

LA LECTURE DU FEU

Version 1.10

Shan RAFFEL

Traduction Pierre-Louis LAMBALLAIS

Note du traducteur	3
Introduction	3
Les indicateurs du feu.....	3
Estimation FACF	4
La fumée	4
Couleur et densité.....	4
Volume et positionnement.....	5
Hauteur de la zone neutre	6
Pulsation	7
"Courant d'air" / Voies d'air.....	7
Vélocité et direction.....	7
Courant turbulent ou régulier.....	7
Sifflements.....	8
La chaleur.....	8
Le noircissement ou le craquement des fenêtres.....	8
Boursouffure des zones peintes	8
Augmentation soudaine de la température.....	8
Flammes.....	8
Estimation Dynamique des Risques	10
Résumé	10
Notes sur les termes employés.....	11
Feu à carburation contrôlé.....	11
Courant gravitationnel.....	11
Suppression, sous-pression, zone neutre.....	11
Cycle de pulsation	11
Pyrolyse	12
Ventilation Opérationnelle. (Tactical Ventilation)	12
Equilibre thermique.....	12
Feu à ventilation contrôlée (nommé également "feu sous-ventilé").....	12

Note du traducteur

Ce document a été l'un des premier traduit en Français et mis à disposition sur le site internet flashover.fr Après plusieurs mois et de nombreuses expériences sur les feux de locaux, il s'est avéré que des termes prêtaient à confusion et que des précisions étaient nécessaires pour permettre une lecture simple et efficace. La tradition de « lecture du feu » n'étant pas encore implantée en France, les notions mises en avant dans ce document méritaient des corrections. Entre autre dans la précision du terme « clair » qui désigne en fait une couleur « claire » (blanc par opposition au noir) et non pas une notion de légèreté comme la première traduction pouvait parfois le laisser croire.

Introduction

Chaque feu émet des signaux qui peuvent aider le Sapeur-Pompier à déterminer l'état de développement du feu et, plus important, les changements qui ont des chances de survenir. Cette capacité est essentielle pour déterminer la stratégie adéquate, et les tactiques à employer.

Savoir "lire le feu" c'est pouvoir prendre des décisions basées sur ses propres connaissances et non pas sur de simples conjectures ou sur la chance.

Les indicateurs du feu

Lors d'une situation d'urgence, il existe un grand nombre d'informations que l'on peut récupérer en quelques instants. Ce document va se concentrer uniquement sur les indicateurs présents dans le cas de feux de locaux.

Les Sapeurs-Pompiers se trouvant en présence de feux de locaux, doivent prendre ses signes en compte pour avoir des indications sur les conditions d'évolution du feu

Les indicateurs peuvent êtres classés en quatre grandes familles.

Fumées

- Couleur et densité
- Volume et positionnement
- Hauteur de la zone neutre
- Pulsations

Déplacement d'air

- Vitesse et direction
- Courant turbulent ou régulier
- Sifflements

Chaleur

- Obscurcissement des fenêtres et peu ou pas de flammes visibles
- Boursoufflement des zones peintes
- Augmentation soudaine de la chaleur

Flammes

- Couleur
- Volume
- Localisation

Estimation FACF

L'observation de la fumée, de l'air, de la chaleur et des flammes (FACF) est une part importante du travail d'estimation dynamique des risques.

Ceci permet à l'encadrement de déterminer à quelle étape du développement se trouve le feu et de faire une estimation correcte des changements qui peuvent survenir et qui peuvent avoir un impact sur la sécurité des équipes engagées. Cette estimation permet également une meilleure mise en place des moyens d'attaque. Les équipes engagées doivent utiliser le protocole FACF afin d'estimer le niveau de risque de la zone dans laquelle elles sont engagées. L'information doit ensuite être remontée aux équipes d'intervention rapide (Rapid Intervention Team - RIT), et à l'encadrement afin de déterminer en temps réel le profil du feu et d'agir en conséquence.

NdT: dans le document d'origine, on parle de "Smoke, Air, Heat, Flame" donc d'un protocole SAHF et non pas FACF. Les RIT sont des équipes qui pratiquent par exemple des exutoires de fumées pour la ventilation.

La fumée

Couleur et densité

La couleur des fumées varie suivant les matières en combustion et suivant la ventilation. Il y a quelques principes généraux qui peuvent être appliqués au cours de cette phase initiale d'estimation.

Les fumées sombres indiquent souvent des combustions "riches", dues à une faible disponibilité d'air. (NdT : néanmoins, il y a de l'air)

Lorsqu'une combustion avec flamme est possible, le carbone présent dans le produit qui brûle est rejeté dans la fumée, et celle-ci prend une couleur **foncée**. Au contraire, lorsque la température est basse, ou quand l'apport d'oxygène est trop faible pour permettre une combustion avec flammes, le produit se consume sans flammes actives (phénomène de pyrolyse), et une grande partie du carbone reste dans les éléments en combustion. Ceci produit une fumée de couleur plus **claire**. Il est important de comprendre qu'au fur et à mesure du développement du feu, la chaleur est transférée dans les zones voisines (autres locaux contigus), ce qui peut aboutir à des effets de pyrolyse d'autres éléments et à la production de fumées chargées de combustibles, de couleur blanche. (*NdT : les fumées blanches sont particulièrement dangereuses et sont l'une des sources des « smoke explosion » (Voir l'article « Fumées blanches : dangers » sur [http://www.flashover .fr](http://www.flashover.fr))*)

Au fur et à mesure que le feu progresse, la couche de fumée descend et la densité de cette couche augmente.

De façon générale:

- Fumée **claire**: accumulation des produits de pyrolyse, provoquée par un accroissement important de la température du local.

- Fumée **foncée**: conditions "riches" dues à une combustion incomplète ou à une combustion "pauvre" à cause de la composition moléculaire du produit.

Il est important de veiller aux changements de couleurs des fumées.



La photo ci-dessus montre nettement les produits de pyrolyse "clairs" (fumées blanches) dans l'ouverture en partie supérieure gauche (pas de communication avec les autres zones). La partie en haut à droite est en communication avec la base du feu et la couleur sombre indique une combustion riche avec ventilation contrôlée.
(Photo Wayne Atkins)

Ndt : le terme de feu contrôlé est utilisé par les anglo-saxons pour désigner un feu qui « se contrôle ». Il assure lui-même son alimentation en comburant, gère son combustible etc. Le « contrôle » dont il est question n'est donc pas le contrôle par les Sapeurs-Pompiers .

Volume et positionnement

Le volume de fumée peut être un élément permettant de déterminer la taille du feu et sa localisation. Mais dans certains cas il n'y a pas de lien entre les deux et cela peut aussi donner de fausses indications sur la localisation du feu, sa taille et son état de développement. La fumée peut voyager dans les gaines d'aération ou les zones vides, et ressurgir à des endroits imprévus. Beaucoup de Sapeurs-Pompiers ont connu des interventions durant lesquelles des structures émettaient de grandes quantités de fumées, pour ensuite découvrir que la zone de feu était relativement petite et située à un endroit insoupçonné. Le principe de base est que les fumées chaudes ont tendance à s'élever verticalement. Lorsqu'elles atteignent des obstructions horizontales, les fumées essaient de s'échapper pour rechercher à nouveau d'autres échappatoires verticaux. Plus le chemin est long, et plus les fumées se refroidissent entre autres à cause du mélange partiel entre l'air et les

fumées. Comme dans le cas de tous les éléments indicateurs, il est très important de ne pas prendre un seul élément en compte, de façon isolé.

Dans le cas de fumées saturés en combustible, il y a des possibilités d'inflammation de ces fumées au bout d'un trajet assez long, leur permettant de trouver une entrée d'air. Ainsi le mélange peut devenir « idéal » à une distance relativement grande du foyer. Il peut ainsi arriver qu'un feu se déclare au RdC, puis se propage au 3ème ou au 4ème étage par l'intermédiaire des fumées, en épargnant les étages intermédiaires car la fumées au passage dans ces étages est manqué de comburant et ne s'enflamme pas.

Hauteur de la zone neutre

Au fur et à mesure que le feu se développe, la zone neutre va descendre, et les fumées vont s'intensifier.

Donc:

- Une zone neutre placée très haut indique que le feu est dans ses premières étapes de développement
- Une zone neutre placée très bas indique une très forte probabilité de backdraft.
- Une remontée rapide de la zone neutre indique qu'une ventilation s'est produite.
- Une descente graduelle de la zone neutre indique qu'il y a constitution de gaz de combustion et une approche du flashover.
- Une baisse soudaine de la zone neutre indique une soudaine intensification du feu

Ndt: le déplacement de la zone neutre provient aussi d'un phénomène démontré par la Loi de Charles à savoir qu'un gaz chaud se dilate. Donc plus la chaleur augmente et plus les gaz occupent de place. Etant bloqués en partie supérieure du local, la couche de gaz augmente en épaisseur et semble donc descendre.



Des fumées de couleur claires indiquent souvent la présence d'un fort pourcentage de résidus de pyrolyse.



Ces photos montrent la descente de la zone neutre au fur et à mesure que le feu progresse vers une situation de flashover.

Pulsation

Le fait que la fumée semble "pulser" par les petites ouvertures, peut indiquer la présence d'un feu à **ventilation contrôlée** (NdT: voir le lexique en fin de document car le terme peut prêter à confusion!). Cela indique qu'il y a des variations de pression, due à la disponibilité limitée de l'oxygène en. Comme la quantité d'oxygène diminue lors du processus de combustion, il y a ralentissement de ce processus, les gaz se refroidissent et (cf. Loi de Charles) se contractent. Cette sous-pression du local "aspire" l'air par les orifices. Cet air est aspiré vers le feu, qui reprend de l'ampleur: la température monte à nouveau, les gaz chauffent, donc se dilatent, et les fumées pulsent vers l'extérieur du local, jusqu'à ce que l'oxygène qui était entré soit consommé, et que le cycle recommence. Dans certains cas, cela peut se transformer en situation de backdraft potentiel. Les fumées qui semblent pulser par de grandes ouvertures doivent être analysées dans un contexte plus général de mouvement d'air et sont traitées dans le prochain chapitre de ce document.

"Courant d'air" / Voies d'air

Le courant d'air c'est le mouvement de l'air vers la base du feu, et le mouvement des éléments de combustion, très chauds, vers l'extérieur du local. Les termes scientifiques sont "vagues gravitationnelles" ou "courant gravitationnel", ou « courant de convection » (Voir le document « Voies d'air et progression rapide du feu » sur www.flashover.fr)

Vélocité et direction

Lorsqu'une ouverture est faite, **les gaz chauds sortent par la partie supérieure** de cette ouverture, tandis que **l'air frais rentre par le bas** de celle-ci. Un mouvement complet et soudain de ce courant d'air vers l'intérieur du local indique l'imminence d'un backdraft. Dans certains cas, cela peut-être suivi par un **mouvement de reflux**, puis le backdraft se produit quelques secondes plus tard (Voir l'analyse de la vidéo dans le document « Anatomie d'un backdraft » sur www.flashover.fr).

Courant turbulent ou régulier

Si le courant d'air est lent, laminaire et régulier, cela peut indiquer que le feu est dans un état initial, et plus sûrement que la combustion est contrôlée. Si le courant d'air est **rapide et turbulent** (et bien souvent la zone neutre est assez basse), cela peut indiquer un feu actif, dans une phase de ventilation contrôlée. Les fortes pulsions au niveau de l'air sont de très bonnes indications d'un feu à ventilation contrôlée.

Sifflements

Les sifflements peuvent indiquer que l'air est poussé dans un sens ou dans l'autre, au travers de petites ouvertures, ce mouvement étant due aux variations de pressions. Cela indique à nouveau un feu à ventilation contrôlée. Il est cependant à noter que ces sifflements peuvent être difficiles à percevoir dans le bruit environnant.

La chaleur

Les estimations doivent prendre en compte les indicateurs de température tels que:

Le noircissement ou le craquement des fenêtres

Le noircissement indique des conditions de combustion à résidus "riches" (backdraft potentiel) et les craquements indiquent de très fortes températures (risque de déclenchement de combustion vive). L'ouverture des portes et fenêtres doit être réalisée avec de très grandes précautions lorsqu'on se trouve dans ces conditions.

Boursouffure des zones peintes

Envoyer un peu d'eau diffusée sur une porte ou sur une surface peut également servir à en tester la chaleur. Si la porte est chaude, le film d'eau que l'on dépose va rapidement s'évaporer. Dans certains cas, il est même possible d'avoir une indication sur la hauteur de la zone neutre, simplement en observant à quel endroit cesse cette évaporation.

Augmentation soudaine de la température

Événement indiquant fréquemment la survenu imminente d'un backdraft ou d'un flashover. Cela indique souvent qu'une combustion des gaz a commencé dans la partie supérieure du local (niveau du plafond). Cet événement est très difficile à discerner: c'est un des derniers indicateurs, qui risque de ne pas donner assez de temps pour réagir.

Tester la température peut se faire en plaçant une petite pulsion d'eau, avec un jet diffusé assez étroit (*NdT: appelé dans le GNR "jet diffusé d'attaque"*), dans la couche supérieure. Si l'eau retombe au sol sans aucun sifflement, c'est que la température au plafond est inférieure à 100°C. Si l'eau ne retombe pas, et qu'un sifflement est entendu, cela indique que la température est supérieure à 100°C. Les Sapeurs-Pompiers peuvent aussi, avec précaution, tendre leur main gantée vers les parties supérieures. Si aucune chaleur excessive n'est détectée, on peut découvrir légèrement la peau de la main et recommencer à tendre le bras vers les parties supérieures, avec précaution, ceci devant permettre d'estimer la hauteur de la couche chaude. Renouveler régulièrement ces tests permet de déterminer les variations de température et d'avoir en permanence une indication sur les déplacements de la couche chaude.

Flammes

La couleur des flammes donne une indication sur ce qui est en train de brûler. Cela peut cependant générer des erreurs car un même produit peut donner des flammes de couleurs différentes au long de son processus de combustion. Par exemple le LPG (*Ndt: LPG = Liquefied Petroleum Gaz = Gaz de Pétrole Liquéfié = GPL*) pré mélangé avec l'air brûle avec une flamme bleue (présence de CO₂). Mais si l'air et le

combustible sont mixés par diffusion, la flamme est jaune, à cause de la présence de particules de carbone.

Autre exemple, la combustion des panneaux de particules. Lorsque l'air est présent en quantité suffisante, ils brûlent avec des flammes jaunes. Quand la concentration en oxygène diminue, les flammes deviennent rouge orangé.

Dans un feu de local, des **flammes jaunes** indiquent généralement une présence d'air en quantité suffisante. Des **flammes rouges orangées** indiquent qu'il y a moins d'oxygène disponible et qu'une combustion à résidus riches est en train de se produire. La forme des flammes donne aussi une indication sur le type de combustion en cours. Les flammes rouges orangées qui résultent d'une combustion "riches" sont souvent **turbulentes, animées, et assez courtes**. L'inflammation des produits de pyrolyse accumulés, produit une flamme jaune pâle, parfois très claire (transparente). Dans ce cas, les flammes sont **longues, larges et bougent lentement**.

La formation de **flammes bleues** autour de la zone neutre, provient de la présence de monoxyde de carbone, qui s'est concentré en petites zones inflammables.

Tout comme le protocole FACF, il est important de veiller en permanence à la couleur et de prendre en compte toutes ces variations



Photo par Wayne Atkins



Sapeurs-Pompiers britanniques en entraînement sur des feux de locaux, apprenant les bases de la lecture du feu. (Photo Ian Roberts)

Estimation Dynamique des Risques

Résumé

L'usage d'une ventilation opérationnelle ne peut être développé et mis en place sans avoir au préalable vérifié les conditions par un protocole FACH. L'estimation des risques est un travail permanent qui doit être mis en œuvre et répété tout au long de l'intervention. "Lire le feu" est essentiel dans le cadre du développement d'une tactique générale, mais cette estimation doit également être réalisée par tous les membres de toutes les équipes.

Cette capacité d'estimation doit être développée au travers d'une combinaison d'éléments théoriques, de démonstration sur des simulateurs de petites tailles, de démonstrations dans des simulateurs de grande taille, et si possible de démonstrations dans des feux de locaux parfaitement contrôlés (habitation) . Des compléments de compréhension peuvent être acquis par la visualisation de vidéos. Maintenant il est clair que c'est par la pratique et l'entraînement que ces capacités pourront être pleinement développées par les intervenants.



Les Sapeurs-Pompiers Suédois maîtrisent désormais cette "lecture du feu" depuis l'introduction des entraînements en situation de feux de locaux, depuis le milieu des années 80. (Photo Ian Roberts)

Notes sur les termes employés

Les Sapeurs-Pompiers sont souvent critiqués pour leurs écarts vis-à-vis des termes scientifiques. La plupart des termes utilisés dans ce document ne doivent pas paraître "nouveaux" pour le lecteur. Lorsque des termes de portée internationale existaient, je les ai utilisés. Parfois les actions et les termes scientifiques ne s'appliquent pas au besoin des Sapeurs-Pompiers en situations d'urgence. Cela peut provenir du fait qu'elles sont trop longues, et peut "parlantes" pour les Sapeurs-Pompiers. La plupart des définitions utilisées dans ce document sont prévues pour simplifier les tâches de communications dans l'urgence et dans des situations dangereuses, rencontrées en opération. Certains de ces termes proviennent de Suède et ont été adoptés par les Britanniques et les Australiens. Ils ont prouvé leur efficacité et leur capacité à générer une communication rapide dans des conditions de feu, quel que soit le pays concerné. En particulier, j'ai utilisé les termes et expressions fournis en premier par Krister Giselsso (Ingénieur Suédois, spécialisé en incendie) et d'autres experts tels que John Taylor et Paul Grimwood.

Les options et avis émis dans ce document sont de la seule responsabilité de l'auteur (*NdT: et du traducteur*) et n'engagent pas leurs employeurs.

Feu à carburation contrôlé.

C'est un feu "libre" caractérisé par le fait que l'air est en excès par rapport à ce qui est nécessaire pour une combustion complète du carburant et des autres matières issus de la pyrolyse. Le « contrôle » n'est pas le fait du Sapeur-Pompier qui aurait une maîtrise du feu, mais le fait du feu qui « contrôle » sa situation.

Courant gravitationnel.

Courant provoqué par l'opposition des flux de deux fluides, créé par une différence de densité. En termes de gestion du feu, on se réfère à une zone de sous-pression dans laquelle l'air rentre (dans un bâtiment ou un local) et à une zone de surpression dans laquelle on trouve les fumées, les flammes ou les gaz chauds. On parle aussi de courant de convection.

Surpression, sous-pression, zone neutre

Dans un feu de local, plusieurs zones sont en évolution. A cause des gaz chauds, présents dans les zones situées dans les parties supérieures des locaux, nous y avons des effets de pression positive. Le nom "logique" pour ces zones est "zone de surpression". Les zones les plus basses dans le local sont plus froides et cela génère une zone de pression négative. Si le local possède des ouvertures, l'air va être aspiré par les zones de sous-pression et rejeté par les zones de surpression. La séparation entre ces deux zones est appelée "zone neutre".

Cycle de pulsation

C'est une indication de la présence de matières non-brûlées, dans un local, avec présence potentielle de pré-mélange et risques d'explosion. Les fumées qui "pulsent"

vers l'extérieur puis vers l'intérieur du local au niveau des points d'entrées donnent un signe d'avertissement pour les backdraft.

Pyrolyse

C'est la décomposition chimique d'un produit obtenue par chauffage, mais sans flamme. La pyrolyse produit des fumées blanches

Ventilation Opérationnelle. (Tactical Ventilation)

Concept de sécurité introduit dans les années 80 et défini par Paul Grimwood de la façon suivante: "*Actions de ventilation réalisée par les intervenants, afin d'obtenir le contrôle d'un feu dans un contexte de feu de bâtiments (locaux), ceci pour avantager les équipes de lutte et de sauvetage. Ces actions peuvent consister à permettre l'extraction ou à diriger les fumées, ou les gaz de combustion (chauds), soit par des moyens naturels ou provoqués, soit par des ouvertures horizontales ou verticales, créées dans le bâtiment, ou des ouvertures déjà existantes. Ces actions peuvent aussi consister en une fermeture de la structure, ceci dans le but de réduire le flux d'air se dirigeant vers le feu. Les services d'incendie Suédois nomment cette technique "anti-ventilation". Il est essentiel pour les Sapeurs-Pompiers, de se souvenir que l'ouverture la plus dangereuse qu'ils provoqueront généralement, c'est leur point d'entrée dans le bâtiment!*

Equilibre thermique

Le degré d'équilibre thermique qui existe dans un local clos, dans lequel un feu est en développement, dépend entre autres facteurs, de la disponibilité en carburant et en air.

La zone chaude au niveau du feu (nommé également plume de feu ou colonne thermique) provoque des mouvements qui apportent l'air au feu. Cependant, lorsque le plafond et les parties supérieures des murs deviennent très chauds, la circulation d'air ralentie, jusqu'à ce que la totalité de la pièce se mette à développer une sorte d'équilibre thermique dans lequel les températures seront réparties uniformément et horizontalement dans tout le local. D'un point de vue vertical, cela signifie que la température augmente de façon continue, du bas vers le haut, avec une grande concentration de chaleur dans les parties les plus hautes.

Feu à ventilation contrôlée (nommé également "feu sous-ventilé")

C'est un feu déjà bien développé, qui se produit dans un lieu confiné ou un local, et qui génère des produits de combustion très riche. Dans cette situation, une augmentation de température est constatée lors de ventilation par les ouvertures. En fait, dans un feu à ventilation contrôlée, la disponibilité en air est généralement tout juste suffisante pour que toutes les vapeurs de carburants puissent brûler. NdT: le terme ne signifie donc pas que nous, Sapeur-Pompier, ayons une maîtrise de la ventilation, mais plutôt que celle-ci n'est pas "libre" ni "anarchique". A nous d'en profiter pour gérer la situation, sans perturber celle-ci au profit du feu.

Pour plus d'informations contacter: Shan Raffel MIFireE (sraffel@uq.net.au) ou Pierre-Louis Lamballais pl.lamballais@flashover.fr

Shan RAFFEL est sapeur-pompier professionnel sur Brisbane, en Australie. Il a servi en opération pendant 19 ans, et comme chef de groupe durant 13 de ces années. Il a étudié les entraînements en condition de feu de locaux (CFBT) en Suède et en

Grande-Bretagne, et à un été un des pionniers dans la mise en place de ses entraînements, en Australie. En 1999, il a travaillé avec un Sapeur-Pompier Suédois pour mettre en place le simulateur de l'académie d'entraînement QFRS.

Pierre-Louis LAMBALLAIS est Sapeur-Pompier Volontaire en France (SDIS-53). Formateur Incendie pour la société SDP2 , il en gère les trois containers flashover. Il étudie les accidents thermiques depuis plusieurs années, et participe à la traduction de documents destinés aux Sapeurs-Pompiers. Gestionnaire du site :[http://www .flashover.fr](http://www.flashover.fr) , il est joignable à l'adresse pl.lamballais@flashover.fr

Version 1.10 le 18/12/2004

Version 1.00 le 30/07/2002