

Lexique

COS : commandant des opérations de secours
DOS : directeur des opérations de secours
EPI : équipement de protection individuelle
ERP : établissement recevant du public
ETARE/ER : établissement répertorié
FLV : feu limité par la ventilation
FLC : feu limité par le combustible
ICPE : installation classée pour la protection de l'environnement
IGH : immeuble grande hauteur
INB : installation nucléaire de base
ISO : International Organization for Standardization
LSPCC : lot de sauvetage et de protection contre les chutes
MGO : marche générale des opérations
MEA : moyen élévateur articulé
PAO : prévention appliquée à l'opération
PEX : partage d'expérience
PRV : point de regroupement des victimes
RCCI : recherche des causes et circonstances de l'incendie
RETEX/REX : retour d'expérience

ZC : zone contrôlée
ZE : zone d'exclusion
ZI : zone d'intervention
ZS : zone de soutien

Chapitre 1 - Connaissance du risque incendie

La doctrine de lutte contre l'incendie repose sur les connaissances disponibles sur ce risque et ses enjeux.

Ce premier chapitre concerne la connaissance du risque et ses enjeux en fonction des situations opérationnelles.

Dans un premier temps, ce document rappelle les différents concepts essentiels à la compréhension du système feu : de la naissance à son développement, en passant par les différents facteurs influençant son évolution.

Dans un deuxième temps, il s'agit d'appréhender les notions de techniques bâtimentaires indispensables à la compréhension des mécanismes favorables ou défavorables à l'évolution d'un feu dans différentes structures.

Enfin, dans la troisième partie il sera mis en évidence les caractéristiques et les enjeux de plusieurs situations opérationnelles types, permettant de bâtir la doctrine opérationnelle.

Section I-Connaissance du risque

1. Notions essentielles¹

1.1. Définitions/Généralités

1.1.1. Combustion

La combustion est une réaction chimique induisant la présence de réactifs (le combustible et le comburant) et la nécessité d'un initiateur (apport d'énergie). Des produits de combustions résultent de cette réaction qui dégage également de l'énergie sous forme de chaleur. Cette phrase peut être résumée par un outil pédagogique et visuel courant : le triangle du feu. Ce dernier illustre les composants nécessaires à l'établissement d'une réaction de combustion et met en avant leur interdépendance les uns vis-à-vis des autres. Il est présenté ci-dessous.



Schéma n°1 : le triangle du feu

¹ Annexe A - Fiches scientifiques FSCI-CSF : compréhension du système feu

1.1.2. Feu

Dans l'ISO 13943 (norme internationale), le feu fait référence à un processus de combustion auto-entretenu assuré pour produire des effets utiles et dont le développement est maîtrisé dans le temps comme dans l'espace.

1.1.3. Incendie

L'incendie est un feu dont le développement n'est pas maîtrisé dans l'espace et dans le temps.

1.2. Physique et chimie du feu

Cette partie est dédiée à la compréhension de l'établissement d'une réaction de combustion à la surface d'un matériau. Cette situation est celle rencontrée habituellement par les sapeurs-pompiers en intervention.

Ce schéma illustre les notions essentielles pour comprendre comment une flamme se forme et se maintient à partir de la dégradation de la matière combustible solide. Ce processus peut être décrit en trois étapes majeures :

- 1ère étape : Production des gaz de pyrolyse. La matière voit sa température augmenter par l'intermédiaire d'un transfert thermique et peut se décomposer en émettant des gaz inflammables ;
- 2ème étape : Inflammation des gaz. Une quantité de gaz suffisante est dégagée par la matière et mélangée à l'air. L'apport d'une source d'énergie suffisante permet alors l'inflammation du mélange ;
- 3ème étape : Etablissement et maintien de la flamme. Suite à l'inflammation, la flamme est maintenue en surface si les gaz combustibles dégagés par la matière sont en quantité suffisante, si l'apport en air est suffisant et si les conditions thermiques sont adéquates.

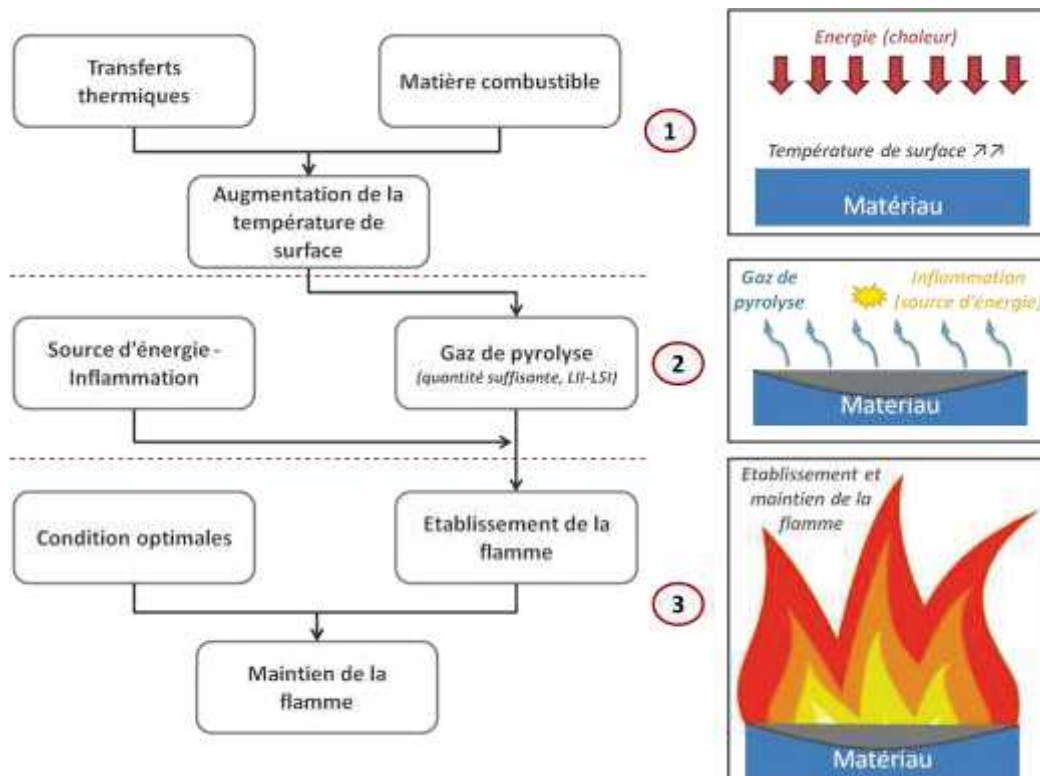


Schéma n°2 : mécanisme du feu

En annexe, des fiches scientifiques détaillent en conservant l'esprit du schéma, de manière chronologique, les événements constitutifs de l'établissement d'une flamme à la surface d'une matière combustible.

1.3. Transferts de chaleur et modes de propagation

Le transfert de chaleur peut se faire par conduction, convection ou rayonnement².

Conduction :

La conduction est un mode de transfert de chaleur de proche en proche dans le matériau en lui-même (ex : barre métallique chauffée à l'une de ses extrémités et qui transmet la chaleur à son autre extrémité). On dit d'un matériau qu'il est thermiquement isolant ou conducteur.

Convection :

La convection désigne un transfert de chaleur s'effectuant par l'intermédiaire d'un fluide en mouvement (liquide ou gaz). Dans le cas de l'incendie, ce sont les fumées et gaz chauds qui se propagent dans les différents volumes de la structure.

Rayonnement :

Le rayonnement correspond au processus d'émission ou de propagation de l'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques. Il ne nécessite pas de contact matériel à l'inverse des deux modes de propagation de la chaleur précédents.

Le rayonnement varie en fonction de la température du corps considéré.

1.4. Notions de puissance

La puissance d'un feu est une quantité d'énergie thermique (Joule, J) dégagée sur une unité de temps (seconde, s). Elle se mesure donc en Watts (1 Watt = 1 joule/seconde)³.

Comme le montre le tableau ci-après, cette puissance est directement liée à la nature, la qualité, la volumétrie, la position et la quantité du combustible (la quantité de chaleur délivrée par les matériaux n'étant pas constante) et à l'apport en comburant dans le cadre d'une situation d'incendie de structure. La puissance peut alors être limitée par le combustible (on parle de FLC : Feu Limité par le Combustible) ou par la ventilation (FLV : Feu Limité par la Ventilation). Ces notions sont essentielles dans la compréhension et les choix tactiques des intervenants.

Quelques exemples de puissance de feu :

Combustible	Puissance dégagée
Cigarette	5 W
Allumette	50 W
Bougie	80 W
Corbeille de papiers	150 KW (1 KW = 1000 Watts)
Poubelle	50 à 300 KW
Fauteuil	2 MW (1 MW = 1 000 000 Watts)
Sapin de Noël	1 à 2 MW
Canapé	1 à 3 MW
Feu de salon ou chambre développé	3 à 10 MW

1.5. Caractéristiques des fumées

Les fumées⁴ correspondent à l'ensemble visible des particules solides et/ou liquides en suspension et des gaz résultant d'une combustion ou d'une pyrolyse. Ces fumées sont plus ou moins diluées par l'air ambiant.

² Annexe A - Fiches scientifiques FSCI-CSF : compréhension du système feu

³ Annexe A - Fiches scientifiques FSCI-CSF : compréhension du système feu

⁴ Annexe A - Fiches scientifiques FSCI-CSF : compréhension du système feu

Les gaz résultants de la combustion sont généralement le dioxyde de carbone, le monoxyde de carbone la vapeur d'eau ainsi que d'autres gaz. La nature de ces derniers est intimement liée à la composition des matériaux impliqués dans la combustion (cyanure d'hydrogène, chlorure d'hydrogène, oxyde nitreux, hydrocarbures etc...). Ces gaz de combustion contiennent souvent des gaz combustibles imbrulés.



Les dangers associés aux fumées sont :

- Inflammabilité, explosivité
- Toxicité - corrosivité
- Émission de particules
- Opacité
- Rayonnement
- Envahissement et frein à la mobilité
- Chaleur

1.6. Phases de développement du feu

La courbe classique d'évolution de la puissance d'un incendie dans un local ventilé est représentée dans la figure ci-après (courbe en trait plein). Dans un milieu où l'apport d'air n'est pas suffisamment renouvelé le feu s'éteint par manque de comburant. Cette situation est illustrée par la courbe noire en pointillés.

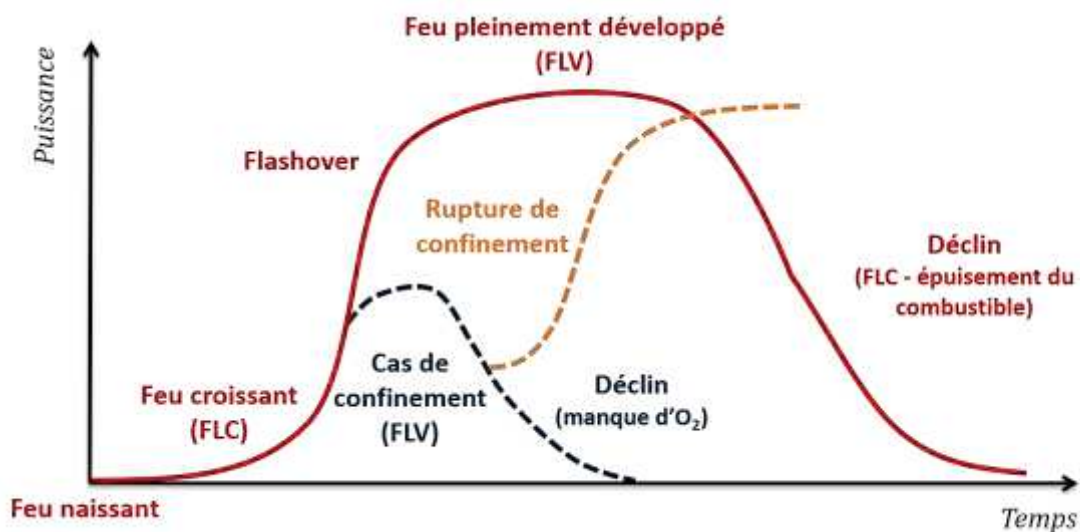


Schéma n°3 : courbe de développement classique du feu

Feu naissant :

Cette phase initiale de la combustion est directement liée à la quantité de combustible. A ce stade le dégagement de chaleur est modéré et les fumées peu abondantes.

Seul le combustible influe sur le développement du feu. En effet, il ne s'agit pas de la quantité de matière disponible, mais de gaz de pyrolyse présents en quantité limitée. On dit que le feu est « limité par le combustible ».

Feu en phase de croissance :

Le foyer prend de l'importance.

La puissance du sinistre augmente et s'accompagne d'élévation de température et de production de fumées. Les objets soumis aux contraintes thermiques peuvent s'échauffer et s'enflammer.

Au cours de cette phase, l'évolution du feu varie en fonction des éléments suivants :

- Conditions de ventilation ;
- Nature et état de division des matières ;
- Autres facteurs (caractéristiques bâtementaires, pièce concernée, situation du foyer, ...).

Les conditions de ventilation du sinistre conditionnent la poursuite du développement du feu. On peut alors être confrontés à l'un des deux régimes de feux suivants⁵ :

- **Feu correctement ventilé ou feu limité par le combustible (FLC)** dans le temps. Son développement et sa puissance seront maximum.
- **Feu sous ventilé ou feu limité par la ventilation (FLV)** : limité en comburant, deux alternatives sont possibles :
 - Le maintien du confinement qui pourra conduire à une quasi auto-extinction ;
 - La rupture de ce confinement qui conduira à une reprise de la croissance du feu (plus ou moins rapide et violente).

D'une manière générale, les feux développés en structure, dès lors qu'ils abritent des pièces meublées, seront systématiquement limités par la ventilation en situation de plein développement.

Feu pleinement développé :

Ultime phase de croissance du feu, c'est une étape normale en feu de structure. Il s'agit de l'inflammation de l'ensemble des combustibles de la pièce. Sa puissance et les risques de propagation sont au maximum au regard des conditions de ventilation. A ce titre, le feu à cette étape est limité par la ventilation. Le plein développement est la conséquence immédiate d'un embrasement généralisé.

Feu en régression :

La phase de régression (ou déclin) correspond à la fin de la combustion des matériaux. La puissance du foyer et des phénomènes associés est en diminution. Les risques liés aux fumées restent présents. Le feu redevient limité par le combustible.

1.7. Phénomènes thermiques / Progression rapide du feu⁶

On entend par « phénomènes thermiques », l'ensemble des progressions rapides de feu ayant pour conséquence directe une augmentation significative et/ou brutale de la puissance de l'incendie. En fonction des conditions, cette augmentation de puissance peut être persistante ou non.

Ces phénomènes, potentiellement d'une extrême dangerosité, peuvent se présenter lors des différentes phases de l'incendie et intéresser plusieurs zones adjacentes au sein d'un même bâtiment.

Au niveau international, il existe des approches différentes concernant le classement de ces divers phénomènes. Cependant, il est admis que ces événements peuvent être attribués à trois grandes familles :

- Les embrasements généralisés éclairs (flashover) ;
- Les explosions de fumées (backdraft) ;
- Les inflammations de gaz issus d'un incendie (Fire Gas Ignition).

⁵ Annexe A - Fiches scientifiques FSCI-CSF : compréhension du système feu

⁶ Annexe A - Fiches scientifiques FSCI-CSF : compréhension du système feu – phénomènes thermiques à cinétique rapide

1.7.1. Famille des Flashover

(Terminologies française associées : Les embrasements généralisés éclairs)

Cette famille rassemble les phénomènes qui correspondent au passage brutal d'un feu localisé à l'embrasement généralisé de tous les matériaux combustibles contenus dans un volume ventilé. Ils aboutissent systématiquement à un feu pleinement développé.

Des études ont montré que toutes les pièces d'un habitat actuel renferment une charge calorifique suffisante pour générer un embrasement généralisé éclair.

Le phénomène est concomitant à un apport suffisant de gaz combustibles, à l'atteinte d'un niveau d'énergie suffisant et au maintien d'une veine d'apport d'air.

1.7.2. « Backdraft »

(Terminologie française associée : L'explosion de fumées de type backdraft)

C'est un phénomène pouvant se produire lorsqu'un feu a été sous-ventilé pendant un certain temps. Il est très rare que les fumées accumulées dans le volume soient à leur température d'auto-inflammation. Pour autant, la création d'un nouveau courant de convection (fenêtre qui se brise, ouverture de porte, dégradation d'une toiture, ...), génère un apport d'air soudain qui réactive une flamme, qui elle-même peut entraîner l'explosion des fumées (généralement chaudes) accumulées dans le volume concerné par l'incendie. Cette réaction rapide qui se déplace à travers la pièce et en dehors est appelée « backdraft ». Le facteur déclencheur est l'apport de comburant, l'énergie suffisante étant déjà présente dans la pièce.

1.7.3. Famille des Fire Gas Ignition (FGI)

(Terminologie française associée : Les inflammations de gaz issus d'un incendie)

Ce terme couvre une large gamme de phénomènes thermiques, où une accumulation de produits de combustion riches en gaz imbrulés et/ou de gaz de pyrolyse, s'enflamme après avoir été mise en contact avec une source de chaleur⁷.

En fonction des conditions de pré-mélange, cette combustion peut être explosive. Ces phénomènes peuvent être comparés aux explosions de gaz qui se produisent à la suite d'une fuite de gaz dans un bâtiment. On les rassemble communément sous l'acronyme FGI.

A la différence du « backdraft », les conditions de ventilation dans la pièce concernée ne sont pas à l'origine de l'apparition du phénomène. L'élément déclencheur est l'apport d'énergie d'activation.

Il est important de noter que ces phénomènes peuvent donc se produire avec des fumées qui se sont refroidies (fumées dites « froides »).

On distingue principalement deux sous-catégories de FGI en fonction de leur régime de combustion :

- Lorsque le front de flammes dans le pré-mélange ne génère aucune onde de pression, ou de façon négligeable, on parle de feu « éclair » (Flash Fire) ;
- Lorsque le front de flammes génère une onde de pression, on parle d'explosion de fumées (Smoke Explosion).

⁷ Annexe A - Fiches scientifiques FSCI-CSF : compréhension du système feu

1.7.4. Synthèse des phénomènes à cinétique rapide

Le schéma ci-dessous présente une synthèse de ces phénomènes particuliers, en reprenant les éléments du triangle du feu, considérant que ce sont les proportions entre les trois ingrédients qui déterminent la qualité de la combustion (dont sa cinétique).



Schéma n°4 : synthèse des phénomènes thermiques associés à un développement rapide du feu

Toutefois, la réalité est plus complexe compte tenu des interactions entre ces trois éléments, leurs proportions et la cinétique du feu. D'où la nécessité de développer les compétences des équipes sur la compréhension du système feu. Le tableau ci-après propose une synthèse des connaissances relatives à ces phénomènes.

FLASHOVER (embrasements généralisés éclairs)	
CONDITIONS DE REALISATION	Le Flashover se produira dans la plupart des bâtiments si l'air est disponible. Les enceintes avec un débit d'air naturel limité sont moins susceptibles de produire un embrasement généralisé avant que l'air disponible ne soit consommé.
CARACTERISTIQUES DES FUMÉES ET GAZ DE PYROLYSE	<ul style="list-style-type: none"> - Les suies de couleur noires donnent la couleur sombre aux fumées. Elles sont produites dans la zone de réaction de la flamme de diffusion. Les suies sont un indicateur de la présence de flammes dans le volume, - Envahissement de plus de la moitié de la hauteur du volume, - Épaississement du plafond de fumées, - Assombrissement vers le noir, - Convection importante à cause de l'augmentation de température.
APPORT D'AIR	<ul style="list-style-type: none"> - Facilité par le maintien de l'ouverture du volume, - Augmente la puissance du feu - Peut accélérer la survenue du flash - Souvent caractérisé par des écoulements vers l'intérieur du volume en partie basse de l'ouvrant (donne le sentiment de respiration du feu).
CHALEUR	<ul style="list-style-type: none"> - Facilite la production de gaz de pyrolyse
BACKDRAFT (explosion de fumée)	
CONDITIONS DE REALISATION	Le backdraft est probable lorsque le feu est confiné dans un volume et qu'il y a rupture soudaine de l'enveloppe (fenêtre brisée, ouverture de porte sans précautions, ...). Le risque augmente dans les bâtiments « basse consommation » avec une bonne isolation et les fenêtres étanches (double ou triple vitrage). Les indicateurs de chaleur peuvent être moins évidents en raison de l'isolation supérieure associée à ce type de construction.
CARACTERISTIQUES DES FUMÉES ET GAZ DE PYROLYSE	<ul style="list-style-type: none"> - Fumées épaisses et concentrées dans le volume en feu, accumulées jusqu'au sol, - La situation du volume concerné n'est pas forcément celle des volumes adjacents, - La couleur claire (brun/jaune) peut indiquer que les fumées sont chargées en gaz de pyrolyse, - Les dépôts noirs indiquent de la condensation des gaz de pyrolyse sur les parois sous forme de dépôts huileux, - La sortie de la fumée rapide indique une forte pression à l'intérieur du volume et une température élevée, - L'alternance de sorties soudaines et rapides de la fumée suivie et d'entrées soudaines de l'air à travers une ouverture, est un indicateur courant d'un backdraft imminent (il peut s'agir de phénomènes apparentés à des pulsations, parfois audibles).
APPORT D'AIR	<ul style="list-style-type: none"> - Si rupture du confinement.
CHALEUR	<ul style="list-style-type: none"> - Accumulée dans le local (foyer initial, fumées, parois...)
FIRE GAS IGNITION (Les inflammations de gaz issus d'un incendie)	
CONDITIONS DE REALISATION	Les Fire gas ignition se produisent généralement dans les couloirs adjacents au volume source. Pour autant, les vides, les conduits, les cages (escalier, ascenseur), les constructions à ossature croisée, les grands espaces ouverts, les plafonds hauts, les faux plafonds ou les plafonds suspendus permettent à la fumée d'être transportée et de s'accumuler dans les zones voisines ou non de l'enceinte d'origine. Le combustible imbrûlé dans la fumée est souvent partiellement mélangé à l'air frais et peut s'accumuler dans des concentrations inflammables. L'apport d'une énergie d'activation va provoquer l'inflammation de ce mélange.
CARACTERISTIQUES DES FUMÉES ET GAZ DE PYROLYSE	<ul style="list-style-type: none"> - Accumulation des fumées parfois plus claires (mélange partiel avec l'air dans la plage d'inflammabilité) à une certaine distance de la source, - Peut donner de faux indicateurs de l'emplacement du foyer, - Parfois difficiles à percevoir, - En s'éloignant du foyer, les fumées se refroidissent. Les mouvements convectifs diminuent. Les fumées sont alors transportées par les mouvements aérauliques du bâtiment. Les fumées peuvent alors s'accumuler dans des locaux adjacents contigus, superposés, voire sous le plan du feu.
APPORT D'AIR	<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'air initial ou par création d'une amenée d'air qui permet le pré-mélange air/ gaz combustible.
CHALEUR	<ul style="list-style-type: none"> - Apportée par le feu lui-même, - Apportée par toute autre source d'ignition (appareil électrique, débris braisant lors de la phase de déblai, ...).