

## Rapid Fire Progress: synthèse

### 1 Introduction

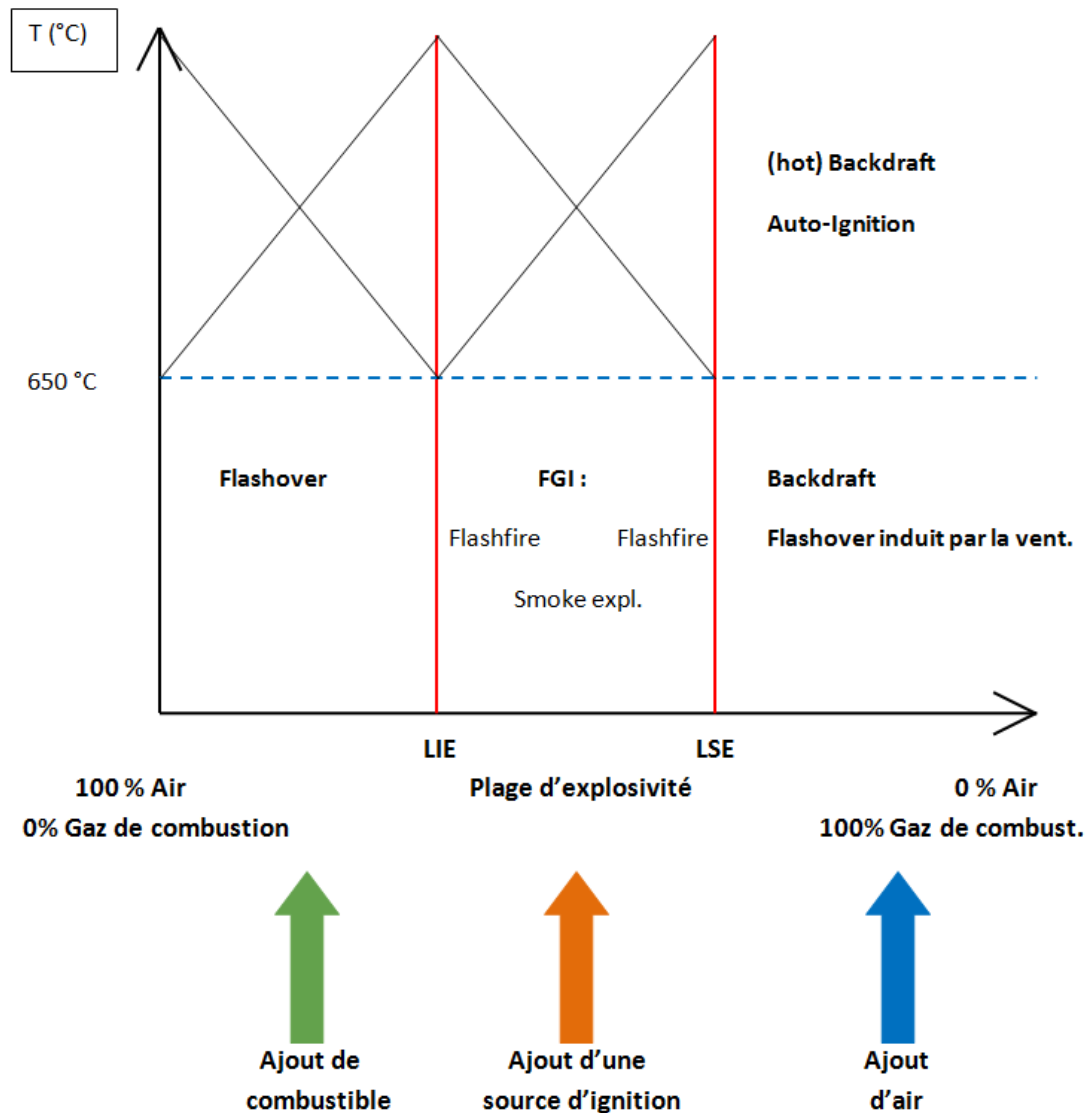
Dans les articles précédents de cette série, nous avons passé en revue les trois groupes de phénomènes. Le mécanisme qui sous-tend chaque phénomène a été présenté. Nous avons expliqué de façon systématique ce qu'il se passe quand un phénomène donné se produit. Afin de permettre une meilleure compréhension des Rapid Fire Progress (progressions rapides du feu), nous allons maintenant aborder les différents phénomènes d'une autre manière. D'un point de vue pratique, il est en effet plus important pour un pompier de savoir que quelque chose peut mal tourner que de savoir ce qu'il se passe au moment où quelque chose tourne mal. L'exemple suivant va illustrer cette notion. Il est plus important pour un pompier de reconnaître les signes précurseurs d'un flashover que de réaliser durant le flashover qu'il se trouve bien en présence d'un flashover.

Sur la Figure 1, le graphique reprend la plupart des phénomènes de Rapid Fire Progress. Le graphique se base sur les conditions présentes avant qu'un phénomène ne se produise. Pour un pompier, il est très important de pouvoir estimer quels phénomènes peuvent se produire dans la situation dans laquelle il se trouve. Ce graphique donne un aperçu des différents phénomènes de Rapid Fire Progress.

Partant de la situation initiale pour chaque phénomène, l'évolution d'une ou de plusieurs condition(s) est nécessaire pour que le phénomène puisse se produire. Le graphique reprend les conditions présentes avant le déclenchement du phénomène. Cela signifie qu'il y a toujours un côté du triangle du feu qui manque. C'est à nous de pouvoir reconnaître les circonstances à partir desquelles un phénomène donné peut se produire. Les listes reprenant les signes avant-coureurs d'un flashover et d'un backdraft devraient être bien connues de chaque pompier. Il est par contre nettement plus difficile de prédire si une fire gas ignition (FGI) peut se produire.

Une bonne observation (et une bonne communication!) peuvent permettre de reconnaître les circonstances propices au déclenchement d'un phénomène avant que celui-ci ne se produise. Sur bases de ces observations, nous pouvons dès lors entreprendre des actions en vue de prévenir un développement du feu dans une mauvaise direction. Si cela n'est pas possible, on peut opter pour la retraite. En plaçant de la distance entre un phénomène thermique et les intervenants, on diminue la probabilité d'avoir des victimes.

Le graphique est un modèle, c'est-à-dire un moyen de représenter la réalité. L'officier américain Ed Hartin parle souvent des modèles en ces termes: « tous les modèles sont faux mais certains sont utiles », ce qui s'applique très certainement à la Figure 1. La figure présente les circonstances à partir desquelles les différents phénomènes peuvent se produire. Un modèle n'est qu'une approximation de la réalité et n'est certainement pas parfait. Ce modèle a été perfectionné au fil des ans mais peut certainement encore être amélioré. Des suggestions quant à son amélioration sont les bienvenues.



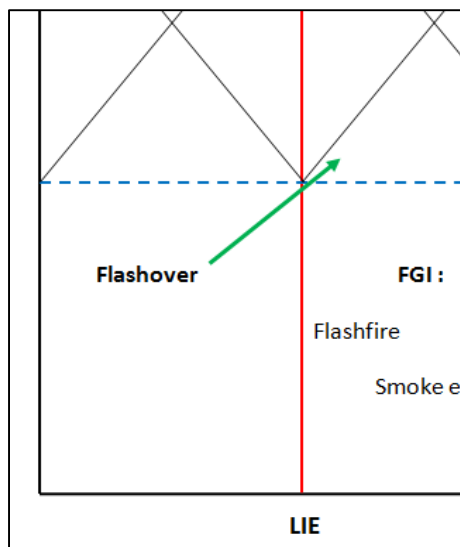
**Figure 1** Synthèse des Rapid Fire Progress. (Graphique: Karel Lambert)

## 2 Discussion des différents phénomènes

### 2.1 Flashover

Le flashover est une forme de Rapid Fire Progress par laquelle un incendie passe d'un régime contrôlé par le combustible à un régime contrôlé par la ventilation. Avant que le flashover ne se produise, il faut que la température de la pièce se soit élevée suffisamment. Pour cela, de l'énergie est nécessaire. Cette énergie est libérée par la combustion. Au cours de la phase de développement, la surface occupée par le foyer va s'étendre et la quantité de combustible impliqué dans l'incendie va augmenter. La puissance de cet incendie s'accroît par cette extension du foyer. En d'autres termes, une plus grande quantité d'énergie est libérée. A un moment donné, un seuil critique va être franchi. Il y a alors assez d'énergie libérée pour permettre au flashover de se produire.

Avant que le flashover ne se produise, la température dans la pièce est limitée et doit encore augmenter. La quantité de combustible impliqué dans la combustion est également limitée et le foyer est encore localisé.



**Figure 2** La flèche verte représente le déclenchement d'un flashover.

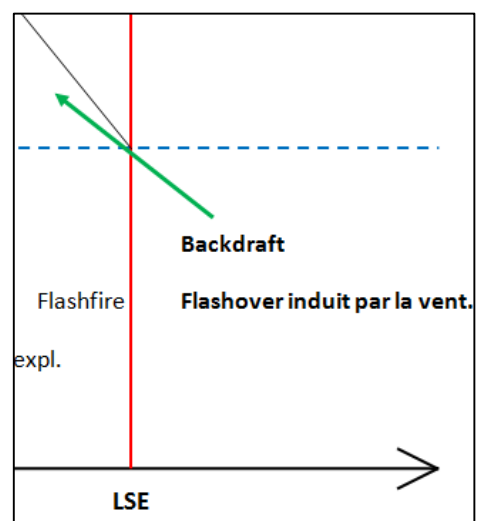
Le feu commence alors à s'étendre impliquant de plus en plus de combustible, ce qui provoque la libération d'une plus grande quantité d'énergie. Le plafond de fumée devient plus dense, s'abaisse et s'enrichit en gaz combustibles. Sur le graphique (voir Figure 2), la situation va donc évoluer vers la droite. Au point critique, le plafond de fumée va s'enflammer. Il s'agit là d'un phénomène en soi: le rollover. L'apparition du rollover va fortement accroître le rayonnement thermique du plafond de fumée en direction des objets présents, ce qui contribue à une extension encore plus rapide de l'incendie. Quelques secondes plus tard, la totalité de la pièce est la proie des flammes. Le flashover a eu lieu.

Sur la figure 2, la flèche verte indique comment la situation évolue durant le flashover.

## 2.2 Backdraft et flashover induit par la ventilation

Le backdraft est un phénomène extrêmement rare. Il s'agit cependant d'un phénomène qui peut se révéler très violent et c'est probablement la raison pour laquelle il est très connu. Quasiment tous les sapeurs-pompiers peuvent en parler.

La condition pour qu'un backdraft puisse se produire est la suivante: il doit y avoir eu le feu dans la pièce. Ce feu a eu besoin de combustible et d'oxygène pour s'étendre. A un moment donné, le feu est stoppé dans son développement en raison d'un manque d'oxygène. Nous nommons ce type de feu, feu sous-ventilé. En raison d'une augmentation déjà importante de la température dans le compartiment, les objets brûlants continuent à pyrolyser. Le feu s'étouffe. La combustion avec flammes s'arrête mais un feu braisant subsiste. Entretemps, une quantité de plus en plus importante de gaz de combustion et surtout de pyrolyse sont produits.



**Figure 3** Déclenchement d'un backdraft et d'un flashover induit par la ventilation.

La composition de l'atmosphère dans la pièce passe de l'extrême gauche à l'extrême droite sur le graphique. La concentration de gaz inflammables s'élève et contribue à créer un mélange trop riche. Ce mélange se trouve au-dessus de la limite supérieure d'explosivité (LSE).

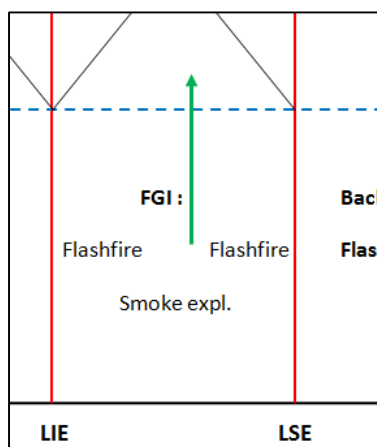
Au moment où un pompier ouvre une porte qui donne dans le compartiment ou au moment où une vitre cède, l'oxygène peut à nouveau pénétrer dans le compartiment. Le mélange trop riche est alors appauvri. Au moment où le foyer se renflamme, les flammes peuvent mettre le feu au mélange à proximité s'il se retrouve entre les limites d'explosivité (LIE et LSE). Le backdraft survient alors et une onde de pression va expulser les gaz de combustion à l'extérieur de la pièce via les ouvertures. Cette onde de pression est suivie par un front de flammes, ce qui peut se traduire par le résultat typique et spectaculaire du backdraft: une boule de feu.

Le backdraft était et restera un phénomène rare. Il faut en effet réunir un grand nombre de conditions avant qu'un backdraft ne puisse se produire. Un phénomène moins connu est le flashover induit par la ventilation. Pour un flashover induit par la ventilation, on part d'un feu du même type. Un feu sous-ventilé fournit les conditions nécessaires pour qu'un tel phénomène se produise: un feu qui est maintenu sous contrôle par un manque d'oxygène et un volume rempli de gaz inflammables.

Au moment où un pompier ouvre la porte, de l'air frais pénètre à l'intérieur du volume. Le feu reprend. Par la présence, à proximité du foyer, d'un grand nombre d'objets ayant déjà atteint une certaine température avant que l'incendie ne passe à l'état sous-ventilé, le feu peut évoluer rapidement. Le feu va se propager et un flashover peut survenir même avant que la fumée ne soit dissipée. Ce type de flashover est cependant déclenché (ou induit) par un changement de ventilation. Le processus est représenté par la flèche verte sur la Figure 3.

Parce qu'on ne construit plus aujourd'hui de la même façon qu'il y a plusieurs décennies, on a de plus en plus souvent affaire des incendies sous-ventilés. Il n'existe malheureusement pas de statistiques permettant d'établir la proportion d'incendie ventilés et d'incendie sous-ventilés. Il est cependant probable que dans le futur surviennent plus d'incendie sous-ventilés que d'incendies ventilés. Cette tendance induit que le risque de flashover induit par la ventilation augmente fortement. Bien que le backdraft jouisse d'une bien plus grande notoriété, il est indispensable que les pompiers accordent plus d'attention au phénomène de flashover induit par la ventilation.

### 2.3 Flashfire & Smoke explosion



**Figure 4** Déclenchement d'une FGI

A côté des familles du flashover et du backdraft, il existe une troisième famille: les fire gas ignitions (FGI). Ces phénomènes surviennent de la même manière que les explosions de gaz qui se produisent à la suite d'une fuite de gaz naturel dans une habitation. Pour que le phénomène puisse se produire, la condition suivante doit être remplie: il faut une quantité suffisante de gaz inflammables dans le volume pour que la concentration soit supérieure à la limite inférieure d'explosivité (LIE). Lors d'un incendie, ces gaz peuvent être formés par la combustion (gaz de combustion) ou par la pyrolyse (gaz de pyrolyse).

Si lors d'un incendie une grande quantité de gaz est produite dans un volume fermé, une surpression va

apparaître. Cette surpression va contribuer à pousser des gaz de combustion hors du volume par les fentes et les interstices existants. La fumée peut être expulsée à l'extérieur mais il se peut également qu'elle vienne à s'accumuler dans une pièce adjacente ou dans un volume "caché": faux-plafond, plancher surélevé pour salles d'ordinateurs, fausses cloisons, ... La concentration en gaz de combustion ne peut cependant pas augmenter de façon telle que l'on dépasse la limite supérieure d'explosivité (LES). Le mélange serait alors trop riche pour pouvoir être enflammé.

De cette manière, le volume contient un mélange d'oxygène et de combustible qui peut être enflammé. Si on apporte une source d'ignition au sein du mélange, celui-ci peut alors s'enflammer. Ce processus est représenté par la flèche verte sur la Figure 4.

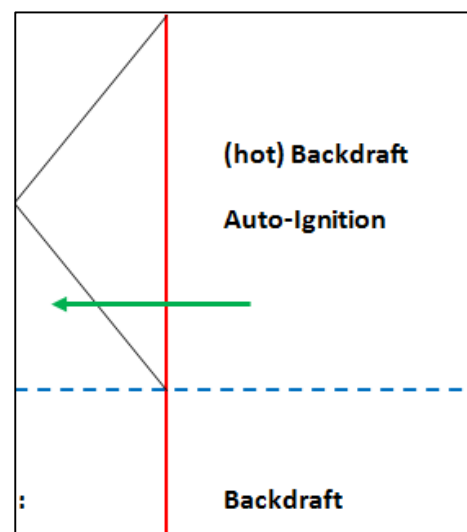
Le type de phénomène (flashfire ou smoke explosion) qui va se produire est déterminé par la concentration en gaz de combustion. A proximité du milieu de la plage d'explosivité se trouve la concentration dite « stœchiométrique ». Il s'agit de la proportion de mélange idéale entre combustible et oxygène. L'inflammation de gaz présentant une proportion de mélange idéale va donner lieu à une explosion puissante. Les mélanges présentant une proportion idéale entre combustible et oxygène vont donc provoquer une smoke explosion s'ils viennent à s'enflammer. Ces mélanges se situent au milieu de la plage d'explosivité. Aux extrémités de la plage d'explosivité, on retrouve des mélanges forcément moins idéaux. Bien qu'ils puissent encore être enflammés, l'inflammation de tels mélanges conduira plutôt à une combustion rapide. L'augmentation de pression sera alors très limitée dans le volume. De tels phénomènes sont décrits comme des flashfires.

## 2.4 Auto-inflammation

L'auto-inflammation (ou auto-ignition) des gaz de combustion à la sortie du compartiment est un phénomène qui n'est pas bien connu. Souvent, il ne représente pas une menace directe pour le pompier mais peut toutefois contribuer à la propagation de l'incendie. De plus, l'auto-inflammation illustre le fait que de très hautes températures ont été atteintes dans le compartiment.

Pour que l'auto-inflammation puisse se produire, il faut une quantité suffisante de gaz de combustion dans le compartiment. Ces gaz de combustion présentent une température très élevée supérieure à 650°C. Cette valeur de 650°C représente seulement un ordre de grandeur, les gaz pourraient très bien se situer à 600 ou 700°C. Dans certains textes, on indique que ce phénomène peut aussi se produire à des températures plus basses si les gaz de combustion contiennent principalement des gaz de pyrolyse.

Une dernière condition nécessaire pour que le phénomène puisse se produire est qu'il y ait une quantité de gaz de combustion brûlants telle dans le compartiment que le mélange se situe au-dessus de



**Figure 5** Déclenchement d'un hot backdraft et d'une auto-inflammation

la limite supérieure d'explosivité (LSE). Dans le cas contraire, les gaz se seraient logiquement enflammés dans le compartiment plutôt qu'à l'extérieur de celui-ci.

Au moment où une ouverture est pratiquée dans le compartiment, les gaz de combustion brûlants vont pouvoir s'échapper vers l'extérieur. Une fois qu'ils quittent le compartiment, ils vont se mélanger à l'air extérieur et le mélange va s'appauvrir. Ce processus est suggéré par la flèche verte à la Figure 5. Une fois que les gaz de combustion ont formé un mélange inflammable avec l'air, ils s'enflamment. C'est alors la température même des gaz de combustion qui sert de source d'ignition.

## 2.5 Hot backdraft

Dans une commune de Wallonie, les pompiers ont été appelés pour un incendie (déjà extériorisé) de magasin de surgelés. A l'arrivée des pompiers sur place, des flammes semblaient en effet bien sortir de la toiture du magasin (Figure 6). Le magasin était fermé et les pompiers ont donc dû procéder à une effraction pour pouvoir procéder à l'extinction. Du fait de la présence de flammes, un backdraft n'a pas été envisagé. L'absence de flammes se trouve en effet en tête de liste des facteurs avant-coureurs de backdraft.

En brisant une fenêtre pour avoir accès à l'intérieur du bâtiment, les pompiers ont permis à une grande quantité d'air d'être aspirée dans le bâtiment, ce qui déclencha un backdraft très violent. Il n'y eut heureusement aucun blessé à dénombrer parmi les pompiers. Par la suite, les pompiers se sont dits étonnés qu'un backdraft ait pu se produire car des flammes étaient pourtant clairement visibles. Une nuance importante est qu'il n'y avait pas de flammes dans le compartiment même. Les flammes que les pompiers ont pu observer à leur arrivée sur place étaient vraisemblablement la conséquence (du moins en partie) d'une auto-inflammation des gaz de combustion sortant du compartiment.



**Figure 6** Sur la photo, trois nuances sont identifiables de gauche à droite: gaz de pyrolyse, gaz de combustion et flammes. La clarté des flammes suggère qu'il s'agit d'une auto-inflammation des gaz s'échappant du compartiment. (Photo: Benoît Amans)



**Figure 7** Après qu'un pompier ait pratiqué une ouverture dans une des vitres du magasin, un hot backdraft très violent s'est déclenché. (Photo: Benoît Amans)

Une situation exceptionnelle peut survenir lorsque des gaz de combustion vraiment brûlants s'accumulent au sein d'un compartiment et qu'un approvisionnement soudain en air a lieu. Dans le cas d'un backdraft conventionnel, l'air frais et les gaz de combustion (combustible) se mélangent puis sont enflammés par la reprise du foyer. La reprise du foyer est elle aussi contrôlée par l'apport en oxygène. Dans le cas d'un backdraft conventionnel, il y a donc deux mécanismes qui sont contrôlés par la ventilation: la formation d'un mélange inflammable et la reprise du foyer par un apport suffisant d'oxygène.

Si les gaz de combustion sont par contre tellement chauds qu'ils ont dépassé leur température d'auto-inflammation, il n'est pas nécessaire qu'une source d'ignition (comme un foyer) soit présente. Les gaz de combustion constituent leur propre source d'inflammation. Dans de telles situations, un "hot backdraft" peut survenir. Ce phénomène est extrêmement rare et il n'existe d'ailleurs pas de consensus parmi les spécialistes.

## 2.6 Discussion du graphique

Si on examine en détail la Figure 1, on peut observer qu'il existe trois types de mécanisme qui peuvent mener à une forme de Rapid Fire Progress:

- Apport de combustible (flèche verte)
- Apport d'énergie (flèche orange)
- Apport d'air (flèche bleue)

Nous savons que les architectes accordent de plus en plus d'attention au critère d'étanchéité à l'air des bâtiments. Les incendies risquent par conséquent de manquer d'air de plus en plus souvent et les situations pour lesquelles l'apport d'air est problématique vont devenir de plus en plus fréquentes. Cela ne signifie pas cependant que les autres situations ne vont pas (plus) se produire. C'est aux chefs des opérations à réfléchir, durant les opérations de lutte contre l'incendie, aux circonstances et au comportement du feu. C'est à eux qu'incombe la tâche de prévenir les accidents en reconnaissant le comportement du feu et en réagissant de manière adaptée.

## 3 Sources

- [1] *McDonough John, entretiens personnels, 2009-2012*
- [2] *Hartin Ed, entretiens personnels, 2010-2012*
- [3] *Lambert Karel & Baaij Siemco, Brandverloop: technisch bekeken, tactisch toegepast, 2011*
- [4] *Kerber Steve, Impact of ventilation on fire behavior in legacy and contemporary residential construction, 2011*
- [5] *Grimwood Paul, entretiens personnels, 2008*
- [6] *Lambert Karel & Desmet Koen, Binnenbrandbestrijding, version 2008 & version 2009*
- [7] *Grimwood Paul, Hartin Ed, McDonough John & Raffel Shan, 3D Firefighting, Training, Techniques & Tactics, 2005*
- [8] *Bengtsson Lars-Göran, Enclosure Fires, 2001*
- [9] *Hartin Ed, [www.cfbt-us.com](http://www.cfbt-us.com)*

[10] *Raffel Shan*, [www.cfbt-au.com](http://www.cfbt-au.com)

Karel Lambert