

Progression Rapide du Feu

Questions & Réponses

Paul Grimwood - LONDON FIRE BRIGADE

Traduction : Lieutenant Mathieu PERRIN, CSP Lens (SDIS 62)



1. **Qu'est-ce qu'un flashover?** - Le terme « flashover » fut introduit par le scientifique britannique P.H. Thomas dans les années 1960 et était utilisé pour décrire la théorie de la croissance du feu jusqu'à un point où il devient *entièrement développé*. Cette période de croissance était défini comme culminant au « flashover », bien que Thomas admette que sa définition originale était imprécise et acceptait qu'elle puisse avoir une signification différente dans un autre contexte. Thomas nous informa dans UK Fire Research Note 663 (décembre 1967) qu'il y avait *plusieurs sortes de flashover* et décrivit des « flashovers » résultant de feux contrôlés par l'apport d'air ou par l'apport de combustible. Le terme a depuis été utilisé comme terme générique par les pompiers pour décrire différentes forme de Progression Rapide du Feu.

2. **Quelles autres sortes de progression rapide du feu (PRF) les pompiers rencontrent-ils ?** - Il y en a plusieurs. Le **Flashover** est généralement défini comme une forme de PRF causée par la chaleur, la probabilité d'occurrence d'un flashover augmentant avec la quantité de chaleur dégagée par un feu. Le **Backdraft** est un phénomène provoqué par une *ventilation*, lorsque l'air/oxygène est soudainement introduit dans un feu sous-ventilé, souvent un feu couvant. Le **Explosion de Fumées (ou Inflammation de Gaz de Combustion)** est souvent confondue avec le backdraft, mais ce phénomène est très différent (*note du traducteur : le Guide National de Référence français relatif aux accidents thermiques ne reconnaît pas cette différence « backdraft » - « smoke explosion » et les rassemble sous le même intitulé d'« explosion de fumée »*). Il se produit lorsqu'une poche ou une couche de gaz de combustion pré-mélangée est dans la zone d'explosibilité et qu'elle entre en contact avec une source d'inflammation. Cela peut se produire lorsqu'une braise monte dans la zone inflammable ou lorsque la progression du feu fait naturellement s'étendre et descendre la couche de fumée en partie basse de la pièce où elle rencontre une source d'inflammation. Cela peut aussi se produire, par exemple, quand le plafond s'effondre ou lorsqu'un mouvement d'air « pousse » la fumée, entraînant les gaz vers une source d'inflammation ou faisant atteindre au mélange sa concentration idéale. Ces inflammations

peuvent avoir plusieurs aspects, elles peuvent être explosives, ou peuvent être de petits phénomènes qui en provoquent d'autres à la chaîne dans la même pièce. Les gaz peuvent également s'enflammer lorsqu'ils sont déplacés dans une zone contenant une grande quantité d'air, par exemple près d'une cage d'escalier ou lorsqu'ils sortent du bâtiment par une fenêtre ou une porte. Ces inflammations peuvent se produire spontanément dans l'air, sans source d'inflammation, quand les gaz sont surchauffés au-dessus de leur température d'auto-inflammation. Les flammes apparaîtront séparément du foyer (des surfaces en feu). De telles inflammations peuvent même retourner dans le compartiment d'où elles proviennent (*flash-back*) ou continuer à brûler dans cette zone d'air frais si les conditions dans le compartiment sont trop riches en gaz pour permettre une combustion. Certaines explosions de fumées ont été particulièrement dévastatrices à cause de leur caractère explosif. Elles peuvent également se dérouler dans une zone loin de la pièce en feu. Dans certains cas, les pompiers ont déclenché une explosion de fumée en mettant à nu une source d'inflammation (ex : en soulevant un matelas sous lequel se trouve un foyer) dans une zone non ventilée. Ne confondez pas l'augmentation d'intensité du feu causée par le vent extérieur avec celle causée par un flashover ou un backdraft puisqu'elles ne sont pas liées. Cet effet de chalumeau est commun et se déroule rapidement sans signe précurseur ! Les effets peuvent apparaître identiques mais en réalité la cause est beaucoup plus simple à appréhender : elle dépend des conditions du vent !

3. Un flashover peut-il être provoqué par une augmentation de la ventilation ? - Oui ! L'augmentation des conditions de ventilation dans la pièce augmentera les pertes de chaleur puisque plus de chaleur sera évacuée par convection. Toutefois il y a des situations où la ventilation va permettre au feu de dégager plus d'énergie qu'il n'est possible d'en évacuer par la fenêtre, et cet « emballement thermique » causera un flashover. Il faut retenir que parfois plusieurs formes de PRF peuvent se produire et être intimement liées, rendant difficiles l'identification du phénomène ayant initié l'inflammation des gaz.

4. Les flammes d'un backdraft vont-elles perdurer ou bien est-ce juste un bref dégagement d'énergie ? - Les scientifiques suggèrent que les brusques changements de débit énergétique du feu (exprimé en W/m^2) dans un compartiment impliquent quelques mécanismes de base - ces changements peuvent être décomposés en *étapes*, où le débit énergétique est constant, et en des *phénomènes transitoires* lorsque le débit énergétique retourne approximativement à sa valeur initiale. Il y a sept manières d'initier un changement brusque - quatre de ces manières sont des *étapes* représentant les transitions entre les différents régimes du feu : contrôlé par le combustible ou contrôlé par la ventilation ; alors que les trois autres sont des *phénomènes transitoires* correspondant à l'un des éléments du triangle du feu (carburant, comburant, énergie/chaleur). Le flashover est généralement une *étape* alors que le backdraft est un *phénomène transitoire* impliquant un court, potentiellement violent, dégagement d'énergie du feu qui n'est pas durable. Il est possible pour une *étape* et un *phénomène transitoire* de se produire simultanément. Toutefois, il y a des cas de backdraft ayant duré quelques minutes. Un de ces cas est [le feu de Watts Street à New York \(en anglais\)](#) où un backdraft fut suivi d'une combustion des gaz accumulés dans la cage d'escalier pendant 7 minutes !

5. Les différentes formes de progression rapide du feu sont-elles explosives ? - Toutes les formes de Progression Rapide du Feu peuvent engendrer des ondes de surpression à différents degrés allant d'un simple « pop » jusqu'à un « woouoooooff », jusqu'au 'boom' qui causera des dommages à la structure - ceci est une « explosion » ! Dans des cas l'inflammation des gaz sera lente et pourra être vue rouler tranquillement le long du plafond, dans d'autres elle aura une force importante et se produira à grande vitesse.

6. Laquelle des trois formes de base de progression rapide du feu les pompiers sont-ils amenés à rencontrer ? - C'est une question courante mais il n'existe pas vraiment de réponse puisqu'il n'y a pas de statistiques à ce sujet ! Mon expérience de pompier et ma recherche sur les feux m'incitent à répondre le *flashover* provoqué par la chaleur ; toutefois ce phénomène se produit généralement avant l'arrivée des pompiers. Nous sommes peut-être amenés à rencontrer le *backdraft* puisque dès notre arrivée nous créons des ouvertures de ventilation (nos points d'entrée), ce qui influe sur la progression du feu. Nous pouvons également provoquer des *explosions de fumée* en inversant/contrariant

l'équilibre thermique et la formation des gaz en dirigeant notre jet diffusé sur la zone en feu, sans savoir que nous poussons des poches de gaz directement sur des sources d'inflammation.

7. Quels signes précurseurs les pompiers doivent-ils surveiller ? - Les signes précurseurs sont différents pour chaque type de phénomène. L'imminence d'un flashover est signalée par des flammes qui courent au plafond (rollover) ; ou une augmentation de la température forçant le pompier à se rapprocher du sol ; ou un soudain abaissement de la couche de fumée (interface fumée/air frais). Les signes précurseurs d'un backdraft incluent la forte coloration et le ternissement des vitres par la fumée, ce qui indique un feu sous-ventilé ; de la fumée s'échappant des interstices de la structure, indiquant l'augmentation de la pression interne ; la « respiration » de la fumée aux interstices, la fumée étant poussée du bâtiment puis aspiré ; une soudaine aspiration d'air (courant de gravité) créant une interface fumée/air visible à la porte ou la fenêtre ; ou un tourbillon dans la fumée où la fumée est proche du sol et qu'aucune interface nette n'existe, et à proximité d'une ouverture, où ce tourbillon de la taille d'un ballon de football semble aspirer l'air ; ou des flammes bleues ou dansantes qui semblent se détacher du foyer principal ; ou des sifflements ou grondements créés par l'aspiration de l'air à travers la porte ou la cage d'escalier ; ou enfin de la fumée épaisse et brûlante qui, s'échappant de la porte ou de la fenêtre, arbore des formes de petits « champignons ». L'existence d'une couche de fumée inflammable est rarement visible mais le pompier doit toujours considérer qu'une telle couche est présente - en attente en partie haute - à la fois DURANT le feu et APRES l'extinction du feu !

8. Que sont les Gaz à Haute Vitesse ? - Ce phénomène se produit généralement dans de grands compartiments ouverts, ou dans des passages réduits comme par exemple un couloir, au passage d'une porte, une cage d'escaliers, etc. C'est lorsque des gaz de combustion s'enflamment à travers un volume à une vitesse de plus en plus élevée et sont soudain arrêtés par un mur ou par un passage réduit, causant la vitesse de combustion d'augmenter. Un tel phénomène laisse des traces de combustion caractéristiques en haut et à la base des murs ou des passages. Ces traces ont été scientifiquement nommées *intensification locale*.

9. La ventilation opérationnelle peut-elle empêcher une progression rapide du feu ? - Il y a beaucoup de recherche scientifique et de débat sur ce sujet, ainsi que beaucoup de retours d'expérience. En fait, la création d'ouvertures PEUT vous aider à évacuer chaleur et fumée qui causent une progression rapide du feu, tout comme ces ouvertures peuvent déclencher cette progression rapide ! Les conditions requises pour initier ces phénomènes sont imprévisibles sur le terrain, et les actions de ventilation sont souvent basées sur un risque calculé - un pari ! L'utilisation de la VPP (Ventilation par Pression Positive) peut empêcher une progression rapide du feu, ou bien la déclencher dans certains cas. Un guide pour la ventilation opérationnelle est : ventilation pour la vie - ventilation pour l'incendie - ventilation pour la sécurité ! La « ventilation pour la vie » est conduite par des pompiers expérimentés et connaissant les constructions locales. La règle VER (Ventiler - Entrer - Reconnaître) est commune aux USA et dans quelques pays européens - toutefois cette forme de ventilation opérationnelle permet d'accéder au bâtiment et d'effectuer des sauvetages en réduisant fumée et chaleur où se trouvent les victimes, tout en gardant à l'esprit que cette réduction ne durera que quelques minutes qui seront vitales, voire quelques secondes ! La « ventilation pour l'incendie » permet d'améliorer les conditions de progression pour la reconnaissance et l'attaque et d'essayer de dérouter la propagation du feu de l'horizontale vers la verticale, ou vice versa, dans le but d'évacuer du bâtiment la chaleur, la fumée et le feu par le chemin le plus court. De telles manœuvres *peuvent* à certains moments aggraver la situation, mais si elles sont bien conduites elles auront des conséquences très positives. La « ventilation pour la sécurité » doit être connue des pompiers, par exemple dans une petite pièce avec un feu couvant il est généralement plus sûr pour les pompiers de ventiler par l'extérieur les produits de combustion AVANT de pénétrer dans le local. De même, le cheminement d'approche devrait être ventilé avant de pénétrer dans la pièce en feu. Toutefois, lorsque la porte de la pièce en feu est ouverte une telle manœuvre de ventilation met en danger les équipes qui progressent - la décision est délicate et doit être prise par le personnel se trouvant à l'intérieur ! Communiquez !! Toutefois, souvenez-vous que vous devez effectuer un inertage/refroidissement des gaz dans la couche de fumée grâce à de l'eau diffusée (et si possible dans la pièce en feu) AVANT d'effectuer une ventilation.

10. Est-ce vrai qu'une progression rapide du feu ou des « explosions » peuvent se produire dans des pièces éloignées de la pièce en feu ? - Oui ! C'est quelque chose que les pompiers ont du mal à comprendre. Il est tout à fait possible que des gaz de combustion soient transportés dans une autre pièce, que ce soit au même étage ou à un étage supérieur, voire parfois un étage inférieur. Ils peuvent apparaître comme une légère fumée et sembler inoffensifs. Mais si une source d'inflammation est introduite dans cette poche de gaz avant qu'elle soit ventilée une explosion de fumée peut se produire et endommager la structure ! Les gaines techniques, ou bien la distillation du revêtement de sol (moquette) dans la pièce au-dessus du feu, ont souvent causé de tels phénomènes, parfois même après l'extinction du feu.

11. L'utilisation d'impulsions de brouillard d'eau 3D peut-elle empêcher l'inflammation des couches de gaz ? - Oui ! Les effets sont de deux sortes : *refroidissement des gaz* et *inertage des gaz*. Ces impulsions de brouillard d'eau peuvent aussi être utilisées pour contrôler et éteindre la combustion de gaz dans la couche de fumée, et ce bien plus efficacement qu'un jet plein. De plus, en employant de courtes décharges de brouillard plutôt qu'un jet constant vous limiter les risques de 'pousser' les gaz de combustion vers une source d'inflammation, permettant ainsi de mieux contrôler son environnement. Les impulsions de fines gouttes d'eau dans la couche de fumée est un procédé en trois dimensions (3D) et est bien mieux contrôlé (et sûr) que d'utiliser de longues applications d'eau diffusée qui créent une grande quantité de vapeur et facilitent la propagation des gaz, du feu et de la chaleur. Ce procédé d'impulsions assure que le maximum du refroidissement se déroule *dans les gaz* et NON PAS *sur les surfaces surchauffées* (murs, plafonds, etc.), optimisant ainsi l'avancée des équipes et limitant le risque de progression rapide du feu. La conséquence de l'inertage des gaz n'est pas entièrement prouvée mais les scientifiques admettent que la présence de fines gouttes d'eau dans une couche de gaz inflammables étouffe l'inflammation de ces gaz et potentiellement empêche une telle inflammation.

12. Combien de décès de pompiers sont causés par les phénomènes de progression rapide du feu et comment pouvons nous réduire ces tragédies ? - Les statistiques de décès liées à des flashover ou d'autres formes de progression rapide du feu sont difficiles à exploiter. Aux Etats-Unis la NFPA rapporte une moyenne annuelle de cinq décès du fait de progression rapide du feu, et dans le reste du monde il y a constamment des rapports sur des accidents sérieux. En plus des décès il y a également des survivants gravement brûlés. Beaucoup de ces décès arrivent durant des sessions d'entraînement en feu réel dans des bâtiments inoccupés ! De plus beaucoup d'incidents impliquant une progression rapide du feu ne sont pas rapportés ! Plus ces phénomènes sont connus plus on se rend compte qu'ils sont bien plus sérieux qu'on aurait pu le penser de prime abord. Le fait est que ces phénomènes sont associés avec des décès multiples - ils causent la perte entière de l'équipe d'attaque ou de celle de reconnaissance.

13. Qu'est-ce qu'un « flashover de couloir » ? Cela se produit lorsque des gaz de combustion se propagent dans le couloir desservant la pièce en feu et s'enflamment. Si la pièce elle-même a atteint le flashover (feu entièrement développé) alors l'air nécessaire à cette combustion viendra principalement du couloir. Les flammes pourront sortir de la pièce et longer le plafond du couloir. Beaucoup dépend du régime de combustion, selon qu'il est limité par l'apport de carburant (assez d'air) ou au contraire par l'apport d'air. S'il y a assez d'air les flammes seront proches du plafond. S'il n'y a pas assez d'air la combustion se déroulera à l'interface fumée/air frais où l'entraînement d'air se déroule. Un tel phénomène dans le couloir va réduire l'apport d'air dans la pièce en feu, le régime de combustion devenant limité par l'apport d'air ce qui augmentera la production de fumée. Un « flashover de couloir » est supposé très intense et se propageant à grande vitesse.

14. Qu'est-ce qu'un « feu flash » (flash-fire) ? - Une explosion est définie par l'étude Sutherland (1999) comme étant la propagation rapide d'un front de flamme accompagnée d'une onde de surpression (Croft, 1980). Croft (1980) suggère que des pressions de l'ordre de 5-10 kPa peuvent être engendrées par une explosion de fumée. De telles surpressions peuvent briser des vitres. C'est la vitesse du front de flamme qui détermine la magnitude de l'onde de surpression. Si l'onde de surpression est inexistante ou négligeable alors le phénomène est un feu flash et non une explosion (Wiekema, 1984). L'étude de Wiekema (1984) portant sur soixante-huit feux démontra que la présence d'obstacles dans un nuage de gaz facilite l'explosion au détriment du feu flash. Wiekema déclare que

les obstacles cause de la turbulence, et la turbulence est connue pour accélérer la vitesse de flamme ; par conséquent une onde de surpression est générée.

15. Quelles sont les conditions nécessaires à l'occurrence d'une « explosion de fumée » ? Trois conditions doivent être réunies pour qu'une explosion de fumée puisse se produire :

1. Une couche de fumée qui contienne des gaz imbrûlés et dont la concentration est dans la zone d'explosibilité. Par exemple, la zone d'explosibilité du monoxyde de carbone est comprise entre 12.5% et 74%, pour le méthane elle est de 5%-15% (SFPE, 1995 3-16).
2. Une source d'inflammation, il y a une énergie d'activation minimum pour enflammer la couche de fumée.
3. La dernière condition est bien-sûr assez d'oxygène pour permettre la combustion.

NB : Il est également possible que des gaz surchauffés s'enflamment sans source d'inflammation : c'est l'auto-inflammation. Cela se produit lorsque les gaz sortent du volume considéré et se mélangent avec de l'air au niveau des ouvertures (porte, fenêtre, cage d'escalier, etc.). Cette forme d'Inflammation des Gaz de Combustion peut également être appelée explosion de fumée si l'inflammation retourne brûler dans le compartiment d'origine.

16. Un feu entièrement développé et non confiné peut-il produire un « backdraft » ? La réponse est OUI ! De nombreuses conditions et de paramètres de ventilation peuvent donner lieu à un backdraft, et pas nécessairement un feu couvant derrière une porte close. Il y a des rapports de backdraft importants qui se sont déroulés alors que le feu était bien développé et non confiné. Dans un grand supermarché il y avait un incendie développé qui avait percé à travers le toit. Le feu n'était nullement confiné mais était sous-ventilé, pour continuer de se propager il cherchait de l'air malgré les larges ouvertures ! Un pompier périt dans le backdraft qui suivit, on vit de l'air être aspiré par l'entrée principale forçant un énorme vent à rabattre les flammes à l'intérieur ! Dans une maison abandonnée une pièce bien ventilée était en feu (toutes les vitres manquantes), lorsqu'une rafale de vent mélangea la couche de gaz jusqu'à sa concentration stœchiométrique, s'en suivit une explosion. Dans certains cas cette situation peut être assimilée à un flashover car la ventilation va permettre au feu de dégager plus d'énergie qu'il n'est possible d'en évacuer par la fenêtre, et cet « emballement thermique » causera un flashover. Toutefois souvenez-vous qu'un flashover donne normalement lieu à une combustion entretenue plutôt qu'à une combustion massive du surplus de gaz, et qu'un son sourd similaire au bec bunsen se produit lors de la combustion de ce surplus de gaz. Dans ces situations il s'agit souvent d'un backdraft.

Si vous avez des questions concernant la Propagation Rapide du Feu envoyez les à Firetactics@aol.com et nous les rajouterons peut-être à cette page.

Revue 'Flashover' – un article par Paul Grimwood [ICI](#) (en anglais)

Revue 'Backdraft' - un article par Richard Chitty [ICI](#) (en anglais)

Traduction : Lieutenant Mathieu Perrin, CSP Lens (SDIS 62)