont été blessés. Le Flashover a grandement contribué à ce total de victimes. Très peu de choses avaient été faites en termes de prévention des incendies. Les revêtements des murs et des sièges étaient hautement inflammable, il y avait très peu d'extincteurs et plusieurs sorties de secours étaient fermée à clé.

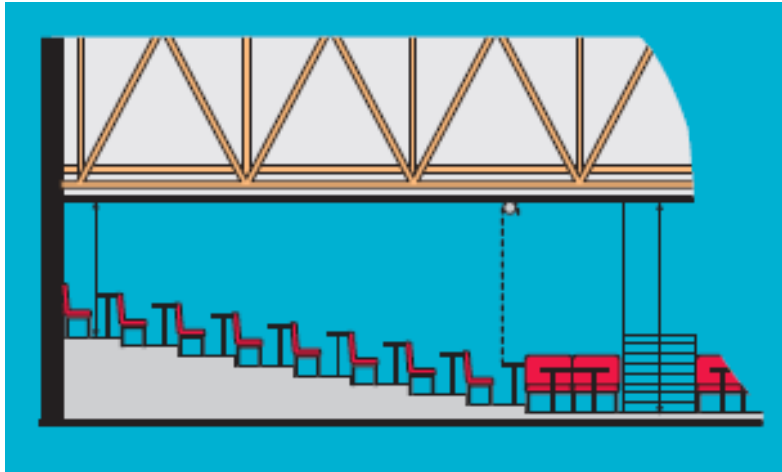
#### 3.1 Le bâtiment

La discothèque était abritée dans un complexe regroupant plusieurs bâtiments. A l'intérieur il y avait une piste de dance centrale entourée par plusieurs alcôves. Ces alcôves étaient équipées avec des bancs rembourrés. Un plan est donné figure 3.1. L'alcôve d'où le feu a est parti est entouré. Cette alcôve mesurait environ 17 m de large et 10 m de profondeur. Les bancs étaient montés sur une pente et étaient composés de 50 mm de mousse polyuréthane avec une enveloppe en PVC. La figure 3.2 montre qu'il était possible d'isoler l'alcôve de la partie centrale à l'aide d'un rideau. Ce rideau permettait d'adapter la taille de la discothèque en fonction du nombre de personnes présentes. Il était composé par des matériaux inflammables, ici, du polyester revêtu de PVC.

Les murs latéraux et le fond de l'alcôve étaient recouverts par des matériaux inflammables en carreaux de polyester. Le plafond était isolé. La présence d'isolant dans le plafond a forcé une partie de la chaleur à se diriger vers la partie centrale de la piste de dance.



**Fig 3.1** Plan de la discothèque (Image: Bo Andersson)



**Fig 3.2** Vue de côté de l'alcôve. La ligne pointillée verticale indique la position du rideau. (Image: Bo Andersson)

### 3.2 Le feu

L'incendie c'est déclaré au fond de l'alcôve. Aucune des personnes présente ne c'est vraiment iniquité du départ de feu. Les employés de la discothèque ont tentés d'éteindre le feu par eux même. C'est seulement après l'échec de cette tentative que les pompiers ont été prévenus. Même les clients ont dans un premier temps choisi de rester pour regarder. Ainsi, l'évacuation du bâtiment a commencé trop tard.

A un moment donné, un employé a ouvert le rideau qui séparait la niche de la partie centrale de la salle. L'émission de fumée avait été limitée jusque là, mais après l'ouverture du rideau le feu a progresser rapidement. Une fois l'alcôve complétement embrassée, la fumée très chaude s'est propagée dans la partie centrale de la discothèque. Une panique générale s'en est suivie.

### 3.3 Le Flashover

Une enquête approfondie sur l'incendie a été ordonnée en raison du nombre important de victimes. Le BRE (Building Research Establishment = l'Établissement de recherches sur les Bâtiments) a effectué un travail minutieux en faisant entre autre un test à grande échelle. L'alcôve dans laquelle le feu a débuté a été reconstruite avec des tables et bancs identiques à ceux de la discothèque. Les équipements ont été installés et l'incendie a été initié. Tout l'essai a été filmé et une version raccourcie est disponible sur Youtube. Le film montre le développement du feu à l'intérieure de l'alcôve, le Flashover y est clairement visible. Au départ des images de l'incident devaient être inclus dans l'article mais l'autorisation a été refusée par le BRE. Les lecteurs qui souhaiteraient en apprendre plus peuvent se rendre sur [www.youtube.com](http://www.youtube.com) et saisir dans le moteur de recherche: « Stardust Disco Fire ». En réponse à cette requête, il y aura, dans les premières propositions un petit film de 50 secondes. Il est intéressant de regarder le film plusieurs fois pour prendre conscience de l'intensité du Flashover. Le film montre aussi que le Flashover est un phénomène qui dure plusieurs secondes.

Après 5 secondes de film, 4 rangés de bancs sur les 5 présents sont encore visibles. La 5<sup>ème</sup> rangée brule. Le feu est limité à une zone, mais déjà une couche de fumée gris foncé s'est formée. A environ 9 secondes, on voit que les assises des bancs du 3ème rang commencent à pyrolyser. 8 secondes plus tard, le second rang de bancs commence

à pyrolyser et encore 2 secondes après, le premier rang. A la 24<sup>ème</sup> seconde le cendrier sur la table la plus avancée prend feu. Le Flashover s'est clairement produit dans le compartiment. Durant les 19 secondes qui se sont écoulées, un front de flammes s'est déplacé du fond vers l'ouverture de l'alcôve. La couleur de la fumée est passée de gris foncé à noir sombre. A partir de la 29<sup>ème</sup> seconde et au-delà, on peut voir comment les gaz chauds s'échappent et s'enflamment en sortant de l'alcôve. Lors de l'incendie, ce flux a été dirigé vers la partie centrale de la discothèque. L'incroyable vitesse à laquelle le phénomène c'est produit et l'énorme quantité de fumée chaude qui c'est dirigée vers la partie centrale de la pièce ont conduit à un nombre important de victimes.

#### 4. Références

- [1] *Drysdale Dougal, An introduction to fire dynamics, 2<sup>nd</sup> edition, 1998*
- [2] *Bengtsson Lars-Göran, Enclosure Fires, 2001*
- [3] *Grimwood Paul, Hartin Ed, Mcdonough John & Raffel Shan, 3D Firefighting, Training, Techniques & Tactics, 2005*
- [4] *Lambert Karel & Desmet Koen, L'attaque à l'intérieur, version 2008 & version 2009*
- [5] *Hartin Ed, [www.cfbt-us.com](http://www.cfbt-us.com)*
- [6] *Report of the independent examination of the stardust victims committee's case for a reopened inquiry into the stardust fire disaster*
- [7] *Raffel Shan, [www.cfbt-au.com](http://www.cfbt-au.com)*
- [8] *Mcdonough John, New South Wales Fire Brigade, Communication personnelle , 2009*
- [9] *Lambert Karel, Brandgedrag, 2010*
- [10] *Gaviot-Blanc, Franc, Effectis France [www.promesis.fr](http://www.promesis.fr)*
- [11] *International Fire Instructor Workshop (IFIW), group conversation, 2010*
- [12] *Kerber Steve, Impact of ventilation on fire behavior in legacy and contemporary residential Construction, 2011*

#### 5. Note de l'auteur

Personnellement je pense qu'il serait intéressant de discuter des cas Belges dans le futur. J'ai le sentiment que le nombre de dossiers avec des incendies à progression rapide ne cesse de croître dans notre pays aussi. Si vous avez vécu une intervention dans laquelle l'incendie a démontré un comportement extrême, vous êtes toujours les bienvenus pour m'envoyer un rapport contenant les faits (de préférence avec quelques images) à [karel.lambert@skynet.be](mailto:karel.lambert@skynet.be).

Karel Lambert