

# Indicateurs de développement et de comportement du feu

**Chef de bataillon Ed Hartin, MS, EFO, MIFireE, CFO**

## Introduction

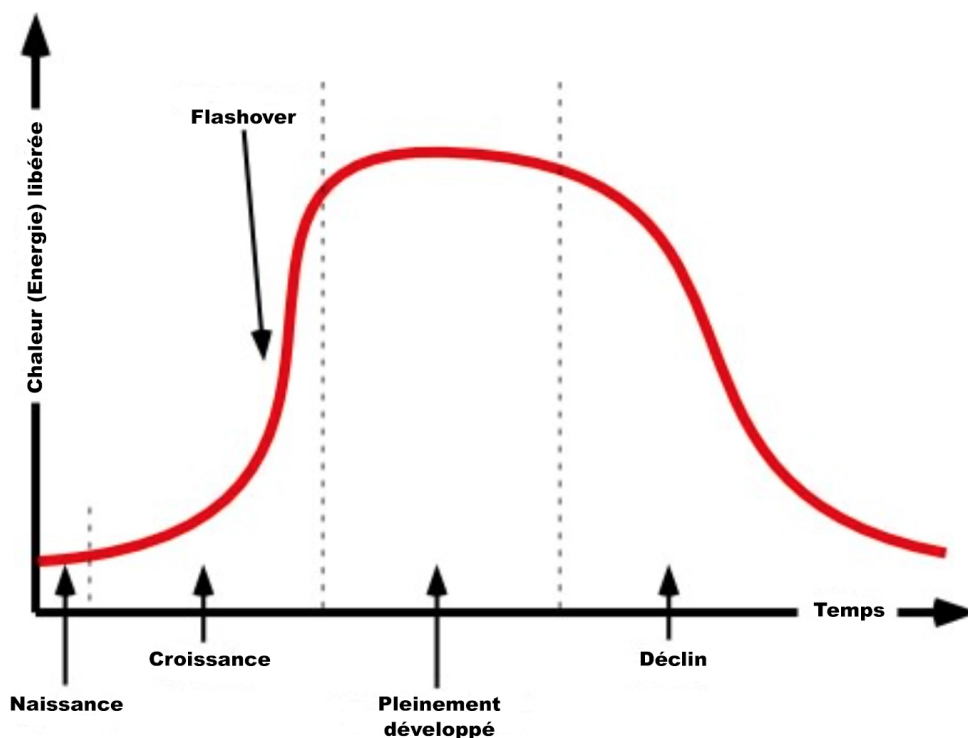
Les facteurs bâtiminaire, les fumées, le courant de convection, la chaleur et les flammes (B-SAHF ou BFFCOS) sont des indicateurs importants du comportement au feu. La compréhension de ces indicateurs est importante, mais le plus important est la capacité d'intégrer ces éléments dans le processus de lecture du feu dans le cadre de la reconnaissance et de l'évaluation dynamique des risques.

## Développement du feu de bâtiment

Une partie du processus de lecture du feu consiste à reconnaître les étapes du développement de l'incendie dans un volume sinistré. Rappelez-vous que le développement du feu peut varier considérablement dans le bâtiment avec : un compartiment contenant le feu entièrement développé, un compartiment adjacent en phase de croissance, et d'autres compartiments pas encore impliqués. En reconnaissant les étapes du développement du feu et la progression probable grâce à ce procédé, les pompiers peuvent prévoir ce qui se passera ensuite (si aucune action n'est entreprise), les changements potentiels dus à une ventilation non planifiée (comme la défaillance d'une fenêtre) et l'effet probable de l'action tactique.

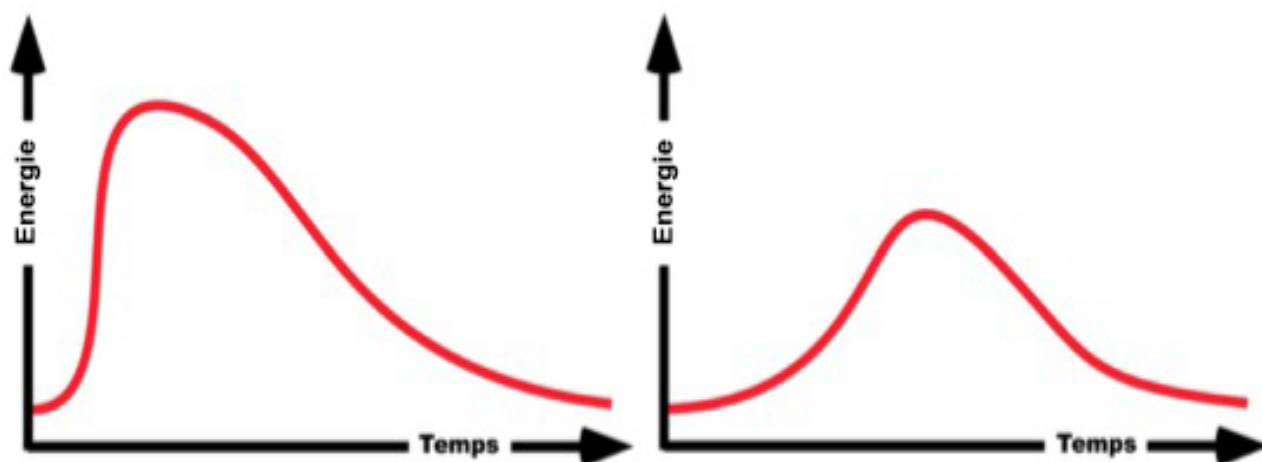
Le développement du feu de compartiment peut être décrit comme étant composé de quatre étapes: naissance, croissance, feu pleinement développé et de déclin (voir l'image 1). Le Flashover (*ndt* : *EGE Embrasement généralisé éclair*) n'est pas une étape du développement, mais simplement une transition rapide entre la phase de croissance et la phase de feu pleinement développé.

Image 1 : Développement du feu de compartiment



Les feux de compartiments ne suivent pas toujours la courbe de développement du feu simple et idéalisée illustrée par l'image 2. La vitesse de développement du feu, le taux de libération de chaleur et la durée de combustion dépendent à la fois des caractéristiques du combustible et du profil de ventilation (oxygène disponible) comme illustré par l'image 3.

*Image 2 : Le taux de libération de chaleur varie selon les caractéristiques du combustible et le profil de ventilation*



## Indicateurs du comportement du feu

Les pompiers peuvent facilement observer certains des indicateurs B-SAHF. Cependant, les indicateurs du comportement du feu englobent un large éventail de facteurs que les pompiers peuvent voir, entendre ou ressentir. Certains facteurs sont relativement immuables (exemple : la construction de bâtiments) et d'autres sont assez dynamiques, changeant à mesure que le feu se développe (exemple : l'état des fumées et les flammes).

**Bâtiment:** Contrairement aux autres facteurs du comportement du feu, le bâtiment et son contenu sont présents avant l'allumage et peuvent être examinés pendant les visites de secteur. Bien que généralement les bâtiments d'habitation (tels que les logements unifamiliaux) ne soient pas l'objet d'un programme formel de visite du secteur, les pompiers peuvent examiner les caractéristiques communes et leur influence sur le comportement du feu. Cette évaluation préliminaire du développement et de la propagation probable de l'incendie devrait être comparée au comportement réel lors des incendies rencontrés sur intervention afin d'améliorer ses compétences de lecture bâtiminaire.

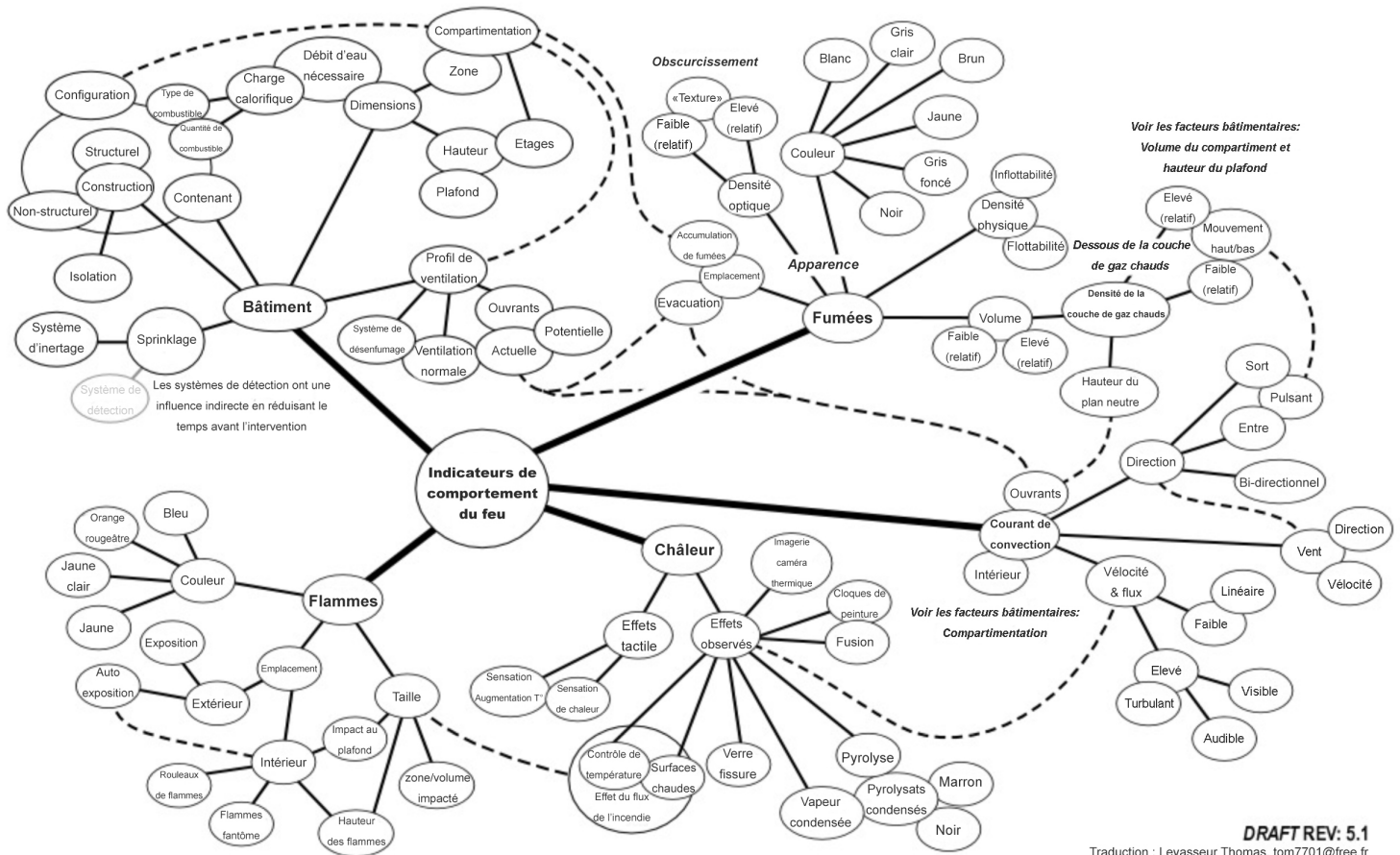
**Courant de convection de l'air et des fumées:** L'état des fumées et le courant de convection de ces fumées et de l'air sont deux des indicateurs les plus importants du comportement du feu. L'emplacement et l'apparence des fumées peuvent fournir des indices valables concernant l'emplacement de l'incendie, son régime de combustion (contrôlé par le combustible ou par la ventilation) et le stade de développement du feu dans diverses zones du bâtiment. Il est essentiel que les pompiers commencent leur évaluation des courants de convection depuis l'extérieur du bâtiment, mais continuent ce processus de façon continue à la fois à l'intérieur et à l'extérieur de la structure.

**Chaleur:** Lorsque la chaleur ne peut pas être observée directement, l'observation de l'effet de la chaleur sur le courant de convection (exemple : vitesse d'évacuation des fumées), le bâtiment ou les expositions et la sensation de changements de température peuvent être des indicateurs de comportement du feu importants. Il est important de se rappeler que notre équipement de protection individuelle fournit une isolation importante et ralentit le transfert de chaleur et la sensation de changements de température qui en résulte.

**Flamme:** Les flammes sont souvent l'indicateur le plus évident ou visible observé par les pompiers. Cependant, ne vous concentrez pas sur les flammes visibles en oubliant d'autres indicateurs importants, mais subtils, comme les fumées, le courant de convection et la chaleur. Les détails des flammes tels que l'emplacement, le volume, la couleur, etc. sont importants, mais doivent être intégrés au B-SAHF pour fournir une image plus complète.

L'image 3 représente un concept de plans présentés dans les articles précédents et décrit quelques-unes des principales interrelations entre les indicateurs de comportement du feu B-SAHF

Image 3 : Carte conceptuelle des indicateurs de comportement du feu. Version 5.1



DRAFT REV: 5.1

Traduction : Levasseur Thomas, tom7701@free.fr

## Naissance

En revenant aux bases du comportement du feu, l'inflammation nécessite de la chaleur, du combustible et de l'oxygène. Une fois la combustion démarrée, le développement d'un incendie naissant dépend en grande partie des caractéristiques et de la configuration du combustible concerné (feu contrôlé par le combustible). L'air dans le compartiment fournit l'oxygène adéquat pour continuer le développement du feu. Au cours de cette phase initiale de développement de l'incendie, la chaleur rayonnante réchauffe le combustible adjacent et poursuit le processus de pyrolyse. Un panache de gaz chauds et de flammes jaillit du feu et se mélange avec l'air plus frais dans la pièce. Ce transfert d'énergie commence à augmenter la température globale dans la pièce. Comme ce panache atteint le plafond, les gaz chauds commencent à se répandre horizontalement sous le plafond. La transition au-delà de la phase de naissance est difficile à définir en termes précis. Cependant, comme les flammes sont proches du plafond, la couche de gaz chaud devient clairement définie et augmente en volume, le feu a donc dépassé sa phase de naissance et (avec suffisamment d'oxygène) continuera de croître de plus en plus rapidement.

En fonction de la taille du compartiment et du profil de ventilation, il ne peut y avoir qu'une indication limitée (ou aucune indication) de l'extérieur du bâtiment lorsqu'un feu est en phase naissante. Les indicateurs de la phase naissante figurent dans le tableau 1.

Tableau 1 : Phase de naissance

Bâtiment	La taille, le contenu, le profil de ventilation et les systèmes de protection contre les incendies ont tous une influence importante sur le potentiel de développement de l'incendie et devraient être considérés indépendamment du stade du développement du feu. Les facteurs de construction (tels que la taille et le profil de ventilation) influencent la façon dont d'autres indicateurs du comportement du feu évolueront. Le bâtiment et ses contenus influenceront également la rapidité avec laquelle le feu passera de la phase de naissance à la phase de croissance.
Fumées	Les fumées sont limitées et il n'y a pas de couche de gaz chaud bien définie dans la zone supérieure du compartiment. Si la fumée est visible de l'extérieur, l'ensemble sera généralement de couleur claire et aura une flottabilité limitée.
Courant de convection	Le courant de convection n'est généralement pas un facteur majeur lors des feux en phase de naissance. Cependant, quelques fumées légères peuvent s'échapper et un mouvement d'air vers l'intérieur peut être observés depuis des ouvertures proches du foyer.
Chaleur	La température est basse (presque ambiante) dans le compartiment, de la condensation peut être visible sur les fenêtres dans ou près du compartiment en feu. Selon le degré d'isolation, de la chaleur peut ou non être visible de l'extérieur à l'aide d'une caméra thermique (CIT).
Flammes	L'incendie est confiné dans une petite zone (c'est-à-dire l'objet d'origine) et les flammes sont inférieures à la hauteur du plafond.

Considérez la situation suivante et la manière dont les indicateurs critiques du comportement du feu se présentent. Utilisez le modèle B-SAHF pour vous aider à trouver les réponses.

Vous vous présentez sur un feu dans un bâtiment d'habitation de la 1ere famille d'un étage en structure en bois. Un incendie naissant se trouve une chambre à l'angle Alpha Bravo de la structure. Le feu est limité à une poubelle en plastique contenant du papier usagé situé à côté du lit.

1. Quelles conditions attendez-vous de voir de l'extérieur de la structure?
2. Quels indicateurs peuvent être visibles depuis la porte d'entrée lorsque vous pénétrez?
3. Que pouvez-vous observer en parcourant le salon et dans le couloir?
4. Quelles conditions trouveriez-vous dans la chambre?

Il est essentiel de penser à ce que vous êtes susceptible de trouver à l'intérieur en observant les indicateurs du comportement du feu depuis l'extérieur et d'effectuer une évaluation des risques. Après avoir pénétré, évaluez si les conditions sont différentes de celles que vous prévoyiez.

5. Pourquoi cela pourrait-il être le cas?
6. Quelles différences dans les conditions pourraient être préoccupantes?

## Phase de croissance

S'il y a suffisamment d'oxygène dans le compartiment, d'avantage de combustible sera impliqué et le taux de libération de chaleur du feu augmentera. Bien que considérablement plus complexe, les températures des gaz dans le compartiment peuvent être décrites comme étant divisées en deux couches: une couche chaude s'étendant sous le plafond et une couche froide au dessus du sol. La convection du panache et de l'écoulement le long du plafond ainsi que la chaleur radiante provenant du foyer et des particules chaudes dans la fumée augmentent la température des parois du compartiment et des autres objets dans le compartiment.

Lorsque les gaz dans le compartiment sont chauffés, ils se dilatent et, lorsqu'ils sont confinés par le compartiment, augmentent en pression. Une pression plus élevée dans cette couche provoque son abaissement dans le compartiment et une sortie des fumées à travers les ouvrants. La pression de la couche de gaz frais est plus faible, ce qui entraîne un mouvement vers l'intérieur de l'air se trouvant à l'extérieur du compartiment. Au point où ces deux couches se rencontrent, lorsque les gaz chauds sortent par une ouverture, la pression est neutre. L'interface des couches de gaz chaud et frais au niveau d'un ouvrant est communément appelée le plan neutre.

L'incendie peut continuer de croître à travers la propagation de la flamme ou par l'allumage d'autres combustibles dans le compartiment. Au fur et à mesure que les flammes dans le panache atteignent le plafond, elles se plient et commencent à s'étendre horizontalement. Les produits de pyrolyse et les sous-produits inflammables d'une combustion incomplète dans la couche de gaz chaud s'allumeront et continueront cette extension horizontale à travers le plafond. Au fur et à mesure que le feu évolue dans le stade de croissance, le mécanisme de transfert de chaleur dominant dans le compartiment en feu passe de la convection au rayonnement. Le transfert de chaleur rayonnante augmente le flux de chaleur (transfert d'énergie thermique) au niveau du sol. Les indicateurs de la phase de croissance sont indiqués dans le tableau 2.

Tableau 2 : Phase de croissance

Bâtiment	La taille, la construction, la charge calorifique et le profil de ventilation influencent le développement du feu en cours.
Fumées	Une couche bien définie de fumée chaude est susceptible d'être présente dans la partie supérieure du compartiment. Si la fumée ne se limite pas au compartiment, elle se répand dans les compartiments adjacents. La fumée peut être visible de l'extérieur (voir les indicateurs du courant de convection)
Courant de convection	Le courant de convection dépend du profil de ventilation. Si le compartiment a une seule ouverture (comme une porte), il y aura un tirage bi-directionnelle (de la fumée en haut et de l'air en bas). Au fur et à mesure que le feu croît, la vitesse de sortie des fumées et de l'entrée d'air augmentera. La vitesse est susceptible d'être plus grande aux ouvertures proches du foyer. Cependant, le courant de convection des ouvrants extérieurs est fortement influencé par le vent et n'oubliez pas de prendre en compte l'influence des conditions météorologiques ambiantes.
Chaleur	La température à l'intérieur du compartiment en feu et des espaces adjacents sera supérieure à la température ambiante, mais sera plus faible dans les compartiments situés plus loin du feu. La condensation disparaît des fenêtres à l'intérieur ou près du compartiment en feu. La coloration brunâtre sur les vitrages issue des produits de pyrolyse peut devenir visible, les

indicateurs de chaleur peuvent être visibles depuis l'extérieur du compartiment, en particulier en fissurant des vitres ou en chauffant la partie supérieure des portes, et en augmentant la température globale dans le compartiment.

Il est probable que des signes de chaleur soient observés dans la zone du compartiment en feu à l'aide d'une caméra d'imagerie thermique (CIT) depuis l'extérieur. Après avoir pénétré, la convection des gaz chauds sera visible à l'aide des CIT.

-----  
Flammes

-----  
Le feu s'étendant au-delà de l'objet d'origine et les flammes atteignant la hauteur du plafond, celles-ci se penchent et commencent à se déplacer horizontalement sur le plafond ou à travers la couche de gaz chauds. S'il y a une ouverture à l'extérieur du compartiment en feu, la flamme peut également être visible de l'extérieur.

Plus tard dans la phase de croissance, des flammes isolées peuvent être observées dans la couche de gaz chauds éloignées de la zone d'incendie immédiate (un indicateur de feu contrôlé par la ventilation).  
-----

En revenant au scénario de l'incendie résidentiel, évaluez la situation suivante et prenez en compte les éléments, de la lecture du feu, présents. Utilisez le modèle B-SAHF pour vous aider à cadrer vos réponses.

*Vous vous présentez sur une intervention pour un feu dans un bâtiment de la première famille d'un étage en structure bois. Le feu en phase de croissance est situé dans une chambre de l'angle Alpha Bravo de la structure. Il est composé d'une poubelle en plastique, du lit et d'une table de nuit.*

7. Quelles conditions attendez-vous de voir de l'extérieur de la structure?
8. Quels indicateurs peuvent être visibles depuis la porte d'entrée lorsque vous pénétrez?
9. Quels indicateurs prévoyez-vous d'observer lorsque vous aurez parcouru le salon et plus loin dans le couloir qui mène à la chambre où se trouve le feu?
10. Quelles conditions trouveriez-vous dans la chambre?

Au fur et à mesure que le feu traverse la phase de croissance, la vitesse à laquelle les conditions changent augmente rapidement. Après être entré, examinez si les conditions sont différentes de celles que vous prévoyiez ?

11. Pourquoi cela pourrait-il être le cas?
12. Quelles différences de conditions pourraient susciter des inquiétudes?

### **Transition du flashover à un feu pleinement développé**

Le flashover est la transition soudaine d'un feu en phase de croissance à un feu pleinement développé. Lorsque se produit un flashover, il y a une transition rapide à un état d'implication totale de la surface de tous les matériaux combustibles du compartiment. Les conditions de flashover sont définies de différentes façons. En général, la température du plafond dans le compartiment doit atteindre 500°C - 600°C (932°F - 1112°F) ou le flux de chaleur (une mesure de transfert de chaleur) au sol du compartiment doit atteindre 15 - 20 kW/m<sup>2</sup> (79.25 Btu/min/ft<sup>2</sup> - 105.67 Btu/min/ft<sup>2</sup>). En cas de flashover, les gaz brûlés sortiront par les ouvrants du compartiment (comme par exemple une porte menant à une autre pièce) à une vitesse importante.

Il est important de reconnaître le flashover et de comprendre les mécanismes qui causent ce phénomène de progression rapide de feu. Cependant, la capacité à reconnaître les indicateurs clés et de prédire la probabilité de flashover est encore plus importante. Les indicateurs de flashover potentiels ou imminents sont énumérés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Le flashover

Bâtiment	<p>Le flashover peut se produire dans tous les types de bâtiments. Les facteurs de construction peuvent influencer sur la rapidité avec laquelle un feu atteindra le flashover (c.-à-d., la charge calorifique, le profil de ventilation, les propriétés thermiques) et devraient être considérés comme une partie intégrante de l'évaluation des risques encourus.</p>
Fumées	<p>Les indicateurs de fumée peuvent ou non être visibles depuis l'extérieur de la structure. Cependant, les éléments des fumées indiquant un incendie en développement sont un signe d'avertissement de conditions potentielles de flashover. Après avoir pénétré, la présence de gaz chauds au plafond et l'abaissement de la couche de ceux-ci sont des indicateurs clés. L'assombrissement des fumées peut être un indicateur de flashover, mais cela ne dépend pas de la couleur de fumée seule.</p>
Courant de convection	<p>Un fort courant de convection bidirectionnel (air qui entre et fumée qui sort) peut être un indicateur important de flashover qui se déplacera en direction de l'ouverture. Cependant, tout courant de convection qui montre un déplacement d'air vers le feu peut mener à un flashover. La vitesse croissante du courant de convection avec d'autres indicateurs peut être un important indicateur de flashover.</p> <p>L'utilisation d'une caméra d'imagerie thermique (CIT) peut permettre une observation plus efficace des courants de chaleur convectifs dans le bâtiment.</p>
Chaleur	<p>En dehors du compartiment, la perception d'une température croissante peut ne pas prévenir l'imminence du flashover. Cependant, la perception de l'augmentation de la température et l'observation des indicateurs de chaleur tels que la pyrolyse des combustibles, à une certaine distance de l'incendie, devraient être considérés comme un indicateur important de l'aggravation des conditions de l'incendie et du potentiel de flashover. L'utilisation d'une CIT permet d'observer une augmentation de température et peut permettre d'observer la présence de flammes dans la couche de gaz chauds.</p> <p>L'observation des ouvrants dans le compartiment en feu indiquera une température élevée en haut de ceux-ci.</p> <p>De l'extérieur, la vitesse croissante de sortie des fumées (un indicateur du courant de convection) indique également une augmentation de la température dans le bâtiment. Une CIT peut donner une indication de chaleur prononcée dans la zone du compartiment en feu.</p>
Flammes	<p>Des flammes isolées se déplacent dans la couche de gaz chaud (ghosting - anges danseurs) ou en grande partie sous la couche de gaz ou vers le plafond de fumées (rollover – rouleaux de flammes). Il est important de noter que ces flammes peuvent ou non être visibles (sans utiliser de caméra thermique).</p> <p>Un indicateur plus tardif (potentiellement trop tard) d'un flashover imminent est la présence de rollover qui se déplacent progressivement tout au long du plafond de fumées du compartiment en feu et dans les espaces adjacents.</p>

Il est important de rappeler que le flashover ne se produit pas toujours. Il doit y avoir suffisamment de combustible et d'oxygène pour que le feu atteigne le flashover. Si l'objet initial enflammé ne contient pas suffisamment d'énergie (chaleur de combustion) et ne le libère pas assez rapidement (taux de libération de la chaleur), le flashover ne se produira pas (par exemple, une petite poubelle peut brûler au milieu d'une grande pièce). De même, si l'incendie épuise suffisamment l'oxygène disponible, le taux de libération de chaleur diminuera et le feu dans le compartiment n'atteindra pas le flashover (par exemple, une petite pièce avec des fenêtres et la porte fermées).

### Feu pleinement développé

À cette étape post-flashover, l'énergie libérée est à son plus haut point, mais est généralement limitée par la ventilation (plus en détail ci-dessous). Les gaz non brûlés s'accumulent au niveau du plafond et brûlent, bien souvent, lorsqu'ils quittent le compartiment, ce qui induit que des flammes s'échappent au niveau des portes ou des fenêtres. La température moyenne des gaz dans un compartiment pendant un feu pleinement développé varie entre 700 et 1200°C (1292° - 2192°F).

Rappelez-vous que le compartiment où le feu a commencé a atteint le stade pleinement développé alors que d'autres compartiments ne sont pas encore impliqués. Les gaz chauds et les flammes s'échappant du compartiment impliqué transfèrent de la chaleur à d'autres combustibles (par exemple, des meubles, des revêtements du compartiment et des matériaux de la structure), entraînant une propagation du feu. Les conditions peuvent varier considérablement avec un feu pleinement développé dans un compartiment, un feu en stade de croissance dans un autre et un feu naissant dans un autre. Il est important de noter que si un incendie dans un compartiment adjacent peut être naissant, les conditions dans la structure sont immédiatement dangereuses pour la vie et la santé.

Tableau 4 : Le feu pleinement développé

Bâtiment	Comme pour la phase de croissance, la taille, la construction et la charge calorifique influencent le développement du feu. Les effets du feu sur le bâtiment peuvent changer le profil de ventilation.
Fumées	La fumée s'obscurcit en gris plus sombre, brun ou noir. La couleur de la fumée est influencée en grande partie par ce qui brûle et la couleur peut varier. La quantité, la densité optique et le volume des fumées augmenteront. La hauteur de la couche de gaz chaud et du plan neutre aux ouvertures est influencée par le profil de ventilation, mais si le compartiment n'est pas bien ventilé, la couche de gaz chaud tombera près du sol lorsque le feu progressera dans cette phase.
Courant de convection	Le courant de convection dépend du profil de ventilation. Toutefois, compte tenu d'une ouverture unique telle qu'une porte, la fumée sortira du haut tandis que l'air se déplace en bas. Un feu pleinement développé provoquera généralement un courant de convection bien défini et puissant. La vitesse des fumées et du mouvement de l'air sera généralement assez élevée et la sortie des fumées sera turbulente.
Chaleur	Dans cette phase de développement de l'incendie, le feu produit une chaleur importante. Il est probable qu'il y ait des indicateurs visuels de haute température comme les fenêtres noircies, les vitrages se fissurant. Les surfaces chaudes (c'est-à-dire les portes) peuvent être détectées à l'aide d'une impulsion de lance ou d'une image de caméra thermique. En outre, des températures élevées peuvent être ressenties, même si nous portons des vêtements de protection contre les incendies.



## Flammes

Des flammes peuvent être visibles de l'extérieur, l'ampleur indiquant la zone et l'étendue de l'incendie dans une certaine mesure. Le feu impliquera l'ensemble du compartiment dans cette phase post-flashover. Les flammes peuvent être facilement visibles, mais elles peuvent également être obscurcies par la fumée lorsque le feu devient contrôlé par la ventilation.

Si le feu de notre scénario résidentiel a progressé au stade entièrement développé (dans le compartiment d'origine), quels indicateurs de comportement du feu pourraient être observés? Utilisez le modèle B-SAHF pour vous aider à cadrer vos réponses.

Vous êtes sur un feu dans une construction unifamiliale de la première famille d'un étage en structure bois. Un feu qui a commencé dans une chambre dans l'angle Alpha Bravo de la structure a atteint le stade pleinement développé et implique maintenant le contenu de la pièce et les revêtements intérieurs de ce compartiment.

13. Quelles conditions attendez-vous de voir de l'extérieur de la structure?
14. Quels indicateurs peuvent être visibles depuis la porte d'entrée lorsque vous pénétrez?

N'oubliez pas que les conditions de l'incendie varient selon le bâtiment. Bien que l'incendie soit entièrement développé dans la chambre, les conditions peuvent être différentes dans les autres compartiments du bâtiment.

15. Quels indicateurs prévoyez-vous d'observer lorsque vous aurez parcouru le salon près du couloir qui mène à la chambre à coucher?
16. Quelles conditions trouveriez-vous dans le couloir à l'extérieur du compartiment en feu?

Après avoir pénétré, examinez si les conditions sont différentes de celles que vous prévoyiez?

17. Pourquoi cela pourrait-il être le cas?
18. Quelles différences dans les conditions seraient préoccupantes?

## Le déclin

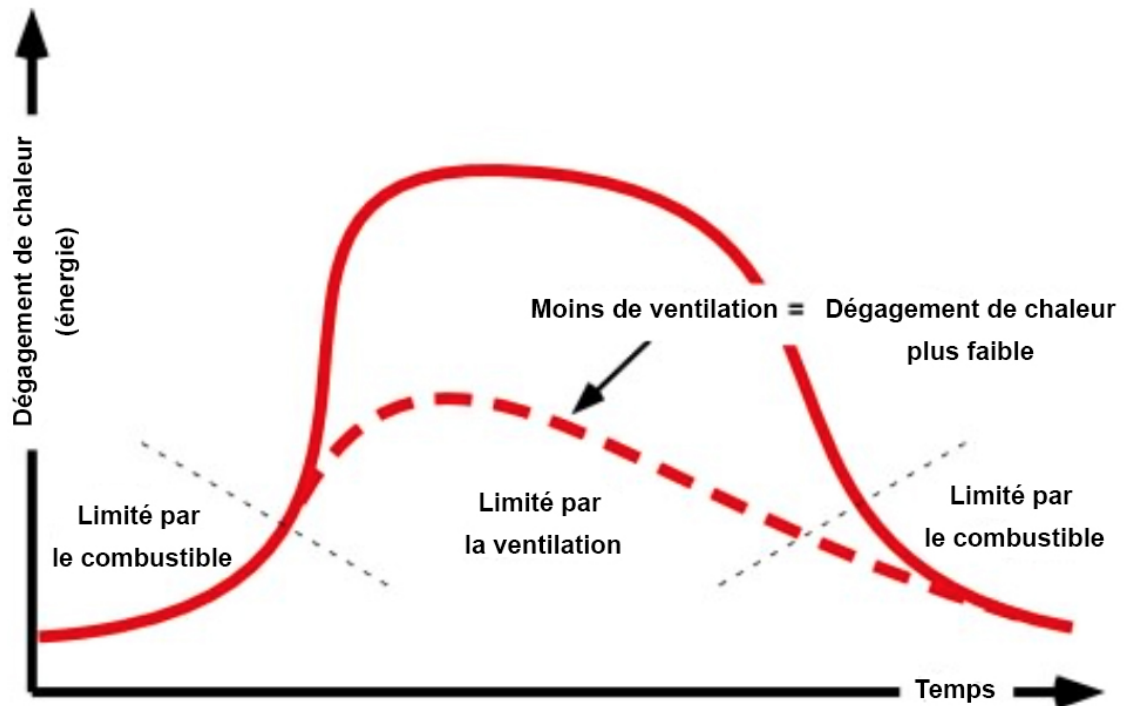
Un feu dans un compartiment peut entrer en stade de déclin lorsque le combustible disponible est consommé ou en raison d'une limitation en oxygène. Comme on l'a vu en ce qui concerne le flashover, une quantité de combustible qui ne contient pas suffisamment d'énergie ou qui ne dispose pas d'un taux de libération de chaleur suffisant pour conduire un compartiment jusqu'au flashover passera à travers chacune des étapes de développement de l'incendie (mais ne pourra pas se propager à d'autres combustibles). À plus grande échelle, sans intervention, toute une structure peut être impliquée et lorsque tout le combustible est consommé, passer à la phase de déclin. Cependant, il existe une autre raison plus problématique qui pousse le feu à passer en phase de déclin. Lorsque le profil de ventilation du compartiment ou du bâtiment ne fournit pas suffisamment d'oxygène, le feu peut passer en phase de déclin. Le taux de libération de chaleur diminue à mesure que la teneur en oxygène diminue, mais la température peut continuer à augmenter pendant un certain temps. Ceci représente une menace importante car le(s) compartiment(s) impliqué(s) peuvent contenir une forte concentration de combustible chaud, pyrolysé, et des produits de combustion gazeux inflammables.

## Feux contrôlés par la ventilation

Dans des conditions contrôlées par la ventilation, l'excès de produits de pyrolyse et de produits de combustion inflammables présents dans la fumée constitue un danger important pour les pompiers. Revenons au triangle du feu (voir l'image 4) pour examiner la nature de cette menace. Alors que le combustible, la chaleur et l'oxygène sont présents en proportion d'inflammabilité, la chaleur du feu fait pyrolyser d'avantage de gaz combustibles que le feu ne peut en consommer. En outre, une combustion incomplète entraîne la production de gaz inflammables tel que le monoxyde de carbone.

La vitesse de développement de l'incendie est limitée par la disponibilité de l'oxygène atmosphérique fourni par le profil de ventilation actuel du compartiment ou du bâtiment.

Image 4. Développement du feu limité par la ventilation



Lorsque le feu est limité par la ventilation, toute augmentation de l'apport d'oxygène entraînera une augmentation du taux de dégagement de chaleur. L'augmentation de la ventilation peut résulter du fait que les pompiers entrent dans le bâtiment (le point d'accès est une ouverture de ventilation), une ventilation tactique (effectuée par les pompiers) ou une ventilation non planifiée (par exemple, bris des vitrages causé par une température élevée).

Il est essentiel de reconnaître lorsque le feu est ou peut être contrôlé par la ventilation et l'influence des changements planifiés ou imprévus du profil de ventilation. La plupart des feux de compartiments en phase de croissance sont contrôlés par la ventilation lorsque les pompiers arrivent. Un courant de convection bidirectionnel (fumée en haut et air en bas) est souvent un indicateur important d'un incendie limité par la ventilation. Comme l'illustre l'image 5, lorsque le plan neutre s'abaisse, la fumée sortant de l'ouvrant réduit la taille de l'ouvrant d'entrée, restreignant davantage l'air disponible pour la combustion et la mesure selon laquelle l'incendie est contrôlé par la ventilation.

Image 5. Plan neutre et régime de combustion



*Note:* Photos adaptées de l'Institut national des normes et de la technologie (NIST) *ISO- Room / Living room Flashover*.

La série de photos de l'image 5 illustre également l'influence d'une diminution de l'apport d'oxygène sur la couleur et la densité optique de la fumée. À mesure que la combustion devient plus incomplète, la production de fumée augmente, la couleur s'obscurcit et la densité optique augmente. Lorsque vous travaillez à l'intérieur d'un bâtiment en feu, les flammes qui se déplacent à travers la couche de gaz chaud sont également un indicateur important d'un incendie limité par la ventilation.

#### **La ventilation provoque une progression rapide du feu**

Lorsque l'incendie est limité par la ventilation, l'augmentation de l'apport d'air entraînera une augmentation du taux de dégagement de la chaleur et, selon les conditions, il peut y avoir une progression rapide du feu, comme le flashover ou le backdraft. Bien que comparables, les flashover induits par la ventilation et le backdraft sont des phénomènes différents. Lorsque l'incendie est contrôlé par la ventilation et que les gaz combustibles dans les fumées sont en dessous de leur température d'inflammation, une ventilation accrue entraînera vraisemblablement un flashover induit par ventilation (voir l'image 6). Si les gaz combustibles dans les fumées dépassent leur température d'inflammation alors la vitesse de combustion est généralement beaucoup plus rapide (déflagration) produisant un backdraft plus violent (voir l'image 7).

Image 6. Flashover induit par la ventilation

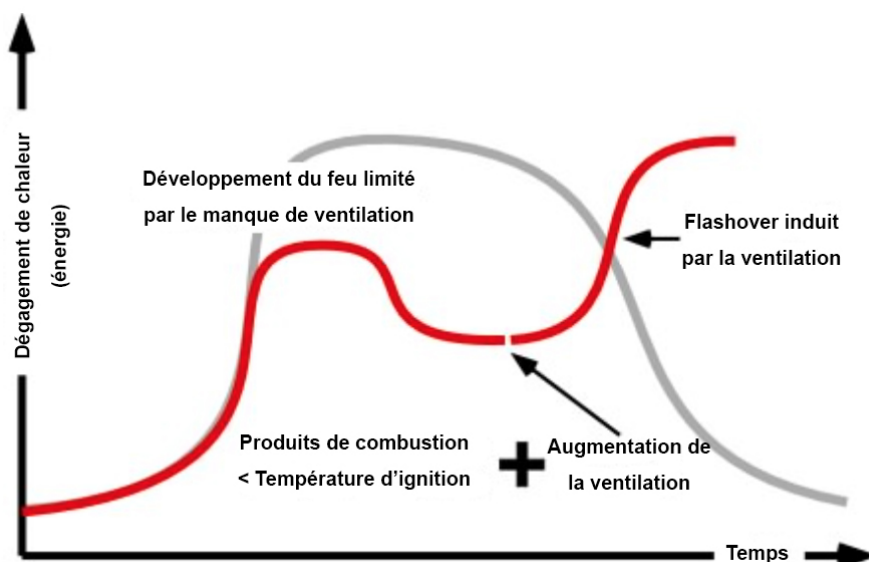
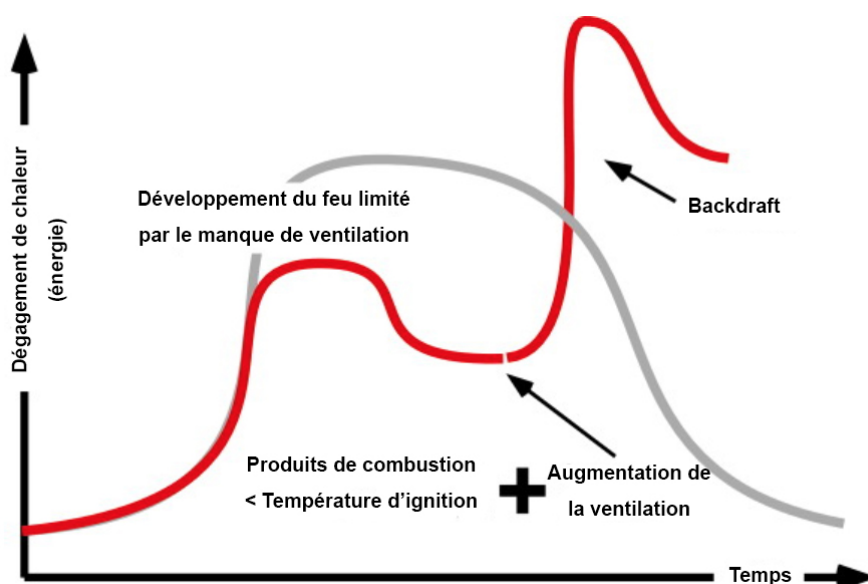


Image 7. Backdraft



Bien que ces phénomènes soient différents, les deux représentent une menace importante pour les pompiers. Les progressions rapides de feu comme le flashover induit par la ventilation ou le backdraft ne sont pas des processus instantanés. Selon un certain nombre de variables telles que l'emplacement de l'incendie, le niveau actuel de développement, la température de la couche de fumée (gaz chaud) et l'ampleur de l'augmentation de la ventilation, ce phénomène de progression rapide du feu peut prendre un certain temps. Cependant, lorsque cela se produit, le développement du feu sera extrêmement rapide! Les pompiers entrant dans un compartiment ou un bâtiment contenant un feu sous ventilé doivent être conscients et gérer les dangers générés par le potentiel de progression rapide de feu. Rappelez-vous, beaucoup, si ce n'est pas la plupart des incendies qui ont progressé au-delà de la phase de naissance avant l'arrivée des pompiers, sont contrôlés par ventilation et présentent un potentiel de progression rapide de feu lorsque la ventilation augmente.

Le tableau 5 énumère les indicateurs de comportement du feu liés à la phase de déclin d'un feu contrôlé par la ventilation et le potentiel de progression rapide de feu induit par la ventilation. Il est

important de noter qu'il n'y a pas toujours de distinctions claires dans les indicateurs visuels entre le flashover induit par la ventilation et le backdraft.

Tableau 5. Phase de déclin d'un feu contrôlé par la ventilation

Bâtiment	Confinement de l'incendie (notez que cela peut s'appliquer à un seul compartiment ou espace vide et non à l'ensemble du bâtiment). Le risque de progression rapide de feu induit par la ventilation augmente lorsque le contenu du bâtiment a une chaleur de combustion élevée.
Fumées	Le volume et la densité optique de la fumée augmenteront. Dans des conditions de déclin contrôlé par la ventilation, la couche de gaz chauds aura généralement (mais pas toujours) rempli le compartiment avec de la fumée sous pression sortant par les petites ouvertures. La couleur de la fumée est influencée dans une mesure importante par ce qui brûle et celle-ci peut varier. La fumée de couleur claire ou la fumée noire devient de couleur grise jaune épaisse. La fumée jaune est souvent associée au déclin dû à une ventilation limitée (et à des conditions de backdraft). Cependant, la couleur seule n'est pas un indicateur fiable car la fumée peut aussi être grise, noire ou marron. La fumée qui est optiquement dense et qui a une apparence texturée est un indicateur plus important. L'élévation et l'abaissement du plan neutre (ceci est similaire au pulsing du courant de convection, mais dans ce cas, le compartiment n'est pas rempli). La hauteur de la couche de gaz chaud et du plan neutre aux ouvertures est influencée par le profil de ventilation, mais si le compartiment n'est pas bien ventilé, la couche de gaz chaud descendra près du sol lorsque le feu progressera dans cette phase.
Courant de convection	Le courant de convection en phase de déclin dépend de la cause (manque de combustible ou manque d'oxygène). Si c'est en raison d'un manque d'oxygène, il peut y avoir un pulsing du courant de convection (entrée et sortie ou haut et bas) et la vitesse de sortie de la fumée peut être assez élevée avec une turbulence importante. Cependant, il est important de noter que le courant de convection est fortement influencé par la taille de l'ouvrant et de la proximité du feu.
Chaleur	La température pendant la phase de déclin peut initialement être assez élevée (et continuer à augmenter pendant un certain temps). Il peut y avoir des indicateurs visuels tels que des fenêtres noircies, une sortie de fumée à vitesse élevée, et des surfaces comme les fenêtres et les portes risquent d'être assez chaudes. Cependant, si le déclin est dû à des conditions de feu contrôlé par la ventilation, la température finira par retomber (si le compartiment reste fermé).
Flammes	En cas de déclin d'un feu contrôlé par la ventilation, la combustion sous forme de flammes est réduite. Cependant, ne vous laissez pas tromper! Des flammes peuvent être présentes. L'inflammation des gaz qui s'échappent du compartiment (lorsqu'ils se mélangent avec l'air) peut donner une importante indication de déclin dû à un mélange trop riche en combustible, trop faible en comburant. Rappelez-vous également que les conditions peuvent varier considérablement dans les différentes parties de la structure.

Les conditions de backdraft peuvent exister dans un espace vide, alors que vous pouvez voir un feu pleinement développé avec des flammes qui apparaissent à travers plusieurs fenêtres.

-----

Il est souvent supposé (incorrectement) qu'une progression rapide de feu induite par la ventilation (flashover ou backdraft) se produira immédiatement après une augmentation de la ventilation. En fonction des conditions de l'incendie et de la configuration du bâtiment, il peut y avoir un décalage significatif entre la ventilation et les changements dans le comportement du feu. Lorsque les conditions de déclin contrôlé par la ventilation sont remarquées (ou soupçonnées), les pompiers doivent se déplacer avec précaution et prendre des mesures pour modifier les conditions dans le bâtiment ou le compartiment (Exemple : Refroidissement des gaz, ventilation).

*Vous vous présentez sur un feu dans un bâtiment de la première famille d'un étage en structure bois. Un feu a démarré dans une pièce dans l'angle Alpha Bravo de la structure et est passée du stade pleinement développé au déclin en raison d'un manque d'oxygène car les ouvertures du bâtiment (portes et fenêtres) restent fermées et intactes.*

1. Quelles conditions attendez-vous de voir de l'extérieur de la structure?
2. Quels indicateurs peuvent être visibles depuis la porte d'entrée lorsque vous pénétrez?

Un feu en phase de déclin (en particulier lorsque cela est dû à une limitation en oxygène) présente encore une menace importante car les conditions peuvent changer rapidement.

3. Si la porte à votre point d'entrée reste complètement ouverte, comment cela influencera-t-il le comportement du feu (en supposant qu'aucune autre ventilation n'a été effectuée)?
4. Comment le comportement du feu est-il influencé si une fenêtre (ou des fenêtres) dans le compartiment du feu est ouverte en plus de la porte à votre point d'entrée?
5. Quels indicateurs prévoyez-vous d'observer lorsque vous aurez parcouru le salon près du couloir qui mène à la chambre à coucher?
6. Quelles conditions trouveriez-vous dans le couloir à l'extérieur du compartiment en feu?

Après avoir pénétré, examinez si les conditions sont différentes de celles que vous prévoyiez.

7. Pourquoi cela pourrait-il être le cas?
8. Quelles différences dans les conditions seraient préoccupantes?

## Références

National Institute of Standards and Technology. (2005). *ISO-room/living room flashover* [digital video disk]. Gaithersburg, MD: Author.

## Lecture supplémentaire

La série d'articles suivante traite plus en profondeur des indicateurs de développement du feu et du comportement du feu et constitue un ajout utile aux connaissances présentées dans cette discussion sur la relation entre le développement du feu et les indicateurs de comportement du feu.

Hartin, E. (2005) Fire development in a compartment part 1: Review of basic fire behavior. Retrieved January 19, 2008 from [www.firehouse.com](http://www.firehouse.com).

Hartin, E. (2005) Fire development in a compartment part 2. Retrieved January 19, 2008 from [www.firehouse.com](http://www.firehouse.com).

Hartin, E. (2005) Smoke burns. Retrieved January 19, 2008 from [www.firehouse.com](http://www.firehouse.com).

Hartin, E. (2007) Fire behavior indicators: Building expertise. Retrieved January 19, 2008 from [www.firehouse.com](http://www.firehouse.com).

Hartin, E. (2007) Reading the fire: Building factors. Retrieved January 19, 2008 from [www.firehouse.com](http://www.firehouse.com).

Hartin, E. (2007) Reading the fire: Smoke and air track. Retrieved January 19, 2008 from [www.firehouse.com](http://www.firehouse.com).

Hartin, E. (2008) Reading the fire: Heat and flame. Retrieved January 19, 2008 from [www.firehouse.com](http://www.firehouse.com).