

Les connaissances en matière de lutte contre l'incendie intérieur évoluent

La plupart d'entre-nous ont suivi leur formation de sapeur-pompier il y a un moment déjà. Pour certains, cela peut même remonter à plusieurs dizaines d'années. La société a pourtant évolué depuis lors et a connu des changements importants depuis les années '80, époque à laquelle certains d'entre-nous auront peut-être acheté leur première voiture. En comparant cette voiture avec des véhicules modernes, l'évolution technologique qui s'est opérée dans le secteur automobile saute aux yeux. Le même type d'évolution technologique s'est produite dans le secteur de la construction. De nos jours, les bâtiments doivent répondre à certaines exigences en matière de performance énergétique et sont, de ce fait, de plus en plus isolés et munis de vitrages à haut rendement (triple vitrage). Les maisons passives, étanches à l'air, font également leur apparition. Ces changements dans les techniques de construction employées ont également influencé de façon drastique la manière dont le feu va se comporter, si bien que de nos jours, les pompiers sont de plus en plus souvent confrontés à des incendies qu'ils n'auraient jamais connus il y a 40 ans de cela. Heureusement, notre matériel d'intervention a également bien évolué et les lances utilisées de nos jours n'ont plus rien avoir avec les lances traditionnelles (à fût tronconique) utilisées par le passé. Notre connaissance du feu, en tant que phénomène physique, a aussi évolué et d'une façon telle qu'il semble nécessaire d'en faire une synthèse. Dans cette série d'articles, nous allons présenter l'état actuel des connaissances en la matière en rappelant des principes qui sont toujours d'application et en introduisant de nouveaux. Dans ce premier article, nous commencerons par deux thèmes qui s'appliquent depuis toujours: le triangle du feu et le déroulement de l'incendie ventilé.

1. Le triangle du feu

1.1 La naissance de l'incendie

Tout le monde connaît le principe du triangle du feu qui est utilisé pour expliquer les conditions nécessaires au démarrage d'un incendie. Les trois côtés du triangle représentent le combustible, le comburant (l'air ou plus précisément l'oxygène) et l'énergie (que l'on qualifie parfois « d'activation »). A la place de ce dernier terme générique sont souvent utilisées les notions de chaleur ou de température. Ces trois éléments du triangle du feu doivent être présents en quantité suffisante afin de permettre au processus de combustion de prendre naissance.

La combustion, c'est en fait la combinaison de molécules de combustible avec des atomes d'oxygène accompagnée d'une production de chaleur. Pour démarrer, ce processus nécessite la présence d'une source d'énergie comme une bougie, un câble électrique qui surchauffe,...

Une fois que le processus de combustion a démarré, il va consommer de l'oxygène. L'air ambiant affiche généralement une teneur en oxygène de 21%. Dans un local fermé, un incendie consommera l'oxygène présent entraînant une chute de sa concentration dans l'air pouvant aller jusqu'à l'arrêt de la combustion. Il est généralement admis que le

processus de combustion s'arrête à des concentrations de 14 à 15% d'oxygène. Ce principe peut facilement être mis en évidence à l'aide d'une bougie que l'on place dans un environnement clos en la recouvrant d'un verre. L'oxygène présent est consommé par la flamme et la bougie finit par s'éteindre.



Fig 1.1 Le triangle du feu (source: commons.wikimedia.org)

1.2 Le carré du feu

On parle parfois de « carré du feu ». Dans le carré du feu, le quatrième côté représente la proportion de mélange entre le combustible et l'oxygène. Si l'on dispose des copeaux de bois dans un récipient, il sera très facile de les enflammer. Les copeaux de bois présentent en effet une grande surface d'échange avec l'air ambiant (et l'oxygène). On est dans ce cas en présence d'un bon mélange. Si l'on tente le même type d'expérience avec une poutre en bois et la même source d'énergie utilisée pour enflammer les copeaux, on se rendra vite compte qu'il n'est pas possible d'enflammer la poutre, qui est pourtant constituée du même matériau. Pour une même masse de matière, la surface d'échange que présente la poutre est de loin inférieure à celle que présentent les copeaux. On parlera donc dans ce cas d'un mauvais mélange.

1.3 Le rôle du triangle du feu dans les *Rapid Fire Progress* (progressions rapides du feu).

Le triangle du feu joue aussi un rôle dans le déroulement des *rapid fire progress* (*flashover*, *backdraft* et *fire gas ignition*) auxquelles il s'applique. Quel que soit le phénomène, combustible, comburant et énergie doivent être présents en bonnes proportions pour donner naissance au phénomène. Un exemple simple pour illustrer ce principe est celui du *backdraft*. Préalablement au *backdraft*, un mélange riche en combustible et présentant un déficit d'oxygène se forme dans une pièce. La température qui règne dans la pièce fait en sorte que deux des trois côtés du triangle du feu sont réunis: combustible et énergie. C'est seulement lorsqu'on amène de l'air dans la pièce que le *backdraft* peut se produire. Il s'agit là en quelque sorte de fermer le triangle du feu pour permettre au *backdraft* de se produire. Ce principe vaut également pour les autres formes de *rapid fire progress*.

2. L'incendie ventilé

Le régime de combustion joue un rôle très important dans le déroulement de l'incendie. La quantité d'air disponible va déterminer le régime de combustion qui va s'installer. En fonction de ce dernier, on distinguera deux types d'incendie différents. Le type d'incendie qui d'un point de vue historique, s'est produit le plus fréquemment est le feu « ventilé ». Cet incendie est caractérisé par une ventilation suffisante. La figure 2.1 reprend la courbe standard d'évolution de la température au cours d'un incendie ventilé.

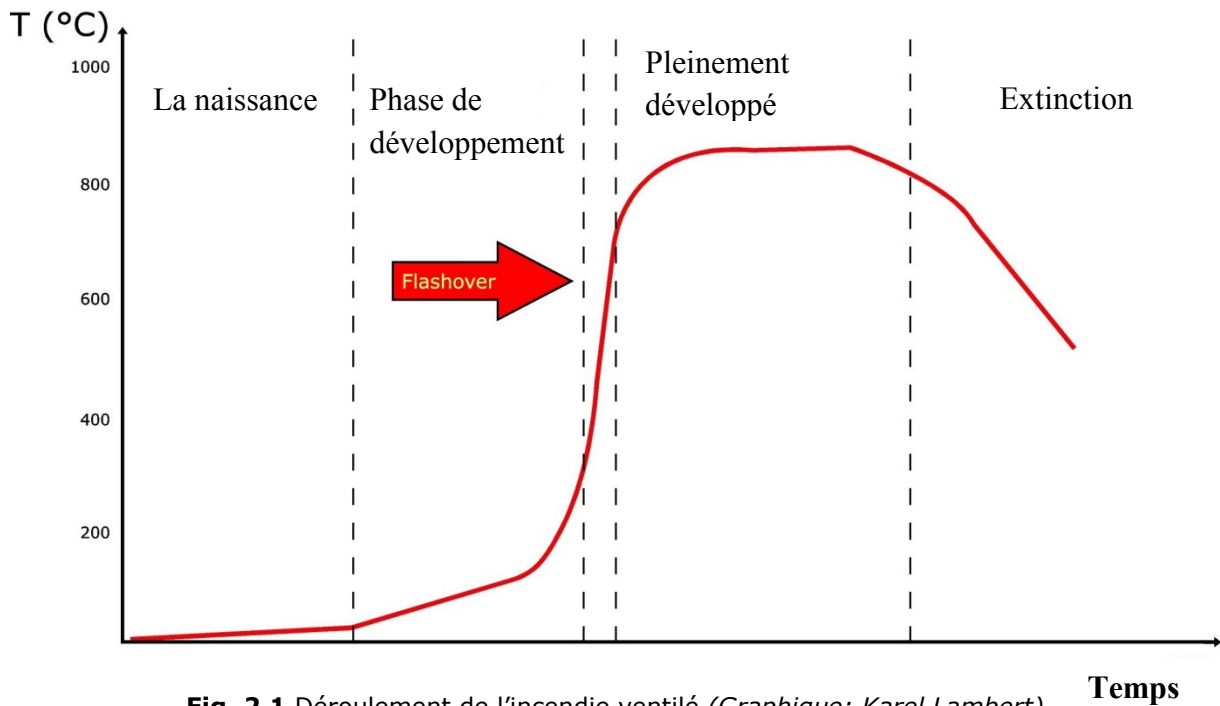


Fig. 2.1 Déroulement de l'incendie ventilé (Graphique: Karel Lambert)

2.1 La naissance de l'incendie

Au moment où l'inflammation se produit, la teneur en oxygène de l'air de la pièce est en général de 21%. Au début de l'incendie, la quantité d'oxygène disponible est donc plus que suffisante pour alimenter le processus de combustion. Dans la phase de naissance, on dit qu'un incendie est contrôlé par le combustible, ce qui signifie que c'est la quantité de combustible disponible qui détermine la vitesse à laquelle l'incendie va progresser.

A mesure que l'incendie se développe, la fumée va cependant progressivement prendre la place de l'air dans la pièce faisant diminuer le pourcentage d'oxygène. Dans la phase de naissance, la source d'énergie (une cigarette, p.ex.) va agir sur une matière combustible qui va dans un premier temps produire des gaz de combustion en faible quantité. Il s'agit encore à ce moment-là d'un feu que l'on peut qualifier de « couvant ». Dans la majorité des cas, une plus grande quantité de combustible va progressivement être impliquée dans le processus: la surface touchée par l'incendie s'accroît et la température augmente.

Les gaz de combustion qui s'élèvent vont finir par s'enflammer et créer un front de flammes qui va constituer une source de chaleur rayonnante. A partir du moment où des

flammes (vives) apparaissent, la progression de l'incendie s'accélère. Le rayonnement de chaleur produit par les flammes permet à l'incendie d'atteindre des objets situés à distance du foyer. Une fois que ces objets, soumis au rayonnement du foyer, ont accumulé suffisamment de chaleur, ils vont tout d'abord évaporer l'eau de constitution qu'ils peuvent contenir puis commencer à produire des gaz de pyrolyse. A la fois la vapeur d'eau et les gaz de pyrolyse sont caractérisés par une couleur gris clair.

2.2 La phase de développement

La phase de développement débute au moment où la colonne de fumée qui s'élève du premier objet touché par le feu s'enflamme. A partir de ce moment-là, on peut clairement se rendre compte qu'il y a le feu dans la pièce. L'augmentation de la température de même qu'une quantité déjà importante de fumée sont clairement perceptibles. La couche de fumée qui se crée va sensiblement s'étendre. Elle est alimentée par la colonne de fumée émanant des objets en flammes et par les gaz de pyrolyse produits par les objets soumis au rayonnement.



Fig 2.2 La formation du plan neutre dans une *attack-cell*. Au dessus de la ligne rouge en pointillés, on trouve une couche de fumée sombre et grise alors qu'en dessous la visibilité est toujours bonne (Photo : Stef Vandersmissen – Pompiers de Zaventem)

Au cours de la phase de développement, une « couche neutre » ou « plan neutre » va se mettre en place. Matérialisons la limite supérieure de ce plan neutre par une ligne horizontale située sous la couche de fumée (voir fig 2.2). Dans la couche de fumée, la concentration en combustible gazeux va continuer à augmenter tandis qu'en-dessous de celle-ci la teneur en oxygène reste importante et la visibilité reste bonne.

Le feu évoluant, la couche de fumée va commencer à s'étendre vers le bas. La vitesse à laquelle ce phénomène se produit donne une indication directe de la vitesse de développement du foyer. Un plafond de fumée s'abaissant rapidement indique un foyer se développant rapidement, ce qui représente un danger pour les intervenants.

Les flammes de la colonne de fumée, produite par les objets touchés par l'incendie, vont finir par atteindre le plafond de la pièce qui va les forcer à se courber horizontalement. Ce phénomène va donner naissance à un front de flammes qui va se déplacer dans le plafond de fumée depuis le foyer. C'est ce phénomène que nous appelons *rollover*. Avec

l'apparition du rollover, la phase de développement de l'incendie touche à sa fin. En raison du rayonnement intense provenant du plafond de fumée (feedback radiatif), la température va augmenter de façon très rapide, si bien que le flashover se produit.

Au cours de la phase de développement de l'incendie, une quantité de plus en plus grande de combustible est progressivement impliquée dans l'incendie. Le front de flammes s'étendant et le volume de l'incendie augmentant, les besoins en oxygène du feu s'accroissent, ce qui fait chuter la concentration en oxygène dans la pièce. Le feu est à cet instant encore contrôlé par le combustible mais évolue progressivement vers un feu contrôlé par la ventilation.

2.3 Flashover

Au cours de la phase de développement, tous les objets combustibles de la pièce vont commencer à pyrolyser. Le processus de combustion va également générer la production d'une large gamme de gaz de combustion brûlants dont certains sont inflammables comme le monoxyde de carbone (CO). Le plafond de fumées chaudes constitue en fait un réservoir de combustible gazeux. L'apparition du rollover va enflammer ce réservoir avec comme résultat une augmentation très rapide de la température. En quelques secondes seulement, la situation évolue d'un feu spatialement bien localisé à un feu impliquant la totalité de la pièce. A cet instant, on assiste à la transition d'un feu bidimensionnel (2D) à un feu tridimensionnel (3D).

Le flashover peut donc être défini de la façon suivante:

« Le flashover est une transition soudaine et soutenue d'un incendie en phase de développement à un incendie complètement développé. »

A l'issue du flashover, tout le volume est en feu. La quantité de combustible touchée par l'incendie s'étant sensiblement accrue, les besoins en oxygène du feu sont devenus bien plus importants qu'avant le flashover: le feu est désormais contrôlé par la ventilation. Les besoins en oxygène du feu, maintenant pleinement développé, sont supérieurs à ce que la ventilation du compartiment peut lui apporter.

2.4 Le feu pleinement développé

Comme déjà évoqué, à partir du moment où l'incendie évolue au-delà du flashover, l'entièreté du volume est la proie des flammes. Tout ce qui se trouve dans la pièce à ce moment-là peut être considéré comme perdu. La résistance au feu des éléments de construction (murs, planchers, plafonds, portes, fenêtres,...) va déterminer la propagation du feu aux compartiments adjacents. Si une porte est restée ouverte, le courant gravitationnel de gaz chauds et de flammes d'une part et d'air frais, d'autre part qui va se mettre en place entre ce local et le local adjacent va rapidement amener l'incendie dans ce dernier à évoluer vers le flashover. Il est donc tout à fait possible que dans un même bâtiment, un local soit l'objet d'un feu pleinement développé alors que le local voisin ne soit l'objet d'un feu qui n'est encore qu'en phase de développement. Un local où le feu est pleinement développé va rapidement être littéralement « réduit en cendres ». Le feu est à ce stade toujours contrôlé par la ventilation et continuera à brûler jusqu'à ce que la quantité de combustible s'épuise.

2.5 La phase d'extinction

Au cours de l'incendie, une quantité de plus en plus grande de combustible est progressivement impliquée dans le processus de combustion. A la fin de la phase de plein développement, la quantité de combustible qui a été consommée est telle que l'intensité du feu finit par diminuer. La production de fumée diminuant également, l'entrée d'air frais est facilitée, ce qui fait remonter la concentration d'oxygène dans la pièce. A un moment donné, le feu va basculer d'un régime contrôlé par la ventilation à un régime contrôlé par le combustible.

Durant la phase d'extinction (appelée aussi phase de « déclin »), il subsistera dans la pièce des objets dont la température est suffisamment élevée pour leur permettre de continuer à pyrolyser et ce, même si l'intensité de l'incendie a fortement diminué. La libération de ces gaz de pyrolyse ne doit pas être négligée car ces gaz représentent un danger pour les intervenants.

3. Sources

- [1] *Hartin Ed*, www.cfbt-us.com
- [2] *McDonough John*, *New South Wales Fire Brigade, communication personnelle, 2009.*
- [3] *Raffel Shan*, www.cfbt-au.com, *communication personnelle, 2009.*
- [4] *Grimwood Paul, Hartin Ed, McDonough John & Raffel Shan*, *3D Firefighting, Training, Techniques & Tactics, 2005.*
- [5] *Grimwood Paul*, www.firetactics.com, *communication personnelle, 2008*
- [6] *Lambert Karel & Desmet Koen*, *L'attaque à l'intérieur, version 2008 & version 2009.*
- [7] *Bengtsson Lars-Göran*, *Enclosure Fires, 2001.*
- [8] *Gaviot-Blanc, Franck*, www.promesis.fr

Karel Lambert