Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR

Bureau de la Doctrine de la formation et des Équipements



Interventions sur les incendies de structures

Guide de doctrine opérationnelle
GDO 2018

DGSCGC/DSP/SDDRH/BDFE/NP du 16 avril 2018

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SÉCURITÉ CIVILE ET DE LA GESTION DES CRISES

Couverture :
Crédit photo @BSPP ; BMPM ; SDMIS ; SDIS 18
Montage : Emmanuelle MILLET, service communication de l'ENSOSP

Illustrations :
Photos issues de la BSPP
Schémas : groupe de travail
Dessins opérationnels : lieutenant Sébastien COCONNIER, SDIS 49

AVERTISSEMENT

Les documents de doctrine sont conçus et rédigés par un collège d'experts : c'est un document de doctrine et non un acte juridique ; il n'a en particulier aucune portée réglementaire.

La doctrine n'a pour objet que de guider l'action et faciliter la prise de décision des sapeurs-pompiers lors de leurs interventions, à partir de la connaissance des meilleures pratiques identifiées lors de retours d'expériences mais n'a nullement pour objet d'imposer des méthodes d'actions strictes. Chaque situation de terrain ayant ses particularités, chercher à prévoir un cadre théorique unique pour chacune serait un non-sens ; dès lors seuls des conseils à adapter au cas par cas sont pertinents et nécessaires.

La mise en œuvre de la doctrine requiert du discernement pour être adaptée aux impératifs et contraintes de chaque situation. La décision, dans une situation particulière, de s'écarter des orientations données par les documents de doctrine relève de l'exercice du pouvoir d'appréciation, consubstantiel à la fonction de commandement et inhérente à la mission en cours.

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SÉCURITÉ CIVILE
ET DE LA GESTION DES CRISES

GDO-DSP/SDDRH/BDFE/ 16 avril 2018

GUIDE DE DOCTRINE OPERATIONNELLE

INCENDIES DE STRUCTURES

DGSCGC/DSP/SDDRH/BDFE/NP du 16 avril 2018

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SÉCURITÉ CIVILE
ET DE LA GESTION DES CRISES

Direction des Sapeurs-Pompiers

Sous-direction de la Doctrine et des Ressources Humaines

Préface

Mission exclusive des services d'incendie et de secours, la lutte contre l'incendie a connu de nombreuses évolutions ces dernières années, tant par l'émergence ou la modification des risques (matériaux de construction, nouvelles technologies, ...), que par le développement de nouvelles méthodes et de nouveaux outils.

Près de 300000 interventions de lutte contre l'incendie ont lieu chaque année. Parmi celles-ci sont concernés les incendies de structures.

Les services d'incendie et de secours doivent s'inscrire dans une démarche d'amélioration continue de leurs pratiques et assurer une réponse opérationnelle efficiente, en s'appuyant sur des références claires et modernes qui tiennent compte :

- des particularités locales et de la nécessaire adaptation de la réponse ;
- d'une meilleure coordination des différentes entités qui travaillent sur ce risque ;
- du rôle primordial du citoyen, quelle que soit sa place dans la société.

Ce guide de doctrine présente les connaissances sur le risque incendie de structures ainsi que la stratégie à mettre en œuvre par les services d'incendie et de secours. Il permet des actions sécurisées des intervenants lors des missions.

Afin de garantir une adaptation permanente de ce guide aux évolutions, celui-ci est complété par différentes fiches scientifiques. Ces fiches ont vocation à être régulièrement mises à jour, en fonction de l'avancée des travaux de recherche et développement, des expérimentations et retours d'expérience réalisés sur le terrain.

Les guides de techniques professionnelles présentent les différentes méthodes à mettre en œuvre. Ils favorisent l'adaptation de la doctrine au contexte local (nature des risques à couvrir, organisation de la structure et ressources disponibles).

C'est pourquoi ils ont vocation à être largement diffusés et explicités à l'ensemble des personnels des services d'incendie et de secours.

Pour le ministre d'État et par délégation,
le préfet, directeur général de la sécurité civile et
de la gestion des crises

Jacques WITKOWSKI

Sommaire

PREFACE 9

LEXIQUE 17

CHAPITRE 1 - CONNAISSANCE DU RISQUE INCENDIE 19

SECTION I-CONNAISSANCE DU RISQUE 19

1. NOTIONS ESSENTIELLES 19
   - 1.1. Définitions/Généralités 19
   - 1.1.1. Combustion 19
   - 1.1.2. Feu 20
   - 1.1.3. Incendie 20
   - 1.2. Physique et chimie du feu 20
   - 1.3. Transferts de chaleur et modes de propagation 21
   - 1.4. Notions de puissance 21
   - 1.5. Caractéristiques des fumées 21
   - 1.6. Phases de développement du feu 22
   - 1.7. Phénomènes thermiques / Progression rapide du feu 23
   - 1.7.1. Famille des Flashover 24
   - 1.7.2. « Backdraft » 24
   - 1.7.3. Famille des Fire Gas Ignition (FGI) 24
   - 1.7.4. Synthèse des phénomènes à cinétique rapide 25
2. LA STRUCTURE 27
   - 2.1. Comportement au feu selon les matériaux de construction 27
   - 2.1.1. La résistance au feu 27
   - 2.1.2. La réaction au feu 27
   - 2.1.3. Application 27
   - 2.1.4. Comportement au feu des structures selon la destination 27
   - 2.1.5. Caractérisation du combustible 28
   - 2.1.5.1. Energie calorifique 28
   - 2.1.5.2. Pouvoir calorifique 28
   - 2.1.5.3. Charge calorifique 28
   - 2.1.5.4. Potentiel calorifique 28
   - 2.1.6. Comportement du feu selon les dispositifs d'isolation et de cloisonnement 28
   - 2.1.6.1. Isolation du volume 28
   - 2.1.6.2. Cloisonnement des volumes entre eux 29
   - 2.2. Lecture bâtimentaire (Évaluation d'une construction existante) 29
3. MODELE DE REPRESENTATION DU SYSTEME FEU AU SEIN D'UN LOCAL 29
   - 3.1. Modèle de Thomas 29
   - 3.2. Transferts de masse 30
   - 3.3. Transferts de chaleur 31

SECTION II - PRINCIPES DE MAITRISE ET D'EXTINCTION DU FEU 32

1. CONTROLER L'ARRIVEE D'AIR 32
2. AGIR SUR LES FUMEES ET GAZ CHAUDS 32
   - 2.1. Evacuer les fumées 32
   - 2.2. Abaisser la température des fumées 33
   - 2.3. Agir sur la composition des fumées 33
3. AGIR SUR LE COMBUSTIBLE 33
4. INTERROMPRE LA REACTION CHIMIQUE EN CHAINE 34

SECTION III - ANALYSE DE RISQUES 34

1. GENERALITES 34
2. LES INDICATEURS 34
   - 2.1. Le bâtiment et sa destination 34
   - 2.2. La fumée 35
   - 2.3. Les flammes 35
   - 2.4. Les sons 35

2.5. La chaleur 35
3. LES TYPOLOGIES DE SITUATIONS OPERATIONNELLES 35
3.1. Différents paramètres définissant une situation opérationnelle 36
3.2. Critères de regroupement des situations type 36
3.3. Quelques situations type 36
3.3.1. Feux naissant 37
3.3.2. Feux en superstructure (en étages) 37
3.3.3. Feux en infrastructures (sous-sol) 38
3.3.4. Feux d'éléments de construction 38
3.3.4.1. Les feux de terrasses et toits-terrasses 38
3.3.4.2. Les feux de combles 39
3.3.4.3. Les feux de joints de dilatation 39
3.3.4.4. Les feux de façades 40
3.3.4.5. Les feux de cages d'escalier 40
3.3.5. Equipements techniques 41
4. ANALYSE DES CONTRAINTES ET DES RISQUES IMPACTANT L'HOMME 41
4.1. Contraintes 41
4.2. Risques physiologiques 42
4.3. Risques ergonomiques 42
4.4. Risques comportementaux 42
4.5. Risques toxiques 42
4.6. Risques phénomènes thermiques, explosion et explosion de poussière 43
4.7. Risques liés à la fragilisation des structures 43
4.8. Risques liés à l'électricité 43
4.9. Risques liés à la présence d'autres installations ou produits dangereux 43

CHAPITRE 2 - PRINCIPES GENERAUX DE LA LUTTE CONTRE L'INCENDIE 45

SECTION I - DE LA DEFINITION DES OBJECTIFS OPERATIONNELS A LA DEMARCHE D'AMELIORATION CONTINUE 45

SECTION II - TACTIQUE GENERALE DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE 47

1. LE CHOIX TACTIQUE DU COS 48
1.1. L'évolution de la situation 48
1.2. La sécurité 49
1.3. Les moyens disponibles 49
2. LES TYPOLOGIES DE TACTIQUES 49
2.1. Tactiques offensives 49
2.2. Tactiques défensives 50
2.3. Tactiques de transition 50
3. LES CHOIX TACTIQUES DU COS D'UN DISPOSITIF OPERATIONNEL REDUIT 52

SECTION III - PREPARATION A LA MISSION OPERATIONNELLE 53

1. LA PLANIFICATION OPERATIONNELLE 53
2. CONCEPTION DE LA REPONSE OPERATIONNELLE DE TERRAIN 53
3. IMPLICATION CITOYENNE 54
4. LA PREPARATION DE L'INTERVENANT A L'OPERATION 54
4.1. Maintenir et développer les compétences individuelles et collectives 54
4.1.1. Démarche individuelle 54
4.1.2. Démarche collective 54
4.2. Aptitude physique et psychologique 55
4.2.1. Préparation physique 55
4.2.2. Préparation psychologique 55
4.2.3. Prise en compte des conditions météorologiques et temporelles 55
5. EQUIPEMENT EN MATERIELS DE LUTTE 55

SECTION IV – PRINCIPES FONDAMENTAUX DE LA SANTE ET SECURITE EN INTERVENTION : 56

1. STRUCTURATION DE L'INTERVENTION 56
2. COMMUNICATION 56
3. PREVENTION DE L'ACCIDENT ET DE L'EXPOSITION AUX RISQUES ET ANTICIPATION DE L'ACCIDENT 56

CHAPITRE 3 - ACTIONS DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE 57

SECTION I - DE L'ANALYSE DE LA SITUATION, A LA DEFINITION DES ACTIONS DE LUTTE 57

1. QUALIFICATION DE LA SITUATION 57
2. RESULTAT DES ACTIONS ENGAGEES 58
3. DE L'ALERTE A L'ARRIVEE SUR LES LIEUX - SE PROJETER DANS L'ACTION 58
   - 3.1. Outils aide à la prise de décision (départs types) 58
   - 3.2. Le conseil à l'appelant 59
   - 3.3. Exploitation des parcellaires et d'éventuels plans d'établissements répertoriés 59
   - 3.4. Le positionnement des engins 59

SECTION II – SECURITE EN INTERVENTION 60

1. LA SECURITE DES INTERVENANTS 60
   - 1.1. Le rôle des différents intervenants en matière de sécurité 61
   - 1.1.1. L'intervenant équipier ou chef d'équipe 61
   - 1.1.2. Le binôme 61
   - 1.1.3. Le chef d'agrès 61
   - 1.1.4. Le commandant des opérations de secours 62
   - 1.2. La protection collective 62
   - 1.2.1. Le zonage opérationnel 62
   - 1.2.2. Binôme de sécurité 63
   - 1.2.3. Extraction des sauveteurs 64
   - 1.2.3.1. Appellations de façades 64
   - 1.2.3.2. Procédure d'évacuation 64
   - 1.2.3.3. Les itinéraires de « repli » et de « secours » 64
   - 1.2.4. Officier sécurité 65
   - 1.3. La protection individuelle 65
   - 1.3.1. Principes de la protection individuelle 65
   - 1.3.2. Auto sauvetage 66
2. SOUTIEN SANITAIRE EN OPERATION 66
   - 2.1. Cas des interventions courantes 66
   - 2.2. Cas des interventions importantes ou présentant des risques particuliers 66
   - 2.3. Cas des accidents graves concernant un intervenant 66
3. REHABILITATION 67

SECTION III - LA MARCHE GENERALE DES OPERATIONS DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE 68

1. LES RECONNAISSANCES - AU SERVICE DU RAISONNEMENT TACTIQUE 69
2. LA VENTILATION OPERATIONNELLE – MAITRISER LES FLUX GAZEUX 69
3. LES SAUVETAGES 71
   - 3.1. Le sauvetage : des actions préalables ou concomitantes 71
   - 3.2. Les sauvetages à vue 71
   - 3.3. Les sauvetages en exploration 71
   - 3.4. AIDES : Accéder, Isoler, Désenfumer, Explorer, Sauver (ou Sortir) 72
   - 3.5. Les mises en sécurité 72
4. ACTIONS CONTRE LE FEU 72
   - 4.1. La lutte contre les propagations externes 72
   - 4.2. La lutte contre les propagations internes 73
   - 4.3. Attaque massive depuis l'extérieur 73
   - 4.4. Attaque des feux naissants 74
   - 4.5. Attaque menée avec "ventilation positive" 74
   - 4.6. Attaque menée en "antiventilation" 74
   - 4.7. Attaque de transition 77
   - 4.8. Cas de l'impossibilité d'agir sur la ventilation 77
   - 4.9. Repli défensif 78
   - 4.10. Choix du moyen hydraulique 78
5. LES ETABLISSEMENTS 79
6. LA PROTECTION 80
7. LES DEBLAIS 81
8. LA SURVEILLANCE 81
9. LE RELOGEMENT 82
10. LA REHABILITATION DES HOMMES ET LE RECONDITIONNEMENT DU MATERIEL 82
11. LA PRESERVATION DES TRACES ET INDICES 83

BIBLIOGRAPHIE **85**

ANNEXE A : **87**

FICHES SCIENTIFIQUES : COMPREHENSION DU SYSTEME FEU ET EFFETS SUR L'HOMME **87**

ANNEXE B : **135**

FICHES SCIENTIFIQUES : L'HOMME FACE AU FEU ET AUX FUMEES **135**

ANNEXE C : **157**

COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL **157**

ANNEXE D : **159**

DEMANDE D'INCORPORATION DES AMENDEMENTS **159**

ANNEXES COMPLEMENTAIRES **161**

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 mettra 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 essentielles[1]

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.

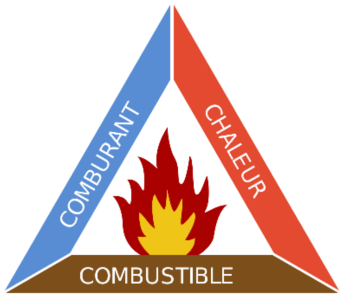


Schéma n°1 : le triangle du feu

[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 maitrisé 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.

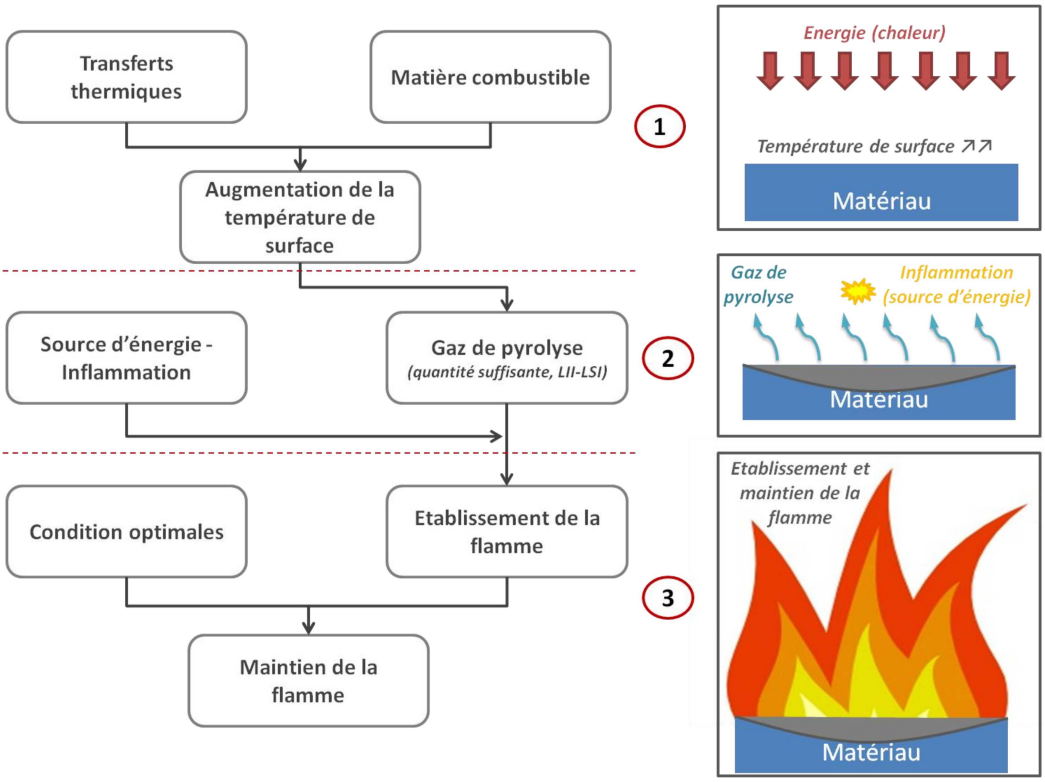


Schéma n°2 : mécanisme du feu

En annexe, des fiches scientifiques détaillent en conservant l'esprit du schéma, de manière chronologique, les évènements 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 rayonnement[2].

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 fumées[4] 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 de 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 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 est n'est pas suffisamment renouvelé le feu s'étouffe par manque de comburant. Cette situation est illustrée par la courbe noire en pointillés.

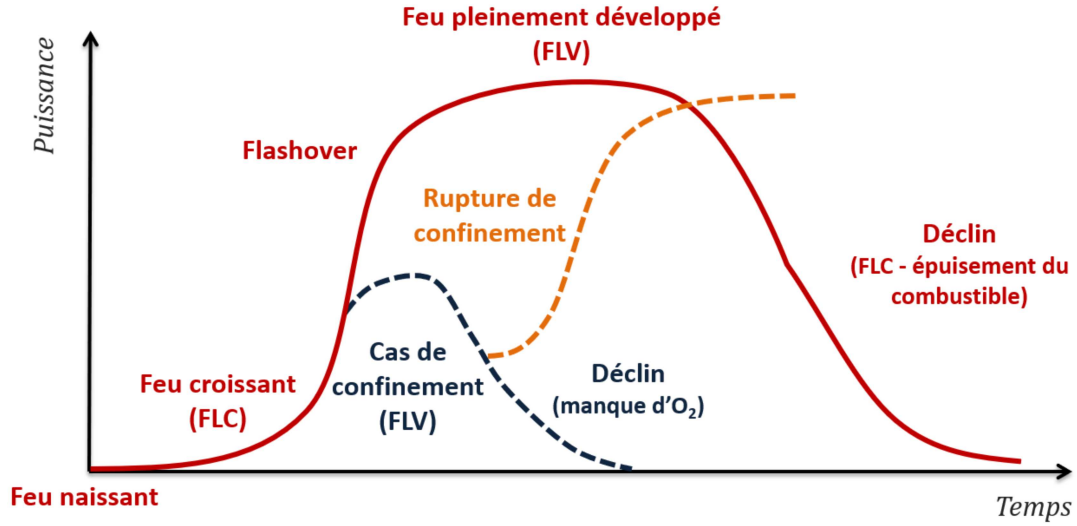


Schéma n°3 : courbe de développement classique du feu

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 bâtimentaires, 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 suivants[5] :

- **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 feu[6]

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 évènements 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 entrainer 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 chaleur[7].

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).

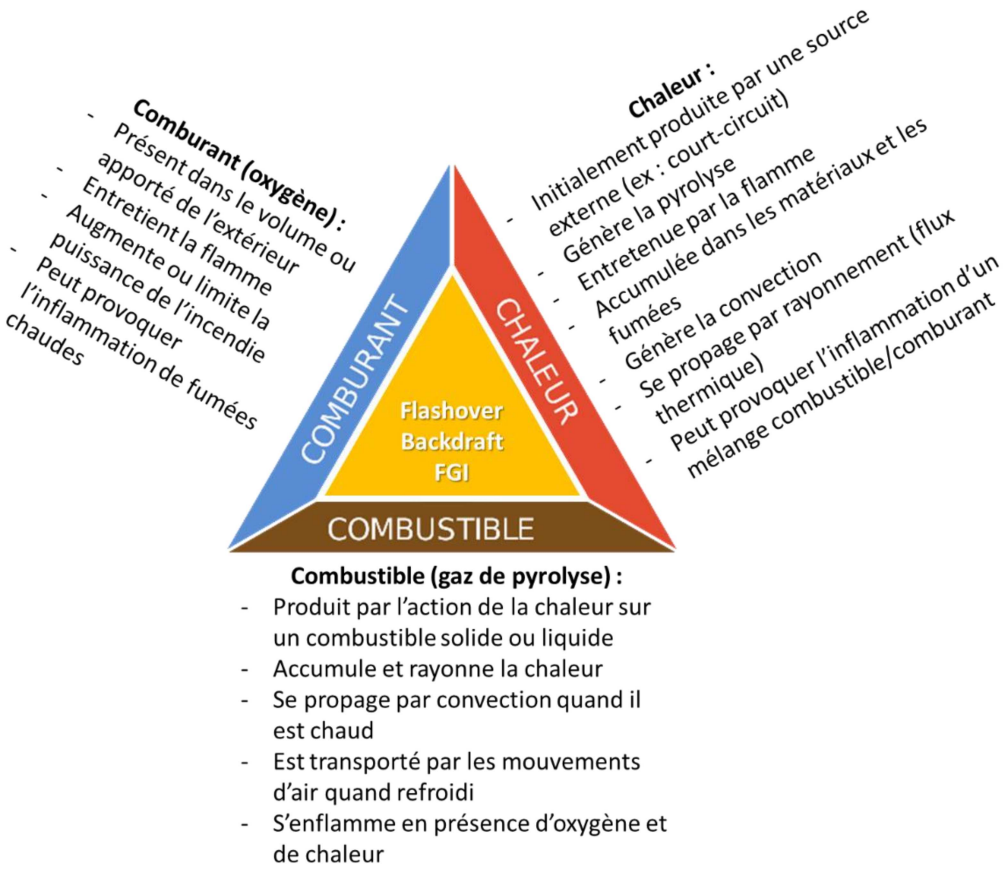


Schéma n°4 : synthèse des phénomènes thermiques associés à un développement rapide du feu

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 FUMEES ET GAZ DE PYROLYSE	- 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	- 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	- 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 FUMEES ET GAZ DE PYROLYSE	- 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	- Si rupture du confinement.
CHALEUR	- 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 FUMEES ET GAZ DE PYROLYSE	- 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	- Présence d'air initial ou par création d'une amenée d'air qui permet le pré-mélange air/ gaz combustible.
CHALEUR	- Apportée par le feu lui-même, - Apportée par toute autre source d'ignition (appareil électrique, débris braisant lors de la phase de déblai, …).

2. La structure

La connaissance du feu et de ses indicateurs est une première clé de lecture de l'évolution possible d'un incendie et des risques associés, mais elle n'est pas suffisante. En effet, l'analyse des risques générés par un incendie doit également tenir compte de l'environnement dans lequel il se produit et notamment de l'enveloppe dans lequel il se développe. Ce paragraphe permet de disposer des éléments de langage et de compréhension nécessaires à la lecture bâtimentaires lors d'une situation opérationnelle.

2.1. Comportement au feu selon les matériaux de construction

La prévention distingue deux notions essentielles à connaître : la résistance au feu et la réaction au feu.

2.1.1. La résistance au feu[8]

La résistance au feu est définie par le temps pendant lequel les éléments de construction peuvent jouer le rôle qui leur est dévolu malgré l'action d'un incendie.

La mesure s'effectuant dans des conditions normalisées, l'estimation de la résistance effective des éléments de construction, doit tenir compte des éventuelles altérations (travaux, chocs, explosion, …) ;

2.1.2. La réaction au feu[9]

Les éléments de construction peuvent, selon leur composition, être combustibles et/ou réactifs aux effets du feu. La réaction au feu est définie par l'aliment qui peut être apporté au feu et au développement de l'incendie. Elle impacte directement le développement du feu en le favorisant ou non.

2.1.3. Application

Il est intéressant de distinguer les constructions en fonction de leur résistance et de leur réaction au feu. Ainsi sommes-nous amenés à classer les bâtiments présentant :

- Une bonne résistance et une faible réaction au feu. En règle générale, ils sont construits en matériaux incombustibles présentant une bonne stabilité au feu. C'est le cas des constructions en béton, briques, pierres ;
- Une mauvaise résistance mais une faible réaction au feu. Ce sont les bâtiments métalliques (magasins, hangars...) qui s'affaissent rapidement sous l'effet de la chaleur ;
- Une bonne stabilité et une importante réaction au feu : c'est le cas de structures composites telles certains lamellés – collés ou panneaux sandwiches ;
- Une mauvaise résistance et une importante réaction au feu. Il s'agit par exemple des bâtiments en bois non traité ou des bâtiments précaires (multi matériaux anarchiques).

2.1.4. Comportement au feu des structures selon la destination

Les bâtiments construits sous les réglementations afférentes à leur type d'exploitation (habitation collective, ERP, IGH, code du travail, ICPE…) offrent des garanties de stabilités imposées.

De manière générale, les dispositions constructives relatives aux ERP et au code du travail, imposent une stabilité au feu minimum des bâtiments de 30 minutes (structure et plancher) dans les conditions normales d'exploitation.

En revanche dans les installations précaires, la vétusté, le défaut d'entretien et l'ancienneté, la malfaçon ou les travaux en cours sont autant de facteurs qui pourront altérer la stabilité du bâtiment.

[8] Code de la construction et de l'habitation, art. 121-2
[9] Code de la construction et de l'habitation, art. 121-2

2.1.5. Caractérisation du combustible

En complément des éléments relatif au comportement de la structure lors d'un incendie, il est nécessaire de connaitre les quelques notions qui concernent plus particulièrement ce que contient cette structure. C'est sur ces notions que reposent les règles d'aménagement selon l'activité présente dans le bâtiment (habitation, établissement recevant du public, immeuble grande hauteur, industrie, activité tertiaire, …).

2.1.5.1.Energie calorifique

L'énergie calorifique correspond à l'énergie concrètement dégagée au cours de la combustion d'un matériau, exprimée en joules ou en kilocalories (J ou kcal).

2.1.5.2.Pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique d'un matériau est la quantité d'énergie dégagée au cours de la combustion d'un matériau, exprimée en joules ou en kilocalories par unité de masse (J/kg ou kcal/kg).

En fonction de sa composition, ce pouvoir calorifique peut être plus ou moins élevé. Ainsi, certains produits issus de la pétrochimie dégagent davantage de chaleur quand ils brûlent que des produits composés de matériaux naturels (bois, coton…).

2.1.5.3. Charge calorifique

La charge calorifique est la somme des énergies calorifiques (exprimée en MJ) pouvant être dégagées par la combustion complète de l'ensemble des matériaux incorporés dans la construction ou situés dans un local (revêtements, mobilier et agencement).

Pour des raisons d'application pratique, la charge calorifique volumique est la charge calorifique d'un matériau, produit ou système, par unité de volume de celui-ci. Elle est exprimée en MJ/m^3. On peut définir une charge calorifique par unité de surface au sol ou densité de charge calorifique (MJ/m^2).

Le mobilier et la décoration au sens large contribuent à la propagation du feu et à la production de fumée. La charge calorifique influera sur le développement du sinistre et sur la stabilité du bâti.

La surface de référence d'un local est déterminée entre les parois verticales et le nu intérieur des façades. Elle comprend les surfaces occupées par les aménagements fixes (placards, habillages décoratifs, etc.).

2.1.5.4.Potentiel calorifique

Le potentiel calorifique correspond à l'énergie calorifique totale (MJ/m^2) qui peut être dégagée par la combustion complète d'un ensemble de matériaux et par unité de surface. Il s'agit de la charge calorifique mais qui ne prend pas en compte certains éléments de construction (Cf. règlement de sécurité).

2.1.6. Comportement du feu selon les dispositifs d'isolation et de cloisonnement

2.1.6.1.Isolation du volume

L'ensemble des éléments participant à l'isolation du bâtiment (thermique, phonique, lutte contre les effractions) peuvent limiter les pertes thermiques, la chaleur est donc davantage maintenue dans l'enveloppe favorisant le dégagement de gaz de pyrolyse en début d'incendie.
De manière générale les feux qui se développent dans ces enceintes deviennent rapidement limités par la ventilation (cf paragraphe 1.6).

2.1.6.2.Cloisonnement des volumes entre eux

Selon leurs usages et/ou réglementation, les différents volumes d'un bâtiment peuvent être plus ou moins isolés entre eux.

Plusieurs dispositifs techniques sont susceptibles de propager le feu principalement par convection ou par conduction.

C'est le cas des gaines et conduits des installations telles que la ventilation mécanique ou naturelle, les ascenseurs et monte-charges, les canalisations distribuant les différents fluides utilisés (gaz, eau, électricité, …).

2.2. Lecture bâtimentaire (Évaluation d'une construction existante)

La lecture bâtimentaire permet :

- D'apprécier les éléments favorables et défavorables au développement du sinistre ;
- D'évaluer le comportement probable de la structure dans le temps vis-à-vis du feu ;
- De guider la conduite de l'intervention.

Les équipes de secours doivent disposer de clés de lecture leurs permettant d'optimiser leur compréhension de la situation :

- L'âge du bâtiment par la présence de signes de vieillissement ou de détérioration ;
- Les matériaux de construction utilisés : ossature en bois, en maçonnerie, en béton ou encore construction métallique ;
- Le type de charpente : bois, acier, fermette ou traditionnelle ;
- Les rénovations ou modifications effectuées : des pièces ou des sections complètes ont-elles été ajoutées ? A-t-on ajouté un bardage/revêtement extérieur ou des faux-plafonds ?
- Charges permanentes : la charpente supporte-t-elle des équipements lourds ?

Or, l'apparence extérieure des constructions peut être trompeuse. Par exemple :

- Des bâtiments appartenant à une même typologie (exemple : bâtiments d'habitation de 2ème famille), peuvent disposer de mesures constructives différentes selon leur date de construction. En effet, les règles applicables en la matière, sont celles effectives au moment de la validation du permis de construire ;
- Les revêtements extérieurs peuvent masquer la structure porteuse du bâtiment. A titre d'exemple, un crépi peut aussi bien recouvrir de la maçonnerie qu'une structure porteuse en bois. Seule la connaissance préalable du bâtiment ou un dégarnissage de la structure permet d'en avoir la certitude.

3. Modèle de représentation du système feu au sein d'un local

3.1. Modèle de Thomas

Le triangle du feu constitue une première approche intéressante pour aborder le « système feu » et ses composants. Cependant, les sapeurs-pompiers sont amenés à intervenir sur des volumes où de nombreux autres éléments viennent influencer le développement et la propagation de l'incendie.

Ces éléments sont représentés par le modèle de Thomas[10] qui représente à la fois les transferts de chaleur et les transferts de masses dans le local.

[10] Annexe A - Fiches scientifiques FSCI-CSF : compréhension du système feu – modèle de Thomas

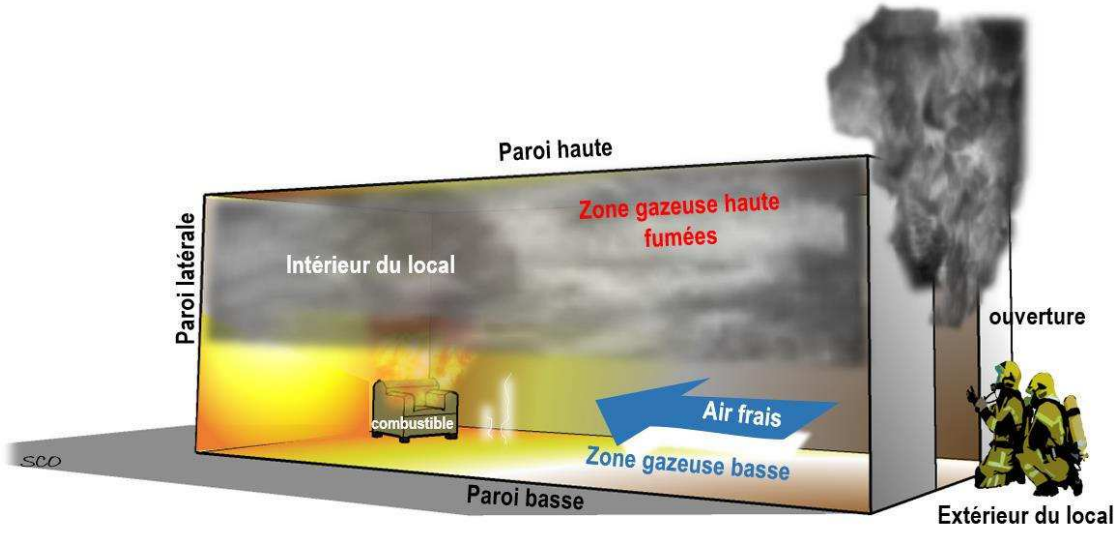


Schéma n°5 : modèle de Thomas

3.2. Transferts de masse

Le schéma ci-après représente les transferts de masses au sein d'un local :

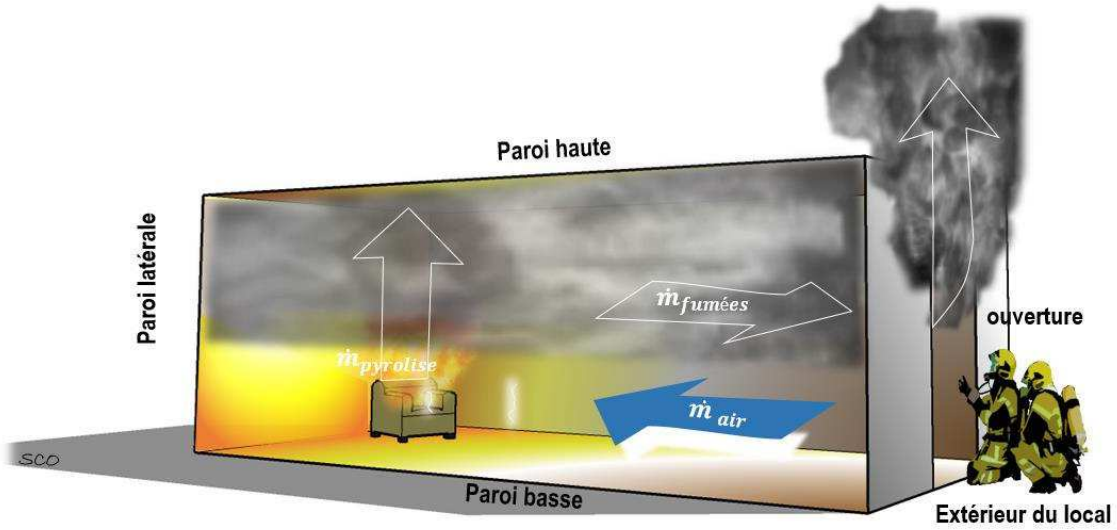


Schéma n°6 : transferts de masse

Sur cet exemple, un combustible en feu, émet des gaz de pyrolyse, venant alimenter la combustion et /ou la fumée (ce débit massique de pyrolyse est noté : $\dot{m}_{pyrolyse}$).

Une masse gazeuse sort du volume elle est constituée majoritairement de fumées issues de la combustion (ce débit massique de gaz/fumées est noté : $\dot{m}_{fumées}$). Par ailleurs de l'air pénètre dans le local, (ce débit est noté ($\dot{m}_{air}$).

Chacun de ces débits est exprimé en masse.

Ces trois quantités correspondent à des masses entrantes et sortantes du local, on parle alors de transfert de masses.
En considérant le local comme une enceinte de référence et que rien (en masse) ne disparait au cours d'une réaction chimique, on peut alors dresser le bilan suivant :

- La quantité de fumées produite est égale à la quantité d'air d'entrante additionnée à la quantité de gaz de pyrolyse émise (et avec lesquels elle réagit).

$$\dot{m}_{fumées} = \dot{m}_{pyrolyse} + \dot{m}_{air}$$

3.3. Transferts de chaleur

Il est possible de dresser le même type de bilan concernant les quantités de chaleur mises en jeu au cours d'un feu de local.

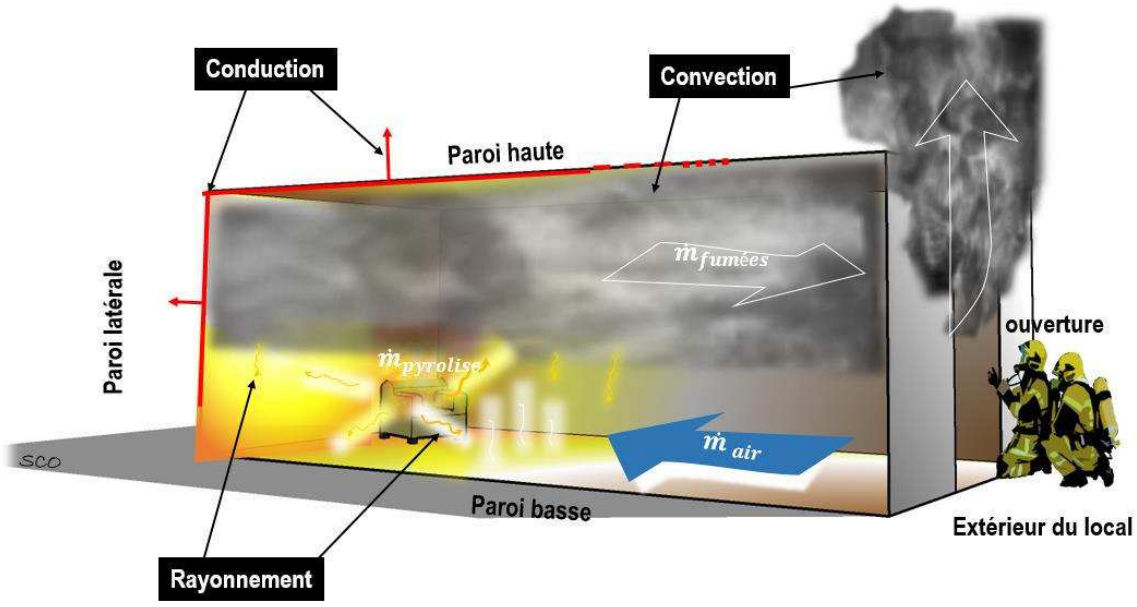


Schéma n°7 : transferts de chaleur

La puissance de l'incendie (énergies dégagées par le foyer par unité de temps) est notée : $P_{incendie}$
Des pertes de chaleur sont également à relever. Ces pertes sont liées :

- À la sortie des fumées (chaleur convectée) $P_{convection\ fumées}$;
- Au rayonnement au travers des ouvrants $P\ rayonnement$;
- À la conduction au travers des parois du local. $P_{échanges\ parois}$.

En considérant ce même local comme une enceinte de référence, à l'équilibre thermique, il est possible d'écrire :

$$P_{incendie} = P_{convection\ fumées} + P_{rayonnement} + P_{conduction\ parois}.$$

Dans cette pièce de référence, le ratio de répartition des transferts de chaleur est en moyenne de :

- 70 % par convection ;
- 25 % par rayonnement ;
- 5 % par conduction.

Section II - Principes de maîtrise et d'extinction du feu

Au regard des éléments décrits ci-avant et dans le but de maitriser le feu et son développement, il existe plusieurs actions qui visent à agir sur les transferts de masses et de chaleur.

1. Contrôler l'arrivée d'air

La réduction de la quantité d'oxygène disponible dans le processus de combustion peut réduire le développement du feu et peut même l'éteindre après un certain temps[11].

Le fait de restreindre l'alimentation en air du feu (antiventilation) est un moyen très efficace de maîtrise de l'incendie et qui peut permettre de stabiliser une situation en attendant la mise en œuvre des moyens d'extinction (lances…).

Dispositifs existants :
Il n'existe pas de dispositif dédié à cela. Pour autant, la multiplication des matériaux isolants a un impact direct sur la circulation de l'air lors de la survenue d'un incendie, en rendant le volume plus étanche (fenêtres triple vitrage, …).

Actions de lutte :
La gestion des ouvrants par les équipes peut limiter le développement du feu.

2. Agir sur les fumées et gaz chauds

2.1. Evacuer les fumées

L'évacuation des fumées permet d'atteindre quatre objectifs :

- Elle améliore des conditions de survie des personnes en diminuant le risque d'intoxication et en augmentant la visibilité permettant l'évacuation ;
- Elle facilite la progression des équipes de secours ;
- Elle réduit le risque de propagation par convection ;
- Elle réduit le potentiel développement du feu en le privant d'une partie du combustible.

Dispositifs existants :

Il existe des systèmes de désenfumage naturels ou mécaniques (automatisés ou non) qui permettent l'extraction des fumées et l'arrivée d'air frais.

Actions de lutte :

L'évacuation des fumées peut s'effectuer par :
- la mise en œuvre des dispositifs existants ;
- la création ou mobilisation d'entrant ou de sortant et/ou mise en œuvre de moyens mécaniques de ventilation.

[11] Annexe A - Fiches scientifiques FSCI-CSF : compréhension du système feu

2.2. Abaisser la température des fumées

Le refroidissement des fumées permet de réduire le transfert de chaleur (flux thermique émis).
Réduire la part du rayonnement permet notamment :

- De diminuer la quantité de gaz de pyrolyse produit ;
- De réduire l'exposition du binôme au flux rayonné ;
- De réduire le risque d'auto-inflammation des gaz combustibles présents.

Dispositifs existants :
Il existe des dispositifs d'extinction automatique (installation fixe d'extinction automatique IFEA ou installation d'extinction automatique IEA) permettant de contenir le feu dans son développement (phase d'éclosion), en diminuant la température des gaz produits.

Actions de lutte :
En complément de ces éventuels dispositifs, les équipes de secours projettent de l'eau qui, en se vaporisant, absorbe l'énergie des fumées, abaissant leur température et ainsi leur rayonnement.

Il est possible dans certaines conditions de refroidir les fumées par dilution à l'air (ventilation mécanique).

2.3. Agir sur la composition des fumées

Il est possible de réduire le risque d'inflammation des fumées en les inertant par exemple au moyen de vapeur d'eau. Celle-ci est générée par l'évaporation d'eau projetée dans les fumées ou sur les surfaces surchauffées.

Dispositifs existants :

Les systèmes d'extinction automatique à eau (IFEA) permettent, en sus de l'effet de refroidissement précité, l'inertage des fumées.
D'autre système d'extinction automatique utilise d'autres agents inertants gazeux. (Azote, CO2…)

Actions de lutte :

Projection d'eau dans les volumes gazeux et surfaces surchauffées.

3. Agir sur le combustible

Le terme « combustible » correspond ici aux matériaux qui émettent des gaz de pyrolyse lorsqu'ils sont soumis à la chaleur.

En effet, la production de gaz de pyrolyse est liée à la température du combustible. Ainsi, pour diminuer le débit de gaz de pyrolyse il est possible de :

- Limiter la quantité de combustible disponible (évacuation) ;
- Refroidir le combustible.

Dans le cadre des opérations de lutte contre l'incendie, l'agent extincteur le plus répandu demeure l'eau[12].

Dispositifs existants :

Prescription relative à la réaction au feu des matériaux.

Actions de lutte :
L'application directe d'eau (additivée ou non) sur les matériaux combustibles.

[12] Annexe A - FSCI-CSF : compréhension du système feu – les effets de l'eau

4. Interrompre la réaction chimique en chaîne

Comprendre les modes d'action spécifiques de certains agents d'extinction, nécessite de faire appel à des notions de chimie plus complexes que celles évoquées en début de chapitre (existence de composés réactifs intermédiaires appelés radicaux libres).

Dispositifs existants :

Des installations d'extinction fixes,-utilisent ce principe. Elles sont le plus souvent utilisées dans des locaux sensibles, où l'utilisation de produits classiques (eau par exemple) peut engendrer la détérioration des équipements. On retrouve le plus souvent des systèmes d'extinction à gaz de type FE 13, FM 200[13])

Actions de lutte :
Les équipes de secours utilisent dans certains cas des extincteurs à poudre en particulier sur les feux électriques.

Section III - Analyse de risques

1. Généralités

La fumée, les conditions de ventilation, la chaleur, les sons et les flammes sont des indicateurs importants pour comprendre le développement d'un feu.

2. Les indicateurs

En associant la lecture du feu et la lecture bâtimentaire, les indicateurs décrits ci-dessous, permettent le plus souvent de déterminer la phase et le régime du feu.

2.1. Le bâtiment et sa destination

La nature du bâtiment et sa destination sont des éléments qui doivent être pris en compte dans l'analyse de la situation opérationnelle et parfois même disponibles (ETARE, prévision) avant l'intervention.

Les actions de prévention ont notamment pour but l'évaluation du développement probable de l'incendie et de sa propagation. Cette analyse préalable du risque, lorsqu'elle est possible, permet d'une part de réduire le risque de départ de feu, et d'autre part de préparer le service (aspects humains, organisationnels et techniques), notamment par la connaissance des lieux et les risques associés.

Ces actions peuvent être complétées par des visites et/ou des exercices (Cf. : chapitre 3 – actions de lutte contre l'incendie).

Qu'il y ait une connaissance préalable du bâtiment ou pas, son analyse lors de l'intervention permet de déterminer :

- Le type d'activité et le nombre d'occupants potentiels à évacuer ou à mettre en sécurité…
- Ses dimensions et son implantation (isolement par rapport aux tiers, accessibilité des moyens de secours, …)
- Le mode constructif : préfabriqué, traditionnel….
- Le type de matériaux : bois, béton …
- La présence de volumes à risques : combles, appentis, faux -plafonds, …
- La distribution intérieure
- Le nombre et types d'ouvrants.

[13] Noms commerciaux de gaz utilisés dans les systèmes d'extinction automatique fixes.

2.2. La fumée

La fumée et son mode de circulation sont deux des indicateurs les plus importants dans la lecture du feu. L'emplacement et l'apparence de la fumée peuvent fournir des indices liés à l'emplacement de l'incendie, son régime de combustion (FLC ou FLV) et son stade de développement dans diverses zones du bâtiment.



L'évaluation du risque, en fonction de ces indicateurs se fait :

- **À l 'arrivée sur les lieux par l'identification d'indicateurs extérieurs :**
  - **Fumées : débit, couleur, vélocité, sens de tirage, … ;**
  - **Conditions aérauliques (vent, ouvrants existants ouverts ou fermés) ;**
- **Tout au long de l'opération grâce à l'observation et aux compte-rendu des équipes.**

2.3. Les flammes

Les flammes sont souvent l'indicateur le plus évident à observer. Il faut analyser :

- Leur volume (aire et taille) ;
- Leur emplacement ;
- Leur couleur ;
- Leur potentiel fumigène ;
- Leur vélocité.

2.4. Les sons

La nature des sons peut donner des indications sur la nature des matériaux qui brulent (crépitement ou sifflement du bois, bouillonnement des liquides en ébullition…).

La transmission des sons peut donner une indication sur les masses gazeuses qu'ils traversent (composition et chaleur). Les sons sont assourdis dans les atmosphères chaudes et sous-ventilées.

2.5. La chaleur

La caméra thermique peut apporter des compléments d'information.

Bien que la chaleur ne puisse pas être observée directement à l'œil nu, l'observation de ses effets apporte des indices de lecture du feu :

- Vélocité des fumées ;
- La dégradation des matériaux : déformation, … ;
- Présence de pyrolyse ;
- Ressenti des équipes.

3. Les typologies de situations opérationnelles

Chaque situation opérationnelle est la résultante d'une combinaison de très nombreux paramètres ce qui peut amener à considérer que chaque situation est unique. Il est néanmoins intéressant d'identifier des situations opérationnelles « types » qui regroupent un certain nombre de caractéristiques communes impactantes pour la conduite des opérations.

Dans les paragraphes suivants, après avoir évoqué les paramètres à prendre en compte, puis on définira les critères de regroupement, enfin puis on précisera pour chacune de ces situations opérationnelles type, les caractéristiques communes mais aussi les grandes variabilités à ne pas ignorer.

3.1. Différents paramètres définissant une situation opérationnelle

L'analyse d'un feu de structure tient compte en particulier de trois critères.

Les conditions dans lesquelles se développe le sinistre révélées par la lecture bâtimentaire, celle des conditions aérauliques (présence de vent notamment) et bien entendu du feu.

La nature des enjeux. Il est clair qu'intervenir pour feu dans un cinéma si le public n'est pas totalement évacué à l'arrivée des secours, dans un bâtiment historique, ou dans une friche industrielle présente des enjeux très différents sur le plan qualitatif et quantitatif.

La présence de personnes (nombreuses, vulnérables, ne connaissant pas les lieux…) constitue un enjeu particulièrement fort qui orientera les choix tactiques.

La présence de biens à préserver pourra de même inciter le COS à privilégier par exemple des opérations de protections.

Certaines interventions pourront être fortement marquées par les problématiques de risques encourus par les intervenants ce qui pourra être à l'origine de choix défensifs (Cf. chapitre 2).

La facilité à intervenir en particulier à accéder en sécurité aux différents volumes et à mettre en place les moyens d'action.

La nécessité de recourir à des moyens ou techniques très spécifiques.

3.2. Critères de regroupement des situations type

Les critères permettant de regrouper les situations types sont les suivants :

- Liée au stade de développement du feu
  - Le cas des feux naissants ;
- Liée à la volumétrie des constructions affectées :
  - Feux en étage ;
  - Feux en sous-sol.
- Liée à l'activité **du bâtiment :**
  - Bâtiments d'habitation ;
  - Etablissements Recevant du Public ;
  - Bâtiments industriels et commerciaux ;
  - Parkings couverts ;
  - Bâtiments agricoles ;
  - Installations classées pour la protection de l'environnement ;
  - Installations nucléaires de base.

3.3. Quelques situations type

Il ne s'agit pas de décrire l'ensemble des situations possibles car l'évolution permanente des structures et équipements techniques (structures bois, façades, chauffage, isolation) ne permet pas leur présentation détaillée dans le présent corps de document. Les fiches afférentes sont disponibles en annexe.

En revanche, plusieurs axes de réflexion sont proposés ci-après, afin de faciliter l'analyse de la situation.

3.3.1. Feux naissant

Nous appelons ici feu naissant, un feu de faible ampleur, dans une phase où il est encore limité par le combustible et correctement ventilé. Ce type de feu est rapidement maitrisable.



Il ne s'agit pas d'un feu présentant peu de flamme de par sa sous-ventilation. Un tel feu devrait lui être traité avec les précautions relatives aux risques présentés par les feux sous ventilés, la rapidité n'est plus un critère d'efficacité et de sécurité, la maîtrise du risque d'explosion de type backdraft ou de fire-gas ignition doit au contraire caractériser cette opération.

3.3.2. Feux en superstructure (en étages)

Caractéristiques communes :

- Risque de propagation verticale possible par les communications, gaines et conduits, façades... ;
- Présence possible de personnes piégées dans les étages supérieurs ;
- Le volume des bâtiments justifie le regroupement des fonctions techniques dans des locaux spécialisés (chauffage, climatisation, machinerie d'ascenseur, local déchet) ;
- Influence du vent plus forte sur la dynamique du feu (le vent est plus fort quand on s'éloigne du sol) ;
- Nombre réduit de points d'accès (et d'extraction pour les victimes) aux étages, souvent un seul escalier ;
- Les établissements, le port de matériels par les intervenants est rendu plus difficile et pénible par le dénivelé ;
- Usage souvent nécessaire d'échelles à main, de moyens élévateurs aériens. Passé une certaine hauteur, l'accès par l'extérieur n'est plus possible ;
- Pour des feux développés, l'accès dans les étages au-dessus du sinistre peut présenter un risque significatif pour les intervenants.

Variabilité :

- Si très souvent les constructions en étage présentent des hauteurs entre niveaux de l'ordre de 3 mètres, il est arrivé que l'on trouve des hauteurs sous plafond bien plus conséquentes dans des ERP par exemple (auditoriums, musées...), parfois les équipes interviendront avec des hauteurs sous plafond assez importantes mais masquées par des faux plafonds ;
- Si les bâtiments récents sont conçus avec une stabilité au feu, celle-ci est plus incertaine pour les constructions anciennes ;
- Certaines constructions présentent un cloisonnement ou même un compartimentage important, permettant aux intervenants d'approcher le sinistre par des accès sûrs (escalier encloisonné par exemple) mais ceci n'est pas une règle générale et du fait des dénivelés les cheminements non sécurisés des équipes peuvent être parfois longs.

3.3.3. Feux en infrastructures (sous-sol)

Caractéristiques communes :

- Risque de propagation verticale possible par les communications, gaines et conduits, ...c'est en particulier assez fréquent pour les sous-sols de type cave qui sont parfois en communication avec les étages supérieurs ou les combles ;
- Les établissements, le port de matériels par les intervenants est rendu plus difficile et pénible par le dénivelé ;
- Le nombre de points d'accès au niveau concerné est souvent limité, parfois par des escaliers qui peuvent s'enfumer des lors que des tuyaux empêcheront la fermeture des portes ;
- Le désenfumage des sous-sols est en règle générale difficile à réaliser en raison de la présence fréquente de culs de sac qui constituent autant de volumes morts d'où il est difficile de chasser les fumées ;
- Hormis les vides sanitaires, les sous-sols sont souvent destinés au stockage de biens et de ce fait présentent des potentiels calorifiques très importants. La sous ventilation des lieux peut permettre des incendies de très longue durée qui peuvent conduire à la perte de résistance mécanique de la structure.

Variabilité :

- Certains sous-sols peuvent présenter de très nombreuses installations techniques (chaufferies, traitement de l'air, traitement des eaux, …) ;
- Bien qu'ils ne soient absolument pas prévus pour cela, de plus en plus de sous-sols sont aménagés de façon sommaire et précaire. La présence de plusieurs victimes n'est pas à exclure.

3.3.4. Feux d'éléments de construction

En complément des situations type décrites ci-dessus, il faut rajouter les éléments de construction qui viennent complexifier la situation.

3.3.4.1. Les feux de terrasses et toits-terrasses

Les principales caractéristiques des feux de terrasses sont :

- Présence d'installations techniques (centrale de traitement de l'air, panneau photovoltaïques, chaufferies, machinerie ascenseurs…) ;
- Présence possible de zones de vie (ERP, privatives, aménagements divers) ;
- Isolation généralement bonne vis-à-vis du bâtiment ;
- Présence régulière de matériaux combustibles au titre de l'étanchéité.

Essentiellement économiques, les enjeux des feux de terrasses concernent les problématiques de relogement.



Photo n°1(@BSPP) : Feux sur un toit-terrasse, avec propagation aux locaux adjacents

3.3.4.2.Les feux de combles

Les principales caractéristiques des feux de combles sont :

- Présence possible des éléments suivants :
  - Stockage à fort potentiel calorifique (meubles, vêtements, livres, jouets, …) et parfois dangereux (bouteille de gaz) ;
  - Installations technique et fluides (AS, DF, VMC, CLIM, ELEC.) ;
  - Isolation sous couverture et/ou sur plancher ;
- Séparés des autres parties du bâtiment par des éléments de constructions variés aux résistances aléatoires (dalle béton, faux plafond, plaques de plâtre, plancher, torchis
- Difficulté d'accès (trappes, échelles de meunier, …) ;
- Absence de public, excepté dans le cas de combles aménagés ;
- Absence régulière de :
  - Recoupement sur de grandes distances ;
  - Désenfumage ;
  - Dispositif de sécurité.

Essentiellement économiques, les enjeux des feux de combles concernent principalement les problématiques de relogement et l'impact du feu sur la stabilité de l'édifice.

Les éléments de charpente peuvent revêtir différentes formes et natures : traditionnelle, métallique, pré assemblée etc. Ils participent directement à la stabilité du bâtiment.



Photo n°2 (@BSPP) : Feu de combles au-dessus d'un garage attenant à une habitation de 1ère famille

3.3.4.3.Les feux de joints de dilatation

Les principales caractéristiques des feux de joints de dilatation sont :

- Composé de matériaux divers et situés entre deux structures porteuses, le joint de dilatation permet les mouvements relatifs de ces deux parties ;
- Invisibilité du foyer ;
- Inaccessibilité du foyer ;
- Combustion génératrice de fumées et de monoxyde de carbone s'immisçant dans toutes les parties du bâtiment par les interstices.

Les principaux enjeux des feux de joints de dilatation sont :

- La sauvegarde des occupants ;
- La limitation des dégradations de l'habitat.



Photo n°3 (@BSPP) : Extinction d'un feu de joint de dilatation entre deux immeubles d'habitation

3.3.4.4.Les feux de façades

Les principales caractéristiques des feux de façades sont :

- Grande variété de types de façades composées de matériaux aux réactions au feu très différentes ;
- Isolation régulièrement renforcée par l'extérieur, source de risque supplémentaire ;
- Présence de balcons avec stockage potentiellement important ;
- Stockage régulier au pied des façades ;
- Propagation extérieure rapide sous forme de langue de feu ;
- Propagation du feu à l'intérieur du bâtiment et envahissement par les fumées ;
- Présence d'installations techniques (enseignes lumineuses, climatisation…).

Les principaux enjeux des feux de façades sont :

- Sauvegarde des occupants ;
- Préservation de l'ensemble bâtiment.

3.3.4.5.Les feux de cages d'escalier

Les principales caractéristiques des feux de cages d'escalier sont :

- Escalier protégé :
  - À l'abri des fumées ;
  - Isolé des appartements et circulations ;
  - Comporte des dispositifs de sécurité (EC, CS, CH, exutoire) ;
- Escalier non protégé :
  - Non isolé des appartements et circulations ;
  - Absence de dispositifs de sécurité (EC, CS, CH, …) ;
  - Stabilité non assurée ;
  - Utilisé pour le passage des canalisations (gaz, eau, électricité, etc.).

Les principaux enjeux des feux de cages d'escalier sont :

- Limitation de la propagation à l'ensemble du bâtiment ;
- Conservation de l'accessibilité aux niveaux supérieurs.

3.3.5. Equipements techniques

L'économie d'énergies, le confort, la fonctionnalité des structures, mais aussi les choix architecturaux, sont autant d'enjeux sociétaux qui conduisent à une évolution permanente des technologies. Ainsi les équipes de secours sont régulièrement confrontées à des équipements qui rendent les actions de lutte plus contraignantes, voire parfois dangereuses, par la présence de risques supplémentaires (électrique, chimique, blessures, …) :

- Les panneaux photovoltaïques en toiture, générant une source électrique ;
- Les normes relatives aux « bâtiments basse consommation » énergétique, rendent les structures plus étanches à l'air, mais aussi à la diffusion de l'énergie en cas d'incendie, accélérant potentiellement les phénomènes décrits plus hauts ;
- Les construction à partir de containers maritimes favorisent, comme sur un navire dont la coque et les aménagements intérieurs sont en acier, la propagation par conduction (parois métalliques) ;
- Les façades et toitures végétalisées, favorisant potentiellement la propagation ;
- L'isolation en façade, qui, selon le mode choisi, peut générer des phénomènes de type « effet cheminée », le long des renforts verticaux ;

Ces technologies, en perpétuelle évolution, peuvent faire l'objet de fiches pratiques et techniques, voire de guides de doctrine, disponibles dans la base documentaire nationale tenue à jour par le ministère chargé de la sécurité civile.

4. Analyse des contraintes et des risques impactant l'homme[14]

Comme évoqué dans le paragraphe 1.5 de la 1ère section du présent chapitre, les risques pour la santé et la sécurité générés par le feu sont liés :

- À la chaleur ;
- À la toxicité et l'opacité des fumées ;
- À l'émission de particules.

Ils doivent être associés à l'ensemble des contraintes dues à la nature même de l'environnement professionnel et opérationnel des sapeurs-pompiers, qui sont décrites ci-après.

4.1. Contraintes

Aux risques générés par le feu lui-même, s'ajoutent d'autres contraintes décrites qui doivent être prises en compte durant l'opération :

- Contraintes physiques :
  - Conditions météorologiques ;
  - Ambiance thermique ;
  - Exposition aux toxiques ;
  - Manutention de charge ;
  - Port des EPI ;
  - Efforts physiques intenses (impact cardio-vasculaire) ;
  - Postures (position du corps en fonction de l'action menée) ;

- Contraintes mentales :
  - Vigilance ;
  - Stress lié aux enjeux et aux risques ;
  - Prise de décision ;
  - Maitrise des techniques et des outils de lutte ;
  - Orientation dans l'espace ;
  - Gestion du port de l'ARI ;

[14] Annexe B - Fiche scientifique FSCI-HOM : l'Homme face au feu et aux fumées

- Contraintes sensorielles :
    - Ambiance bruyante ;
    - Perte de repères spatiaux ;
    - Réduction du champ visuel ;
    - Perte de dextérité (gants) ;
    - Odeurs ;

- Contraintes organisationnelles :
    - Imprévisibilité ;
    - Travail d'équipe ;
    - Variabilité des horaires et durée du travail ;
    - Impacts sur le cycle nycthéméral (jour/nuit) ;
    - Impacts sur la vie personnelle et professionnelle ;
- De ces contraintes, découlent des risques identifiables dépendant de facteurs humains et techniques.

4.2. Risques physiologiques

Le stress thermique est fréquent La chaleur peut provenir de diverses sources telles que les conditions météo, l'incendie ou le lieu d'intervention. Le corps peut également dégager beaucoup de chaleur pendant le travail (exercices). Cet effet[15] peut être aggravé par les propriétés des vêtements de protection et l'effort physique continu. Le stress thermique et l'effort peuvent causer de la fatigue.

4.3. Risques ergonomiques

Il existe beaucoup de situations où le travail exige un effort considérable, de la force, des mouvements répétitifs, des postures contraignantes et des activités prolongées, souvent dans des conditions extrêmes (exercer des efforts excessifs, port de charges lourdes sur la durée).

De plus, l'être humain, même muni d'un EPI, reste vulnérable dans sa chair face aux atteintes traumatiques de types chutes, ou blessure invalidante.

4.4. Risques comportementaux

Le pompier suivant son degré d'engagement est soumis à un niveau de stress important, cet état psychologique peut entraîner une prise de danger considérable liée à la précipitation, à l'affolement. Le manque d'expérience peut grandement augmenter ce risque.

4.5. Risques toxiques

Sur les lieux d'un incendie, les pompiers sont exposés à de nombreux produits de combustion. La toxicité de la fumée dépend beaucoup du combustible, de la chaleur dégagée par l'incendie et de la quantité d'oxygène qui alimente la combustion (monoxyde de carbone, acide cyanhydrique, dioxyde d'azote et de nombreux autres gaz).

L'hypoxie (l'insuffisance ou le manque d'oxygène dans l'air) peut entraîner une diminution des performances physiques, de la confusion et une incapacité à s'échapper en cas de danger.
L'exposition à ces risques dépend également des fonctions du pompier (les équipes qui entrent dans le bâtiment en flammes et ceux qui effectuent le déblaiement une fois que l'incendie est éteint ne sont pas exposés aux mêmes risques).
La présence de polluants tel que l'amiante et autres particules solides en suspensions doit être prise en compte.Ces polluants peuvent également agir par voie cutanée directe ou indirecte (via les équipements et matériels souillés).

[15] Annexe B - Fiche scientifique FSCI-HOM : l'Homme face au feu et aux fumées

4.6. Risques phénomènes thermiques, explosion et explosion de poussière

Les incendies peuvent créer des situations dangereuses, notamment l'inflammation soudaine de matériaux qui engendre un embrasement instantané, des explosions de fumée avec un apport soudain d'air dans un local surchauffé où l'atmosphère est pauvre en oxygène. Les intervenants doivent rester attentifs aux signes annonciateurs de phénomènes. Leurs conséquences sur l'homme sont de types brulures par effet thermique, de type surpression par effet de blast et traumatisant par effet de projection. Il y a un risque élevé de brûlures lié au niveau et au temps d'exposition face au rayonnement et aux écoulements de fumées, cet effet est aggravé par la vapeur.

4.7. Risques liés à la fragilisation des structures

Les structures sont fragilisées par le feu et perdent leurs caractéristiques (chaleur, destruction, eaux d'extinction). Les bâtiments désaffectés, abandonnés présentent des risques d'effondrement par le manque d'entretien ou par la destruction partielle d'éléments porteurs. Les chutes de matériaux peuvent intervenir à tout moment (chute de tuiles ou pan de mur). Les bâtiments à ossatures métalliques présentent un fort risque de ruine et s'effondrer. Les intervenants doivent à nouveau rechercher les signes annonciateurs de type craquements, fléchissements ou déformation des ouvrants intéressant des grands volumes ou élément tel que conduit de cheminée.

Ces éléments ont une influence importante sur la sécurité des intervenants, mais remet également potentiellement en cause la poursuite de l'exploitation du bâtiment.

4.8. Risques liés à l'électricité

Le risque électrique est présent partout, à l'intérieur comme à l'extérieur de bâtiments, dans le domaine domestique, sur site industriel ou bien dans l'environnement (lignes électriques aériennes). Les branchements sont quelques fois non réglementaires, doublés ou temporaires, donc même si la coupure principale est effectuée, il faut rester attentif.
Le personnel doit se prémunir de ce risque insidieux :

- Sur voie publique lors du positionnement des engins (échelle à mains, MEA, lignes ferroviaires tramway) ;
- Dans les structures à travers le cheminement (câblage classique, installations particulières telles que les panneaux photovoltaïques) ;
- Lors de l'utilisation de lance et plus généralement de l'eau ;
- Pendant le déblai et notamment lors du dégarnissage.

Le principe de précaution est de rigueur, l'éloignement face au risque et la mise en sécurité de l'installation en sont les principes, en collaboration avec les services spécialisés.

4.9. Risques liés à la présence d'autres installations ou produits dangereux

Selon la nature de la structure et de l'activité ou des activités qui y sont exercées, les équipes sont susceptibles de rencontrer d'autres risques. Là encore, la culture opérationnelle doit conduire le sapeur-pompier en général, à s'interroger sur ces risques :

- Gaz (de ville, en bouteille ou en réseau local) ;
- Fluides industriels ;
- …

Chapitre 2 - Principes généraux de la lutte contre l'incendie

Section I - de la définition des objectifs opérationnels à la démarche d'amélioration continue

Les objectifs fondamentaux du service d'incendie et de secours peuvent, conformément aux dispositions législatives et réglementaires, être définis de la manière suivante :

- Protéger les personnes soumises directement ou indirectement aux effets de l'incendie ;
- Préserver les biens ;
- Protéger l'environnement des effets de l'incendie.

Ces objectifs doivent être appréhendés in situ par le commandant des opérations de secours en tenant compte de la connaissance des risques et de leurs enjeux et en particulier de la sécurité et du soutien des intervenants.

Ils sont ensuite déclinés en fonction des actions possibles par rapport au gain apporté ou espéré, en fonction du ou des choix tactiques du COS, et par conséquent de la montée en puissance des moyens dans le temps.

Les actions de lutte contre l'incendie déclaré, s'inscrivent dans un dispositif plus vaste pour la prise en compte du risque, faisant une part croissante aux actions préventives (en grande partie réglementaires mais pas uniquement) dans laquelle le citoyen est appelé à être le premier acteur de sa sécurité et de la sécurité collective.

Compte tenu de la singularité de chaque opération de lutte contre l'incendie, en tenant compte des paramètres définis ci-dessus, l'atteinte de ces objectifs peut passer par les étapes suivantes :

- Stabiliser la situation ;
- Contrôler puis éteindre l'incendie ;
- Réduire et supprimer le risque.

L'organisation de la réponse est par conséquent adaptée aux risques locaux, ainsi qu'aux ressources disponibles.

La santé et la sécurité des intervenants fait partie du premier objectif relatif aux personnes.

En effet, la plupart des missions des sapeurs-pompiers comportent une part inhérente de risques. Ceci est particulièrement vrai pour les missions de lutte contre l'incendie. La nature urgente, impérieuse et imprévisible de ces missions rend la balance entre efficacité de l'intervention et risques pour la santé et la sécurité des intervenants, plus difficile à équilibrer que pour d'autres activités.

La sécurité est l'affaire de l'ensemble des intervenants. La connaissance précise des risques auxquels ils s'exposent permet à tous les sapeurs-pompiers de mieux appréhender les moyens de protection qu'ils ont à leur disposition.

Enfin, l'évolution des risques et des moyens de lutte étant permanente, chaque service doit s'inscrire dans une démarche globale d'amélioration continue de ses pratiques, basée sur le retour et le partage d'expérience (RETEX et PEX).

La lutte contre l'incendie concerne plusieurs domaines d'activités au sein des services d'incendie et de secours. Bien que ce guide concerne particulièrement la doctrine de lutte, il est nécessaire de prendre en compte l'ensemble de ces domaines.

Le schéma ci-dessous rappelle la manière globale dont les domaines concernés par l'incendie interagissent.

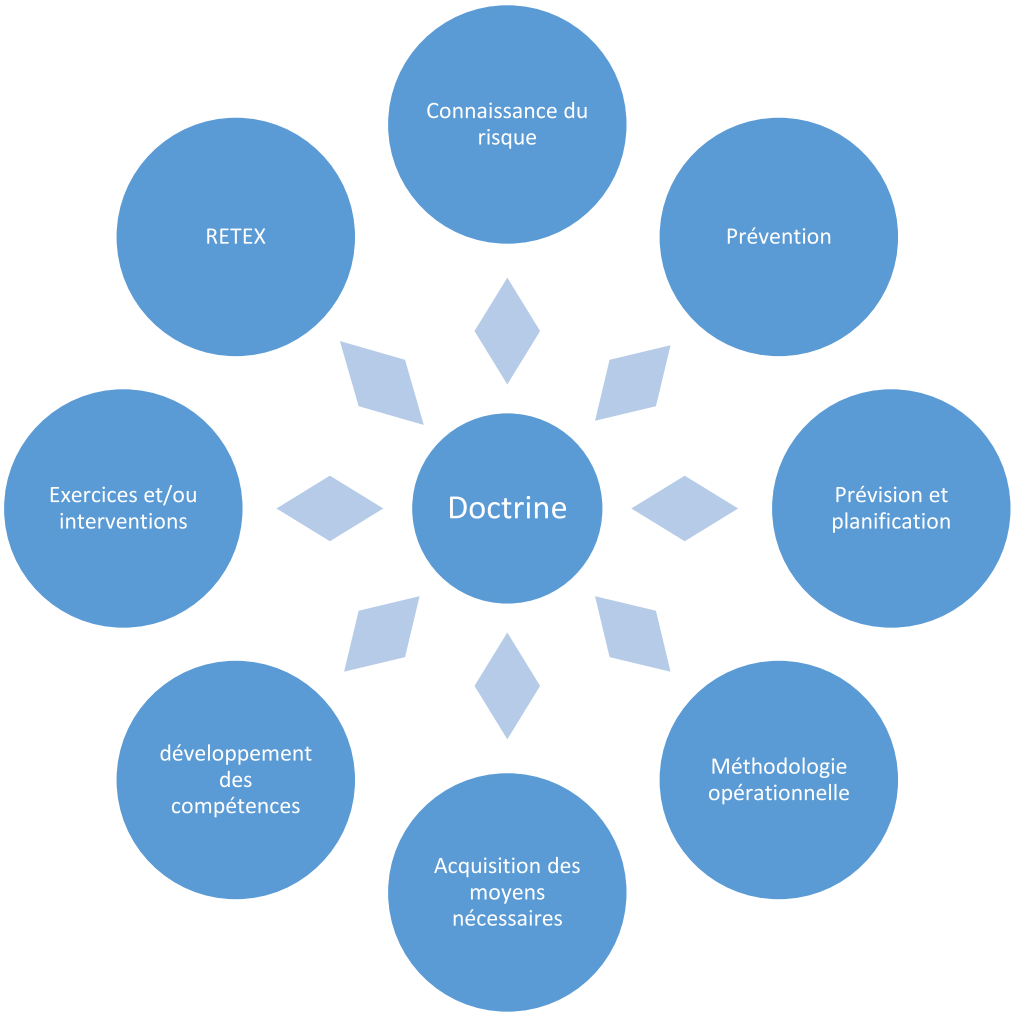


Schéma n°8 : schéma de principe de la doctrine de gestion du risque « feux de structures »

Connaissance du risque : s'appuie sur les travaux réalisés avec le monde universitaire et scientifique.

Atténuer le risque et favoriser l'action des secours : il s'agit de la partie « prévention », de l'action des services d'incendie et de secours.

Prévision : identifie et planifie les scenarii à partir desquels la réponse opérationnelle sera construite.

Méthodologie opérationnelle : il s'agit de la phase de construction de la réponse opérationnelle qui sera apportée face aux différents scenarii. Elle doit associer les citoyens, ainsi que les autres services qui concourent aux missions de lutte.

Acquisition des moyens nécessaires : c'est la réponse territoriale concrète en termes de ressources organisationnelles, humaines et techniques.

Développement des compétences : sert à acquérir, maintenir et développer les compétences individuelles et collectives des intervenants. Sans être de la responsabilité des SIS, la formation et la

sensibilisation du citoyen et les autres acteurs publics et privés doit faire l'objet d'une attention particulière. Le premier geste de secours efficace peut être le sien.

Intervention/Exercices : outils fondamentaux permettant d'expérimenter la réponse prévue, de mettre en œuvre les méthodes et outils et les compétences des différents acteurs.

Retour d'expérience et partage de pratiques : Il s'agit d'analyser rigoureusement ses pratiques afin d'intégrer dans chacun des autres éléments de la boucle de gestion du risque, les éléments nouveaux permettant l'amélioration du dispositif global de lutte. C'est l'outil fondamental de cette démarche qui intègre :

- L'analyse post action (intervention ou exercice) ;
- Les expérimentations faites par les SIS ;
- Les travaux de recherche et développement engagés ;
- Des relations internationales permanentes.

L'approche du risque incendie doit être systémique pour garantir une analyse et une couverture adaptée à chaque situation. Elle intègre donc l'ensemble des activités qui y concourent (Cf. schéma précédent).
Comme cela a été précisé pour certains items, cette boucle intègre également la notion d'interservices ainsi que le rôle du citoyen.

Section II - Tactique générale de lutte contre l'incendie

Il s'agit de la combinaison des actions essentielles dans l'espace et dans le temps, qui contribuent à l'atteinte des objectifs liés à la lutte contre l'incendie et ses effets.

Elle s'appuie sur l'analyse systémique de la situation opérationnelle. En effet, les opérations de lutte contre l'incendie mettent en jeu de nombreux paramètres qui obligent le commandant des opérations de secours à réfléchir et agir avec efficacité et rapidité. Il doit pour cela se doter d'outils d'analyse adaptés.

A l'instar d'autres domaines d'activités tels que les risques technologiques, l'analyse « Source/flux/cibles » est un outil qui se prête aisément à ce type d'interventions.

Cette approche permet de répondre à la question « que va-t-on faire pour lutter contre le sinistre ? ».

1. Le choix tactique du COS

En complément du guide de doctrine sur la conduite des opérations, dans la partie « raisonnement tactique », le choix tactique pour l'incendie est un choix difficile qui doit, en un temps extrêmement court à partir d'un recueil de nombreuses données souvent incomplètes, s'étayer sur trois critères prépondérants, présentés dans le schéma ci-après.

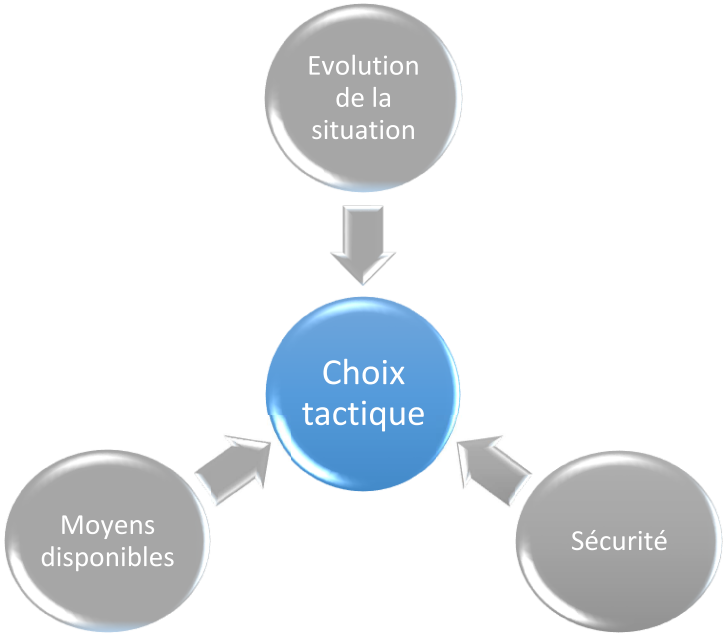


Schéma n°9 : les principaux critères de choix du COS

Ces trois critères indissociables doivent être appréciés in situ par le COS qui s'appuie sur ses collaborateurs directs (chefs d'agrès ou chefs d'équipe, propriétaire, exploitant, service de sécurité, ...).

Ils sont la référence à partir desquels les méthodes d'intervention, le choix des matériels et équipements, ainsi que les règles d'engagement associées sont définies.

Ils permettent pour chacune d'elles, de mettre en évidence les ressources nécessaires, les avantages et inconvénients.

1.1. L'évolution de la situation

L'une des caractéristiques fortes du feu de structure est l'évolutivité rapide de la situation. L'échelle temps est de l'ordre de quelques minutes c'est à dire comparable aux délais de mise en œuvre des actions.

Par exemple, si lors de la reconnaissance, le chef d'agrès constate un feu naissant (poubelle dans un bureau par exemple) et commande une extinction avec un seau pompe, lorsque le binôme d'attaque désigné arrivera quelques minutes après avec son seau pompe, il risque de se retrouver face à un feu en plein développement contre lequel il n'est pas suffisamment armé.

L'anticipation de l'évolution du sinistre est donc primordiale dans ces interventions. Elle s'appuie notamment sur :

- Les conditions météorologiques (le vent étant l'un des facteurs aggravants) ;
- La nature et la destination du bâtiment (quelles activités) ;
- Le facteur de ventilation (isolation du volume concerné ou des volumes entre eux) ;
- La nature des occupants.

1.2. La sécurité

Le COS doit mesurer les risques pris par les équipes pour mener à bien leur mission et ainsi faire le lien avec l'efficacité recherchée par l'action. Par exemple, risquer sa vie pour éteindre un feu d'abris jardin n'a pas de sens. L'évaluation du risque présenté par l'idée de manœuvre tiendra elle-même compte de nombreux paramètres dont les plus évidents sont par exemple :

- La possible évolution brutale du sinistre ;
- L'aptitude de l'équipe à effectuer la mission ;
- Sa capacité à se soustraire à une situation qui se dégrade ;
- La possibilité de porter secours aussi à une équipe en difficulté.

1.3. Les moyens disponibles

Les idées de manœuvres envisageables par le COS sont parfois beaucoup plus nombreuses que celles qui sont effectivement réalisables avec les moyens présents ou disponibles dans des délais admissibles. Il s'agit d'examiner la balance faisabilité de l'action/délais prévisibles de sa mise en œuvre.

Certaines manœuvres sont décrites avec des effectifs idéaux pour autant elles peuvent être réalisées avec d'autres effectifs, mais peut-être avec des temps de mise en œuvre rallongés et très probablement en impactant la sécurité des intervenants.

Le principe de réalisme impose de prendre en compte une durée crédible de mise en œuvre d'une solution technique pour estimer ses chances de succès dans un temps cohérent avec l'objectif et la montée en puissance réelle du dispositif de secours.



En synthèse, il est important de considérer que les choix organisationnels, méthodologiques et techniques pour faire face aux situations opérationnelles susceptibles de se produire sur son territoire de compétence, doivent tenir compte de la capacité des équipes à les mettre en œuvre.

Ainsi, dans certaines circonstances extrêmes, l'impossible ne sera jamais réalisable.

2. Les typologies de tactiques

Les trois critères décrits ci-dessus, concourent à la définition d'une tactique la plus adaptée aux circonstances et à l'efficacité recherchée compte tenu des moyens disponibles. L'approche systémique de la situation, permet d'éclairer le COS sur ses choix tactiques, quant à l'efficacité des actions vis-à-vis des objectifs recherchés. La maitrise des connaissances et des techniques de lutte est la clé de l'efficacité.

Il peut ainsi mettre en œuvre trois types de tactiques :

- Les tactiques offensives ;
- Les tactiques défensives ;
- Les tactiques de transition.

2.1. Tactiques offensives

On désigne sous les termes tactiques **offensives** toutes les combinaisons d'action choisies pour leur capacité à faire rapidement régresser le feu et l'éteindre dans les meilleurs délais.

Cette efficacité voulue entraîne généralement un engagement proche du feu. Il peut en découler une certaine vulnérabilité pour les SP.

L'agressivité vis à vis du feu dont pourront faire preuve les SP, se caractérise par leur capacité à couper les mécanismes de développement du feu. La maîtrise des mouvements gazeux et la capacité à projeter de l'eau (par exemple) sous une forme appropriée et en quantité suffisante sont les clefs de cette agressivité. Il s'agit bien sûr de proportionnalité des moyens : éteindre un feu de cendrier avec un litre d'eau c'est agir avec une agressivité trop forte.

2.2. Tactiques défensives

On désigne sous le terme de tactiques défensives, toutes les combinaisons d'actions choisies parce qu'elles exposent moins les sapeurs-pompiers au risque. Ces actions sont en règle générale engagées en périphérie des volumes soumis à l'incendie. Elles peuvent être significatives dans leur capacité à limiter l'extension du sinistre. Mais elles vont trouver souvent une limite dans leur capacité à obtenir une extinction rapide. Néanmoins à l'image d'une bataille dans laquelle un belligérant soumet son adversaire à un déluge d'artillerie, il est possible parfois d'avoir une action d'extinction rapide depuis l'extérieur avec des débits en eau très important pour peu qu'une partie significative de celle-ci puisse atteindre les foyers. Une action agressive peut être alors menée depuis une position défensive.

La vulnérabilité des sapeurs-pompiers vis à vis du feu s'apprécie par rapport aux effets existants du feu (chaleur rayonnée, convectée, transmise par conduction) mais aussi à ces développements brutaux éventuels phénomènes thermiques, effondrements...Il est pris en compte bien sûr la capacité à se soustraire aux effets de manière plus ou moins rapide. Mais de même que dans certains cas le temps jouera dans le sens des sapeurs-pompiers (si le feu réduit faute de combustible) dans d'autres cas l'inverse se produira ainsi l'effet de protection des EPI peut se réduire de façon importante lorsque l'effet d'inertie disparait et que l'EPI monte en température sur sa face interne.

2.3. Tactiques de transition

On désigne sous le terme de tactiques de transition des combinaisons d'action destinées à passer d'une tactique défensive à une tactique offensive ou vice-versa.

Deux types de situations peuvent notamment être rencontrés :

- L'attaque d'un feu de pièce par l'extérieur préalablement à une attaque menée par l'intérieur ayant pour objet de réduire significativement l'intensité de celui-ci est une tactique de transition que l'on dénomme communément en France « attaque d'atténuation ».
- De même alors que des sapeurs-pompiers sont engagés dans un appartement pour attaquer un feu de séjour, si en raison d'une détérioration de la situation ils décident de se replier avec leur lance pour adopter une position plus défensive dans la circulation commune, il s'agit d'une tactique de transition appelé « repli défensif ».

C'est à la lumière des critères d'appréciation décrits plus hauts, que le COS pourra choisir les actions offensives, défensives ou de transition, les plus adaptées.

Le schéma ci-après présente :

- Les zones de danger vis-à-vis de l'exposition aux risques (plus on se rapproche de la source de l'incendie, plus on s'expose aux risques associés : flux thermique, toxicité des fumées, ...) ;
- Les différentes actions par rapport aux critères décrits ci-dessus (il est important de noter ici, que l'accès à l'intérieur du volume concerné par l'incendie est un facteur aggravant le risque pour les intervenants, en termes d'expositions directe aux effets du feu, mais aussi en terme de cheminements et d'évacuation en cas de besoin).

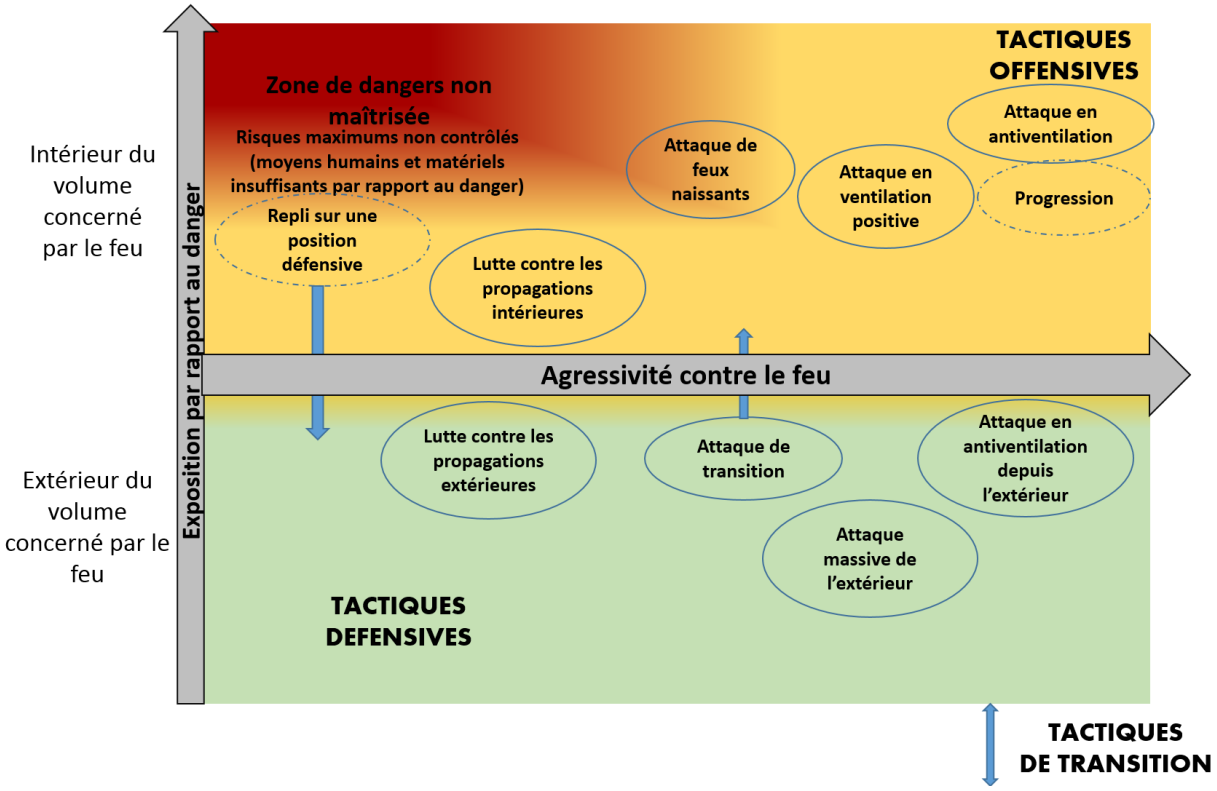


Schéma n°10 : les principaux types de tactiques

Sur feu, les accidents graves les plus fréquents résultent le plus souvent de l'une des causes suivantes :

- Déplacement des effets du feu (fumées, chaleur, flammes), les SP se trouvant piégés ;
- Effondrements, chute de matériaux, que les SP soient atteints par des matériaux ou entraînés avec eux.

Sur le schéma ci-dessus, il est possible de mettre en évidence une zone de danger non maîtrisé dans l'engagement des sapeurs-pompiers. Elle apparaît lorsque ceux-ci s'engagent à l'intérieur des volumes directement concernés par l'incendie avec des moyens insuffisamment agressifs pour combattre le feu et neutraliser ses effets.

Sur feu développé la zone d'incertitude peut être atteinte si l'engagement du SP est trop long (diminution de sa capacité individuelle, diminution de sa protection thermique, affaiblissement des structures bâtimentaires), si les moyens d'action hydrauliques ou de ventilation dont il dispose sont insuffisants ou mal utilisés.

Sur feu naissant non confiné l'absence de maîtrise de la ventilation est peu préjudiciable pour peu que les intervenants disposent des moyens hydrauliques suffisants, assez réduits puisque le feu est lui-même limité. Toutefois un feu ne concernant qu'un volume réduit et peu actif, peut présenter des risques significatifs s'il s'agit d'un feu couvant depuis un certain temps. Dans ces conditions la maîtrise de la ventilation (antiventilation) est nécessaire pour prévenir des embrasements violents de fumée.

Le choix de ces actions dépend des enjeux liés à la situation, des objectifs définis pour y faire face et des moyens disponibles, dans le temps pour y parvenir.

Compte tenu du caractère prioritaire de la préservation des personnes, il est évident que les choix tactiques seront très largement dépendants de l'analyse bénéfice/risque opérée par le COS. Les idées de manœuvres seront caractérisées par les bénéfices attendus (en termes d'efficacité relative à l'ensemble des objectifs attendus), mais aussi en termes de risque identifiables pour les personnels, ce risque pouvant lui-même intégrer plusieurs composantes : probabilité d'accident et conséquences de celui-ci mais aussi possibilité de réagir à celui-ci...

L'acceptabilité du risque est une notion complexe. En effet la différence d'appréciation des acteurs (COS, intervenants, témoins, ayants droits d'une victime ou d'un sauveteur accidenté, juge) et la temporalité dans laquelle elle s'effectue (ante ou ex post) peut être importante. Les retours d'expériences doivent être l'occasion pour les acteurs d'examiner à postériori cette balance bénéfice/risque pour que sur le long terme puisse avoir lieu une convergence des analyses laissant le moins de place possible à des prises de risques excessives ou au contraire trop timorées par rapport aux enjeux.



Les actions offensives à l'intérieur d'un volume se font systématiquement en binôme.

Dès que possible, le COS veille à mettre en place les conditions de sécurité adaptées pour le binôme engagé, notamment par la mise en place d'un binôme de sécurité.

3. Les choix tactiques du COS d'un dispositif opérationnel réduit

La force des services d'incendie et de secours repose avant tout sur leur maillage territorial fin, au plus près de la population. L'engagement d'équipes en prompt secours, avec des effectifs et des moyens réduits, associé à une montée en puissance adaptée, est une situation courante.

Ce contexte opérationnel contraint nécessite pour les COS successifs (à partir de chef d'agrès), d'intégrer cette montée en puissance dans la définition de sa tactique.

Il convient donc d'accompagner les équipes d'intervention dans la prise en compte de cette réalité opérationnelle et dans la mise en œuvre d'actions adaptées d'une part, à la situation et son évolution et d'autre part, aux moyens disponibles et à venir (Cf. schéma précédent, relatif aux actions possibles sur le niveau de danger) :

- Si la réalisation des sauvetages à vue fait partie des priorités, l'isolement du feu est une condition de sécurité majeure si les victimes potentielles sont dans le cheminement des fumées de l'incendie (voir fiche ventilation AIDES)
- Sur un feu naissant, la rapidité d'action, même avec des moyens limités en eau, reste un mode d'action à privilégier (mode offensif). Le temps d'extinction doit être rapide ; au-delà un repli sur des positions défensives doit être envisagé. En effet si le sinistre n'est pas maîtrisé dans des délais courts et avec des moyens limités ou peu performants (extincteur, RIA, …) des évolutions fortes et rapides sont à craindre.
- Sur un feu développé, une tactique défensive peut utilement être envisagée. Celle-ci ne veut pas dire qu'elle n'aura pas une réelle efficacité sur le feu (voir paragraphe attaque de transition). Ces techniques de lutte défensives, peuvent utilement être mises en œuvre parallèlement au sauvetage et favoriser ses chances de succès. Les techniques défensives outre le fait qu'elles exposent peu les personnels ne demandent pas une grande technicité et sont assez peu consommatrices de personnel (une attaque de transition peut être réalisée par une seule personne).

Section III - Préparation à la mission opérationnelle

Comme évoqué dans le chapitre précédent, les actions de lutte contre l'incendie s'inscrivent dans un processus plus large de gestion globale du risque incendie.

La préparation à la mission opérationnelle commence dès l'analyse du risque et la mise en sécurité de l'installation, par le respect des mesures de prévention.

Accompagnée ou non par les services d'incendie et de secours, cette mise en sécurité est de la responsabilité d'une manière large du citoyen, qu'il soit simple résident, ou qu'il soit l'exploitant du bâtiment.

La préparation opérationnelle permet à chaque acteur des secours, de mettre en œuvre les actions cohérentes et adaptées en termes :

- De connaissance du risque (connaissance de ses installations, connaissance du secteur et des moyens disponible (cartographie, DECI, accessibilité) ;
- De suppression ou d'atténuation du risque (respect des règles en vigueur, stockage de matériaux et d'équipements, comportements à risque) ;
- De formation aux gestes de premiers secours (donner l'alarme et l'alerte, évacuer les occupants, lutter contre un feu naissant, faciliter l'arrivée et l'accueil des secours) ;

D'une manière large elle concerne tous les éléments qui permettront de faciliter les actions de lutte : prévention, prévision, sensibilisation et intégration des différents acteurs en amont permettent bien souvent une amélioration de l'efficience des secours. La prévention ayant une place toute particulière dans le sens où la meilleure des interventions est encore celle qui n'a jamais lieu.

1. La planification opérationnelle

La planification opérationnelle permet de prendre en compte les spécificités, les risques que peuvent rencontrer les services de secours sur un secteur donné et les rendre ainsi résilients et donc capable d'adapter sa réponse opérationnelle selon les situations. Cette préparation se décline en différentes actions.

Autrefois chargée de créer les différents outils d'aide à la décision à partir des scenarii identifiés, en particulier pour ce qui concerne les établissements à risques, la prévision a étendu ses activités en intégrant la création d'outils plus généraux et adaptables, quelle que soit la situation.

Les missions relatives à la planification opérationnelle concernent :

- La participation à la création et le suivi du règlement départemental de la défense extérieure contre l'incendie ;
- La création et le suivi des outils cartographiques dynamiques intégrant de plus en plus de nouvelles technologies (parcellaires, gestion des accès, identification des établissements particuliers, des ressources…).
- La création et le suivi des plans de secours ;
- Le conseil aux autorités de police administrative relatif au dimensionnement des dispositifs prévisionnels dans le cadre d'événement particulier.

2. Conception de la réponse opérationnelle de terrain

Au vue des risques locaux identifiés, les SIS déclinent leur stratégie de lutte contre les feux de structure en adaptant la doctrine opérationnelle nationale. Cela se traduit par des choix organisationnels, tactiques et méthodologiques :

- Réponse opérationnelle adaptée (train de départ)
- Choix des concepts méthodologiques et techniques
- Règles d'engagement
- …

Ces choix trouveront leur déclinaison en termes de développement de compétences des personnels et d'acquisition de moyens

3. Implication citoyenne

Comme évoqué plus haut, le modèle français de sécurité civile repose sur le principe fondamental selon lequel le citoyen est l'acteur principal de sa sécurité.

Il doit être accompagné, autant que possible, par les services d'incendie et de secours, à travers des actions d'éducation des populations aux comportements adaptés.

Les mises en situation sur le terrain représentent l'élément fédérateur pour y parvenir. Elles permettent à la fois de développer la connaissance des risques locaux, le développement des habiletés adaptées, mais aussi d'accompagner les citoyens dans cette démarche commune visant à développer des réponses opérationnelles cohérentes et adaptées, sources d'efficience des services d'incendie et de secours.

4. La préparation de l'intervenant à l'opération

La préparation de l'intervenant à l'opération revêt deux principaux aspects :

- Le développement et le maintien des compétences nécessaires à la lutte contre l'incendie ;
- Le développement et le maintien d'une aptitude compatible avec ses missions.

La prise en compte de différents éléments pouvant impacter la santé-sécurité des intervenants peut amener le SIS à modifier son organisation et à adapter la réponse opérationnelle : météo, contexte, rythme biologique, régime de travail, ...

4.1. Maintenir et développer les compétences individuelles et collectives

4.1.1. Démarche individuelle

Chaque pompier doit veiller à maintenir et à adapter ses compétences à l'évolution du contexte opérationnel dans lequel il évolue, en fonction de ses missions et de ses activités.

Cela passe bien entendu par la participation aux différentes actions de formation que le service lui propose, ainsi qu'à l'analyse et au partage de pratiques après des interventions ou des exercices. Cela passe également par des actions personnelles telles que des lectures, des mises en œuvre de matériels lors de ses activités en centre d'incendie et de secours. Chaque sapeur-pompier est l'acteur premier du développement de ses compétences.

4.1.2. Démarche collective

Les intervenants doivent développer et maintenir des compétences adaptées aux risques et notamment aux risques locaux et à l'apparition de risques émergents. La connaissance des particularités du secteur permet à la fois un gain de temps et une diminution du stress.

Les évolutions technologiques et sociétales modifient les risques existants et font apparaitre des risques nouveaux qu'il faut prendre en compte.
Le service doit, autant que possible, privilégier les mises en situation sur le terrain, en associant les différents partenaires institutionnels et les citoyens, afin de garantir une meilleure collaboration lors des interventions.
Pour faciliter leur appropriation par les équipes, elles doivent être si possible, pratiquées dans des conditions se rapprochant le plus de situations réelles (stress, immersion en fumée, feux réels, etc…).

4.2. Aptitude physique et psychologique

Les opérations de lutte contre les incendies sont des situations à cinétique rapide, nécessitant la mise en œuvre de moyens conséquents dans des conditions difficiles voire extrêmes.

4.2.1. Préparation physique

La préparation physique est une condition indispensable pour exécuter ces missions. Chaque sapeur-pompier a un rôle primordial en matière de « santé-sécurité ». La préparation consiste à :

- Avoir un rythme de sommeil adapté ;
- Maintenir sa condition physique ;
- Avoir une bonne hygiène de vie ;
- Être réglementairement à jour de sa visite médicale d'aptitude.

4.2.2. Préparation psychologique

Les opérations de lutte contre l'incendie par leur cinétique rapide et leurs effets importants qu'elles génèrent, mettent l'intervenant en situation de stress. La préparation des équipes doit le prendre en compte.

4.2.3. Prise en compte des conditions météorologiques et temporelles

Les conditions météorologiques, ainsi que le moment de la journée ou de la nuit à laquelle se passe l'intervention, peuvent être des facteurs majorants des conditions générales de l'intervention. Une forte chaleur favorisera la montée en température des organismes et par conséquent les « coups de chaleur ». En revanche, des températures basses, peuvent engendrer des hypothermies pendant les phases de moindre activité.

5. Equipement en matériels de lutte

Le choix de l'organisation de la lutte contre l'incendie est conditionné par l'analyse locale du risque et de la réponse opérationnelle que nous souhaitons y apporter.

- Des typologies d'incendie rencontrées (feu urbain, feu rural, feu industriel …) ;
- De l'accessibilité (milieu montagnard, urbain, rural) ;
- Des ressources hydrauliques (DECI et moyens éventuellement mis à disposition par l'exploitant) ;
- De la nature des unités opérationnelles (effectif, niveau de qualification, disponibilité …).

Il existe une grande variété de moyens de lutte dont le déploiement doit être conduit par la complémentarité et la montée en puissance du dispositif de lutte prévu et/ou engagé.

Section IV – Principes fondamentaux de la santé et sécurité en intervention :

Comme évoqué précédemment, la préservation de la santé et de la sécurité des intervenants dépent de l'analyse permanente des risques et l'application de trois principes fondamentaux :

- La structuration de l'intervention ;
- L'efficacité de la communication entre les différents acteurs ;
- La prévention et l'anticipation de l'accident et de l'exposition aux risques.

1. Structuration de l'intervention

Nombre de retours d'expériences lors d'accidents graves montrent l'importance d'une gestion globale de l'intervention.

Quelques principes clés :

- Lisibilité du commandement (structuration de l'organisation, clarté des ordres donnés, OCT Adapté…) ;
- Identification claire et partagée de la sectorisation et du zonage ;
- Chacun veille en permanence sur sa propre sécurité et celle du collectif.

2. Communication

Les moyens de communications participent à la protection individuelle et collective.
Donner des moyens radios au personnel exposé à des situations critiques (en particulier les radios de l'avant) contribue fortement à l'amélioration du niveau de sécurité :

- Alerte d'une situation de détresse ;
- Remontée des informations liées à des évolutions rapides de la situation ;
- Consignes et évacuation d'un site.

3. Prévention de l'accident et de l'exposition aux risques et anticipation de l'accident

La mise en œuvre de chaque action doit intégrer un impératif de sécurité.

Ce principe doit faire l'objet d'une attention particulière lors des actions de formations.

Pour autant, la maitrise totale de l'environnement ne permet pas l'élimination de tout risque.

Le sapeur-pompier doit y être préparé individuellement, il doit en être de même pour le service :
Des procédures doivent être élaborées tenant compte notamment de l'impact psychologique sur l'ensemble des intervenants (chaine de commandement comprise) des accidents impliquant des sapeurs-pompiers.

La prévention in situ et la réactivité en cas d'accident justifie pleinement la mise en place d'un soutien sanitaire en opération. Cette réponse peut être complétée par la mise en place d'une fonction « officier sécurité ».

Chapitre 3 - Actions de lutte contre l'incendie

En application des principes généraux de lutte contre l'incendie, la déclinaison de la tactique définie par le COS, en actions (offensives, défensives ou de transition), doit aboutir à des choix d'idées de manœuvres.

Les méthodes et techniques opérationnelles orientent les manières et les choix organisationnels et techniques en amont de l'intervention. Elles influencent également les compétences qui seront à déployer par les intervenants.

Ce chapitre est consacré à la présentation des méthodes et outils concernant la lutte contre l'incendie.

La lutte contre l'incendie ne se limite pas aux seules actions mises en œuvre dès l'apparition d'un sinistre mais nécessite une préparation approfondie. La première partie de ce chapitre concerne donc la préparation à la mission opérationnelle.

Section I - De l'analyse de la situation, à la définition des actions de lutte

La mise en œuvre des méthodes et techniques opérationnelles doit être associée, pour chaque acteur (équipier à COS), à une analyse permanente de la situation, selon les critères suivants :

- Contexte (opérationnel : rural, urbain, social, météo, nuit, …) ;
- La volonté d'associer les différents acteurs (citoyens, chefs d'établissements, services publics...) ;
- Lecture de la structure (imbrication des volumes) ;
- Lecture du feu (embrasé/pas embrasé) ;
- Moyens disponibles dans le temps.

Afin d'être le plus efficients possible, il convient d'intégrer les autres acteurs, qui concourent, au côté des services d'incendie et de secours, à la lutte contre l'incendie. En effet, les actions à engager peuvent nécessiter l'appui :

- Des forces de l'ordre pour la création et le maintien du zonage opérationnel (évacuations, mises à l'abri, …) ;
- Des équipes des services de santé pour la prise en charge des victimes et le soutien opérationnel des équipes ;
- Des gestionnaires de réseaux (voirie, électricité, gaz, eau, …) ;
- Des services municipaux pour la prise en charge des personnes évacuées, l'évacuation des débris ;
- …

1. Qualification de la situation

Afin de garantir le partage le plus large de l'état de la situation, Les termes suivants, s'appuyant sur la courbe de développement du feu, permettent la description de la situation opérationnelle :

- **Feu en développement** : les conditions favorisent le développement du feu (Cf. triangle du feu), aucune action concernant l'extinction n'est engagée ou celles qui le sont, sont inefficaces ;
- **Feu stabilisé** : le feu ne progresse pas, soit parce qu'il a atteint son plein développement et ne pourra pas aller au-delà, soit parce que les conditions ne permettent pas son développement (manque d'air par exemple) ;
- **Feu en régression** : il s'agit de la phase de décroissance du feu. Il est généralement limité par le combustible.

Pour autant, compte tenu de son ampleur, des risques associés et des moyens dont disposent les intervenants dans le temps pour parvenir à son extinction définitive, plusieurs étapes peuvent être observées durant l'opération de secours. Il s'agit des étapes qu'il convient de réactualiser, voire de compléter.

2. Résultat des actions engagées

En s'appuyant sur les éléments présentés dans le premier chapitre de ce guide, il peut être utile de qualifier le résultat des actions engagées pour lutter contre le sinistre. Les étapes suivantes répondent à ce besoin :

- **Feu circonscrit** : le feu concernant un volume donné (lui-même potentiellement constitué du plusieurs autres volumes : principe de boîtes), ne peut plus se propager en dehors de celui-ci. Que ce soit grâce aux dispositifs constructifs existants dans la structure (éléments coupe-feu, clapets dans les conduits et/ou gaines, …), ou grâce aux actions réalisées par les équipes (moyens hydrauliques, ventilation, rideaux stop-fumées, …). Cette notion tient compte des différents modes de propagation du feu ;
- **Maitre du feu** : les moyens mis en œuvre aboutissent à la réduction de la production d'énergie par le feu. Il rentre ainsi en phase de décroissance ;
- **Foyer(s) principal (aux) éteint(s)** : seuls quelques débris ou foyers résiduels restent actifs. Les opérations de déblai et/ou de surveillance démarrent ;
- **Feu éteint** : afin d'éviter les incompréhensions et les enjeux associés en termes de responsabilité, la notion de « feu éteint » doit être considérée comme l'objectif final à rechercher par le COS concernant le feu. C'est la fin des opérations de lutte.

Ces termes sont importants à intégrer dans le vocabulaire opérationnel, car ils permettent d'une part, de renseigner efficacement sa hiérarchie sur l'état de la situation, le résultat des actions et, d'autre part, de maintenir les intervenants dans un état d'alerte compatible avec la situation et ses enjeux.

En effet, tant que le feu n'est pas éteint, les équipes engagées restent vigilantes sur l'ensemble des dangers liés au feu (protection individuelle et collective, actions de lutte, …). Pour autant, lorsque l'on passe de l'étape de feu circonscrit à maître du feu, cela participe au sentiment d'efficacité des actions engagées.

3. De l'alerte à l'arrivée sur les lieux - se projeter dans l'action

3.1. Outils aide à la prise de décision (départs types)

la qualité des prises de renseignement initiales et de leur traitement constitue l'une des clefs du succès de l'intervention. Des retours d'expérience ont montré l'importance d'une bonne exploitation des renseignements portés sur un ordre de départ par un chef d'agrès.

Les centres de traitement de l'alerte disposent d'outils d'aide à la décision pouvant intégrer des systèmes d'informations géographiques. Ceux-ci ont pour objectif l'engagement rapide des moyens adaptés sur les lieux du sinistre mais aussi de débuter une collecte d'informations qui pourront être utile au premier COS. La qualification de l'évènement et sa localisation sont primordiales pour déclencher le premier train de départ, mais aussi pour la prise en compte de consignes particulières temporaires ou permanentes ou bien encore pour l'exploitation d'un travail préalable de prévision de type plan d'établissement répertorié (plans ER ou ETARE).

L'outil d'aide à la décision intègre les consignes d'engagement prévues à l'échelon départemental : composition du départ selon la nature de l'intervention et souvent aussi la localisation du sinistre. Une certaine latitude est naturellement donnée aux personnels en charge du traitement de l'alerte pour affiner l'engagement proposé par l'outil informatique. Il revient aux services d'incendie de définir les marges d'adaptation des opérateurs et de la chaîne hiérarchique du centre de traitement de l'alerte.

La composition du départ initial et sa connaissance par le premier chef d'agrès sera prise en compte pour la détermination de ses choix tactiques. Il est important pour lui de connaitre le délai approximatif d'arrivée sur les lieux des autres engins.

3.2. Le conseil à l'appelant

Lors de la prise d'appel, l'opérateur peut conseiller utilement l'appelant pour que celui-ci puisse être une aide pour le premier COS dans une fonction d'accueil et de renseignement. De plus des informations sur la conduite à tenir pour la sécurité de l'appelant et des tiers (famille, collègues, voisins…) peuvent être données par l'opérateur.

3.3. Exploitation des parcellaires et d'éventuels plans d'établissements répertoriés

Le COS, pour prendre en compte la zone d'intervention (ZI), doivent s'appuyer sur des plans parcellaires, renseignés sur l'existence et les caractéristiques des points d'eau (hydrants, points d'eau naturels, réserves…). Parfois il pourra bénéficier d'un plan d'établissement répertorié qui lui donnera les informations utiles pour engager les premières missions : plans de masse, de niveau, énergies, zones à risque ou sensibles....

En complément et selon l'organisation territoriale, le COS pourra prendre l'attache de spécialistes de la prévention ou de la planification opérationnelle, pour l'aider à analyser les risques spécifiques à l'établissement.

3.4. Le positionnement des engins

Le positionnement des engins sur les lieux de l'incendie doit tenir compte de plusieurs objectifs :

- La sécurité : les engins terrestres doivent être à l'abri des risques générés par l'intervention (expansion, chute de matériaux, …) ;
- L'accessibilité : en tenant compte des limitations de charge de la voierie en particulier sur dalle (de parking par exemple). La prise en compte des conditions astro-météorologiques permet d'éviter de se retrouver dans la plume de propagation de la fumée ;
- La préservation de la capacité d'accès pour les moyens dont l'arrivée sera postérieure (en particulier les moyens aériens) ;
- La bonne gestion des ressources hydrauliques ;
- La rapidité de mise en œuvre des actions en lien avec la marche générale des opérations (sauvetages et mises en sécurité notamment).

Il convient donc d'analyser les risques à couvrir, pour déterminer en amont, ou lors de la survenue d'un sinistre, les priorités en termes de positionnement des engins en tenant compte notamment :

- Des risques ;
- De l'évolution potentielle du sinistre ;
- Du temps d'acheminement des moyens ;
- De la disponibilité des points d'eau ;
- De la capacité des engins-pompe ;
- De la performance des matériels disponibles ;
- Des ressources humaines.

Le moyen élévateur aérien est un engin particulier dont la mission ne pourra être réalisée que si le positionnement est approprié. Pour cela il peut être judicieux qu'un contact soit établi entre le chef d'agrès et le COS pour préciser l'emplacement de ce moyen (surtout s'il est différent de celui de l'adresse indiquée sur l'ordre de départ). En effet, en secteur urbain dense, la circulation peut vite se trouver saturée dans un large périmètre et il est possible que les déplacements ultérieurs soient rendus extrêmement difficiles.

Certains plans ETARE prévoient un pré-positionnent des moyens ou la prédétermination de leurs accès pour des questions de gabarit par exemple.

Section II – Sécurité en intervention

La protection des intervenants en opération a pour but de limiter au maximum l'impact d'une mission sur sa santé. Elle repose sur la mise en œuvre totale ou partielle des trois piliers qui la composent :

- La sécurité ;
- Le soutien sanitaire opérationnel ;
- La réhabilitation des personnels.

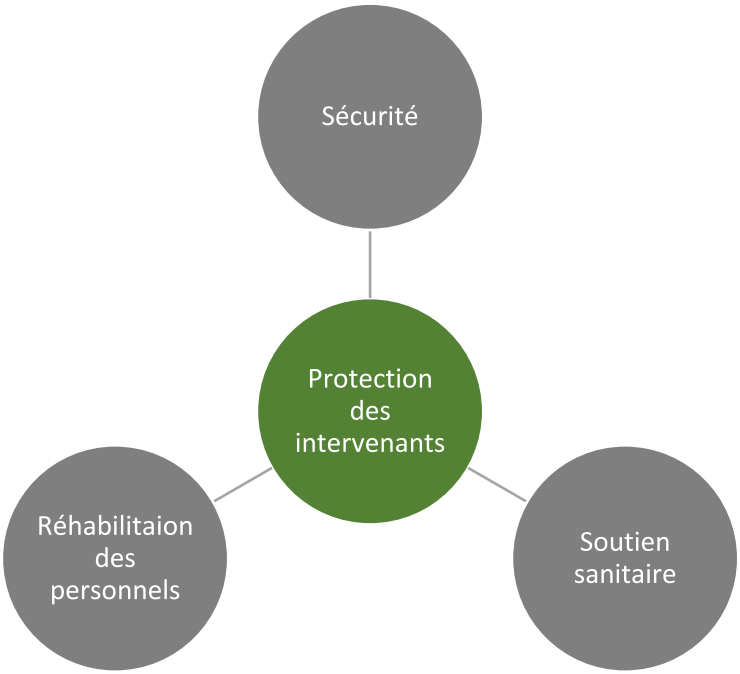


Schéma n°11 : les trois principaux domaines concernés par la protection des intervenants

1. La sécurité des intervenants

La sécurité en intervention est l'ensemble des mesures prises visant à :

- Identifier les dangers auxquels sont soumis les intervenants,
- À supprimer ou diminuer les risques,
- À adapter les règles de protection collective et individuelle.

En complément de ces mesures, le niveau de sécurité en intervention dépend également des facteurs suivants :

- L'organisation générale des secours : structure du commandement, sectorisation et division du travail, règles de communication, discipline, rigueur ;
- Le type de techniques employées par les équipes : certaines présentant davantage de risques pour le personnel que d'autres dans leur mise en œuvre ;
- Le matériel utilisé : certains matériels présentent davantage de risques pour le personnel que d'autres dans leur utilisation ;
- Les EPI : ces équipements représentent en principe le dernier rempart pour se protéger d'un risque identifié ;
- Le niveau de formation des agents engagés : la sécurité doit être abordée en formation pour préparer les agents à adopter une réaction adaptée face à un danger ;
- L'état de fatigue des personnels ;
- L'expérience et la capacité d'adaptation individuelles.

1.1. Le rôle des différents intervenants en matière de sécurité

Chaque intervenant, à son niveau, est chargé en permanence de surveiller, évaluer et rendre compte des situations dangereuses. Il importe de prendre en compte les autres services engagés sur la mission.

Face à un péril imminent, chaque intervenant doit réaliser les actions conservatoires qu'il estime nécessaire, il rend compte sans délai.

1.1.1. L'intervenant équipier ou chef d'équipe

Directement confronté aux risques générés par l'incendie, l'intervenant équipier ou chef d'équipe est le premier responsable de sa propre sécurité.

Il participe donc à la compréhension de la situation opérationnelle, en analysant régulièrement les indicateurs dont il dispose, pour poursuivre sa mission, adapter ses actions, ou mettre en œuvre les mesures individuelles et collectives lui permettant de préserver son intégrité physique et psychologique.

Il applique donc les mesures de protection individuelle et collective, appropriées à la situation et aux risques qu'elle procure :

- Lecture du feu et de ses effets ;
- Port approprié des équipements de protection individuelle ;
- Respect des consignes de sécurité données par le chef d'agrès ;
- Maitrise des méthodes et techniques de lutte, mais aussi de protection ;
- Communication avec ses collaborateurs directs.

1.1.2. Le binôme

Le binômage s'impose en zone d'exclusion, il représente alors une unité de mission. Chaque membre du binôme participe à la sécurité de l'équipe, notamment par la complémentarité des angles de vues, permettant la détection au plus tôt des signes d'aggravation de la situation opérationnelle. Cela suppose :

- Le contrôle mutuel des équipements de protection ;
- Une communication optimum au sein de l'équipe, mais aussi avec le chef d'agrès ;
- Le respect des consignes de sécurité données par le chef d'agrès ;
- Maitrise de méthodes et techniques collectives de lutte, mais aussi de protection.

1.1.3. Le chef d'agrès

Le chef d'agrès coordonne les activités des équipes dont il a la responsabilité et participe activement à leur sécurité. Pour cela :

- Il analyse en permanence l'environnement direct ou indirect dans lequel elles évoluent ;
- Il connait les objectifs du COS ou du chef de secteur ;
- Il est en communication avec ses équipes ;
- Il connait leur position ;
- Il connait leurs actions ;
- Il s'assure que les conditions de sécurités correspondent le plus possible à la situation et aux actions de son ou de ses équipes.

Seul, ou sous l'autorité d'un COS, il doit notamment prendre en compte la charge opérationnelle (cumul des effets dus à la fatigue, au stress psychologique et thermique, aux conditions météorologiques, …) pesant sur le binôme avant de l'engager ou de le réengager.

1.1.4. Le commandant des opérations de secours

Le commandant des opérations de secours coordonne l'activité de l'ensemble des intervenants présents sur l'opération (présents et en transit : choix d'itinéraire par exemple). Il veille, à la lumière des éléments fournis par les équipes, à mettre en place, autant que faire se peut, une organisation favorisant la préservation de leur sécurité. Pour cela :

- Il organise la répartition des actions pour répartir la charge opérationnelle de manière adaptée ;
- Il s'assure de la mise en œuvre des moyens de protection individuelle adaptés ;
- Il s'assure de la mise en place des moyens de communication entre les équipes et lui ;
- Il met en place les dispositifs collectifs permettant d'anticiper une évolution défavorable de la situation.

1.2. La protection collective

Lors des opérations de lutte, selon les actions choisies par le COS, les équipes sont susceptibles d'intervenir en milieu hostile.

Les équipes doivent progresser dans des conditions de sécurité leurs permettant :

- De ne pas se perdre et d'être localisables ;
- De s'extraire ou d'être extraites rapidement de la zone d'exclusion ;
- De signaler tout problème aux équipes situées à l'extérieur ;
- De rendre compte dans les meilleurs délais de l'état de la situation.

La protection collective lors des interventions pour feu de structure concerne en particulier les points suivants :

- La prise en compte de l'ensemble des intervenants (y compris les autres services) ;
- L'utilisation des méthodes et moyens d'alerte, voire de localisation des équipes engagées ;
- Le cas échéant, la mise en place d'un l'officier sécurité ou équivalent ;
- L'utilisation d'un binôme de sécurité ;
- La mise en place d'un contrôleur ;
- Le déploiement de méthodes et techniques de sauvetage de sauveteurs.

1.2.1. Le zonage opérationnel

En déclinaison de la notion de zonage opérationnel souvent utilisée dans d'autres typologies d'interventions, il convient de mettre en place au plus tôt un ou plusieurs périmètres de sécurité a priori permettant de limiter les risques pour les tiers, les impliqués et les intervenants.

En fonction des caractéristiques des interventions et des moyens disponibles, le COS peut mettre en place un zonage facilitant la gestion de l'intervention et par conséquent l'engagement des équipes en sécurité.

Ce zonage peut nécessiter la création d'un ou plusieurs points d'accès et de contrôle (équivalent au principe de sas utilisé dans le cas des risques technologiques), car il(s) présente(nt) un intérêt majeur en termes :

- De gestion des entrées et sorties des intervenants ;
- De gestion des matériels souillés ;
- De contrôle des actions menées.

Il est plus facile à réaliser lorsque les moyens disponibles le permettent. Lorsque le dispositif n'est pas encore complet, le COS peut en utiliser les principes et réaliser notamment :

- L'identification de la zone d'exclusion et de son (ses) point(s) de pénétration ;
- L'identification d'une zone pouvant accueillir les matériels et équipements souillés ;
- Le choix de la localisation d'un PRV pour accueillir les éventuelles victimes.

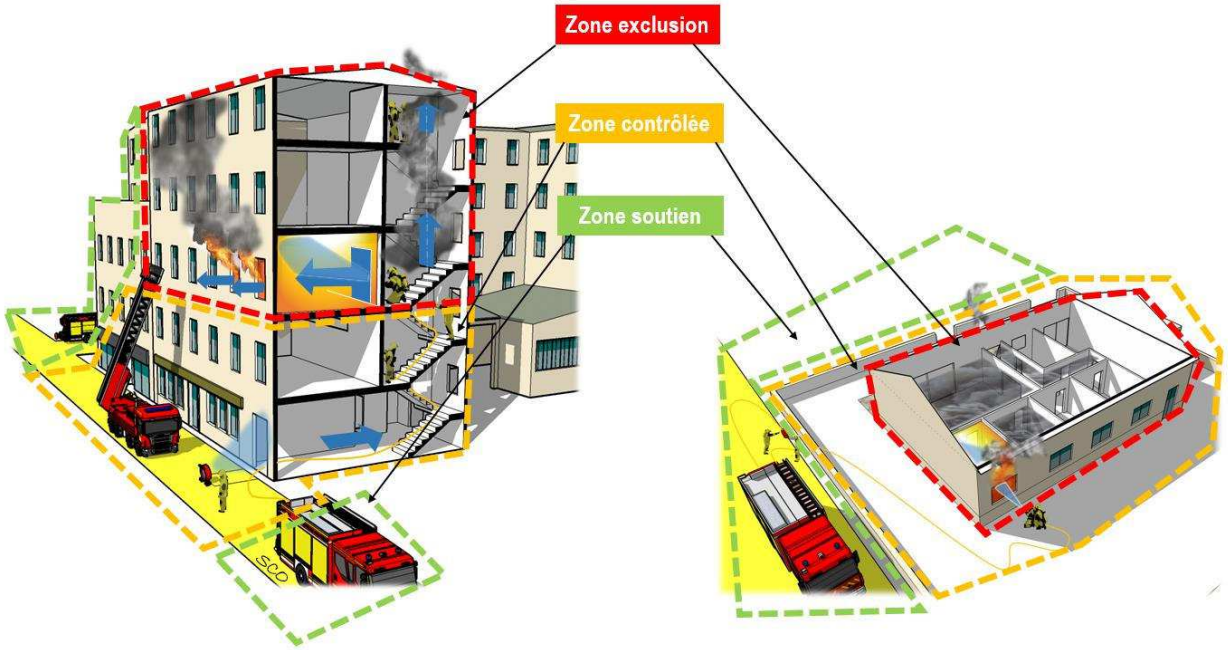


Schéma n°12 : Exemple de zonage opérationnel lors d'un feu de structure

1.2.2. Binôme de sécurité

Le COS s'attachera à le mettre en place dès que le potentiel humain le permet et que les circonstances le nécessitent, obéissant ainsi à cet impératif de prévention des risques. Cette notion doit être prise en compte lors de la demande de renfort.

Il est positionné en zone contrôlée à disposition immédiate du COS ou de son représentant. Sa mission principale est d'assurer le sauvetage du personnel intervenant en cas d'accident. Il peut effectuer des missions secondaires à condition de rester en zone contrôlée à l'appel. A défaut d'un binôme de sécurité, pour l'engagement limité d'un binôme d'attaque (BAT), le chef d'agrès peut assurer lui-même la sécurité du BAT, il reste en contact permanent et peut disposer d'un ARI.

Il est formé au « sauvetage de sauveteur » : Action de soustraire à un péril immédiat un sapeur-pompier ou une équipe de sapeurs-pompiers dans l'impossibilité de le faire sans aide extérieure. Les deux intervenants devront pour opérer cette mission suivre les règles d'engagement applicables à la zone d'exclusion.

1.2.3. Extraction des sauveteurs

1.2.3.1. Appellations de façades

Il est important qu'un personnel en difficulté puisse indiquer sa position. A ce titre, comme pour l'organisation générale du chantier, la dénomination des façades est un élément important pour laquelle il existe plusieurs systèmes d'appellation, mais le système alphabétique est préconisé (la façade « A » étant la façade d'accès principal et les autres étant nommées dans le sens des aiguilles d'une montre (« B », « C », « D », …).



Schéma n°13 : Principe d'appellation des façades

1.2.3.2. Procédure d'évacuation

Le binôme doit connaître la procédure d'évacuation d'urgence à mettre en œuvre en cas de danger grave et imminent sur la zone d'intervention.

Cette procédure doit intégrer à minima les notions suivantes : définition du signal d'alarme d'évacuation, (ex. : « code rouge ») itinéraire(s) de repli et/ou de secours, consignes sur la (les) zone(s) de regroupement et comptabilisation des intervenants.

1.2.3.3. Les itinéraires de « repli » et de « secours »

Itinéraire de repli : est constitué par le chemin d'accès normal qu'ont emprunté les binômes pour pénétrer dans le bâtiment. Il a été reconnu et doit être libéré de toutes entraves pour une évacuation rapide des lieux, cet itinéraire est à utiliser prioritairement. Il permet le repli avec les moyens hydrauliques.

Itinéraire de secours : il se substitue au premier dans le cas où celui-ci ne serait plus fonctionnel. Pour cela, il faut anticiper sa création (par exemple à l'aide d'une ou plusieurs échelles ou moyens élévateurs articulés).

1.2.4. Officier sécurité

Lors des interventions, la sécurité est assurée par le COS. Dans certaines circonstances, cette partie de l'opération peut être confiée à un gradé dédié appelé « officier sécurité ».

1.3. La protection individuelle

La protection individuelle commence, pour les intervenants, par la connaissance des risques qu'ils encourent lors des différentes actions engagées pour lutter contre le feu (Cf. : chapitre 1 – connaissance du risque incendie).

Les équipes disposent de différents équipements de protection individuelle contre les différentes agressions possibles décrites dans le présent guide.

Les autres types d'équipements font l'objet d'une fiche de présentation. Leur utilisation est présentée, si nécessaire, dans les différents paragraphes relatifs aux actions de lutte à proprement parlé, dans la suite de ce guide.

A chaque zone décrite dans les paragraphes précédents, correspond un EPI adapté.

1.3.1. Principes de la protection individuelle

L'engagement d'un binôme en zone d'exclusion nécessite a minima dans la plupart des cas :

- Une tenue de protection individuelle adaptée, notamment contre le feu ;
- Une protection respiratoire pour pouvoir respirer dans un environnement enfumé en associant avec une balise sonore d'immobilité, de localisation et de température destinée à situer un agent ou le binôme en difficulté ;
- Un moyen hydraulique immédiatement disponible et utilisé judicieusement en fonction des actions menées ;
- Un moyen de communication (Radio ou corne d'appel) permettant au binôme de communiquer avec au moins un intervenant positionné hors zone d'exclusion ;
- Un moyen d'éclairage individuel permettant de faciliter la progression du binôme dans un environnement obscur.



La sécurité repose avant tout sur la non-exposition aux risques :

- **Limiter la durée de l'engagement,**
- **Limiter la fatigue,**
- **Permettre l'utilisation judicieuse des moyens d'action et de protection pour agir efficacement.**

Des outils peuvent venir compléter cet équipement de base : caméra thermique pour faciliter la progression, outil de forcement pour créer un itinéraire de secours, sangle de sauvetage pour porter secours à son équipier, balise lumineuse, couteau/sécateur, cagoule sauvetage…

NB : si la dotation en outil supplémentaire peut augmenter le niveau de sécurité, il est important de veiller à ne pas obtenir l'effet inverse : les efforts nécessaires pour porter des équipements de plus en plus lourds peuvent gêner voire mettre en difficulté les intervenants. Une des solutions peut être d'associer un agent au binôme pour travailler en trinôme.

Un contrôleur se positionne au point d'entrée. Il assure le suivi de l'engagement des binômes.

1.3.2. Auto sauvetage

Pour se protéger d'un danger grave et imminent, le sapeur-pompier met en œuvre les techniques d'auto-sauvetage visant à se mettre en sécurité face à un péril imminent.



Si la sécurité d'un ou plusieurs intervenant(s) est gravement menacée, ils doivent assurer leur sauvegarde prioritairement à l'action en cours.

2. Soutien sanitaire en opération

Le s**outien sanitaire en opération (SSO)** a pour but de s'assurer que la condition physique et mentale des personnels sur intervention ou en entraînement ne se détériore pas au point d'affecter la sécurité et la santé de chacun et/ou de mettre en péril la bonne marche de l'opération. Sur la zone d'intervention, l'emplacement de la zone SSO doit être défini et peut être coordonnée par des personnels dédiés.

2.1. Cas des interventions courantes

La protection des intervenants est assurée en autonomie sous la responsabilité du COS. Le chef d'agrès d'un engin, premier COS, est à la fois responsable de la sécurité et de la réhabilitation des intervenants placés sous son commandement. Le sac de prompt secours constitue le premier niveau de réponse matérielle.

2.2. Cas des interventions importantes ou présentant des risques particuliers

Une montée en puissance du dispositif de protection des intervenants peut être nécessaire en adaptant les moyens humains et matériels dédiés (SSSM, VSAV, véhicule logistique de soutien…).

L'organisation du dispositif peut être :

- Soit pré-formatée et prévue dans certaines phases de secours ;
- Soit laissée à l'initiative du COS selon les besoins qu'il devra au préalable identifier.

Dans les deux cas, le dispositif a vocation à évoluer au fil de l'intervention, être validé et suivi par le COS, être connu des intervenants.

2.3. Cas des accidents graves concernant un intervenant

Une procédure écrite doit être établie par chaque SIS sur les actions à entreprendre en cas d'accident grave sur un intervenant. Il s'agit d'une part, de prendre en charge les victimes dans les conditions optimales et, d'autre part, de garantir une capacité opérationnelle suffisante du dispositif pour faire face à la situation initiale.

Les éléments de réflexion facilitant la définition de cette procédure sont :

- Le remplacement du personnel impacté pour poursuivre l'intervention elle-même ;
- La couverture du secteur à moyen voire long termes ;
- La prise en charge psychologique de l'ensemble du personnel présent, du centre de secours ;
- La gestion post accidentelle : assistante sociale, aide aux familles.

3. Réhabilitation

La **réhabilitation des équipes**, basée sur une organisation et des moyens humains et/ou matériels dédiés, consiste à maintenir le potentiel opérationnel des intervenants tout au long de l'intervention.

Sur la zone d'intervention, l'identification d'un emplacement dédié à la réhabilitation facilite sa mise en œuvre.

Le vocable « remise en condition », qui concerne les personnels au centre d'incendie et de secours, ne doit pas être confondu avec le « reconditionnement » qui lui, concerne le matériel.

Section III - La marche générale des opérations de lutte contre l'incendie

Trop souvent considérée comme l'enchainement chronologique de différentes actions, la marche générale des opérations de lutte contre l'incendie correspond en fait à l'approche que doivent avoir les équipes d'intervenants et en particulier le commandant des opérations de secours.

L'efficience des services d'incendie et de secours, lors de ces interventions, repose sur la coordination la plus efficace possible des différentes actions à mener, dans l'objectif de revenir à un état le plus proche de la situation normale au sens sociétal du terme.

Les méthodes et outils décrits plus loin, sont la partie visible de la doctrine de lutte. Leurs choix dépendent de ce qui est recherché par le commandant des opérations de secours.

Cette première partie vise donc à présenter différents outils de réflexion qui permettront au COS de structurer sa pensée et ainsi définir et mettre en œuvre une tactique appropriée.

Cette réflexion s'appuie sur les onze critères cités ci-après.

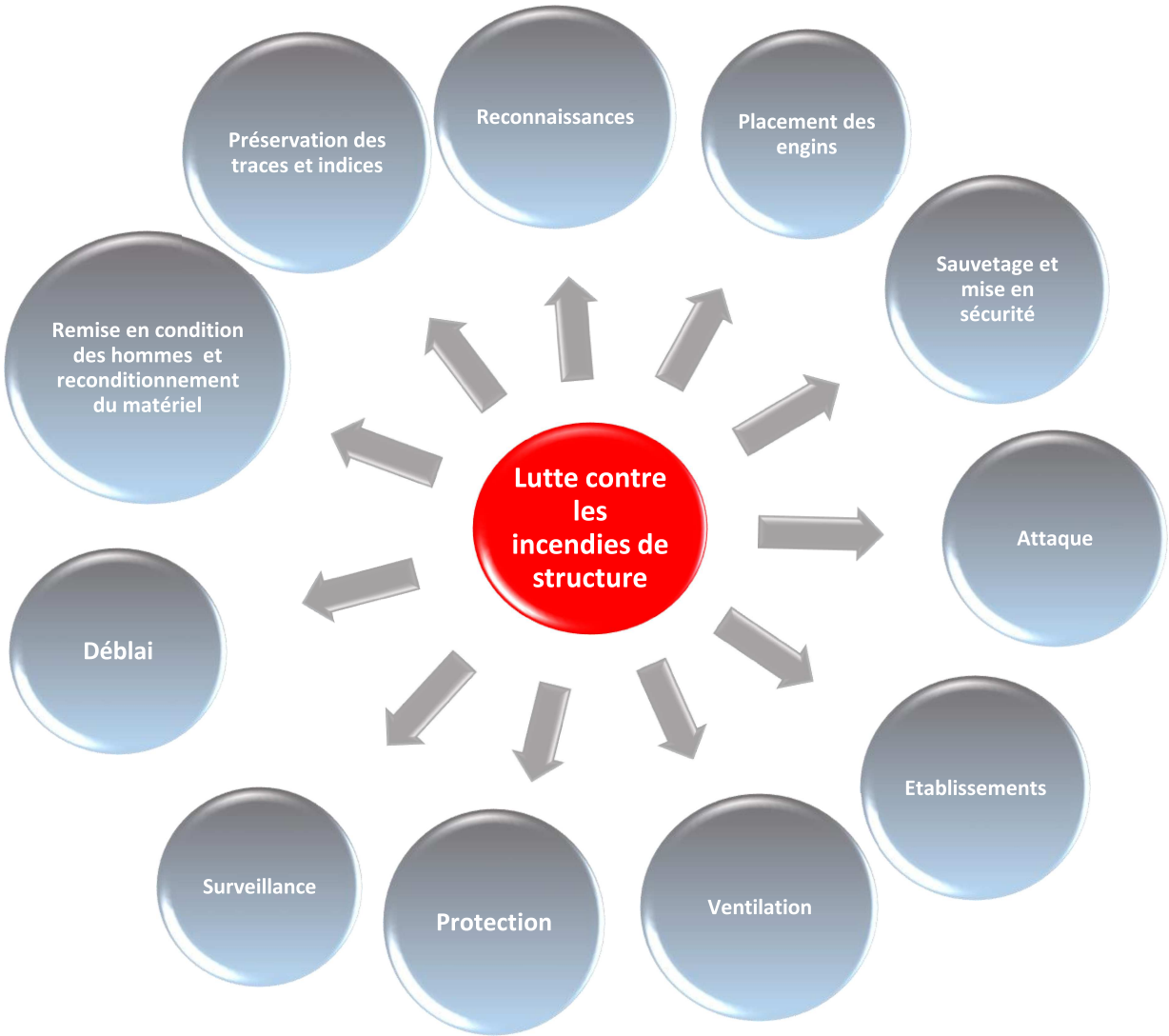


Schéma n°14 : les onze critères de la MGO

Dans cette partie, pour chacun des items, seront présentées une ou plusieurs méthodes qui pourront être mises en œuvre, en fonction des choix organisationnels et techniques du SIS et du COS.

Les méthodes sont accompagnées de fiches pratiques et techniques, disponibles en annexe de ce document.

Enfin, cette partie définit les règles d'engagement associées aux méthodes. Elles constituent le socle commun incontournable des services d'incendie et de secours.

1. Les reconnaissances - au service du raisonnement tactique

Les reconnaissances ont pour objet de collecter les informations relatives à l'analyse de la zone d'intervention, au sinistre et aux personnes et biens menacés en tenant compte de l'ensemble des axes de propagation potentiels dans le temps. Ces informations permettront au COS de déterminer les objectifs et les idées de manœuvre appropriées qui permettront de les atteindre.

Si on peut considérer que les actions de reconnaissance sont destinées à la prise d'information, elles ont vocation à être menées prioritairement en début d'interventions. Pour autant la prise d'information doit être permanente tout au long de l'intervention pour tous les acteurs. Cela suppose une attitude de vigilance pour capter les informations permettant de comprendre l'évolution de la situation et l'efficacité des actions menées. Cette information doit être partagée et faire l'objet d'un compte rendu systématique vers son supérieur.

S'il estime qu'il sera très vite rejoint par un autre SP destiné à prendre le commandement, le premier chef d'agrès effectuera une reconnaissance très sommaire qui lui permet de donner les missions de réaction immédiate à son équipage. Les risques d'effectuer une reconnaissance insuffisante pour cibler les meilleurs choix opérationnels sont limités si d'autres agrès vont rapidement être à disposition du futur COS.

A l'inverse le premier chef d'agrès qui sait que les moyens se limiteront pendant quelques temps à ceux dont il dispose (son agrès) va devoir effectuer des choix plus sûrs ce qui pourra nécessiter une reconnaissance plus approfondie, d'autant que le renseignement et la demande de renfort éventuelle lui incombent.

Orienter ses reconnaissances nécessite de la part du COS de mobiliser ses connaissances sur le système feu et de son comportement selon la nature des volumes (type de locaux) et de l'activité qui y est exercée (principes de la prévention appliquée à l'opération PAO). Ces connaissances font l'objet de développements du premier chapitre de ce guide.

2. La ventilation opérationnelle – maîtriser les flux gazeux[16]

Un feu ventile, très bien, bien, peu ou très peu mais il ventile, faute de quoi il s'éteint.

La ventilation opérationnelle sur un incendie ne se résume pas à l'usage de moyens de ventilation mécanique par les sapeurs-pompiers. Il s'agit d'un concept qui permet trois actions principales (sans ordre chronologique) :

- Protéger (empêcher les fumées de venir dans un volume) ;
- Désenfumer (évacuer les fumées d'un local sans lien direct avec le local en feu) ;
- Attaquer (agir sur les fumées et le foyer ; canaliser leur propagation).

[16] Guide de techniques opérationnelles – La ventilation opérationnelle

Dans un souci d'exhaustivité, sous le vocable de **ventilation opérationnelle** on regroupera dans ce document **l'ensemble des actions entreprises par les sapeurs-pompiers qui concourent à maîtriser les flux gazeux dans la structure impactée par le feu donc la ventilation de celui-ci, qu'il s'agisse de son alimentation en air ou du rejet des gaz de combustion comme par exemple :**

- L'anti ventilation ;
- La VPP ;
- Le désenfumage naturel ou forcé ;
- La protection d'un volume par surpression ;
- …

La mise en œuvre d'une option de ventilation procède systématiquement d'un choix qui tient compte en premier lieu des objectifs que l'on cherche à atteindre. Ces objectifs seront réalisés par :

- La canalisation des flux (cloisonnement, ouvertures, fermetures) ;
- L'utilisation ou la limitation de tout ce qui influence les flux gazeux :
    - Le tirage (forces hydrostatiques qui sont la conséquence des développements de chaleur) ;
    - Des effets du vent sur le bâtiment ;
    - L'usage de ventilateurs.
- La limitation le cas échéant des pertes de charges aérauliques (obstacles dans le cheminement des gaz : air pulsé et/ou fumées et gaz poussés).

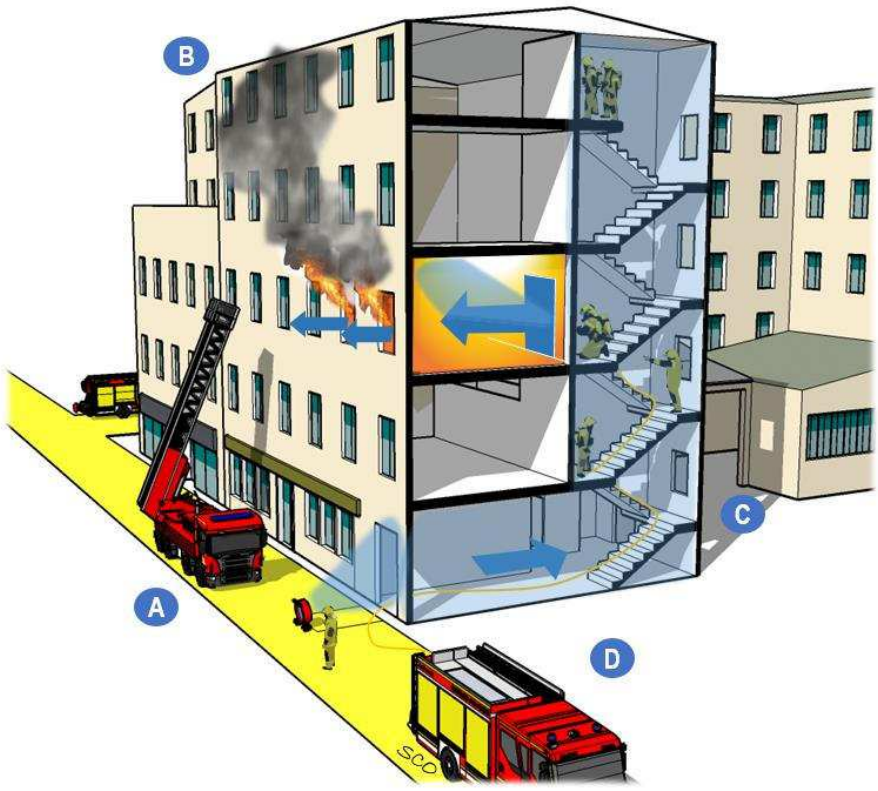


Schéma n°15 : exemple de ventilation opérationnelle

La ventilation opérationnelle peut être combinée avec d'autres techniques opérationnelles (exploration, sauvetage, lutte contre les propagations, lutte contre les foyers, protection, aide aux déblais).

A l'instar de l'utilisation des lances, les actions de ventilation opérationnelle sont adaptées au fur et à mesure de l'évolution de la situation.

3. Les sauvetages

3.1. Le sauvetage : des actions préalables ou concomitantes

Conséquence directe de l'objectif majeur de la préservation des personnes, **SAUVER** reste la priorité de l'engagement des sapeurs-pompiers.

L'objectif prioritaire est de préserver les vies, les autres objectifs étant de préserver les biens et l'environnement. Ils peuvent se décliner en sous objectifs incluant de façon non systématique l'extinction (l'auto extinction pouvant être une option possible).
En revanche la détermination des moyens permettant la sauvegarde des vies passe par des sous objectifs dont la réalisation de sauvetages, qui peut nécessiter une action préalable d'extinction ou de maîtrise du feu.

Le sauvetage consiste à extraire une personne soumise à un danger vital et imminent, alors que celle-ci ne peut s'y soustraire par ses propres moyens. Sans que l'on puisse tracer de frontières nettes entre ces deux notions, on distingue le sauvetage de la mise en sécurité qui consiste à éloigner des personnes d'une menace plus ou moins différée. On note que le sauvetage justifie et exige parfois une plus grande exposition au risque pour les sapeurs-pompiers, c'est la balance bénéfice/risque qui guidera le choix du COS.

Ces actions nécessitent l'utilisation de moyens facilitant l'accès aux volumes dans lesquels les victimes peuvent se trouver, mais aussi leur évacuation (moyens élévateurs aériens, échelles à main, lot de sauvetage et de protection contre les chutes, chaussette d'évacuation, …).

3.2. Les sauvetages à vue

Ils sont appelés ainsi quand les victimes sont visibles depuis l'extérieur. Ils nécessitent la plupart du temps l'emploi d'échelles à main ou de moyens élévateurs articulés (MEA), et parfois l'usage de lots de sauvetage. Le risque prépondérant dans ce type d'action est le risque de chute pour les victimes comme pour les sauveteurs. La rapidité d'exécution nécessaire impose de travailler avec un niveau de sécurité faible, qui doit être compensé par une aisance d'exécution rendue possible par une pratique régulière lors d'entraînements. Dans ceux-ci et encore plus dans les phases d'apprentissage la sécurité doit être rehaussée (prise en compte graduelle de la difficulté, échauffements préalables, intervenants assurés à l'aide des équipements appropriés...).

3.3. Les sauvetages en exploration

Il est parfois nécessaire d'accéder aux victimes par l'intérieur des structures en empruntant un itinéraire hostile (fumées, chaleurs...). Dans ces sauvetages le risque prépondérant auxquels sont exposés les sauveteurs est celui lié aux fumées et à la chaleur mais aussi aux risques d'effondrement. L'accès par le milieu hostile exige en premier lieu, que les sauveteurs disposent d'un moyen hydraulique adapté à leur mission, en particulier dans les locaux siège du foyer et ceux impactés par la convection des fumées et gaz chauds, mais aussi qu'ils possèdent une ligne de vie (ex. : le moyen hydraulique, une commande, une ligne guide, …).

L'extraction de la victime pourra se faire soit par l'itinéraire d'accès soit par un autre itinéraire jugé plus aisé ou plus sûr. La protection respiratoire de la victime doit être recherchée.

3.4. AIDES : Accéder, Isoler, Désenfumer, Explorer, Sauver (ou Sortir)

Cette technique de recherche et de sauvetage consiste en l'exploration pièces par pièces depuis l'extérieur (on ressort à l'extérieur du bâtiment entre chaque exploration) des locaux dans lesquels on peut suspecter la présence de victime.

Cette technique expose le sauveteur à un risque raisonnable qui peut devenir majeur si l'étape de l'isolement du feu par fermeture de la porte du volume donnant dans la circulation intérieure n'est pas réalisée rapidement après pénétration dans le volume. Elle est réservée à l'exploration de pièces de surfaces modérées comme des chambres à coucher par exemple comportant normalement qu'une porte intérieure.

3.5. Les mises en sécurité

Les mises en sécurité étant destinées à éloigner du danger des personnes non menacées immédiatement, doivent être réalisées dans les meilleures conditions de sécurité, il conviendra de choisir les tactiques les plus adaptées pour cela, comme par exemple une évacuation légèrement différée après assainissement des circulations, ou encore le confinement.

4. Actions contre le feu[17]

Si de façon très exceptionnelle, le feu peut être éteint sans recours à un agent extincteur, par étouffement (par exemple, un feu de corps gras dans une cuve de petite taille au moyen d'un couvercle ou d'une couverture d'extinction), dans une grande majorité des cas, c'est l'eau qui est utilisée.

Il est décrit au chapitre 1, la façon dont l'eau interagit avec le feu selon les modes d'application et d'extinction.

On distingue les méthodes couramment utilisées, de celles qui sont adaptées en fonction des spécificités techniques ou encore de la nature des matériels ou de l'agent extincteur utilisés :

- Extinction de gaines ou conduits, de four, de machines capotées… ;
- Additifs à l'eau d'extinction destinés au moussage de l'eau ou simplement à abaisser sa tension superficielle pour faciliter sa pénétration dans certains combustibles : bois, tissus, mousses… ;
- Procédés utilisant la haute pression et éventuellement des particules abrasives : perforation des murs et cloisons.

4.1. La lutte contre les propagations externes

Cette action défensive peut être réalisée selon trois sous objectifs différents :

- Lutter contre la propagation au niveau de la source. Il en est ainsi quand une pulvérisation est réalisée sur un sortant (ouverture par où s'échappent des fumées ou des flammes) ainsi dès leur émission hors du volume en feu, les produits de combustion sont refroidis ;
- Lutter contre les propagations en réduisant le flux de chaleur rayonnée. Il en est ainsi par exemple en faisant usage d'une lance "queue de paon" qui projette l'eau sous forme pulvérisée en un plan vertical que l'on interpose entre les flammes et les biens susceptibles de pyroliser puis de s'enflammer ;
- Lutter contre la montée en température des biens soumis au rayonnement en arrosant ceux-ci.

Le choix entre ces trois solutions ou de leur combinaison dépendra en grande partie de l'importance relative des surfaces ou volume de la "source" (flammes, fumées) et de la cible (bien menacé).

[17] Guide de techniques opérationnelles – Etablissements et techniques d'extinction

Notons au passage que bien qu'il ne s'agisse pas à proprement parler d'une "attaque du feu ou de ses manifestations (chaleur convectée ou rayonnée), l'éloignement du combustible est aussi une technique utilisable parfois dans la lutte contre les propagations.

4.2. La lutte contre les propagations internes

Sur le principe, elle peut revêtir les mêmes aspects, même si l'action sur le rayonnement n'est pas la plus utilisée. Elle impose de pénétrer dans le bâtiment (mais à l'extérieur du volume siège du feu).

Il est également possible de lutter contre les propagations internes en limitant la mise en œuvre d'agent extincteur dans les structures, en utilisant des sortants existants (exutoire) ou en les créant (trouée, …). Les produits de combustion sortent des locaux plutôt que de migrer horizontalement dans la structure.

4.3. Attaque massive depuis l'extérieur

Décrite comme une tactique agressive menée depuis une position défensive, cette attaque a vocation à être utilisée :

- Quand les enjeux matériels ne justifient pas l'exposition des personnels ;
- Quand la ventilation du feu n'est pas contrôlable (nombreuses ouvertures, toitures effondrées…) ;
- Dans des feux de volumes et surfaces importantes.

Elle nécessite des moyens hydrauliques importants, une grande partie de l'eau projetée n'étant pas efficace. Les débits utiles peuvent être estimés en proportion de la surface en feu et du potentiel calorifique présent, mais seront très souvent ajustés en fonction des points de pénétration, des angles d'attaque disponibles mais aussi souvent du débit disponible.

Il est parfois judicieux de concentrer des moyens sur une partie de la zone en feu pour réduire progressivement celle-ci plutôt que de projeter l'eau de façon répartie.

C'est notamment le cas lors de feux de grands volumes tels que les entrepôts pour lesquels, compte tenu du rayonnement important, empêche une projection d'eau suffisamment près du cœur du foyer. Les dispositifs mis en œuvre sur des moyens aériens n'ont alors que très peu d'efficacité et exposent les personnes et le matériel.

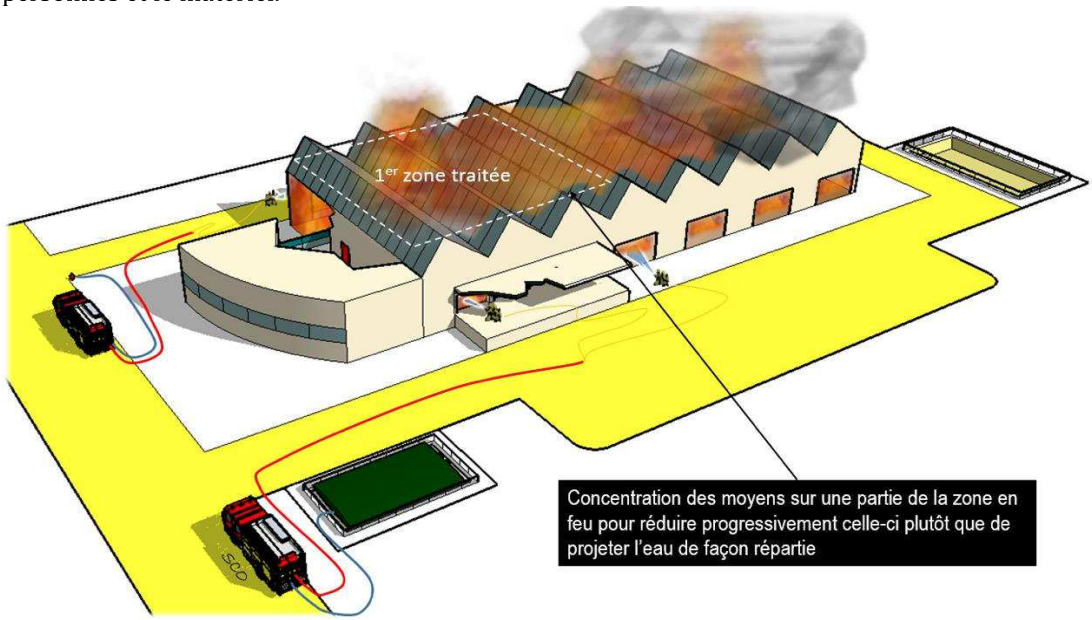


Schéma n°16 : exemple d'attaque massive

4.4. Attaque des feux naissants

Un feu pris à son départ, présente assez peu de dangers pour les intervenants et doit être, dans la mesure du possible éteint par une action rapide des personnes présentes, avant même l'arrivée des secours. Elles doivent pour cela disposer des compétences nécessaires à l'identification de la situation, la mesure des risques, mais également liées à l'utilisation appropriée des moyens mobiles d'extinction.

Lorsque la première équipe de secours arrive sur place alors que le feu est encore contrôlé par le combustible, là encore la rapidité est la caractéristique majeure de l'engagement. La protection est adaptée à la situation.

Cette tactique offensive atténue très rapidement les effets du feu et les moyens hydrauliques à utiliser, sont ceux qui permettent une attaque directe de quelques secondes à débit relativement faible (compte tenu de la faible puissance du feu).

4.5. Attaque menée avec "ventilation positive"

Menée au contact du feu, cette attaque est très agressive contre le feu dans la mesure où les SP bénéficient d'atouts importants dans la lutte : visibilité grandement améliorée, chaleur évacuée au-delà des SP… On la considérera comme une action offensive bien que l'on puisse remarquer que les SP ne sont normalement plus soumis aux risques présentés par les fumées.

L'eau sera utilisée essentiellement pour refroidir les surfaces soumises à la pyrolyse ou incandescentes.

Le refroidissement des fumées n'est généralement pas utile, puisque celles-ci quittent rapidement le volume.

Le débit d'application doit permettre de refroidir les matériaux en ignition et doit si possible éviter une accumulation d'eau au sol, qui pourrait engendrer d'autres dégâts.

Dans le choix du matériel, le débit communément utilisé est de l'ordre de 125 à 250L/min en particulier si l'apport d'oxygène créé par la ventilation active significativement le foyer. Il est également possible d'utiliser d'autres types de lance, à condition que leurs performances aient été évaluées et validées dans les conditions définies par le ministère chargé de la sécurité civile (Cf. paragraphe 4.10 du présent chapitre).



Le moyen hydraulique utilisé doit permettre de projeter l'eau en jet peu diffusé et en grosses gouttes, mais doit pouvoir protéger l'équipe engagé en cas d'évolution défavorable du feu (panne de ventilateur, porte qui se referme, coupant ainsi la veine d'air créée, …).

4.6. Attaque menée en "antiventilation"[18]

Tactique offensive qui consiste à priver le feu de son comburant, notamment en limitant les ouvertures entre le volume en feu et l'extérieur,

Cette tactique sera le plus souvent utilisée dans des situations où le feu était déjà sous ventilé avant leur arrivée.

[18] Guide de techniques opérationnelles – La ventilation opérationnelle

1er cas : l'attaque en antiventilation nécessite parfois que les équipes soient en zone de danger important. Ils sont soit dans le volume siège du feu, soit dans des circulations déjà enfumées. La progression dans ces circulations fait l'objet d'une sécurisation de la masse gazeuse au plafond (refroidissement et saturation en vapeur d'eau).

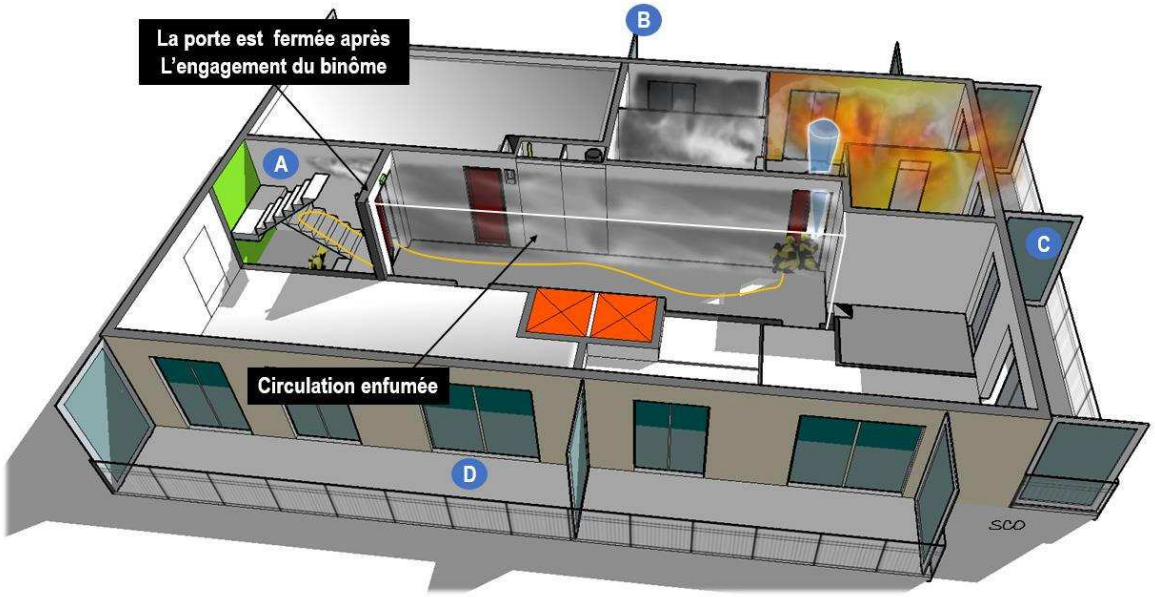


Schéma n°17 : Antiventilation lorsque l'équipe est dans le volume à traiter (siège du feu ou non)

2ème cas : l'attaque est menée depuis l'extérieur du local en feu. L'eau est appliquée par séquences "ouverture de porte/aspersion brève/fermeture".

Il est même possible de pratiquer une attaque en antiventilation depuis l'extérieur sans ouvrir la porte. Ceci peut être réalisé par l'utilisation de lances très hautes pression auto-forantes, des lances forantes à frapper ou encore des lances classiques après réalisation d'une trouée permettant le passage du jet.

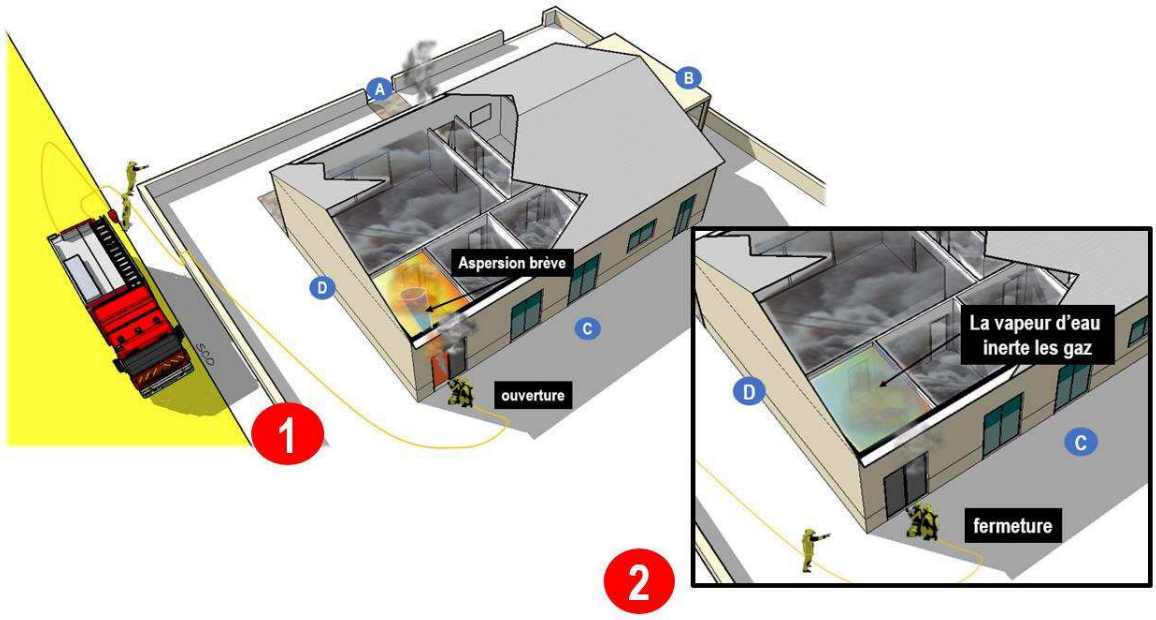


Schéma n°18 : Antiventilation lorsque les équipes sont à l'extérieur du volume à traiter

Le risque majeur (sur le plan thermique) est celui d'une inflammation brutale des fumées si la ventilation du feu devient trop forte. L'usage qui est fait de l'eau vise d'abord à inerter au maximum l'atmosphère par addition d'un gaz – ici la vapeur d'eau – qui diminuera la concentration en oxygène et en gaz de pyrolyse, maintenant le mélange en dehors de son domaine d'inflammabilité. Les quantités d'eau nécessaires sont extrêmement faibles (de l'ordre de quelques dizaines de litres d'eau vaporisée suffisent dans les volumes courants. Ce qui est aisément réalisable avec une LDV 500 utilisée avec un débit de l'ordre de 125 L/Min). La difficulté est d'obtenir cette vaporisation, surtout si les fumées et les surfaces sont peu chaudes.

Cette difficulté ne peut être compensée par une exagération des débits : arroser des murs tièdes ne produira aucune vaporisation supplémentaire.

L'usage de moyens permettant une pulvérisation fine sera un atout. La phase d'inertage sera nécessairement suivie d'une phase de mouillage des braises, car il est peu probable que l'on obtienne une extinction totale et rapide par le seul inertage. Des jets à très grosses gouttes sont requis avec des débits faibles. La difficulté de localiser les zones de combustion dans la fumée sera levée facilement avec une caméra thermique et par l'évacuation des fumées.



Si l'action réalisée n'est pas efficace et que des débits plus importants doivent être utilisés, cela signifie que le feu est peut-être plus ventilé qu'initialement considéré et qu'une approche différente de la situation doit être envisagée.

4.7. Attaque de transition

Appelée également atténuation, Cette technique désigne une attaque limitée en temps (de l'ordre de 10 à 15 secondes pour des volumes courants) menée de l'extérieur, destinée à réduire grandement la puissance du feu pour mener immédiatement derrière une attaque depuis l'intérieur (il s'agit donc d'un passage du mode défensif au mode offensif).

Le jet utilisé est un jet concentré dirigé depuis l'extérieur sur le plafond du volume en feu avec un débit important (permettant d'atteindre l'étage concerné). L'effet recherché est d'une part une vaporisation en partie haute et d'autre part une retombée en pluie sur des zones incandescentes, ce qui provoquera là encore une vaporisation et créera de l'inertage sur les parties du foyer non atteintes par l'eau. Des débits d'eau élevés sont requis car une partie faible de l'eau sera efficace, pour garantir une portée efficace et une diffusion après impact suffisante (de l'ordre de 250 à 500 L/Min avec un LDV 500, en fonction de la pérennité de l'alimentation en l'eau).

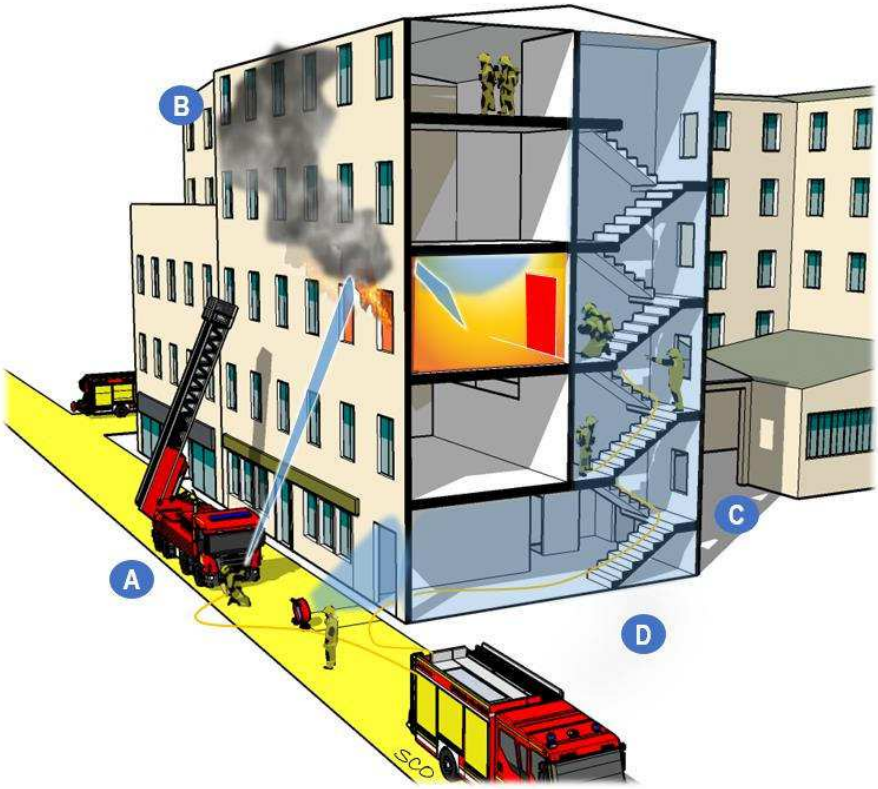


Schéma n°19 : Attaque de transition

4.8. Cas de l'impossibilité d'agir sur la ventilation

Les attaques des feux développés en croissance qui seraient menées de façon offensive sans maîtrise de la ventilation comportent des risques certains.

Leur mise en œuvre devrait rester exceptionnelle et ne peut se justifier que :

- Par l'absence d'alternatives plus sûres ;
- Par une balance bénéfice/risque qui reste favorable ;
- Un potentiel combustible limité.

L'absence de maîtrise de la ventilation impose de fait des débits disponibles importants mais l'excès de débit ne peut compenser le défaut de maîtrise de la ventilation car leur usage peut dans certaines circonstances mettre en danger les intervenants.

L'intervention de l'équipe peut devenir inefficace et dangereuse. Elle nécessite alors de se replier pour modifier le dispositif.

4.9. Repli défensif

Il ne s'agit pas d'une tactique choisie pour attaquer le sinistre mais d'une tactique adoptée en cours d'action pour passer du mode offensif à un mode plus défensif si les conditions s'aggravent pour les intervenants.

Ce repli se fait sous protection du moyen hydraulique, cette manœuvre n'est pas forcément très intuitive (elle impose par exemple un petit écartement entre les membres du binôme).

Les angles de diffusion du jet doivent être adaptés à la situation et dirigés naturellement vers la masse gazeuse au plafond et avec un débit important et des impulsions assez longues pour absorber un maximum d'énergie. Dès que possible, cette action doit être complétée par le cloisonnement du volume en feu (refermer la porte entre l'équipe et le feu).

4.10. Choix du moyen hydraulique

En fonction des différentes actions à mener décrites ci-dessus, les caractéristiques recherchées des moyens hydrauliques sont les suivantes :

Caractéristiques	Explications
Capacité de refroidissement des fumées et gaz chauds	L'eau finement divisée a une plus grande surface de contact avec les gaz chauds. Cette capacité de refroidissement dépend évidemment de la quantité d'eau utilisée.
Capacité à mouiller à cœur les matériaux	L'eau pulvérisée en grosses gouttes, facilite l'atteinte du cœur des matériaux en ignition ou des surfaces chaudes pour les refroidir ou pour produire de la vapeur d'eau (facilite l'inertage)
Forme du jet	L'angle d'ouverture du jet doit être adapté à l'objectif à atteindre et au volume à traiter : jet droit, jet diffusé d'attaque (30 à 60°), jet diffusé de protection (angle maximum).
Portée	L'eau projetée doit pouvoir atteindre des cibles hautes et/ou éloignées, les masses gazeuses chaudes ou encore les matériaux à refroidir. Cette portée dépend de la concentration du jet, mais aussi de la vitesse initiale de l'eau, en corrélation avec la pression.
Ergonomie (lance + établissement)	On recherche : • L'aisance à passer d'un débit et/ou d'une forme de jet à un autre est recherchée ; • La réduction de la fatigue des utilisateurs lors de l'établissement et durant l'action ; • La facilité à déplacer l'établissement tant lors d'une progression, que dans une phase de retrait.
Options opérationnelles	Face à certaines situations opérationnelles particulières, les moyens hydrauliques peuvent disposer de caractéristiques complémentaires, telle que : • La perforation de cloisons (auto perforantes haute pression, lances à frapper, …) ; • Lances permettant l'utilisation depuis le niveau inférieur ; • Lances utilisables en fixe (queue de paon, sur trépied, …) ; • …

Pour sa polyvalence et ses performances constatées vis-à-vis des caractéristiques décrites dans le tableau ci-dessus, le moyen usuel de lutte contre les feux de structure est la lance à débit et jet réglables : LDJR (appelée plus couramment lance à débit variable : LDV) dont le débit varie généralement de 125 à 500 L/Min.

Si la valeur exacte de 500 L/Min ne saurait être retenue ni comme un impératif absolu, ni comme une garantie de sécurité, l'ordre de grandeur parait encore pertinent, et les matériels en usage (correspondant à cette valeur prescrite) donnent satisfaction tant par le niveau de sécurité qu'ils procurent que par leur polyvalence d'emploi. Il est à noter que des débits de 400 à 500 l/mn sont communément utilisés dans bon nombre de pays.

Là encore, à l'instar de ce qui existe dans d'autres domaines tels que celui des émulseurs, rien ne s'oppose à opter pour un autre choix de matériels, à condition que leurs performances aient été évaluées et validées dans les conditions définies par le ministère chargé de la sécurité civile.

Cette performance s'appuie sur des critères tels que la capacité[19] :

- De refroidissement de gaz chauds ;
- D'atténuation du rayonnement ;
- De capter l'énergie.

Ces critères de performance et les conditions d'essai sont définis dans le référentiel technique élaboré et mis à jour par le ministère chargé de la Sécurité Civile.

Si le niveau de performance requis est atteint, le fait de pouvoir travailler à débit plus réduit permet alors de limiter les pertes de charges et/ou de réduire les sections de tuyaux et par conséquent les contraintes physiologiques associées. Elle permet aussi de réduire des risques de dégradations dues à l'eau.

Quoi qu'il en soit, il faut garder à l'esprit que l'outil le plus performant n'est rien dans les mains d'une personne qui ne dispose pas des compétences lui permettant d'optimiser son utilisation.

5. Les établissements[20]

Les établissements de tuyaux constituent une phase quasi systématique des opérations d'extinction, même si certaines extinctions peuvent être menées à l'aide de moyens fixes ou mobiles de l'immeuble concerné ou même des moyens mobiles portables (extincteurs, seaux pompes, couvertures...).

Les établissements de tuyaux sont destinés à permettre l'acheminement de l'agent extincteur aux lances, la plupart du temps de l'eau, éventuellement additivée.

Le choix des tuyaux et les méthodes d'établissements sont adaptés en fonction de la situation et de ses enjeux, mais aussi des contingences locales. Ces choix reposent sur les principes suivants :

- Acheminer l'agent extincteur le plus approprié (en général l'eau additivée ou non) ;
- Le faire dans les temps compatibles avec la cinétique de l'opération ;
- Préserver le potentiel physique des équipes pour favoriser la phase de lutte ;
- Anticiper l'évolution possible du sinistre et par conséquent les prolongements ou compléments à faire.

L'établissement idéal est donc celui qui répond au besoin, se fait rapidement et en sécurité, avec une économie de personnels et d'efforts.

Ceci a amené les sapeurs-pompiers à s'approprier et développer des techniques plus performantes.

Il existe une grande variété de méthodes et techniques d'établissements qu'il convient de choisir en fonction de la nature des risques à couvrir, mais aussi des contraintes de mise en œuvre.

Ainsi, les modes de conditionnement (tuyaux en couronne, écheveaux, en "O", en sac, sur dévidoir...) et les modalités afférentes, permettent de réaliser des établissements plus rapidement, avec moins de fatigue, tout en évitant la dissociation du binôme et en réduisant son temps de présence sans eau en zone d'exposition aux risques (au point d'attaque notamment).

---

[19]Voir le référentiel technique élaboré par le ministère chargé de la sécurité civile

[20] Guide de techniques opérationnelles – Les établissements et techniques d'extinction

Ils peuvent être plus ou moins pertinents selon la typologie des interventions locales.

En effet, outre les aménagements techniques potentiellement à opérer sur les engins de secours, certains nécessitent le développement des habiletés des équipes et par conséquent, la mise en œuvre d'une solide formation des équipes.

Les différents types d'établissements, les méthodes et techniques associées ainsi que les matériels nécessaires, sont décrits dans les fiches annexées au présent guide.

6. La protection

Les actions de protections revêtent une importance majeure car elles permettant d'éviter d'autres conséquences que celles qui sont directement liées à l'incendie (conséquences économiques par l'arrêt d'une activité et psychologiques par la perte potentielle d'un élément de mémoire collective ou privée).

6.1. Protéger de quoi ?

Dans ces actions de protection on peut différencier celles qui consistent à protéger des biens des effets directs du feu et des fumées, de ceux qui résultent de la lutte contre l'incendie tels que les dégâts des eaux et les éventuelles conséquences de la coupure de fluides (électricité, …).

6.2. Protéger comment et avec quoi ?

La protection peut concerner des biens manufacturés courants ou la construction même. Il s'agit là d'une valeur financière. Mais la protection peut concerner des biens dont la valeur est patrimoniale, historique, artistique. Au-delà de leur valeur d'assurance, la destruction de ces biens peut représenter une perte définitive pour la société.

La protection peut aussi concerner des biens et dont la valeur, essentiellement sentimentale, peut se révéler considérable pour les sinistrés.

Elle peut aussi avoir pour objet de préserver des biens matériels dont la perte peut entrainer une forte complication de la vie des sinistrés dans la phase de retour à la normale. Il peut s'agir d'objets tels des clefs, de documents administratifs, justificatifs... Ceci est vrai pour des particuliers mais bien sûr aussi pour des entreprises (fichiers clients, comptabilité...).

Enfin, la protection de l'Environnement se fait généralement en deux temps :

- La mise en place d'actions au cours de l'opération visant à canaliser les flux liquides et gazeux :
    - La gestion des eaux d'extinction par le confinement, voire la récupération en fonction du sinistre et des polluants concernés ;
    - La gestion des effluents gazeux potentiellement toxiques par la mise en place par exemple, de rideaux d'eau (générant de nouveaux effluents liquides potentiellement polluants) ;
    - Les mesures permettant de vérifier la présence ou non de polluants liquides ou gazeux ;
- La mise en place pour certains sinistres, dans les heures et jours qui suivent l'opération et en lien avec les services partenaires, des actions de mesure de pollution des sols et de l'atmosphère.

Là encore l'analyse systémique permet d'identifier des modes d'action portant sur la cible (déplacement de biens, isolement des points de captage d'eau potable, …), sur le flux (bâchage, endiguement, assèchement, mais aussi protection des fumées par la ventilation dès les premières phases de l'intervention).

6.3. Protéger quand ?

Quand l'eau ruisselle sur les biens à protéger, il est déjà trop tard. La protection peut être utile parfois même avant le début de l'extinction (œuvres d'art). C'est dès le début de l'intervention que la question se pose au COS.

7. Les déblais

Les déblais permettent de faciliter l'extinction et d'éliminer les risques de reprise du feu.

Les déblais sont propices aux expositions des personnels aux toxiques gazeux, aux accidents dus à la fragilisation des structures. D'autant plus que parfois ils sont effectués par des SP ayant participé aux phases initiales de l'intervention (fatigue, baisse de vigilance, difficulté à porter et faire porter l'ARI par exemple).

Des déblais trop poussés ont souvent comme conséquence de rendre très difficile l'expertise judiciaire mais aussi celle des causes et circonstances de l'incendie.

C'est pourquoi il est souhaitable que les opérations de déblais puissent être entreprises après un échange entre le COS, un officier formé et/ou sensibilisé à la RCCI (s'il en existe dans la structure), l'OPJ, voire éventuellement l'autorité judiciaire, le propriétaire, l'assureur...

Les SDIS ont vocation à orienter selon les circonstances locales les phases post extinction soit sur des déblais soit sur des déblais modérés et une surveillance accrue.

Le déblai est une phase accidentogène, les risques présents sur le site d'intervention persistent (ambiance toxique, effondrement de structure, risque électrique, risque de blessures…) alors que le niveau de vigilance des intervenants diminue (fatigue, baisse de vigilance, désengagement d'une partie des moyens). Des mesures de toxiques et polluants gazeux peuvent être réalisées ponctuellement ou en continu avec des appareils individuels ou collectifs éventuellement posés en balises. Sur ces indications la protection respiratoire pourra être adaptée afin de diminuer la contrainte physique. Le dispositif de protection des intervenants doit être évalué et maintenu durant cette phase.

Si l'objectif du déblai et d'atteindre l'extinction définitive du feu, la connaissance des matériaux et modes de construction est fondamentale pour orienter les choix méthodologiques et techniques.

La recherche peut être complétée par l'utilisation de détecteurs conventionnels tels que le détecteur CO pour les gaz de combustion.

8. La surveillance

La surveillance permet de s'assurer de l'absence de reprise de feux et aussi de s'assurer que des tiers ne viennent s'exposer aux risques avant que les sinistrés ou les services municipaux n'aient pu mettre en place les protections physiques et avertissements adaptés. Le gardiennage des lieux n'est clairement pas une mission des SDIS mais les COS se doivent d'éclairer les sinistrés, à défaut l'autorité locale sur les mesures qu'il convient de prendre pour éviter des accidents.

La surveillance doit être effectuée en continu sur le site, avec les moyens permettant de répondre à toute évolution défavorable de la situation. En situation courante, l'absence de point chaud vérifiée pendant une période de deux heures peut permettre au COS de considérer le feu comme totalement éteint.

Il est indispensable de ne pas sous-estimer le risque d'exposition à l'accident (chute, blessure, brûlure, …) ou aux toxiques (polluants de l'air et des surfaces souillées) pendant cette phase opérationnelle.

9. Le relogement

Souvent occulté dans les premiers temps de l'opération de secours, la problématique de relogement, bien qu'étant de la responsabilité du DOS, peut devenir un point sensible de l'opération, au détriment des autres actions.
Dès lors que le ou les logements impactés sont identifiés comme inutilisables (effets directs du feu : fumées, suies, … ; ou indirects : stabilité de l'édifice, absence d'énergies, …), le COS devra en informer au plus tôt le DOS.

Les gaz de pyrolyse (potentiellement inflammables) et gaz de combustion (potentiellement toxiques) doit doivent être systématiquement recherchés dans l'ensemble de la structure avant de quitter les lieux de l'intervention.

La présence visuelle de fumées doit être considérée comme dangereuse :

- Les fumées blanches ne pouvant être expliquées par des actions d'extinction (vapeur d'eau) doivent être considérées comme étant le résultat d'une pyrolyse. Une fumée jaunâtre est un indicateur plutôt fiable de la présence de celle-ci ;
- Une fumée blanche dont la présence peut être expliquée par la réalisation d'une action d'extinction, n'est pas pour autant considérée comme étant sans risques.

10. La réhabilitation des hommes et le reconditionnement du matériel

Les actions liées à cet aspect de l'opération sont initiées sur les lieux et se poursuit au centre d'incendie et de secours.

Les préconisations pour les équipes potentiellement exposées sont précisées dans le « guide de doctrine relatif à la prévention contre les risques de toxicité liés aux fumées ». A ce titre, voici la partie (3 c. i) du GDO relative à une réhabilitation sur place :

« Un nettoyage maximum des EPI et matériels est préconisé sur les lieux des opérations, afin de limiter tout transfert dans le véhicule et exposition des sapeurs-pompiers.
Le COS doit envisager, en fonction de l'appréciation des risques, une adaptation du mode de nettoyage selon les 4 options possibles :

- *Le nettoyage n'est pas nécessaire ;*
- *Le degré de souillure est superficiel : un nettoyage par brossage léger à sec est à réaliser avec une brosse à poils doux et* ***complété si besoin*** *par un rinçage léger en jet diffusé à débit minimum avec la lance du dévidoir tournant ;*
- *Le degré de souillure est important et présence de dépôts gras : dans ce cas, le brossage léger est réalisé avec de l'eau savonneuse, complété par un rinçage léger comme décrit au point précédent. Le nettoyage des différents matériels sera réalisé selon le même protocole ;*
- *Si le niveau de souillure est trop élevé, si les conditions climatiques ne le permettent pas, ou si le COS fait le choix de ne pas nettoyer sur place, les matériels et EPI sont emballés avant de rejoindre la zone de soutien préalablement au retour vers le lieu chargé du nettoyage et de l'entretien.*

Le déshabillage des personnels ayant des tenues et équipements souillés doit être réalisé en amont de la zone de soutien par des sapeurs-pompiers disposant d'une protection respiratoire (FFP3, masque à cartouche filtrante ou ARI), oculaire et cutanée adaptée au niveau de souillure et des gants à usage unique.

Un lavage systématique des mains et des effets chaussants doit être effectué avant de réintégrer le véhicule. »

11. La préservation des traces et indices

La préservation des traces et indices contribue à répondre à trois principaux objectifs :

- Faciliter l'identification de la manière dont le feu a débuté et s'est propagé. Il s'agit là d'un aspect rentrant dans un processus qui contribuera à déclencher de manière précoce le système assurantiel, voire juridique, permettant au sinistré et aux potentielles victimes de revenir plus rapidement à une situation acceptable ;
- Identifier les comportements ou les équipements à risques (améliorer l'éducation des populations et participer à l'évolution des technologies) ;
- Alimenter le retour d'expérience et l'amélioration continue des pratiques de la communauté des pompiers (français et internationaux).

Dans le domaine judiciaire, la preuve pénale s'est longtemps appuyée sur le témoignage et l'aveu. Progressivement, l'avancée de la science et des technologies a permis d'accorder toute l'importance qu'elle mérite à la preuve technique ou scientifique, c'est-à-dire celle déduite de l'analyse des traces et indices.

Dans le domaine de l'incendie, la situation est similaire : l'émission d'une hypothèse de cause et de circonstances d'un départ de feu résulte en particulier de l'observation, de l'analyse et de l'interprétation des traces et indices.

La complexité de l'analyse d'une scène d'incendie est donc d'autant plus importante que son niveau de destruction est avancé, que cela résulte du fait de l'incendie lui-même, ou bien des personnels intervenants (sapeurs-pompiers, forces de l'ordre, …), de tierces personnes (témoins, sinistrés…) ou encore des investigateurs post-incendie eux-mêmes.

La préservation des traces et indices (PTI) a donc pour objectif de limiter l'altération d'une scène d'incendie ainsi que sa contamination. Elle repose en particulier sur l'observation et la mémorisation, le déblai temporisé et/ou le déblai adapté. Elle est essentielle pour contribuer à l'efficacité des acteurs impliqués dans la recherche des causes et des circonstances du sinistre, et répondre ainsi, de façon optimale, tant aux besoins liés à la justice qu'à ceux liés à la prévention.

Elle est d'autant plus efficace qu'elle est pratiquée de façon précoce par le COS et les équipes engagées qui doivent veiller à préserver, dans la mesure où cela ne nuit pas à la qualité de l'opération de secours, tout ce qui peut faciliter le travail d'analyse post-opération.

En compléments des équipes de secours qui doivent être sensibilisés à ces pratiques, certains SIS s'appuient sur des sapeurs-pompiers investigateurs qui pratiquent la recherche des causes et circonstances de l'incendie (RCCI) et disposent d'outils permettant d'analyser de manière plus précise, ces aspects de l'intervention.

Toutefois, si les circonstances ne permettent pas de préserver ces éléments, notamment parce que le déblai, nécessaire à la parfaite extinction du feu, aboutira à leur disparition ou leur dégradation, les équipes doivent veiller, dans le mesure du possible, à les recueillir en amont.

Enfin, l'analyse des activités des équipes (avec ou sans sapeurs-pompiers investigateurs) et grâce à la protection des traces et indices, permettra de contribuer efficacement au retour d'expérience décrit dans le prochain paragraphe. Elle participe au maintien et au développement des compétences des équipes, mais aussi de manière plus générale, à la démarche d'amélioration continue de la gestion du risque incendie.

BIBLIOGRAPHIE

Compréhension du système feu :

Code général des collectivités territoriales
Code de la sécurité intérieure
Code de la construction et de l'habitation

Traité de physique du feu pour l'ingénieur (tome 3 du traité de physique du bâtiment) de Michel CURTAT. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment 4 avenue du recteur Poincaré F-75782 Paris cedex 16.

Enclosure fires. Lars-Göran Bengtsson - Swedish Rescue Service Agency

Compréhension du système feu – Nicolas STRUSKI – Editions Alpha T2

Santé et sécurité en intervention :

Effets du feu sur les personnes - Eric GUILLAUME - Document LNE : G020284/C672X01/CEMATE/1 - Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE) Juillet 2006
Méthodologie expérimentale pour la détermination des limites d'emploi des équipements de protection individuelle des sapeurs-pompiers – Application à la lutte contre le feu par des essais sur l'Homme en conditions opérationnelles - Françis JACQUES - Ecole Nationale Supérieure des Mines - Juin 2008
Ambiances thermiques : travail en période de fortes chaleurs - GANEM Y., MEYER J.P., LUZEAUX N. et al - Documents pour le Médecin du Travail - INRS - n°97 p51-68 2004
Le soutien de l'intervenant : management de la santé et de la sécurité en opération - Djamel Ben Mohamed; Pascal Davy; Jacques Koessler et al - Edition Carlo Zaglia, Collection Les cahier du savoir - 2017 - ISBN: 979-10-91811-40-8
« Le soutien de l'intervenant » de Djamel Ben Mohamed aux éditions Carlo Zaglia
Rapport de mission sur la sécurité des sapeurs-pompiers en intervention - Christian POURNY - Ministère de l'intérieur - Décembre 2003

Siddall, A. G., R. D. Stevenson, P. F. Turner, K. A. Stokes, and J. L. Bilzon. 2016. "Development of role-related minimum cardiorespiratory fitness standards for firefighters and commanders." Ergonomics 59 (10):1335-1343. doi: 10.1080/00140139.2015.1135997.

Sothmann, M. S., K. Saupe, D. Jasenof, and J. Blaney. 1992. "Heart rate response of firefighters to actual emergencies. Implications for cardiorespiratory fitness." J Occup Med 34 (8):797-800.

Annexe A :
Fiches scientifiques : compréhension du système feu et effets sur l'homme

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SÉCURITÉ CIVILE ET DE LA GESTION DES CRISES	**Guide de doctrine** **Lutte contre l'incendie** **Fiche scientifique :** ***Compréhension du système feu***	**FSCI-CSF**
Références : Chapitre 1, section 1		

Objectif des fiches scientifiques

Le guide de doctrine opérationnelle sur les feux de structure reprend le minimum des connaissances que les sapeurs-pompiers doivent aujourd'hui s'approprier, pour décliner localement les principes généraux de la lutte (de l'analyse des risques, au déploiement de la stratégie).

Pour ceux qui souhaitent aller plus loin, voire engager des travaux de recherche et développement sur ce thème, il convient de préciser un certain nombre de concepts scientifiques, en appui du premier chapitre du guide de doctrine opérationnelle.

Ces fiches, relatives à la compréhension du système feu », sont une synthèse des connaissances scientifiques consensuelles dans ce domaine. Elles sont réparties en treize items :

- FSCI-CSF-1 - Notion de transferts thermiques et pyrolyse ;
- FSCI-CSF-2 - Mélange et inflammation des gaz ;
- FSCI-CSF-3 - Réaction de combustion et types de flammes ;
- FSCI-CSF-4 - Puissance d'un feu ;
- FSCI-CSF-5 – Les dangers des fumées ;
- FSCI-CSF-6 - Les régimes de feu ;
- FSCI-CSF-7 - Système feu et modèle de Thomas ;
- FSCI-CSF-8 - Les effets de l'eau ;
- FSCI-CSF-9 - Principes d'interruption de la réaction en chaine ;
- FSCI-CSF-10 - Les embrasements généralisés éclair ;
- FSCI-CSF-11 - Les explosions de fumées ;
- FSCI-CSF-12 - Les inflammations de gaz issus d'un incendie ;
- FSCI-CSF-13 - les feux pilotés par le vent.

Ces fiches ont vocation à vivre, notamment à travers les travaux de recherche et développement, mais aussi des éventuels retours des SIS.

Fiche scientifique : *Notions de transferts thermiques et pyrolyse*

1. Rappels

1.1. La matière et ses états

La matière est constituée d'atomes qui, dans certain cas, peuvent s'organiser en molécules (par exemple l'eau, l'oxygène…). La matière se retrouve dans trois états :

- L'état solide, caractérisé par une forme et un volume propre,
- L'état liquide, caractérisé par un volume propre mais sans forme propre,
- L'état gazeux, induisant ni volume ni forme propre.

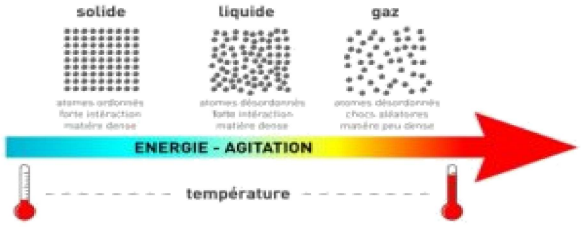
La composition de la matière peut évoluer par des réactions de changement d'états (ex : passage de l'état solide à l'état liquide puis gazeux) ou par des réactions chimiques impliquant un ou plusieurs composés. Pour simplifier, les réactions chimiques se composent de réactions de craquage qui permettent de rompre des liaisons entre atomes et des réactions de réarrangement qui permettent de produire de nouvelles liaisons. A partir d'anciens composés (réactifs), ces réactions chimiques forment de nouveaux composés (produits).

1.2. Energie, chaleur et température

En physique, la notion d'énergie peut être considérée comme une capacité à modifier un état, à produire un changement. L'énergie peut être de différents types (nucléaire, électrique, magnétique, mécanique…). L'énergie thermique peut être transférée d'un point A à un point B sous forme de chaleur. Le transfert d'énergie thermique se fait toujours des zones de hautes énergies vers les zones de basses énergies, c'est-à-dire du chaud vers le froid. La quantité d'énergie ainsi transférée s'appelle un flux.
La température est une grandeur représentative du degré d'agitation des molécules. Elle est liée à une quantité d'énergie présente dans la matière. En apportant de l'énergie thermique à la matière, la température augmente ce qui signifie que le mouvement des atomes qui composent la matière est plus important. Cependant, attention, à température égale deux matières différentes (par exemple du fer et du verre) n'auront pas la même énergie.

1.3. Changements d'états de la matière

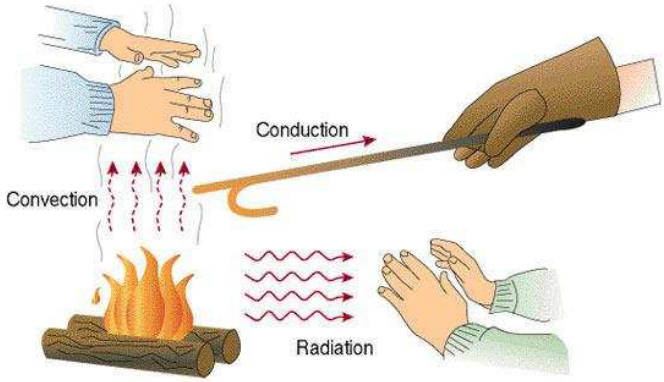
Prenons l'exemple de l'eau. Nous avons vu que plus les molécules, qui constituent la matière, sont agitées plus la température du corps est élevée. Sous forme de glace, l'eau est solide et sa température basse (< 0°C). Dans ce cas, l'énergie thermique qui provoque l'agitation n'est pas suffisante pour rompre les liaisons entre les molécules d'eau. Ainsi, Les molécules s'agitent autour d'un point fixe. Si la température augmente (0°C < T°C < 100°C), l'eau change d'état et devient liquide. Dans ce cas, l'agitation est suffisamment importante pour que les molécules soient mobiles les unes par rapport aux autres mais elles restent liées. Si de l'énergie est apportée à cette eau liquide, sa température continuera d'augmenter (> 100°C) et elle changera à nouveau d'état pour devenir un gaz. Les molécules ont alors rompu leurs liaisons et sont mobiles et quasi-indépendantes. La figure suivante illustre cette agitation et ces changements d'état en fonction de l'augmentation de la température.



Il peut en être de même pour tout solide se voyant apporter de l'énergie. Si un morceau de bois est soumis à une source de chaleur suffisante, une agitation moléculaire va s'effectuer dans le matériau et pourra engendrer un cassage des molécules. Des molécules plus légères vont alors être créées et pourront entrer dans la constitution des gaz émanant du bois.

2. Notions de transferts thermiques

La chaleur peut se transmettre au matériau de différente façon. On distingue alors trois modes de transferts de la chaleur : la conduction, la convection et le rayonnement.



2.1. Conduction

La conduction est un mode de transfert thermique provoqué par une différence de température entre deux régions d'un même milieu (ou entre deux milieux en contact) et se réalisant sans déplacement globale de matière à l'échelle macroscopique.
Il a été abordé la notion de mouvement des molécules dans les solides lorsque de la chaleur est apportée à un solide. La température traduit l'agitation moléculaire et lorsque la chaleur se propage de proche en proche dans le matériau, il s'agit de transfert thermique par conduction.
Une barre métallique traversant deux pièces dont l'une subi un incendie, pourra par exemple initier un incendie en conduisant la chaleur jusque à la pièce voisine.

2.2. Convection

La convection désigne les mouvements internes d'un fluide et qui impliquent le transport des propriétés de ce fluide. En situation d'incendie, elle correspond à la transmission de l'énergie thermique d'un fluide à une surface.
Lorsque l'on dispose sa main au-dessus d'une flamme de bougie, le transfert thermique de l'air chaud à la main s'effectue principalement par convection.

2.3. Rayonnement

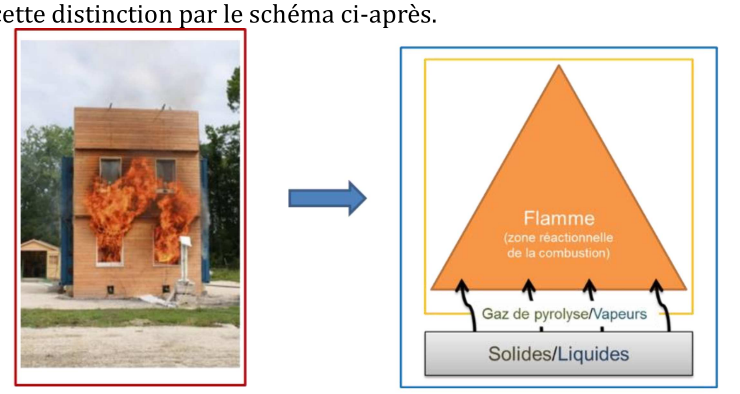
Le rayonnement correspond au processus d'émission ou de propagation de l'énergie impliquant une onde électromagnétique. Il ne nécessite pas de contact matériel à l'inverse des deux modes de propagation de la chaleur précédents.
Le rayonnement varie en fonction de la température du corps considéré. Ce dernier sera prépondérant lors d'incendies et pourra jouer un rôle dans l'inflammation de cibles éloignées.

3. La pyrolyse

3.1. Vocabulaire

Il est nécessaire de distinguer la notion de combustion des notions de feu et d'incendie. La combustion est une réaction chimique (d'oxydo-réduction) exothermique (qui dégage de la chaleur) entre un combustible et un comburant (en général l'oxygène de l'air). Elle peut se dérouler en phase gazeuse et se traduit généralement par une flamme. Elle peut également se dérouler sans flamme, il s'agit du phénomène de *smoldering* (couramment appelé le feu couvant, ayant pour exemple la consumation d'une cigarette, les braise d'un barbecue).

De manière générale, la combustion est donc la réaction chimique se déroulant entre les gaz émis par la décomposition thermique d'un matériau et un comburant. Cette réaction est initiée par une énergie d'activation.
Normativement (ISO 13943), 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. L'incendie revêt quant à lui un caractère accidentel, non maîtrisé, situation sur laquelle les sapeurs-pompiers sont amenés à travailler.
Les gaz de combustion peuvent avoir diverses origines. Ils peuvent être industriels comme c'est le cas du gaz de ville, ils peuvent être issus d'un changement d'état comme l'évaporation d'un alcool ou ils peuvent être issus d'une réaction chimique comme c'est le cas avec la pyrolyse des solides.
On peut représenter cette distinction par le schéma ci-après.



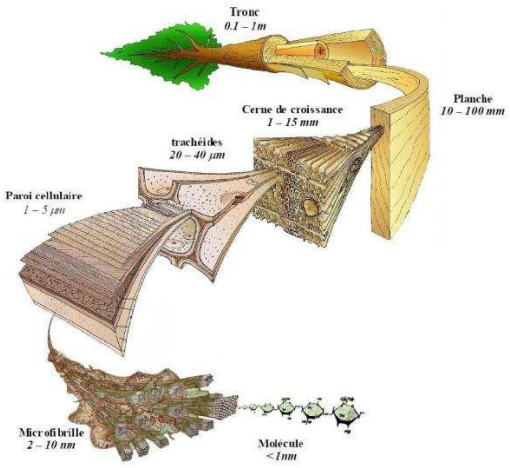
Incendie
(feu + paramètres de son environnement, caractère accidentel)

Phénomène « feu »
(implication d'un solide ou d'un liquide générant des gaz combustibles)

3.2. Pyrolyse

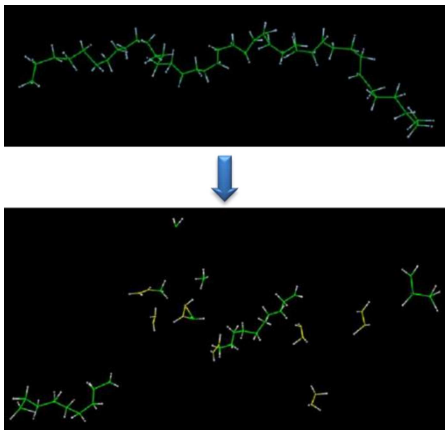
Dans les applications opérationnelles rencontrées lors d'incendies par les sapeurs-pompiers, le combustible gazeux qui brûle pour former la flamme est le plus souvent issu de la décomposition d'un solide. Comme cela a été mentionné précédemment, un solide peut réagir si on lui apporte suffisamment d'énergie. Des réactions de craquage des molécules qui le composent ont alors lieu et c'est ce processus de décomposition, couramment appelé pyrolyse, qui sera détaillé dans cette partie.

Comme cela a été mentionné dans la partie relative à la matière et ses états, les molécules constitutives des solides sont fortement liées entre elles. Lorsque de la chaleur est apportée à un matériau, ses molécules se mettent en mouvement. Lorsque la quantité d'énergie apportée au matériau dépasse l'énergie de liaison de ses molécules, ces dernières se cassent pour donner d'autres produits. La quantité seuil d'énergie à apporter pour entamer ce processus est l'énergie d'activation du solide. Le schéma ci-dessous permet de prendre conscience de l'échelle à laquelle se déroulent les réactions. On peut en effet constater que les molécules constitutives du bois seront d'une taille inférieure au nanomètre.



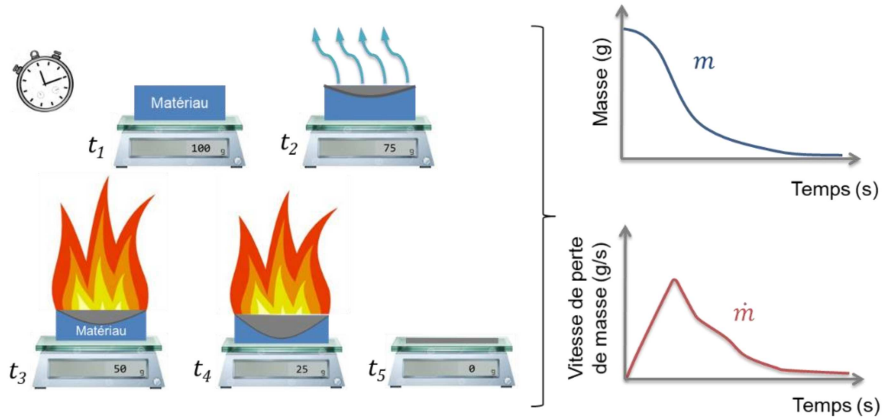
(Rousset, 2004)

Les chaines moléculaires sont alors cassées sous l'effet de l'agitation comme cela peut être illustré sur la figure suivante issue d'une modélisation.



(Nyden et al., 2004)

Le solide peut alors se transformer en liquide puis en vapeur (pour certains plastiques par exemple) ou directement se décomposer sous forme de gaz. Ces gaz vont ensuite migrer vers le haut et constituer une phase gazeuse qui se mélange avec l'air. L'apport d'une seconde énergie d'activation à ce mélange peut donner naissance à la réaction de combustion qui donnera lieu à la flamme.
Au cours de sa décomposition thermique, un solide va alors perdre tout ou partie de sa masse. Cette perte correspond à la quantité de gaz émis pour brûler. La figure ci-dessous permet d'illustrer la perte de masse au cours du temps d'un matériau soumis à un apport de chaleur. En mesurant cette perte et en connaissant les propriétés énergétiques de ce que dégage le solide, il est possible de déterminer la puissance dégagée (la quantité d'énergie libérée par le feu au cours du temps).

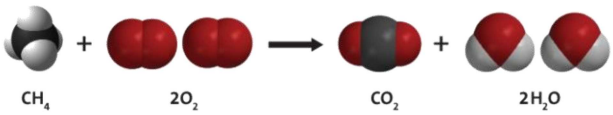


Cette fiche a vocation à évoluer au fur et à mesure des avancées scientifiques		
Version 1	Créé le :	28/03/2018
Version X	Modifiée le :	

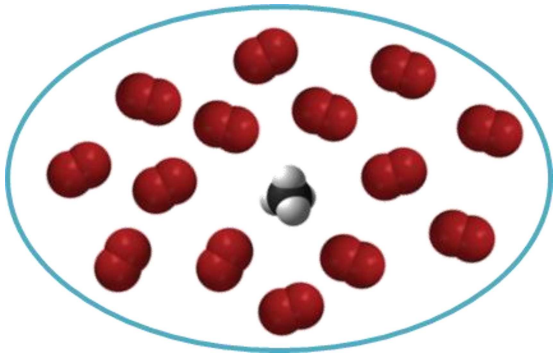
1. Mélange gazeux

1.1. Stœchiométrie et richesse de mélange

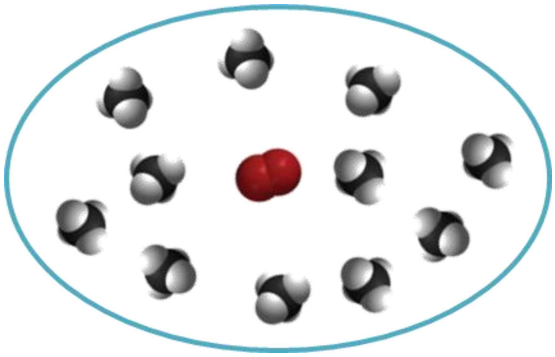
Le mélange combustible/comburant s'enflamme au contact d'une source d'allumage (l'énergie d'activation du gaz) mais il convient que ce mélange soit réalisé dans des proportions adéquates. La combustion complète du méthane est représentée par la réaction ci-dessous. On parle de réaction complète lorsque tous les réactifs, à gauche, sont consommés pour donner des produits, à droite. Il s'agit alors d'une réaction dite « stœchiométrique ».



Cependant, obtenir un mélange parfait à la stœchiométrie en conditions réelles de feu est presque impossible. Hors stœchiométrie, nous pouvons quand même avoir une inflammation mais à condition que les concentrations en combustible ou en comburant ne s'éloignent pas trop du mélange parfait.
Ainsi, dans notre exemple ci-dessus, un mélange combustible/comburant contenant trop ou pas assez de méthane ne sera pas susceptible de s'enflammer même en présence d'une source d'allumage. Pour reprendre schématiquement cet exemple du méthane, les deux mélanges ci-dessous ne sont pas inflammables.



Mélange 1



Mélange 2

Par rapport à la stœchiométrie, le mélange 1 comporte beaucoup trop de dioxygène et trop peu de méthane, la réaction ne peut donc pas s'établir. Dans le mélange 2, à l'inverse, la quantité de dioxygène est trop peu importante en comparaison à la quantité de méthane et la réaction est également impossible. Le mélange 1 est dit « pauvre » (pauvre en combustible par rapport à la stœchiométrie) et le mélange 2 est dit « riche » (riche en combustible par rapport à la stœchiométrie).
En s'approchant de la stœchiométrie, le mélange va devenir inflammable. Dans la partie suivante, nous aborderons la limite entre zone inflammable et non-inflammable.

1.2. Limites d'inflammabilité

Si la concentration de combustible (méthane) est augmentée dans le mélange 1 et diminuée dans le mélange 2, ces derniers vont franchir des seuils limites à partir desquels l'inflammation pourra se produire. Ces deux seuils sont définis théoriquement et expérimentalement pour les gaz courants et peuvent être déterminés pour des mélanges de gaz.

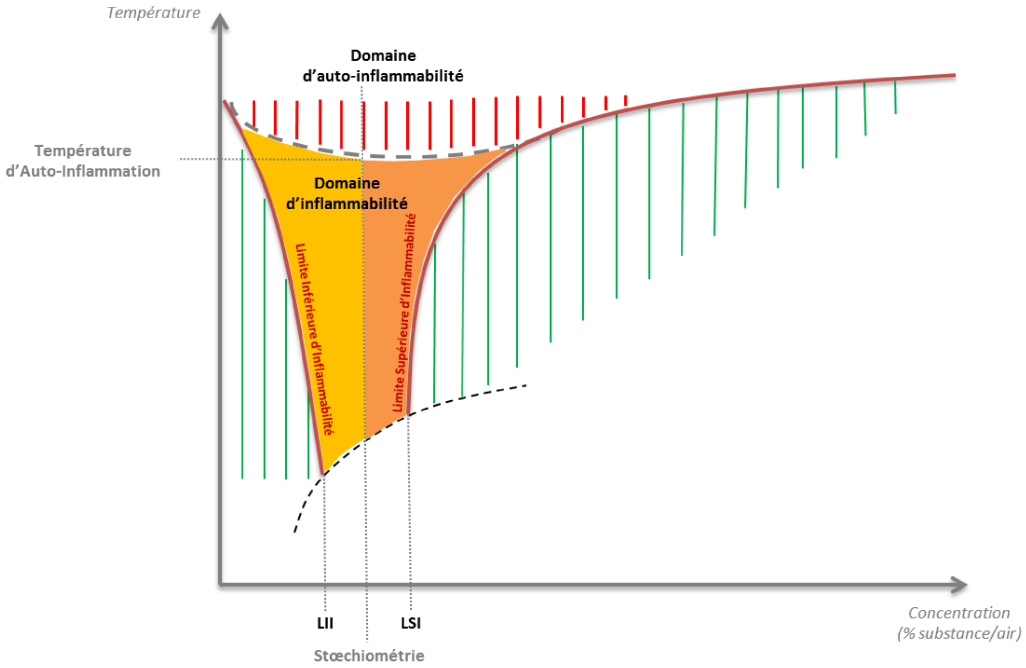
Ces seuils sont appelés limites d'inflammabilité, la limite basse (mélange pauvre en combustible) étant nommée Limite Inférieure d'Inflammabilité (LII) et la limite haute (mélange riche en combustible), la Limite Supérieure d'Inflammabilité. En dehors de ces limites, un gaz n'est pas susceptible de s'enflammer malgré l'apport d'une énergie d'activation alors qu'à l'intérieur de ces limites, le mélange est considéré comme inflammable. On parle alors de domaine d'inflammabilité. Ce domaine est représenté grâce à la figure ci-dessous.



La LII et la LSI d'un gaz sont généralement donnée en pourcentage volumique de gaz dans l'air. Pour le méthane par exemple (à pression atmosphérique normale) :

- LII : 4,4 %
- LSI : 17 %

Dans de nombreux documents ou sur certains appareillages, cette notion est apparentée ou non à la notion de limite (inférieure ou supérieure) d'explosivité (LIE, LSE). Dans les faits, ces notions sont légèrement différentes puisque les limites d'explosivité sont contenues dans les limites d'inflammabilité. Se conférer à la LII et à la LSI permet donc un dimensionnement majorant et plus sûr.
Pour résumer, la stœchiométrie et les différentes limites définissent la réactivité d'un mélange. En dehors de ces limites le mélange n'est pas réactif. Dans le cadre des limites inférieure et supérieure, le mélange est réactif et plus les concentrations s'approchent de la stœchiométrie, plus le mélange est réactif. Cette réactivité donne une idée de la dangerosité d'un mélange. En effet, plus les concentrations s'approchent de la stœchiométrie et plus les réactions sont rapides et produisent une quantité importante d'énergie. Toutefois, il est à noter que la concentration n'est pas le seul facteur à influencer cette réactivité.
En effet, si la pression ou la température du gaz sont élevées, le domaine d'inflammabilité s'élargit car ces deux facteurs influencent la réactivité d'un mélange. Ainsi, les courbes ci-dessous représentent l'évolution des limites pour un gaz en fonction de la température de celui-ci.

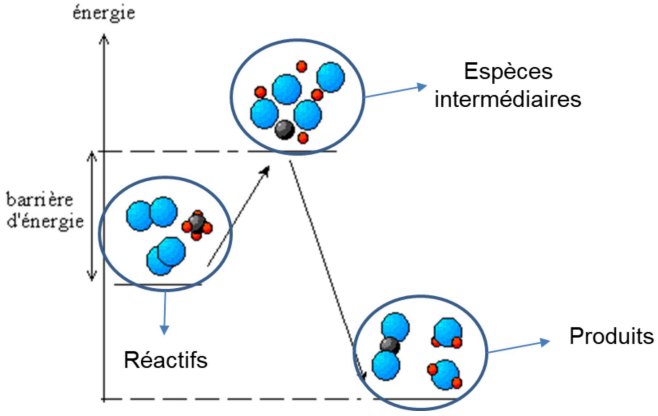


1.3. Exemple d'application

Le *backdraft* est un exemple d'application de la notion de richesse de mélange et de passage de la limite supérieure d'inflammabilité. Dans une pièce close en feu, la combustion est fortement incomplète et émet des gaz chauds imbrûlés. Au fur et à mesure du développement du sinistre, la flamme disparaît ou régresse, faute d'oxygène : le mélange gazeux dans la pièce est alors au-dessus de la LSI, en dehors de son domaine d'inflammabilité. A la rupture du confinement (bris de fenêtre, ouverture de porte), l'air entrant apporte l'oxygène manquant et peut ramener ainsi le mélange en dessous de sa LSI. Ainsi, dans le local, l'énergie (par exemple sous forme de petites flammes), les gaz combustibles et le comburant sont présents. Par conséquent, tous les éléments du triangle du feu sont réunis pour que l'inflammation ait lieu.

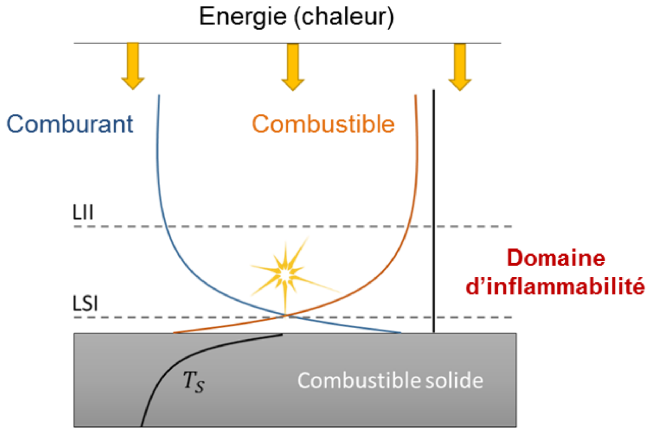
2. Energie d'activation des gaz

Un mélange réactif n'est susceptible de s'enflammer que si une énergie d'activation suffisante est apportée au combustible et au comburant. Pour illustrer l'action de l'énergie d'activation sur le mélange gazeux, il est une nouvelle fois nécessaire de s'attarder sur l'échelle moléculaire. Les gaz réactifs sont constitués de molécules qui doivent se réarranger au cours de la réaction pour donner lieu à des produits. Les atomes des réactifs sont liés entre eux pour former les molécules et une certaine énergie est donc nécessaire à cette liaison. Pour se réarranger en produits, les réactifs doivent cependant être dissociés. Il est donc nécessaire d'apporter aux molécules réactives une énergie supérieure à celle qui lie leurs atomes. Cette énergie est appelée l'énergie d'activation. Avant de se réarranger en produits, les atomes dissociés sont donc dans un état intermédiaire ou des espèces très réactives peuvent être formées. Il s'agit de radicaux. Le schéma ci-après illustre l'importance de l'énergie d'activation pour initier la réaction.



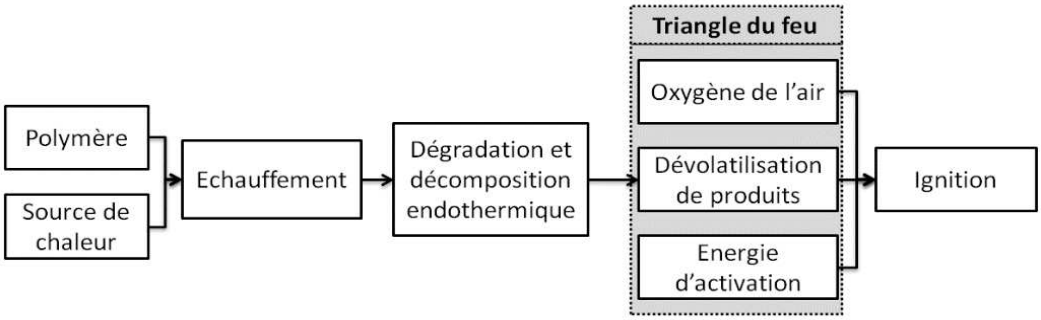
3. Inflammation des solides

Dès lors que des gaz sont produits à partir du solide, ils migrent à la surface du matériau et se mélangent à l'air ambiant. Le mélange atteint alors sa limite inférieure d'inflammabilité et peut être enflammé par une source d'énergie. Pour reprendre les notions étudiées dans ce document, le schéma suivant illustre la situation de l'inflammation au-dessus d'un combustible solide.



En résumé de la fiche relative à la pyrolyse et de la présente fiche scientifique, le schéma ci-dessous représente le processus global de décomposition et d'initiation de la réaction de combustion en surface du solide sous réserve d'un apport énergétique au mélange combustible + comburant. Si un apport d'énergie suffisant est nécessaire à l'initiation des réactions de craquages dans le solide (pour entamer la pyrolyse), un seuil doit également être franchi pour enflammer le mélange de gaz en surface. Ce seuil est caractérisé

par l'énergie d'activation des gaz décrit ci-dessus.



L'inflammation des gaz de pyrolyse d'un solide peut être liée à une source d'énergie externe (une étincelle par exemple) mais elle peut également être liée à l'échauffement du solide en lui-même. On parle alors d'auto-inflammation.

Cette fiche a vocation à évoluer au fur et à mesure des avancées scientifiques		
Version 1	Créé le :	28/03/2018
Version X	Modifiée le :	

Fiche scientifique :
Réaction de combustion et types de flammes

1. Notions de combustion

1.1. Réaction chimique

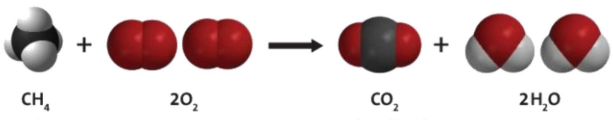
La combustion met en présence des réactifs (le combustible et le comburant) qui se réarrangent sous l'effet de la chaleur pour donner des produits. Il est alors possible d'écrire la relation suivante pour caractériser la combustion :

$$Combustible + Comburant \rightarrow Produits\ de\ combustion$$

Cette réaction a néanmoins besoin d'être initier pour se produire. En prenant l'exemple d'un bec bunsen virole ouverte, le gaz combustible se mélange au comburant mais ils ne s'enflamment pas sans un apport externe d'énergie au départ. Ce dernier est connu sous le nom d'énergie d'activation. Cette réaction dégage de la chaleur, on peut donc réécrire le bilan précédent sous la forme suivante :

$$Combustible + Comburant\ (+Energie\ d'activation) \rightarrow Produits\ de\ combustion\ (+Energie\ thermique)$$

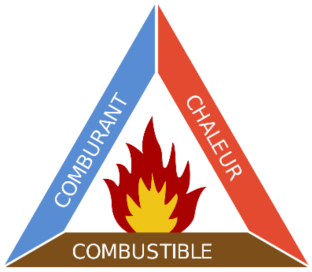
Dans ce bilan sont présents les réactifs et l'apport en énergie nécessaire pour initier la réaction de combustion. Si l'énergie thermique produite est égale ou supérieure à l'énergie d'activation alors le système va s'auto-entretenir jusqu'à ce qu'un des éléments soit supprimé (énergie, combustible, comburant). Ainsi, nous pouvons agir sur ces paramètres dans le cadre de la lutte contre les incendies.
A titre d'exemple et d'un point de vue moléculaire, la combustion d'un gaz comme le méthane (CH_4) avec le dioxygène (O_2) prend la forme suivante :



Dans le cadre d'une combustion idéale, tous les réactifs sont consommés pour donner du dioxyde de carbone (CO_2) et de l'eau (H_2O). La combustion est alors dite complète, le même nombre d'atome (symbolisés par des sphères de couleur) sont retrouvés de chaque côté de l'équation.
Lors d'un incendie, les réactions rencontrées ne sont généralement pas complètes. En effet, ces dernières se déroulent dans des situations généralement défavorables à l'établissement de telles réactions. Il s'agit alors de combustions dites « incomplètes ». Cette situation est due à de multiples facteurs parmi lesquelles nous avons principalement l'absence d'oxygène en quantité suffisante et des conditions de mélange air/combustible ne permettant pas d'attendre la stœchiométrie à tous les endroits. Les réactions sont alors non équilibrées. Dans ce cas, les produits résultant de la combustion incomplète pourront être toxiques et inflammables (hydrocarbures, monoxyde de carbone…).

1.2. Le triangle du feu

Les équations peuvent être matérialisées par un outil simple et très répandu : le triangle du feu (Figure ci-dessous). Cependant, ce triangle est une simplification pédagogique pouvant aider à la compréhension mais ne représente pas toute la complexité des phénomènes en jeu.



Cette représentation schématique permet de visualiser de manière rapide les éléments constitutifs de la réaction sur lesquels agir pour venir stopper la combustion.

Par ailleurs, un quatrième élément peut être ajouté à ce triangle, il s'agit des réactions en chaine (on parle alors de tétraèdre du feu). Ces réactions en chaine représentent les étapes intermédiaires d'une réaction globale (voir la partie précédente sur les réactions de combustion). Ce sont ces étapes intermédiaires qui produisent des espèces chimiques intermédiaires très réactives appelées radicaux libres. Certains agents extincteurs agissent sur ces radicaux libres et brisent ainsi les réactions en chaine.

1.3. Cas particulier du smoldering, feu couvant

Le *smoldering* est une réaction de combustion lente, à température relativement basse et sans flamme. Elle est auto-entretenue par la chaleur dégagée par les réactions chimiques entre l'oxygène et le matériau solide (on parle de réaction hétérogène entre un gaz et un solide). Les solides poreux comme les mousses d'ameublement ou le fourrage sont donc particulièrement concernés par ce phénomène car ils favorisent la diffusion de l'oxygène à l'intérieur du solide. Ce type de combustion est très lent et se réalise dans des conditions de diffusion de l'oxygène difficiles. Les produits générés sont ceux d'une combustion très incomplète. Par conséquent, les gaz émis en surface sont toxiques et inflammables. Le processus de *smoldering* peut de plus, sous certaines conditions, évoluer vers un établissement de la flamme en surface du matériau. Les gaz émis refroidissent généralement vite en se mélangeant à l'air. Ainsi, si les concentrations le permettent, l'apport d'une source d'allumage à ces fumées dites « froides » peut initier une réaction de combustion et un phénomène de propagation rapide de l'incendie (phénomènes de type *fire gas ignition*).

2. Types de flammes

Lorsque la réaction est vive, la combustion se matérialise par une flamme. Cette dernière constitue le siège de la réaction à proprement parlé. Les flammes peuvent être classées selon deux critères :

- Le mélange et l'introduction des réactifs (combustible et comburant) dans la flamme,
- La nature de l'écoulement qui les caractérise.

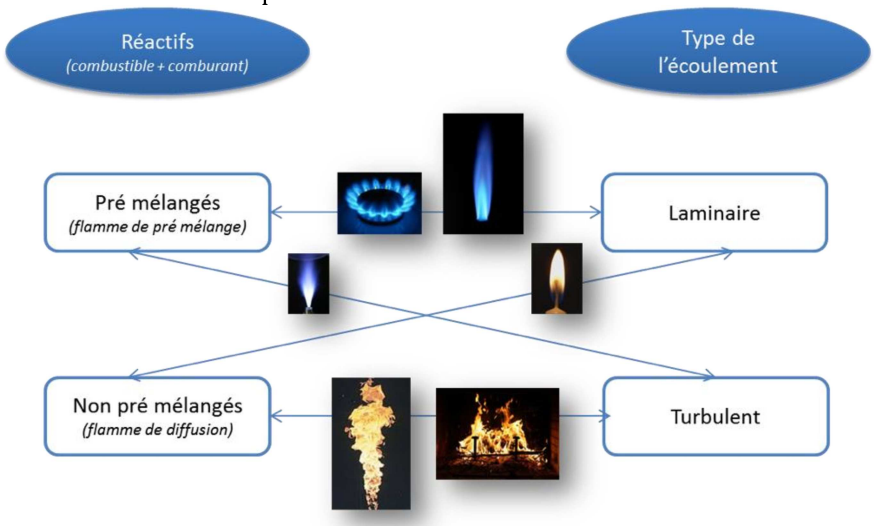
3. Les mélanges

Lorsque les réactifs sont mélangés avant d'arriver dans la zone de flamme, la combustion est prémélangée. C'est le cas de la flamme de gazinière, de chaudière, de chalumeau par exemple. Le gaz combustible se mélange au comburant avant la zone réactionnelle, nous pouvons parler aussi de « flamme aérée ». Ce type de flamme est utilisé dans des applications nécessitant d'atteindre des niveaux énergétiques importants. En effet, le prémélange combustible/comburant réalisé dans des proportions idéales au regard de la réaction chimique permet d'obtenir un fort dégagement de chaleur. Les phénomènes se produisant dans des conditions de prémélange peuvent être particulièrement brutaux et dangereux. C'est le cas par exemple des explosions de gaz ou de fumée.

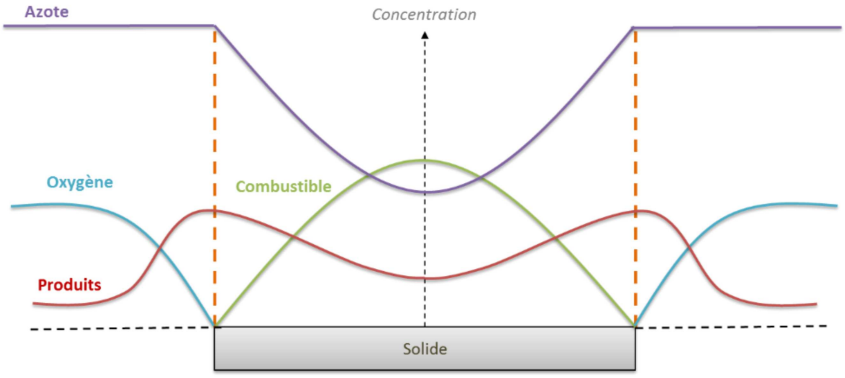
A l'inverse, lorsque les réactifs sont introduits séparément dans la zone réactionnelle, la flamme est dite de diffusion. Ces flammes sont celles que les sapeurs-pompiers rencontrent le plus généralement lors d'incendies. Les gaz combustibles issus de la décomposition thermique des matériaux doivent diffuser dans l'air pour brûler. Les réactifs arrivent alors séparément dans la zone de flamme. Elles caractérisent très souvent une combustion incomplète et dégagent moins de chaleur que les flammes de prémélange.

4. Les écoulements

La vitesse d'écoulement des gaz prémélangés, ou non, permet également de définir la flamme. En analogie avec un robinet d'eau dont on augmenterait la vitesse d'écoulement en augmentant le débit, il est possible de caractériser les flammes comme laminaire ou turbulente. Un écoulement laminaire est un écoulement lisse, sans perturbation (filet d'eau à l'ouverture du robinet) tandis qu'un écoulement turbulent est un écoulement perturbé, caractérisé par l'apparition de structures tourbillonnaires (jet d'eau à fort débit sortant du robinet). Des flammes laminaires peuvent être rencontrées dans des cas bien particuliers, tels qu'un briquet ou une bougie, mais les flammes rencontrées par les sapeurs-pompiers en intervention sont turbulentes.
On peut illustrer les typologies de flammes en fonction de la manière dont sont introduits les réactifs et en fonction de la nature de l'écoulement par le schéma suivant.



Au vu de ce qui a pu être dit précédemment, au-dessus d'un solide en feu, la flamme de diffusion laminaire aura, à un instant *t*, la structure chimique suivante.



Les flammes de diffusion turbulente rencontrées dans les incendies peuvent être assimilées à une multitude de flammes de diffusion laminaire.

Cette fiche a vocation à évoluer au fur et à mesure des avancées scientifiques		
Version 1	Créé le :	28/03/2018
Version X	Modifiée le :	

Préambule

La puissance représente une quantité d'énergie produite par l'incendie en fonction du temps ($J.s^{-1}$). Cette puissance est un des indicateurs les plus importants pour caractériser les étapes de développement et la dynamique d'un incendie. Dans cette fiche scientifique la puissance va nous servir à comprendre les étapes de l'incendie et comment est dégagée l'énergie. Les paragraphes suivant reprennent le graphique de la partie 1.6 et se concentre sur le cas d'un local et uniquement de ce local.

1. Le rôle du solide dans la puissance d'un feu

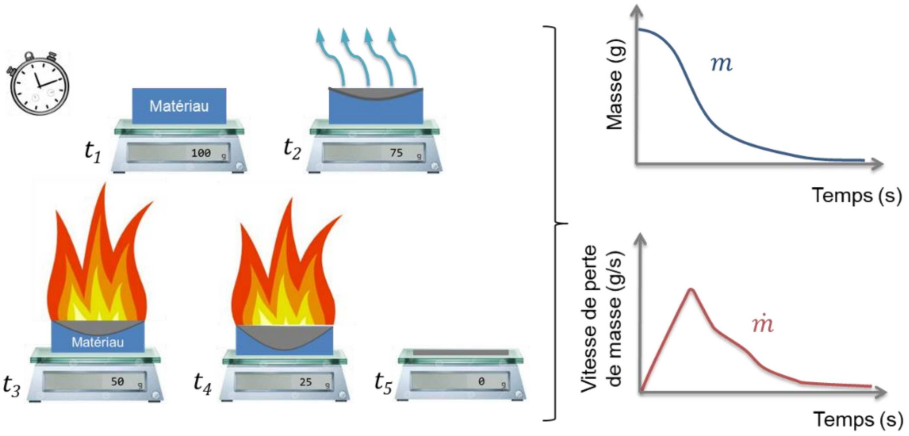
Tout combustible possède une quantité limitée d'énergie qu'il peut transmettre lors de réaction de combustion. On parle alors de pouvoir calorifique. Cette quantité est donnée au travers d'abaques comme on peut en retrouver dans la réglementation relative aux établissements recevant du public. On considère alors que la totalité d'un matériau brûle et l'on calcule la puissance maximale que pourrait atteindre le feu en fonction de la quantité de matière en présence dans un local.

Un exemple de tableau de données issu de la réglementation est donné ci-dessous. On peut notamment remarquer que des polymères plastiques ont un pouvoir calorifique élevé, contrairement à des matériaux comme le bois.

MATERIAUX	MEGAJOULES
ABS (plastique) (1 kg)	36
Bois (1 kg)	17
Bois (1 dm^3)	12,7
Caoutchouc (1 kg)	36
Polycarbonate (1 kg)	29
Cuir (1 kg)	18
Plexiglas (1 kg)	24
Revêtement de sol en PVC (1 kg)	20,5
Revêtement de sol en PVC (1 m^2 épaisseur 1,8 mm)	61,5
Dossier en mètre linéaire	255 à 300
Armoire électrique (1 m^3)	500

Ces valeurs sont issues de mesures expérimentales basées sur l'analyse de la décomposition des solides et sur leur perte de masse au cours du temps. Le pouvoir calorifique est donné en J/kg (ou autres multiples de ces unités).

Dans ce tableau, il s'agit d'une quantité maximale possible mais en réalité cette quantité est libérée dans un temps donné. La puissance (rapport entre la quantité d'énergie libérée et le temps) dégagée au cours du temps par un feu va dépendre de la perte de masse des matériaux au cours de la pyrolyse. En effet, la quantité de matière perdue par un solide contribue à la combustion et donc au dégagement de chaleur. Le schéma ci-dessous rappelle de quelle manière un solide perd sa masse au cours du temps.



A partir de cette perte de masse (en g ou unité multiple) (courbe bleue), il est possible d'établir un débit de pyrolyse (en g/s ou unité multiple) et d'analyser ce débit au cours du temps (courbe rouge). La multiplication de ce débit par l'enthalpie de combustion permet d'obtenir la puissance dégagée par le feu au cours du temps. La formule utilisée pour calculer la puissance de cette manière est la suivante :

$$Q = \dot{m} \times \Delta H_C$$

La puissance s'exprime alors en Watts, correspondant à des Joules par seconde ($Q(W) = Q(J/s) = \dot{m}\ (g/s) \times \Delta H_C\ (J/g)$).

Cette formule est valable pour des feux en milieu ouvert où lorsque les conditions de ventilation sont favorables (régime FLC). Elle permet de comprendre en quoi la pyrolyse joue un rôle majeur dans l'incendie, qualifié de « terme source » dans la communauté scientifique.

2. Les phases de développement du feu

2.1. La phase de développement

Dans la phase de développement, le combustible est peu dégradé et c'est dans cette phase que se trouve la plus grande quantité de combustible et de comburant. Cependant, le combustible est sous forme solide dans notre exemple.

Durant cette phase, la puissance du feu est limitée par la quantité de gaz combustible émit. Ces gaz combustibles proviennent du solide. Par conséquent, la puissance de l'incendie dépend de la quantité de solide qui pyrolyse. Cette quantité étant dépendante du temps, avec l'équation précédente, nous pouvons établir le modèle simplifié suivant (nous prenons pour hypothèse que les gaz émit réagissent avec l'oxygène de l'air) :

$$Q = \alpha t^2$$

Ce modèle montre que la puissance (Q) est fonction du temps (t) et d'un facteur α. Ce facteur alpha représente les propriétés des solides et la géométrie de ces solides dans le local (par exemple : fauteuil, carton, feuilles compressées…).

La montée en puissance peut être très rapide durant cette phase. Cependant, une puissance très importante nécessite une quantité de gaz combustible et de gaz comburant importante.

2.2. Phase de stagnation

En cas de feu sous ventilé ou feu limité par la ventilation (régime FLV), les conditions de combustions sont modifiées et il convient de considérer la quantité d'oxygène qui va réagir et non plus la quantité de gaz combustibles émis par les matériaux. Durant cette phase l'oxygène du local a été en partie consommé et le nombre des ouvrants ou leur taille ne sont plus suffisants pour garantir un apport d'oxygène suffisant pour maintenir la montée en puissance. Ainsi, le feu est limité par la ventilation et la puissance est fonction du débit en air provenant des ouvrants. Ce phénomène explique le plateau de la figure partie 1.6 appelé phase de stagnation.

La masse d'oxygène qui réagit peut-être calculée selon la formule suivante :

$$\dot{m}_{O_2} = \frac{1}{2} A\sqrt{H}$$

Le terme $A\sqrt{H}$ est aussi appelé « facteur de ventilation ». A représente l'aire totale de l'ouvrant (en m^2) et H représente la hauteur de l'ouvrant disponible (en soustrayant la hauteur de fumée sortante). Ce terme permet de connaître le débit massique d'air maximal admissible par un ouvrant (en kg/s)
Connaissant le pouvoir calorifique par d'une masse d'air réagissant avec les gaz de pyrolyse (environ 3000 J/kg d'air), la puissance du foyer est donnée par la relation suivante :

$$Q = 3000 \times \frac{1}{2} \times A\sqrt{H} = 1500 A\sqrt{H}$$

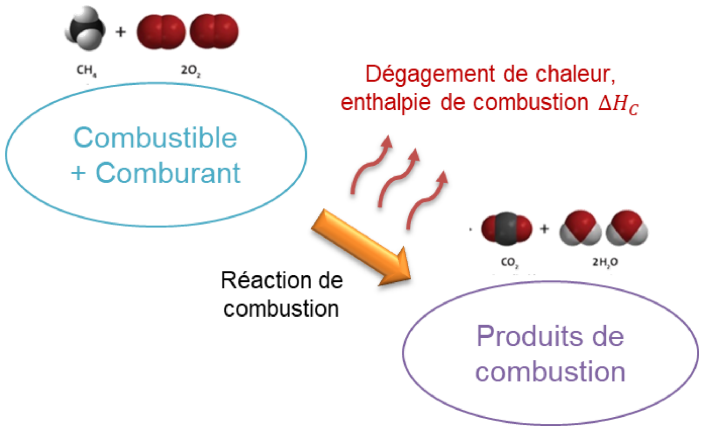
Cette formule peut être utilisée pour calculer la puissance d'un feu en régime FLV.
Dans cette phase, toute modification du nombre d'ouverture ou de la taille des ouvertures modifie la puissance de l'incendie. Par exemple, si une vitre se brise, le nombre des ouvrants augmente, la quantité d'air entrant augmente et par conséquent la puissance augmente.

2.3. Phase de décroissance

Lors d'un incendie en local fermé, la phase de décroissance vient de la quantité de combustible que diminue au cours du temps. Cette diminution limite la capacité des matériaux à produire des gaz combustibles. Cette diminution progressive n'a pas d'influence sur la puissance d'un feu jusqu'au point de transition entre les régimes FLV et FLC. À partir de ce point de transition, la puissance décroit, car la quantité de gaz combustible devient faible devant l'apport en air. La puissance est alors pilotée par la quantité de solide combustible qui diminue. Nous sommes en régime FLC et la puissance décroit progressivement jusqu'à l'extinction.

3. Zoom sur le lien entre pouvoir calorifique et l'enthalpie

La fiche scientifique relative à la pyrolyse décrit la notion d'énergie de liaison entre les molécules. Il est notamment possible de constater qu'au cours d'une réaction de combustion, l'énergie contenue dans les réactifs est supérieure à celle contenue dans les produits. L'énergie ainsi libérée au cours du temps correspond au pouvoir calorifique du combustible. Elle est également appelée enthalpie de combustion et est notée ΔH_C. Pour des raisons de simplification, ce document ne différencie pas la notion de pouvoir calorifique de la notion d'enthalpie de combustion. L'auteur invite le lecteur à se rapprocher d'ouvrages de thermodynamique pour comprendre les subtilités différenciant ces termes.
Le schéma ci-dessous illustre la différence de niveaux énergétiques entre réactifs et produits ainsi que le dégagement énergétique sous forme de chaleur, dû à la perte d'une partie de l'énergie de liaison des molécules initiale.



Grâce à différentes méthodes expérimentales, il est possible de calculer l'enthalpie de combustion des solides, permettant ainsi de connaître la quantité d'énergie susceptible d'être dégagée lors d'une combustion complète du matériau.

Cette fiche a vocation à évoluer au fur et à mesure des avancées scientifiques		
Version 1	Créé le :	28/03/2018
Version X	Modifiée le :	

Fiche scientifique :
Les dangers des fumées

Préambule

En complément des éléments apportés par le guide de doctrine opérationnelle sur les fumées d'incendie et plus particulièrement sur la toxicité, la présente fiche précise quant à elle, ceux qui concernent plus particulièrement le rôle des fumées dans l'incendie.

En plus de la chaleur émise, le résultat chimique de toute combustion est la production de nouvelles espèces que nous retrouvons principalement dans le panache de fumées. Dépendant à la fois de la composition du combustible mais aussi des conditions dans lesquelles se déroule l'incendie, il est donc particulièrement difficile de déterminer, à priori, la nature et les quantités de ces substances chimiques.

Néanmoins, les travaux de recherche ont démontré que le volume de production de fumées lors d'incendies se mesure en millions de m^3, dépassant largement ceux des bâtiments dans lesquels ceux-ci se développent. De ce fait et de par leurs caractéristiques, les fumées sont la première cause des décès en cas d'incendie.

1. Un mélange opaque

La présence de particules solides ou liquides dans la fumée provoque un écran qui empêche de voir au travers. Cet abaissement de visibilité peut être partiel ou total en fonction du degré d'opacité des fumées et du volume de fumées produit. Cela a pour conséquence de rendre difficile la progression des binômes d'exploration ou d'attaque et peut même aller jusqu'à une perte de l'orientation pour des personnels peu expérimentés.
De plus, la présence de toutes ces espèces chimiques est un obstacle à la progression des ondes sonores. Dans certains cas, lorsque les fumées sont très « chargées », les sons sont assourdis ce qui perturbe la perception des voix, des bruits et l'appréciation des distances.

2. Un mélange toxique et corrosif

Parmi les matériaux qui constituent généralement le combustible des incendies, on retrouve en majorité le bois, le papier, les tissus, les matières plastiques sans oublier des liquides inflammables. Tous ces matériaux possèdent un point commun : ils contiennent majoritairement du carbone et de l'hydrogène.

Leur combustion incomplète produit de nombreuses espèces chimiques corrosives, notamment le monoxyde de carbone (CO), l'acide cyanhydrique (HCN), l'acide chlorhydrique (HCl), le dioxyde de soufre (SO_2), l'ammoniac (NH_3), les oxydes d'azote (NO et NO_2 principalement), des isocyanates, des composés aromatiques…

3. Un mélange inflammable et explosif

Résultant d'une combustion incomplète, les fumées sont chargées notamment en produits imparfaitement brûlés (monoxyde de carbone) ou imbrûlés (suies, produits gazeux de pyrolyse). Elles peuvent être également enrichies par les gaz de pyrolyse issus de la décomposition des matériaux combustibles soumis au rayonnement.

Tous ces gaz ont comme caractéristique d'être inflammables. En fonction de leur nature, ils disposent d'une plage d'inflammabilité (LII/LSI), d'un point éclair et d'une température d'auto-inflammation propre. Il est à noter que la plage d'inflammabilité d'une espèce chimique s'élargit avec l'augmentation de la température.
Ainsi, les fumées, selon leur composition et leur température et la teneur en air, peuvent s'enflammer, voir exploser (si le mélange est proche du mélange idéal).

L'absence de chaleur dans les fumées n'exclut cependant pas le risque d'inflammation de celles-ci. Ainsi, une poche de fumées refroidies composée essentiellement de gaz de pyrolyse et prémélangée à l'air, peut s'enflammer, voir exploser au contact d'une source d'énergie (Cf. fiche FSCI-CSF 12 Les inflammations de gaz issues d'un incendie).

4. Un mélange mobile et envahissant

Les fumées sont un mélange de gaz chargé en particules et de ce fait, se comportent comme un fluide. Elles ont tendance à se répandre dans tous les volumes qui lui sont offerts et s'insinuent par toutes les ouvertures qu'elles rencontrent (portes laissées ouvertes, gaines et conduites techniques...). On va pouvoir les retrouver, en fonction de la configuration des locaux, dans des pièces éloignées du local d'origine de l'incendie, et plus particulièrement au-dessus, du fait du phénomène de convection.

5. Un mélange rayonnant

La plus grande partie de la chaleur est emportée dans le panache de fumées par convection. Ces fumées chauffées vont émettre à leur tour un rayonnement thermique et cela d'autant plus important, que leur température est élevée.

Les flux rayonnés commencent à être important à partir de 200°C, pouvant infliger des brûlures à des personnes non protégées. Au-delà, ils augmentent significativement la pyrolyse des éléments combustibles soumis à ce rayonnement

Cette fiche a vocation à évoluer au fur et à mesure des avancées scientifiques		
Version 1	Créé le :	28/03/2018
Version X	Modifiée le :	

Préambule

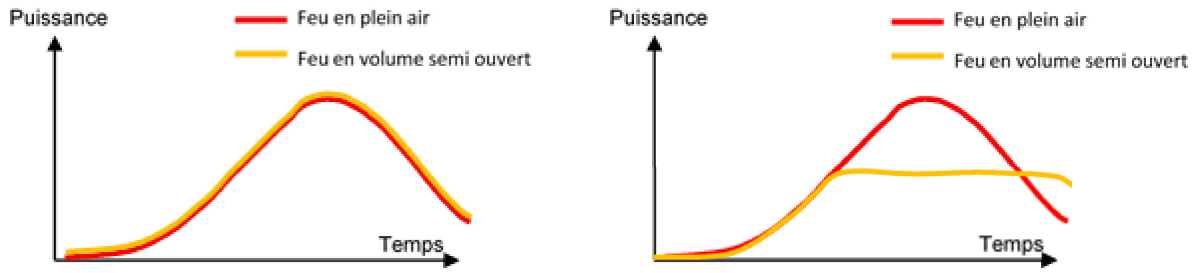
Tout au long de son développement, un incendie peut connaitre différents régimes de contrôle :

- Contrôle par le combustible ;
- Contrôle par la ventilation ;
- Contrôle par la sous-ventilation ;
- Contrôle par la limitation diffusionnelle.

1. Notion de contrôle

La notion de « contrôle » dont il est question ici, s'applique à la puissance du foyer (cf. fiche FSCI-CSF-4).

Pour comprendre de quoi il s'agit, prenons deux foyers identiques. Le premier sera mis à feu en espace libre et le second dans un compartiment. Dans les deux cas nous allons mesurer l'évolution de la courbe de puissance en fonction du temps.



2. Analyse des deux situations

Si les deux courbes de puissances obtenues sont superposables, alors ces deux feux seront dits : **contrôlés par le combustible**. Cette superposition nous indiquera que l'environnement dans lequel se développe le foyer n'impact pas ni la puissance du foyer, ni sa dynamique. Celui-ci ne sera contrôlé que par les variables induites pas le combustible (quantité, nature, qualité, état de division, disposition, etc…).

Dès lors que la courbe de puissance du foyer ayant pris siège au sein du volume devient plus faible que celle ayant été obtenue en plein air, le foyer sera dit à ce moment « **contrôlé par la ventilation** ». Ce « contrôle » est lié à deux facteurs, la capacité du volume en question à pouvoir évacuer la fumée produite par le foyer et sa capacité à permettre à de l'air frais d'alimenter le foyer. L'air et la fumée deviennent alors deux éléments dont la maitrise sera décisive pour la conduite des opérations et le prise de décision (Cf. FSCI-CSF-1 : les indicateurs de développement du feu). Ainsi, toute modification aéraulique (création d'un exutoire, ouverture d'un ouvrant, pose d'un stoppeur de fumée, mise en place d'un ventilateur, etc..) aura une répercussion plus ou moins importante et rapide sur le régime du foyer et donc sur le développement de l'incendie.
Si cette capacité à avoir des échanges avec l'extérieur devient nulle, le foyer est alors considéré comme situé dans un local clos ou assimilé. C'est alors un **feu sous ventilé**.

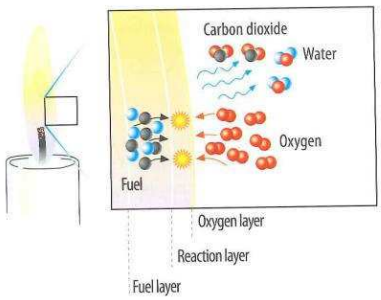
Cette situation peut avoir au moins deux origines différentes :

- soit le foyer a pris siège au sein d'un compartiment de petite taille par apport à la quantité de combustible avec l'impossibilité de pouvoir être réapprovisionné en air ni de pouvoir se faire échapper les fumée ;

- soit le feu a été volontairement sous-ventilé (anti-ventilation poussée inhérente au déploiement d'une tactique opérationnelle de confinement.

Dans ces deux cas, il faut avoir en tête les conséquences que pourraient avoir un apport d'air non contrôlé (Cf. phénomènes thermiques).

Feu en limitation diffusionnelle : Lors des incendies, le contactage comburant / combustible est rendu possible grâce au processus naturelle de diffusion[21]. Sous l'effet de l'agitation thermique une migration des constituants des zones de forte concentration vers celles de faible concentration s'opère spontanément. C'est à ce titre que la flamme produite par les incendies s'appelle une flamme de diffusion[22].



Enclosure fire – Lars-Göran Bengtsson - SRSA

Ce mode de contactage est principalement périphérique si la flamme est laminaire (cf. figure ci-contre) et complètement anarchique si la flamme est turbulente. La flamme correspond à la zone de réaction ou combustible et comburant se rencontre pour interagir et produire de la chaleur, de la lumière et les produits de combustion (H_2O, CO_2, HCl, NOx, SO_2, suies, imbrulées…). En fonction de l'efficacité de ces réactions, la flamme de diffusion est plus ou moins chaude (coloration orangée à jaune vif) et produit plus ou moins de fumée.

La présence d'un excès de combustible dans la flamme, induit une limitation du contactage combustible / comburant, qui se traduit par la libération d'imbrûlés au sein du panache convectif (fumée noirâtre).

Ce constat est courant dès lors que la combustion implique des combustibles issus de la pétrochimie (plastique, pneus, hydrocarbures…), et ce, même si la combustion se produit en plein air. Ces feux sont « intrinsèquement » sous-ventilé. Pour ces combustibles, la charge carbonée libérée par le processus de combustion est telle, que l'oxygène de l'air ne peut plus, au-delà d'une « certaine limite », diffuser au sein même de la phase combustible gazeuse produite par le processus de combustion, tant elle est concentrée. Si le foyer est placé à l'air libre, les imbrûlés ainsi produits s'élèveront dans le panache convectif. L'oxygène de l'air enveloppant ce panache parviendra alors à migrer en leur sein ; mais, si ceux-ci sont trop froids (en dessous de leur température d'inflammation), ou placés à des niveaux de concentration trop faible, leur combustion ne pourra plus avoir lieu. Ils persisteront en l'état et se disperseront dans l'atmosphère avec les autres produits de combustion. Dans le cadre d'un feu de bâtiment, les imbrûlés produits resteront en plus ou moins grande partie piégés dans le volume sinistré et, en fonction de la configuration du local pourront être ré-enflammé à posteriori.

Aujourd'hui, bon nombre de ce que contiennent nos bâtiments (ameublement, vêtement, linge de maison, équipements, décoration, etc.) sont des produits issus de la pétrochimie.

Ainsi, il est tout à fait possible d'avoir un feu en limitation diffusionnelle contrôlé par le combustible ou contrôlé par la ventilation, sans pouvoir par l'observation de l'incendie statuer sur son régime de contrôle. Contrairement à certaines idées reçues, la fumée n'est pas un indicateur fiable, sans quoi, un feu de pneus en pleine air serait un feu contrôlé par la ventilation.

[21] Tendance spontanée d'un système à rendre homogène les concentrations des espèces chimiques qui le compose
[22] Contrairement à la flamme d'un chalumeau oxyacétylénique par exemple qui est une flamme de pré-mélange

NB : les composés oxygénés (e.g. alcools), également issus de la chimie du pétrole, donc fortement carbonée, ne dérogent pas la règle, toutefois, la limitation diffusionnelle est « compensée » par la charge oxygénée présente dans la molécule. Une fois libérée, par le processus de la combustion, les atomes d'Oxygène vont pouvoir entrer dans le mécanisme réactionnel et permettre d'obtenir une combustion exempte de fumée (e.g. poêle à éthanol).

Cette fiche a vocation à évoluer au fur et à mesure des avancées scientifiques		
Version 1	Créé le :	28/03/2018
Version X	Modifiée le :	

1. Modèle de représentation du système feu

1.1. Notion de système et de modèle

Un système est constitué d'éléments considérés dans leurs relations à l'intérieur d'un tout fonctionnant de manière unitaire. Cette définition littérale du système peut s'appliquer aux incendies et a fait naître au cours des dernières années la notion de « système feu ».

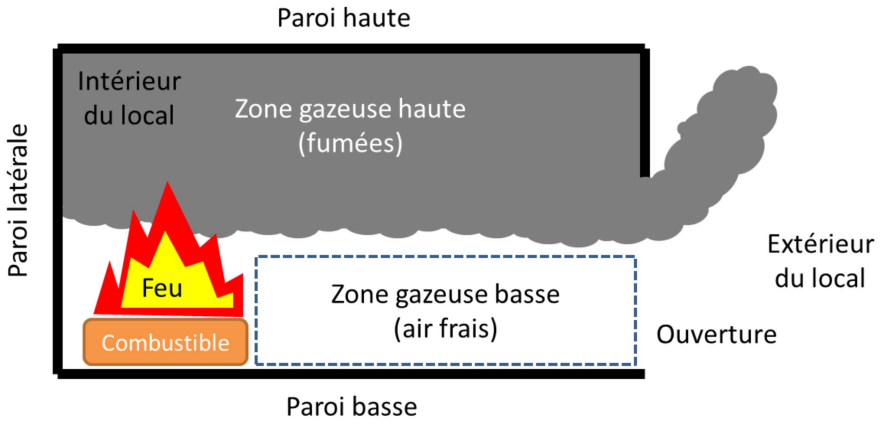
Comme cela est décrit dans le guide de doctrine et dans les fiches qui s'y rapportent, les incendies évoluent en fonction des nombreux paramètres physico-chimiques tels que les transferts thermiques, la pyrolyse, les réactions de combustion. Ces paramètres sont influencés par l'environnement dans lequel le feu se développe, en fonction des matériaux en présence, de l'apport en oxygène, de l'action des sapeurs-pompiers.
Pour représenter un tel système, une approche scientifique est adoptée depuis les années 80. On utilise pour ce faire un modèle, correspondant à une situation simplifiée d'incendie, pour comprendre les interactions entre le feu et le milieu dans lequel il se développe.

1.2. Modèle de Thomas

Le modèle de Thomas correspond à la description d'un feu de volume, divisé en deux zones principales :

- Une zone gazeuse haute, correspondant à la couche de fumée contenue et sortant du local ;
- Un zone gazeuse basse, correspondant à l'air fais entrant dans le local.

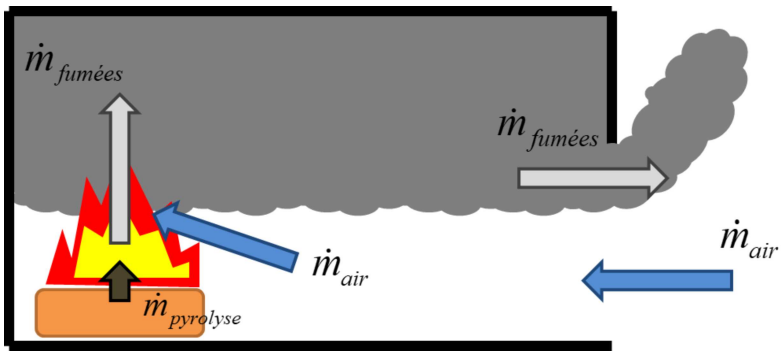
Une zone de feu est également représentée dans ce modèle, permettant de visualiser l'impact de l'apport en combustible par le matériau qui se décompose. Ce modèle est représenté ci-dessous.



2. Bilans

2.1. Transferts de masses

La notion de transfert de masse correspond aux échanges de matières à l'intérieur et à l'extérieur du local. Lors d'un feu de volume, les transferts de masses concernent essentiellement des échanges gazeux. En effet, le solide en feu émet des gaz de pyrolyse ($\dot{m}_{pyrolyse}$) qui viennent réagir de manière incomplète avec l'oxygène de l'air ($\dot{m}_{air}$) pour produire des fumées ($\dot{m}_{fumées}$) en partie contenues dans le local et étant susceptible d'en sortir si leur quantité est trop importante. Ces masses entrantes et sortantes sont représentées dans le schéma ci-dessous.



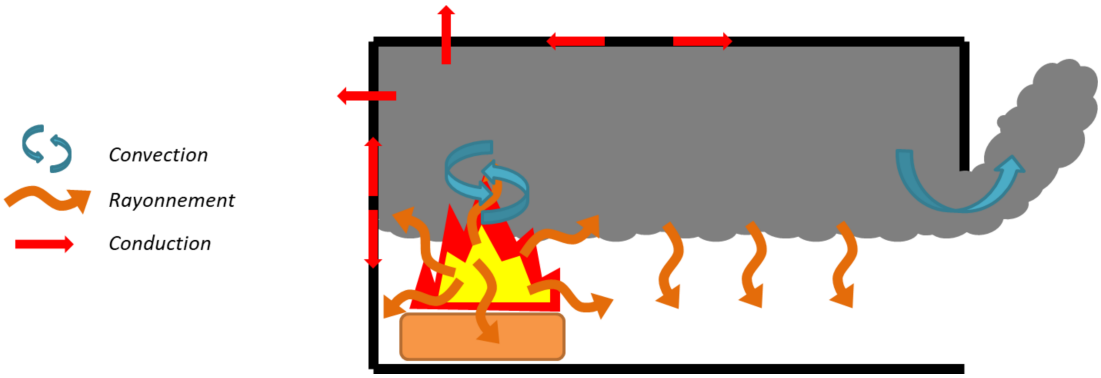
En considérant ces trois paramètres, il est possible de dresser un bilan des transferts de masses dans le volume. La quantité de fumées débitée par la combustion incomplète ($\dot{m}_{fumées}$) des réactifs (gaz de pyrolyse et oxygène de l'air) est égale à la somme du débit d'air entrant dans le volume ($\dot{m}_{air}$) et du débit de pyrolyse ($\dot{m}_{pyrolyse}$). Il est alors possible de résumer cette phrase par l'addition donnée ci-après :

$$\dot{m}_{fumées} = \dot{m}_{air} + \dot{m}_{pyrolyse}$$

2.2. Transferts de chaleur

En analogie avec ce qui vient d'être réalisé pour les transferts de masses, un bilan des transferts de chaleur peut être dressé à l'intérieur du volume. L'énergie échangée entre les composantes du système et les modes de transferts seront analysé dans ce bilan qui permettra d'appréhender les éléments constitutifs de la puissance de l'incendie ($P_{incendie}$).
On recense quatre grands types de transferts de chaleur lors d'un incendie dans un volume tel que celui présenté ci-après :

- Pertes par la convection des fumées ($P_{convection}$) ;
- Pertes par le rayonnement des fumées ($P_{rayonnement}$) ;
- Pertes par la conduction aux parois (P_{parois}) ;
- Gains par le rayonnement et la convection des flammes (P_{foyer}) .

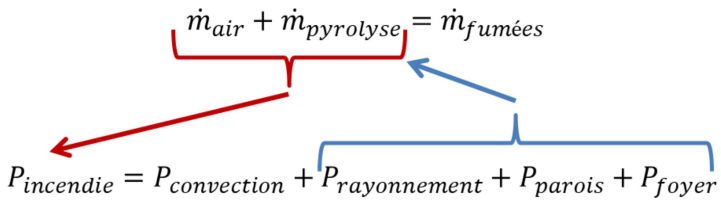


En faisant un bilan des transferts au sein du local, il est possible de déterminer la puissance totale dégagée par l'incendie via l'égalité suivante :

$$P_{incendie} = P_{convection} + P_{rayonnement} + P_{parois} + P_{foyer}$$

2.3. Lien entre les transferts de masses et de chaleur

Comme cela est illustré dans la fiche scientifique relative aux puissances des incendies, les transferts de masses (gaz de pyrolyse et air frais) sont prépondérants pour agir sur l'efficacité de la combustion. Le feu peu en effet être limité par la présence en combustible ou en comburant selon son environnement.
Dans un feu de local, la pyrolyse va être directement impactée par l'importance des transferts de chaleur en provenance du rayonnement des fumées et des flammes et des échanges aux parois.
La puissance totale du feu est donc dépendante de la quantité de gaz de pyrolyse émanant du solide (et de l'air frais disponible), elle-même dépendante de l'échauffement des matériaux de la pièce, conditionnée aux transferts de chaleur. Il est possible d'illustrer la situation décrite ici via le schéma ci-dessous, reprenant les bilans de masses et de chaleur décrits précédemment.



3. Actions sur les transferts de masses et de chaleur

3.1. Contrôle de l'arrivée d'air frais

Le débit d'air frais entrant dans un volume en feu impacte la puissance du foyer. Diminuer le débit en contrôlant son arrivée dans le volume est donc un mode d'action possible pour contribuer à l'extinction (pour rappel de la fiche scientifique relative aux puissances, $P_{incendie} = 1500A\sqrt{H}$, les ouvrants jouent un rôle prépondérant sur l'augmentation de la puissance). En contrôlant l'arrivée d'air, la puissance du feu est limitée et un régime FLV peut être atteint plus rapidement.
La mise en œuvre opérationnelle de cette mesure peut être matérialisée par la condamnation d'un ouvrant ou par la mise en place de stoppeurs de fumées. En amont de l'intervention, un message de prévention aux particuliers peut être dispensé pour introduire le réflexe de fermeture de porte lorsqu'un feu se développe dans un volume.
Certains risques opérationnels sont à relever dans la gestion des ouvrants. Dès lors que le manque d'oxygène empêche le développement du feu, une importante quantité d'imbrulés et de suies sont produites par le foyer. Un ré-inflammation des fumées peut alors avoir lieu en cas de rupture du confinement. Par ailleurs, il est important de noter que les EPI se chargeront davantage en suies ce qui pourra engendrer un traitement post-intervention particulier.

3.2. Maîtrise des fumées et des conditions thermiques

La maîtrise des fumées est couplée à la maîtrise des conditions thermiques car leur rayonnement va agir directement sur la pyrolyse des matériaux du volume. L'objectif des actions décrites dans ce paragraphe sera de diminuer la contribution des transferts de chaleur et notamment du rayonnement.
La densité de flux rayonné (en kW/m^2) émise par une surface est égale à : $\varphi = \varepsilon\sigma T^4$ (avec ε, l'émissivité dépendante du matériau qui émet le rayonnement, σ une constante et T, la température). Comme cette formule le montre, la température d'une surface va être un paramètre prépondérant pour évaluer son rayonnement. Il est alors possible de calculer la densité de flux de chaleur émise par une flamme, par les fumées et par les parois du volume. Les valeurs calculées sont données dans le tableau ci-dessous.

Fumées

Température [°C]	1500	1300	1100	900	700	500	300
Densité de flux [kW/m²]	560	347	201	107	50	20	6

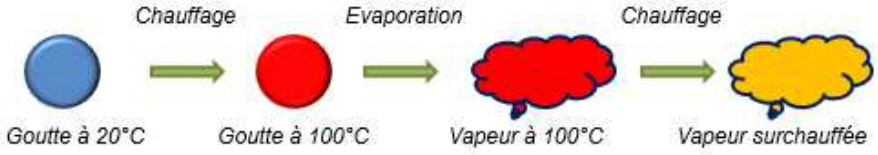
Flamme Parois

A titre d'information, la valeur limite de l'apparition des premières brûlures après quelques secondes d'exposition est de 1 kW/m^2 (et entre 3 à 5 kW/m^2 pour des brûlures du second degré). Par ailleurs, les combustibles courants entament la production de gaz de pyrolyse sous des densités de flux de chaleur de 10 à 30 kW/m^2.
Deux types d'actions sont alors envisageables pour diminuer la contribution radiative des fumées impactant la pyrolyse et la progression des personnels dans le volume :

- Diminuer le volume des fumées ;
- Abaisser la température des fumées.

La création d'exutoire en partie haute peut être envisagée pour diminuer le volume de fumée. Par cette mesure, l'agression thermique des matériaux combustibles est significativement diminuée, la pyrolyse et donc la propagation limitée (hors cas de flashover). L'accessibilité au foyer est également facilitée. Cette mesure comporte un risque principal car l'évacuation de la fumée peut être comblée par une arrivée d'air frais augmentant la puissance. L'instant et le lieu de création de l'exutoire doivent donc être analyser avant sa création.

Le refroidissement des fumées se fait par l'action de l'eau issue des jets de lances. Cette dernière absorbe de l'énergie lors de ses changements d'états qui correspondent aux étapes décrites dans le schéma ci-dessous.



De manière théorique, 1 gramme d'eau injecté par seconde peut absorber 2,8 kW. Cette valeur est néanmoins à minorer en prenant en considération que toute l'eau projetée par une lance ne s'évapore pas. Les types de jets ainsi que les rendements des lances sont donc à analyser pour une meilleure efficience de l'attaque.
Une quantité importante de gouttelettes projetées influera de manière positive sur le refroidissement. Par ailleurs, au-delà de leur quantité, plus la différence de température entre les gouttes et les fumées sera importante, plus les échanges thermiques seront forts.
La taille des gouttes joue également un rôle prépondérant sur le refroidissement puisqu'en diminuant le diamètre des gouttes, la surface d'échange devient de plus en plus grande. En diminuant la taille des gouttelettes, leur temps de séjour dans l'incendie est augmenté, le phénomène d'évaporation est maximisé et les capacités d'atténuation de rayonnement sont augmentées. Les particules d'eau peuvent ainsi comme un écran radiatif face au rayonnement des fumées ou du foyer. Plus les particules seront petites, plus leur capacité à atteindre de longues distances sera faible.
L'évaporation massive de l'eau peut aussi jouer un rôle d'inertage dans un volume. Les risques associés sont d'ordre thermique avec le retour de vapeur chaude sur les intervenants.
La formation du porteur et l'apprentissage des techniques de lances favorisent l'efficacité de l'attaque.

3.3. Limitation du combustible

La limitation du combustible consiste à agir sur le transfert de masse lié aux gaz de pyrolyse ($\dot{m}_{pyrolyse}$).
La technique dite de « la part du feu » peut être utilisée pour soustraire du combustible vierge au sinistre afin de stopper la propagation. Cette technique est applicable lors de feux en milieux ouverts mais difficilement lors de feux de volumes (ou lorsque le feu est limité par le combustible).
Pour stopper l'émanation des gaz de pyrolyse depuis le combustible, il est nécessaire « d'isoler » ce dernier des autres éléments du système. Il est alors possible d'utiliser des agents moussants ou de noyer le combustible par l'utilisation d'un jet droit pour déposer de l'eau en surface et en recouvrir complètement le matériau.

Cette fiche a vocation à évoluer au fur et à mesure des avancées scientifiques		
Version 1	Créé le :	28/03/2018
Version X	Modifiée le :	

Fiche scientifique :
Les effets de l'eau

1. Intérêts de l'eau

Parmi la diversité d'agents extincteurs connus, l'eau est assurément celui le plus employé par les sapeurs-pompiers car elle est :

- abondante ;
- pratique d'emploi (nous pouvons la véhiculer sur de longues distances dans des tuyaux et la projeter avec force grâce aux pompes et aux lances) ;
- économique par rapport aux autres agents extincteurs (poudre, CO2, halons…) ;
- facile à stocker à condition d'être hors gel.

2. Action de l'eau

Refroidissement : en se vaporisant, l'eau absorbe l'énergie de la combustion ce qui abaisse l'intensité du feu, donc la température : **action sur l'ENERGIE** du triangle du feu,
Étouffement : la vapeur d'eau produite forme une barrière qui limite l'apport d'air aux flammes : **action sur le COMBURANT** du triangle du feu,
Inertage : la vapeur d'eau produite abaisse la teneur en oxygène O2 au voisinage des flammes : **action sur le domaine d'inflammabilité**,
Soufflage : si l'eau est projetée violemment sur les flammes, l'écoulement des vapeurs combustibles dans l'air est perturbé comme lorsque l'on souffle la flamme d'une bougie : **action sur l'émission des vapeurs inflammables**,
Dispersion : en jet plein, l'eau arrive avec force sur les matériaux en feu ce qui permet de les disperser : **action sur le COMBUSTIBLE** du triangle du feu.
Cependant, toutes les actions sont liées.

3. Les principaux modes d'action utilisés

Les deux modes d'action fondamentaux de l'eau lors de la lutte contre les feux de volume sont le refroidissement et l'inertage. Nous développerons ci-dessous ces deux modes.

Données physiques de l'eau :

- température de solidification : 0°C
- T=température d'ébullition : 100°C
- densité : 1 000 kg/m3
- capacité de chaleur : Cp = 4,18 kJ/kg/°C (liquide) et 2,01 kJ/kg/°C (gaz)
- chaleur de vaporisation : Lv = 2260 kJ/kg

3.1. Absorption de l'énergie du feu par l'eau

L'eau va agir en refroidissement par absorption de l'énergie dégagée par le feu. Nous connaissons l'énergie produite par un incendie en milieu semi ouvert. Il faut maintenant calculer l'énergie absorbée par l'eau.

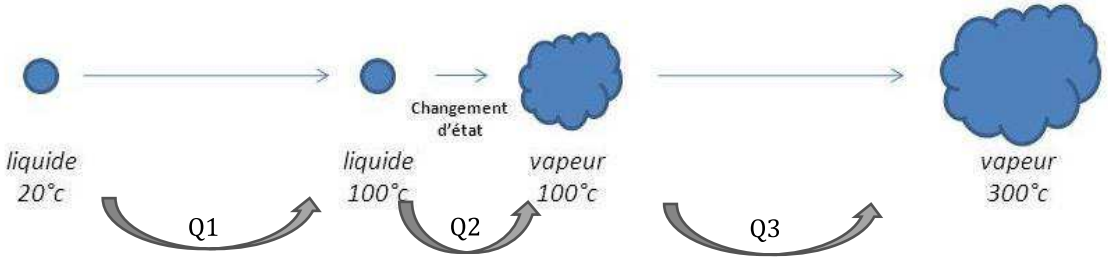
On distingue **3 étapes** dans le refroidissement par l'eau :

- **1ère étape** : l'énergie absorbée pour élever la température ambiante de l'eau à 100°C (changement de température sans changement d'état) = Q1
  Q_1 = [H_2O liquide 20 °C => H_2O liquide 100 °C]

- **2ème étape** : l'énergie absorbée pour transformer l'eau liquide en eau vapeur à une température de 100 °C (changement d'état de la matière sans changement de la température) = Q2
  Q_2 = [H_2O liquide 100 °C => H_2O vapeur 100 °C]

- **3ème étape** : l'énergie absorbée pour élever la température de l'eau vapeur au-delà de 100°C
  Q_3 = [H_2O vapeur 100 °C => H_2O liquide X °C]

Ainsi, l'énergie totale absorbée sera l'addition de Q_1, Q_2 et Q_3



Pour calculer ces énergies absorbées, nous allons utiliser 3 formules :

- Energie absorbée pour élever la température ambiante de l'eau à 100°C (Q1)
- Energie absorbée pour transformer l'eau liquide en eau vapeur (à T=100°C) (Q2)
- Energie absorbée pour élever la température de l'eau vapeur au-delà de100°C (Q3)

3.1.1.Energie absorbée pour élever la température ambiante de l'eau à 100°C

La formule suivante permet de connaitre l'énergie absorbée lorsqu'il y a augmentation de température de l'eau liquide sans changement d'état :

$Q_1 = m \times c \times \Delta T$

Où Q est la quantité de chaleur échangée exprimée en kJ
m est la masse, exprimée en kg, du corps subissant l'échange de chaleur
c est la chaleur massique (eau liquide) exprimée en kJ/kg/°C
ΔT est la variation de température résultant de l'échange de chaleur

Exemple : pour élever 1 gramme d'eau de 20° à 100°C il faudra 334,4 J :
4.18 x 1 gramme x (100°-20°)= 334,4 J

3.1.2. Energie absorbée pour transformer l'eau liquide en eau vapeur (à T=100°C)

La formule suivante permet de connaitre l'énergie absorbée lorsqu'il y changement d'état (passage de l'état liquide à l'état vapeur) : **$Q_2 = m \times L$**

Où :

- L est la chaleur latente de vaporisation exprimée en kJ/kg ;
- Q est la quantité de chaleur échangée exprimée en kJ ;
- m est la masse, exprimée en kg, du corps subissant l'échange de chaleur.

Exemple : pour transformer 1 gramme d'eau liquide en vapeur il faut 2250 J (2250 x 1 gramme = 2250 J)

3.1.3. Energie absorbée pour élever la température de l'eau vapeur au-delà de100°C

La formule suivante permet de connaitre l'énergie absorbée lorsqu'il y a augmentation de température de l'eau vapeur sans changement d'état : $\mathbf{Q_3 = m \times c \times \Delta T}$

Où

- « Q » est la quantité de chaleur échangée exprimée en kJ
- « m » est la masse, exprimée en kg, du corps subissant l'échange de chaleur
- « c » est la chaleur massique (vapeur d'eau) exprimée en kJ/kg/°C
- « ΔT » est la variation de température résultant de l'échange de chaleur

Exemple : pour élever 1 gramme d'eau vapeur de 100° à 300°C il faudra 282 J : 1.41 x 1 gramme x (300°-100°)= 282 J

Ainsi pour passer 1 gramme d'eau de 20°c à 300°c il faudra 2866,4 J ($Q_1+Q_2+Q_3$).

3.2. Application à une lance à débit variable (LDV) réglée sur un débit de 250l/mn

A 250 L/mn, 1 impulsion de 1s équivaut à projeter 4,16 L d'eau soit 4166 g d'eau. En reprenant le raisonnement précèdent :

- Pour élever 4166 grammes d'eau liquide de 20° à 100°C il faudra 1.39 MJ
  - 4.18 x 4166 grammes x (100°C-20°C) = 1 393 110 J
- Pour transformer 4166 grammes d'eau liquide en vapeur il faudra 9.5 MJ
  - 2250 x 4166 grammes = 9373500
- Pour élever 4166 grammes d'eau vapeur de 100° à 300°C il faudra 1.17 MJ
  - 1.41 x 4166 grammes x (300°C – 100°C) = 1174999 J

Passer de 20°C à 300°C, 1 impulsion d'1 seconde avec une LDV absorbera 11.93 MJ.
Puisque 1J pour 1s = 1 watt, une LDV à 250 l/mn aura une capacité d'absorption théorique de 11.93 MW.
Dans la réalité de nombreux facteurs extérieurs vont réduire la capacité d'absorption (performance de la lance, efficacité du porte lance…). Il faut donc prendre en compte le rendement.

Ainsi la capacité d'absorption d'une LDV à 250L/mn en fonction le rendement est la suivante :

- Rendement 75% : capacité d'absorption = 8.9 MW (11.93 MW x 75%)
- Rendement 50% : capacité d'absorption = 5.9 MW (11.93 MW x 50%)
- Rendement 30% : capacité d'absorption = 3.5 MW (11.93 MW x 30 %).

En résumé
Un débit de 250 l/mn à 20°C permet théoriquement d'absorber 11.93 MW de puissance de feu. En réalité, une partie de l'eau n'est pas totalement vaporisée et la puissance réellement absorbée est voisine de 4 MW (rendement de l'ordre de 30%), ce qui est à peine supérieur à la puissance libérée par la combustion d'une chambre avec une porte de 1m x 2m.

4. Inertage : Calcul de la quantité de vapeur d'eau formée

Considérons 1 litre d'eau en phase liquide. Une mole de molécules d'eau (H2O) a une masse de 16 + 2 × 1 = 18 grammes. Sachant qu'1 litre d'eau en phase liquide a sensiblement une masse de 1000 grammes, nous pouvons en déduire qu'1 litre d'eau liquide contient 55,6 moles de molécules d'eau puisque :
1000 (grammes)/18 (grammes /mole) = 55,6 moles

Considérons à présent la vaporisation de ce litre d'eau liquide : les 55,6 moles sont donc à l'état de vapeur. En supposant que la vapeur d'eau se comporte comme un gaz parfait, nous pouvons lui appliquer la relation suivante : P × V = n × R × T
Avec $R = \frac{P0V0}{T02}$

- P0 = Pression atmosphérique = 1 atm = 101300 Pa
- V0 = Volume d'une mole de gaz à 273 K soit 22,414 L

- T0 = Température standard (273 K)

Dans les conditions d'un incendie de local, l'absence d'étanchéité parfaite (ouvertures, porte, fenêtre…) implique que la pression dans le bâtiment en feu est sensiblement égale à la pression atmosphérique au niveau de la mer.

Donc à cette pression, la température d'ébullition est de 100°C, soit 373 K. Nous pouvons dès lors déterminer le volume VF occupé par 55,6 moles d'eau, à la température de 100°C, à l'état de vapeur et à la pression atmosphérique : $P \times VF = n \times R \times T \Leftrightarrow P0 \times VF = n \times R \times T$

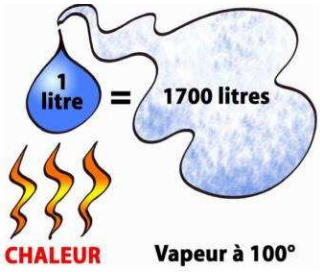
D'où, après simplification :

$Vf = n.V0\frac{T}{T0}$

Application numérique :

n = 55,6 (précisément 55,55…) ; T0 = 273 K ; T = 373 K ; V0 = 22,414 litres

$Vf = 55.6.22.414\frac{373}{273}$



Création de vapeur d'eau

Nous obtenons donc Vf = 1702,3 litres, soit 1700 litres.

1 litre d'eau liquide produit 1700 litres (1,7 m^3) de vapeur lors du passage de liquide à vapeur, donc nous en déduisons que l'eau multiplie son volume par 1700 en passant à l'état de vapeur à 100°C. Nous comprenons dès lors que la projection d'eau dans la pièce en feu modifie les concentrations de vapeurs combustibles puisque 1,7 m de vapeur se forme par litre d'eau projetée.

⇒ la concentration en vapeurs combustibles baisse jusqu'à passer en dessous de la L.I.I. : la vapeur d'eau étant incombustible, l'inertage se produit.

Cette fiche a vocation à évoluer au fur et à mesure des avancées scientifiques		
Version 1	Créé le :	28/03/2018
Version X	Modifiée le :	

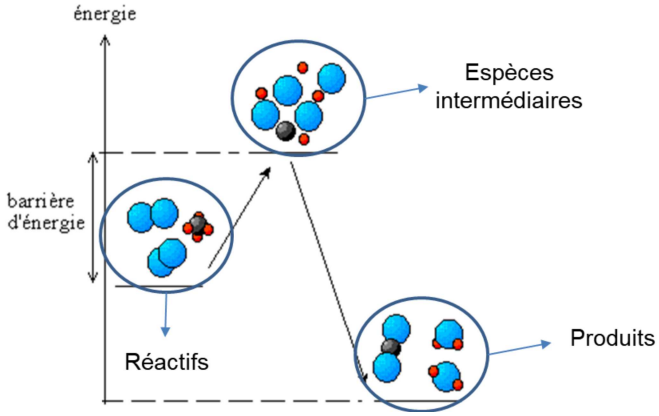
1. Notions de cinétique chimique

1.1. Réaction apparente

La fiche scientifique relative à la réaction de combustion et aux types de flammes décrit la réaction chimique de combustion sous la forme présentée ci-dessous :

$$Combustible + Comburant\ (+Energie\ d'activation)$$
$$\rightarrow Produits\ de\ combustion\ (+Energie\ thermique)$$

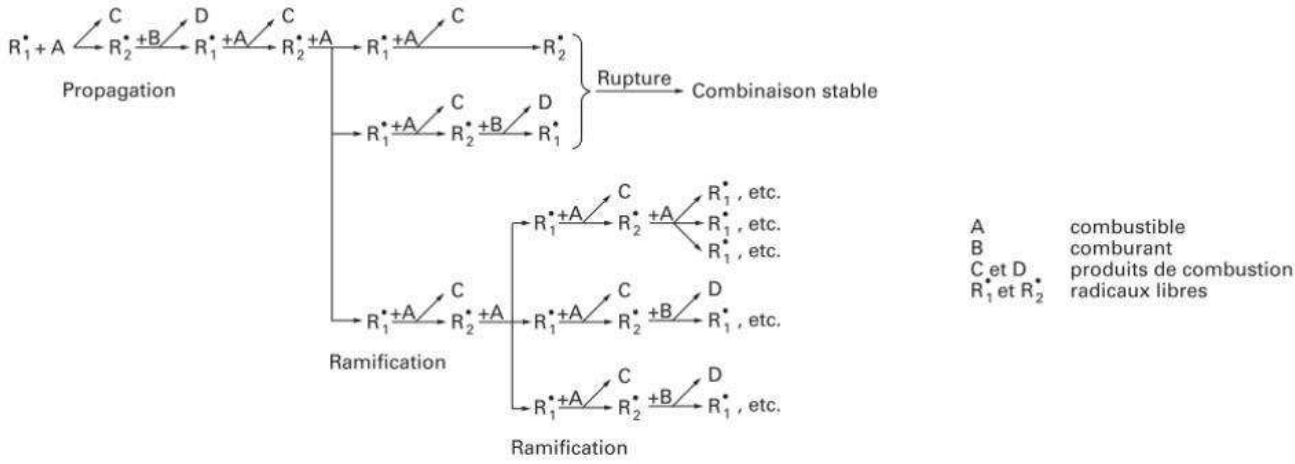
Ce type de représentation permet une visualisation globale des réactifs qui se transforment au cours du temps dans la flamme pour donner des produits. Néanmoins, cette mise en forme ne met pas en avant l'ensemble du processus ayant lieu lors d'une réaction chimique. En effet, avant que les produits ne soient complètement formés, les molécules des réactifs passent par un état de dissociation permettant de casser leur liaison sous l'effet de l'énergie d'activation apportée. Ce craquage des molécules est représenté dans la figure ci-dessous.



Une réaction de combustion fait communément intervenir des espèces très complexes du point de vue moléculaire. Les produits résultants de la combustion de ces espèces sont obtenus après de nombreuses étapes (sous-réactions). Cet ensemble de réactions partant des réactifs pour aller jusqu'aux produits est appelé mécanisme réactionnel.

1.2. Espèces radicalaires et réactions en chaîne

Au cours des étapes de la réaction des espèces intermédiaires non-stables chimiquement sont formées (voir figure du paragraphe précédent). Ces espèces sont appelées de radicaux libre. Ces derniers sont très réactifs cherchent alors à regagner une certaine stabilité en se réarrangeant avec d'autres atomes ou molécules. Au cours de ce réarrangement, de nouvelles espèces radicalaires peuvent être créées. A partir d'un radical, la formation de nouveaux radicaux peut donc être en entamée selon des schémas de ramification tel que celui présenté ci-dessous. Les espèces annotées d'un point correspondent au radicaux libres.



Par le biais de cette figure, il est possible d'observer que les réactions engendrées par une espèce radicalaire donnent lieu à de très nombreuses sous-réactions qui génèrent à nouveau des radicaux. Or, lors de l'apport d'une énergie d'activation importante telle qu'une étincelle, de très nombreuses espèces radicalaires sont créées.

2. Application aux circonstances d'incendies

2.1. Tétraèdre du feu

D'un point de vue pédagogique et pour faciliter la compréhension de l'utilisation de certains agents extincteurs, un quatrième côté a été ajouté au triangle du feu pour donner le tétraèdre de feu. Ce quatrième côté correspond aux réactions en chaîne qui viennent d'être décrites ci-dessus.
Néanmoins, l'apparition des radicaux et le maintien de leur production dans le temps est conditionné :

- Par un apport en énergie (l'énergie d'activation) à l'inflammation ;
- Par le maintien d'un niveau d'énergie suffisant dans la flamme lors de la combustion établie (niveau qui correspond à l'énergie d'activation du gaz en jeu).

Le triangle reste l'outil le plus adapté à la description des phénomènes car il intègre ces notions d'énergie.

2.2. Mécanismes d'inhibition (interruption de la réaction en chaîne)

Pour stopper les réactions en chaînes et éteindre la flamme, il est nécessaire d'utiliser des espèces ayant une affinité plus forte que les autres avec les radicaux susceptibles d'être produits lors de la réaction de combustion.
C'est de cette manière qu'agissent les poudres utilisées comme agents extincteurs mais aussi certains gaz (utilisés dans des lieux où l'eau mènerait à des dégâts non souhaités). Certains produits sont également intégrés à des matériaux pour générer des inhibiteurs de réaction lors de leur potentielle pyrolyse. Il s'agit alors d'un procédé d'ignifugation.

Cette fiche a vocation à évoluer au fur et à mesure des avancées scientifiques		
Version 1	Créé le :	28/03/2018
Version X	Modifiée le :	

Fiche scientifique : *Flashover (ou les embrasements généralisés)*

Terminologie anglaise associée : Flashover / Ventilation induced Flashover / Roll over / Ghosting flames

1. Définition

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.

Bien qu'une ventilation additionnelle puisse accélérer le processus conduisant à l'embrasement généralisé, l'élément déclencheur principal correspond à un taux minimal de dégagement de chaleur dépendant essentiellement du volume de la pièce, et du rapport de la taille de l'ouvrant et de la charge combustible*.

Ainsi, les embrasements généralisés peuvent être spontanés mais également provoqués par la rupture ou l'ouverture d'un ouvrant. Dans ce dernier cas, on parlera d'embrasement généralisé éclair induit par la ventilation.

* Pour aller plus loin, la formule de Thomas nous permet de calculer la puissance nécessaire pour déclencher un flashover.

Cette formule est la suivante :

$$\dot{Q}_{fo} = 610(\dot{h_k} A_T A_w \sqrt{H})^{0.5}$$

Avec :

- $\dot{Q}_{fo}$: puissance nécessaire pour déclencher un flashover (kW) ;
- h_k : coefficient de transfert de chaleur (kW/m²K), qui précise la quantité de chaleur k absorbée par les surfaces de l'enceinte ;
- A_T : surface interne de l'enceinte (m²) ;
- A_W : surface des ouvrants (m²) ;
- H : hauteur des ouvrants (m).

L'équation a été établie pour une pièce de taille normale.

Ainsi, la quantité de chaleur requise pour qu'un embrasement généralisé se produise dans une pièce de taille normale (3,6 x 2,4 x 2,4 m.) avec une porte (0,8 x 2 m.) est de l'ordre de 500 à 1 000 kW, 10 minutes après l'éclosion. Cette valeur est à comparer à celle d'un feu d'un canapé qui libère une puissance entre 1 000 et 2 000 kW.

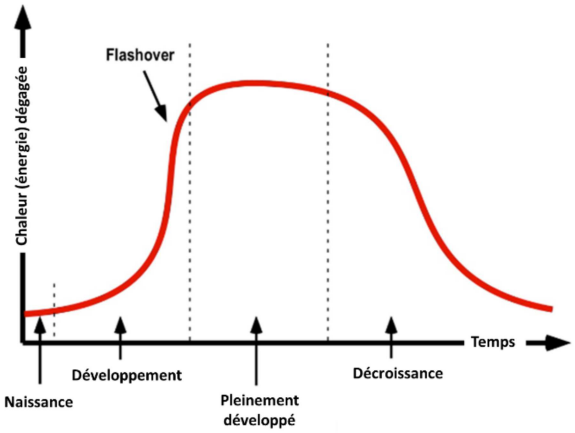
De ce constat, on peut considérer que le risque « embrasement généralisé » est omniprésent dans nos opérations de lutte contre l'incendie compte tenu de « l'excès » de combustible dans nos bâtiments et des délais d'intervention.

2. Scénario type d'un embrasement généralisé éclair

Pendant la phase de croissance, les fumées s'accumulent sous le plafond et finissent par former une couche de gaz combustibles. Cette couche transmet la chaleur (par échange convectif) à tous les objets en contact avec elle (meubles, revêtement muraux etc…) tout en rayonnant dans toutes les directions. Ceci provoque une montée en température des objets et revêtements en dessous d'elle (mobiliers,

aménagements intérieurs, …) mais également des murs et du plafond. Ces derniers, après leur montée en température, rayonnent à leur tour, impactant là encore mobilier et revêtement.

A un certain seuil, la température des objets dans la pièce va être telle qu'ils vont commencer à se décomposer en émettant des gaz de pyrolyse. Cette couche de fumées, enrichie par ces gaz de pyrolyse, va commencer à s'enflammer sporadiquement (ghosting flames / « anges danseurs ») lorsqu'elle atteint sa température d'auto-inflammation puis à s'enflammer à l'interface air/fumées (roll-over / rouleaux de flammes).



Cet effet va causer une augmentation substantielle de la température de la fumée, qui va à son tour augmenter la température des objets au travers d'un rayonnement plus important.

Le débit de pyrolyse augmente significativement et l'allumage des gaz de pyrolyse nouvellement formés va causer l'embrasement de la pièce entière en quelques secondes.

Pendant toute cette phase de croissance, la ventilation de la pièce concernée est suffisante pour alimenter correctement l'incendie en comburant.

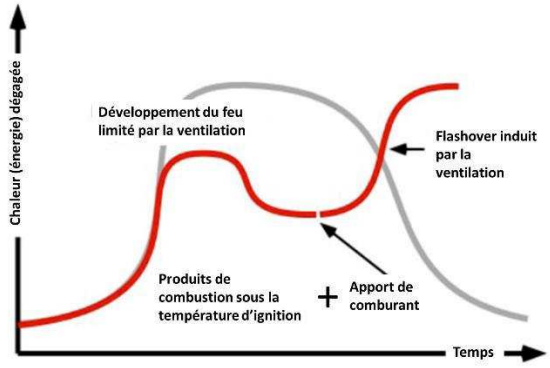
Bien que le temps de déclenchement de l'embrasement généralisé éclair dépende de nombreux paramètres, on peut estimer que dans notre habitat actuel celui-ci se produit entre 3 à 5 minutes après la naissance du feu, dès lors que celui-ci est correctement alimenté en air. Dans le cas d'un facteur de ventilation moindre, ce phénomène pourra être retardé de quelques minutes.

3. Scénario type d'un embrasement généralisé éclair induit par la ventilation

Le scénario de démarrage est identique au précédent.

Cependant lors de la phase de croissance, des conditions réduites de ventilation ne permettent pas à l'incendie de « basculer » en feu pleinement développé. Le feu est contraint de réduire son taux de dégagement de chaleur en étant limité par la ventilation (FLV).

A ce stade, c'est le manque de comburant qui empêche l'apparition de l'embrasement généralisé éclair. Cela a pour conséquence directe d'abaisser énormément la couche de fumées.



Afin que ce feu puisse pleinement se développer, il est nécessaire de lui apporter de l'air en plus. Cet apport supplémentaire peut être le fait par exemple d'une rupture d'ouvrant ou de l'ouverture de porte faite par les intervenants.

Cet apport d'air permet ainsi à l'incendie d'augmenter proportionnellement son taux de dégagement de chaleur qui peut atteindre ainsi le taux critique permettant de déclencher l'embrasement généralisé éclair.

Lorsque le changement de régime (FLC vers FLV) se réalise à des taux de dégagement de chaleur élevé, le phénomène d'embrasement généralisé éclair induit par la ventilation est d'autant plus rapide et violent lors de l'apport d'air. En effet, la couche de fumée sera enrichie des gaz de pyrolyse issus de l'ensemble des matériaux combustibles contenus dans la pièce qui sont « baignés » dans cette fumée extrêmement chaude.

4. Signes annonciateurs

Ces signes annonciateurs ne se suffisent pas à eux-mêmes. Ils doivent s'inscrire dans une démarche globale d'analyse de risque contextualisé, reposant sur la lecture bâtimentaire/lecture du feu et sur une bonne compréhension du phénomène.

SIGNES ANNONCIATEURS DU RISQUE DE FLASH OVER		
	Flashover spontané	**Flashover induit par la ventilation**
Bâtiment & ouvrants	Un volume semi-ouvert correctement alimenté en air frais.	Un volume semi-ouvert alimenté en air frais mais insuffisamment pour déclencher spontanément le flashover.
Fumées	Stratification des fumées marquée, associée à un effet de tirage.	Abaissement brutal de la couche de fumées. « Pulsations » possibles de la couche de fumées.
Flammes	Foyer vif, flammes claires. Présence « d'anges danseurs » dans la fumée. Roll-over.*	Foyer vif, flammes plus sombres. Présence « d'anges danseurs » dans la fumée. Roll-over.*
Chaleur	Couche de fumées rayonnantes, imposant une position au plus près du sol. Dégagement de gaz de pyrolyse.	Couche de fumées rayonnantes, imposant une position au plus près du sol. Dégagement de gaz de pyrolyse.

*NB : Les roll-over sont le signe de l'imminence de l'embrasement généralisé éclair. Le binôme confronté à ce phénomène doit adopter immédiatement une attitude défensive et se replier en dehors du volume concerné.

Sources bibliographiques : Enclosure fires de Lars-Göran Bengtsson

Cette fiche a vocation à évoluer au fur et à mesure des avancées scientifiques		
Version 1	Créé le :	28/03/2018
Version X	Modifiée le :	

Fiche scientifique : *Les phénomènes de type « backdraft »*

Terminologie anglaise associée : Backdraft (terminologie américaine) / Backdraught (terminologie anglaise)

1. Définition

Ce phénomène se produit lorsqu'un feu manque d'air pour se développer naturellement.

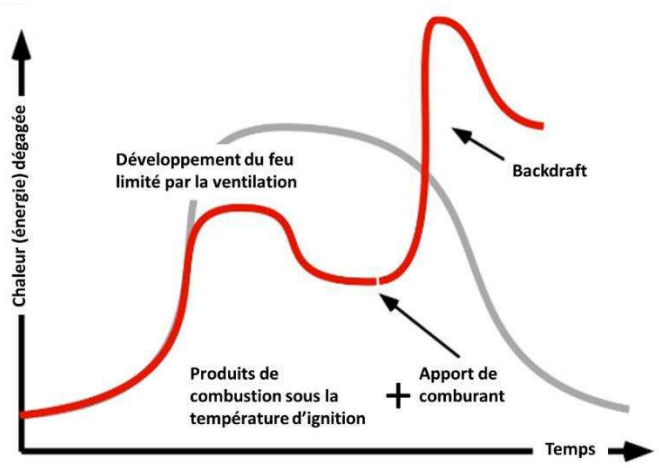
Sous certaines conditions, l'apport d'air soudain volontaire (ouverture de porte par exemple) ou accidentel (rupture d'un ouvrant par exemple), peut entrainer l'inflammation/l'explosion des fumées accumulées dans le volume concerné par l'incendie.

Cette typologie est connue sous le terme de backdraft.

Terminologie anglaise associée : Backdraft (terminologie américaine) / Backdraught (terminologie anglaise)

Issu de conditions particulières impliquant à la fois le contenant et le contenu du volume incriminé, le backdraft, traduit littéralement par retour de courant (d'air) de convection, est un phénomène complexe.

En effet si le mécanisme de déclenchement du backdraft est bien identifié (création d'une zone de pré-mélange lors d'un apport d'air), en revanche la mise en place des conditions du risque peuvent être parfois très diverses. De ce fait, les signes annonciateurs peuvent être en partie visible, pouvant rendre difficile l'analyse et l'identification du risque.



2. Conditions nécessaires

Plusieurs conditions sont nécessaires pour qu'un backdraft se produise :

- des produits de pyrolyse et des produits de combustion inflammables s'accumulent à forte concentration dans le volume concerné, au-dessus de leur LSE (mélange riche) ;
- dans cette pièce, les échanges avec l'extérieur sont faibles et/ou l'apport d'air est quasi nul ;
- une admission d'air frais se fait brutalement (Il s'agit dans la plupart des cas de l'ouverture ou de la rupture d'un ouvrant) ;
- un brassage doit se faire entre les produits de combustion et de pyrolyse accumulés et l'apport d'air, créant une zone de pré-mélange qui rentre dans sa plage d'inflammabilité ;

- une source d'ignition doit être présente pour enflammer cette zone de pré-mélange qui en se dilatant va provoquer l'expulsion de l'ensemble des fumées vers l'extérieur qui, à son tour, s'enflamme.

*NB : C'est le cas d'un volume clos, mais un volume semi-ouvert peut présenter également des échanges faibles dans certaines conditions (vent fort en façade ouverte par exemple).

Selon le volume de pré-mélange et sa concentration (proche ou pas du mélange idéal), le backdraft sera plus ou moins violent.

La libération d'énergie d'un backdraft, extrêmement rapide et généralement transitoire, ne dure que peu de temps. Cependant, l'incendie progresse souvent vers un état pleinement développé en raison des changements dans la ventilation résultant de la pression excessive et du dégagement de chaleur causé par le backdraft.
Il est à noter que ce phénomène peut se produire avec des fumées non « surchauffées ».

Bien que l'occurrence d'apparition de ce phénomène soit faible compte tenu des conditions nécessaires pour qu'il se produise, l'évolution des matériaux ainsi que l'isolation de plus en plus performante dans nos habitats va augmenter significativement le risque d'être confronté à cette typologie.

3. Signes annonciateurs

Ces signes annonciateurs sont à rechercher de l'extérieur du local sinistré, et avant toute ouverture d'ouvrants. En fonction des situations, ils peuvent être plus ou moins visibles, voire absents.

Ces signes annonciateurs ne se suffisent pas à eux-mêmes. Ils doivent s'inscrire dans une démarche globale d'analyse de risque contextualisé, reposant sur la lecture bâtimentaire/lecture du feu et sur une bonne compréhension du phénomène.

SIGNES ANNONCIATEURS DU RISQUE DE BACKDRAFT	
Bâtiment & ouvrants	Volume généralement clos ou considéré clos. Volume en surpression et/ou en dépression en fonction des conditions. Apport d'air inexistant ou très faible. Vitres noircies qui peuvent vibrer.
Fumées	Fumées généralement grasses et chargées en produits de combustion et de pyrolyse. Fumées couleurs inhabituelles. Fumées pouvant sortir sous pression par bouffées et être ré-aspirées.
Flammes	Quasi absence de flammes visibles dans le volume concerné. Maintien de source d'ignition dans le volume concerné.
Chaleur	Chaleur souvent perceptible de l'extérieur.
Sons	Sons généralement assourdis. Absence de crépitements.

Cette fiche a vocation à évoluer au fur et à mesure des avancées scientifiques		
Version 1	Créé le :	28/03/2018
Version X	Modifiée le :	

Terminologie anglaise associée : Fire gaz ignition

Les fumées issues d'un incendie sont composées en majorité de gaz, dont des gaz inflammables (issus de la pyrolyse des combustibles, ou de combustions incomplètes comme le CO).

De fait elles peuvent être considérées comme une nappe de gaz avec des plages d'inflammabilité et d'explosibilité variables selon la nature des gaz présents.

Consécutivement à l'apport d'une énergie d'activation, les « Fire gaz ignition » sont des inflammations explosives (smoke explosion) ou non explosive (flash fire), d'une zone de fumées pré-mélangée à l'air. Ces phénomènes peuvent avoir lieu tout au long de l'intervention, aussi bien dans le local sinistré que dans d'autres locaux plus ou moins éloignés.

1. Caractéristique des phénomènes

- Émission de gaz de combustion issus d'un foyer initial ou résiduel (déblai) ;
- Déplacement possible de ces gaz dans des volumes éloignés (facilités par la convection et par l'écoulement du au sens de tirage) ;
- Mélange avec un comburant en proportions variables :
  - smoke explosion : proportions proches du mélange idéal (mélange stœchiométrique) ;
  - flash fire : proportions éloignées du mélange idéal ;
- Contact de ce mélange avec une énergie d'activation (foyer d'origine, matériaux incandescent ou suffisamment chaud déplacé : braise emportée par le vent, matériel électrique, déblai, …) ;
- Inflammation du mélange avec une cinétique pouvant être assimilée à une explosion.

Ces phénomènes sont donc particulièrement dangereux car :

- Présents à toutes phases de l'intervention ;
- Particulièrement possible dans les locaux adjacents au volume d'origine du feu ;
- Possibles en des lieux éloignés du volume sinistré (propagation des gaz via les communications existantes, mais aussi par les dispositifs techniques (gaines, conduits, …) ;
- Ne présentant aucun signe annonciateur facilement identifiable. La présence de fumée en est le seul indicateur fiable :
- Densité : fumée stagnante dans un volume ;
- Couleur : blanchâtre, voire jaunâtre, indiquant probablement des gaz de pyrolyse ; grises, voire noires, indiquant des résidus riches en carbone.

Cette fiche a vocation à évoluer au fur et à mesure des avancées scientifiques		
Version 1	Créé le :	28/03/2018
Version X	Modifiée le :	

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SÉCURITÉ CIVILE ET DE LA GESTION DES CRISES	**Guide de doctrine** **Lutte contre l'incendie** **Fiche pratique :** ***Wind Driven Fire et Blow Torch Effects*** ***Feux pilotés par le vent***	**FSCI-CSF-13**

Contexte : Si la gestion des effets du vent est bien intégrée sur le terrain des opérations feux de forêt, elle est moins évidente sur les interventions pour feux de structure alors qu'elle a été à l'origine de nombreux accidents ayant eu pour conséquence des blessés par brûlures ou des décès dans les rangs des sapeurs-pompiers.

Cette fiche a été rédigée avec l'intention de sensibiliser les intervenants à l'impact que peut avoir le vent sur un feu de structure. Elle se base principalement sur des études faites aux USA par le NIST en 2008-2009 – Note technique NIST 1618 : Fire fighting Tactics Under Wind Driven Conditions : Laboratory Experiments.

1. Les Principes physiques mises en avant

Pourquoi une petite brise imperceptible dans une pièce ouverte sur l'extérieur en deux points opposés le devient au passage d'une porte ou dans un couloir ?

Un fluide qui circule à une vitesse donnée, voit sa pression augmentée en amont d'une restriction (perte de charge). Au passage de la restriction, la vitesse du fluide accélère, alors que sa pression diminuera (Loi de conservation de l'énergie).

En mécanique des fluides, cette accélération est appelée : l'effet venturi. Nous connaissons bien chez les sapeurs-pompiers le phénomène connexe à cet effet : la dépression induite par la restriction, car elle permet par exemple l'aspiration d'émulseur dans un proportionneur ou le désenfumage hydraulique.

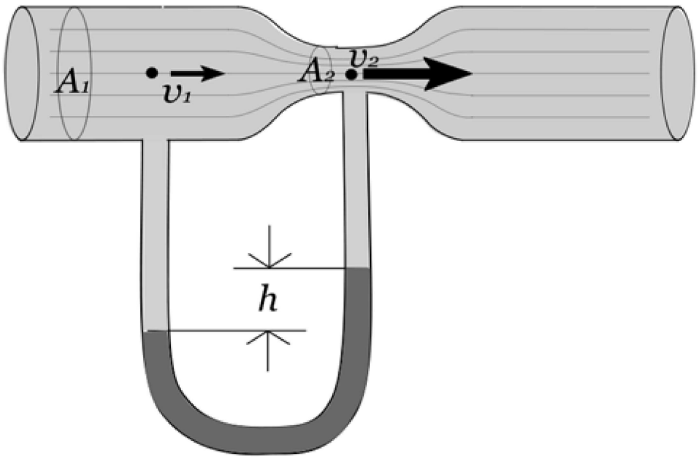


Schéma n°1 : Principe de l'effet venturi

C'est donc l'accélération du flux d'air, induit par la diminution de la section de passage qui rend le déplacement d'air perceptible à une restriction de passage.

2. Implication opérationnel de l'effet venturi

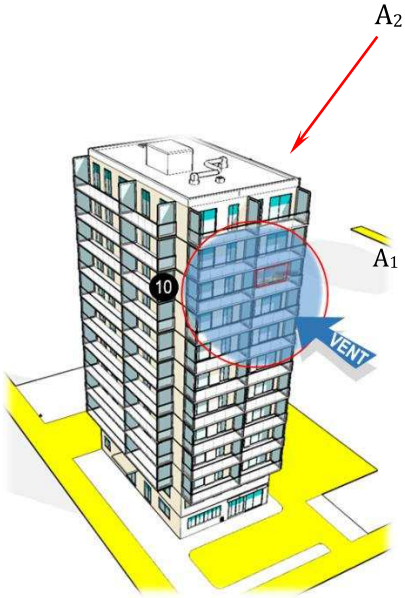


Schéma n°2 : feu au 10ème étage

Il existe des situations opérationnelles où cet effet peut jouer en la défaveur des Services d'incendie. Par exemple, si le fluide se trouve être un mélange de flammes et de fumées riche poussé par le vent au travers d'un passage de porte ou d'un couloir.

Cette situation est décrite par les pompiers américains par l'effet chalumeau (« Blow Torch effect »).

L'amplification de l'effet venturi est certes fonction de la force du vent mais aussi par l'augmentation soudaine des transferts de masse et d'énergie et la turbulence de l'écoulement que se produisent de façon quasi instantanée.

Si les flammes sont poussées par le vent au travers des portes donnant sur des couloirs ou des cages d'escalier non encloisonnées, les contraintes thermiques consécutives sont de nature à placer les intervenants face à une difficulté majeure ayant souvent eu pour finalité des brûlures voir de décès chez les sapeurs-pompiers.
Le vent est donc un aléa climatique très impactant sur le déroulement de l'intervention. Pour autant, il n'est pas toujours évident d'identifier sa présence en intervention, car, par exemple :

- La présence d'obstacles (ex. : balcon), ne permettant pas de voir l'ouvrant et donc le comportement du panache en sortie de local ;
- La difficulté à pouvoir reconnaître toutes les faces périphériques du volume concerné par l'incendie ;
- L'absence de ressenti au sol ne signifie pas absence de vent en hauteur (immeubles) ;
- Les indicateurs sont mal connus / appréhendés.

Pour illustrer ces propos dans des contextes opérationnels, voici 2 situations assez représentatives de ce qui peut être rencontré :

Cas 1 : Un feu se déclare dans une chambre au 10ème étage d'un immeuble dont la fenêtre est ouverte et la porte d'entrée fermée. Une attaque par l'intérieur est entreprise. L'ouverture de la porte d'accès permet au vent de pousser les flammes dans le couloir, la remonté d'escalier et le couloir de l'étage supérieur, jusqu'à une sortie vers l'extérieur. Un équipage placé entre le foyer et l'exutoire sera mis en difficulté face à cette vague de flamme.

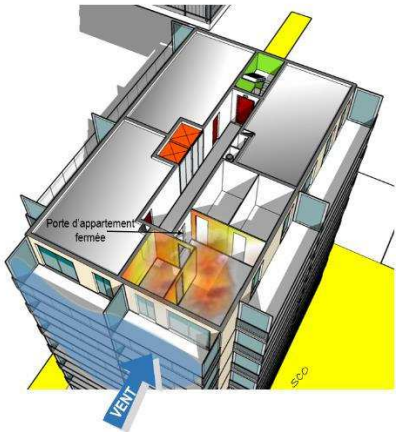


Schéma n°3 : feu au 10ème étage avec fenêtre ouverte et porte fermée

Une attaque conventionnelle par l'intérieur placerait les équipes engagées dans les couloirs d'accès aux appartements en position de vulnérabilité. Que ce soit suite à son affaiblissement mécanique ou suite à une ouverture opérée par le binôme, le vent pousserait les flammes et la fumée en direction des intervenants.

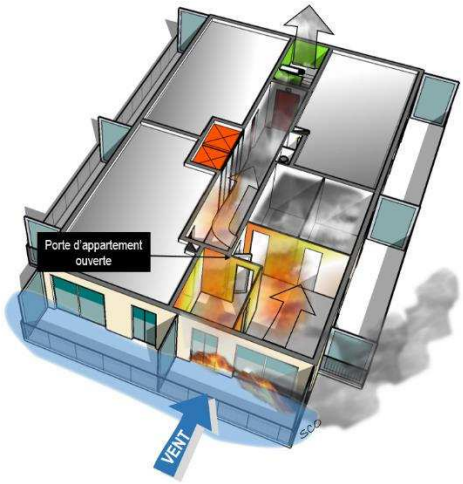


Schéma n°4 : feu au 10ème étage avec fenêtre ouverte et porte ouverte

Cas 2 : Le vent souffle contre la fenêtre d'une pièce au 15ème étage d'un immeuble d'habitation dans laquelle se développe un incendie. Les occupants de l'appartement ont laissé la porte ouverte après avoir évacué le logement. De la fumée s'échappe par cette porte et vient remplir le couloir de servitude de l'appartement. Sous la contrainte thermique induite par l'incendie, la fenêtre vient à se rompre. Le vent s'engouffre dans l'appartement et pousse la fumée qui s'embrase avec des flammes dans le couloir. La présence d'une équipe dans les servitudes d'accès à l'appartement peut être très délicate à gérer.

NB : il peut y avoir des scénarios ou le feu se produit devant la fenêtre et non plus dans la pièce elle-même (RETEX SDIS 78, feu de Trappes). Le vent attisant le foyer, de la fumée commence à remplir le logement. Les occupants quittent le logement en laissant les portes ouvertes. A la rupture du vitrage de la fenêtre / un affaiblissement de la menuiserie, le feu est poussé par le vent au travers de l'appartement jusqu'à un exutoire.

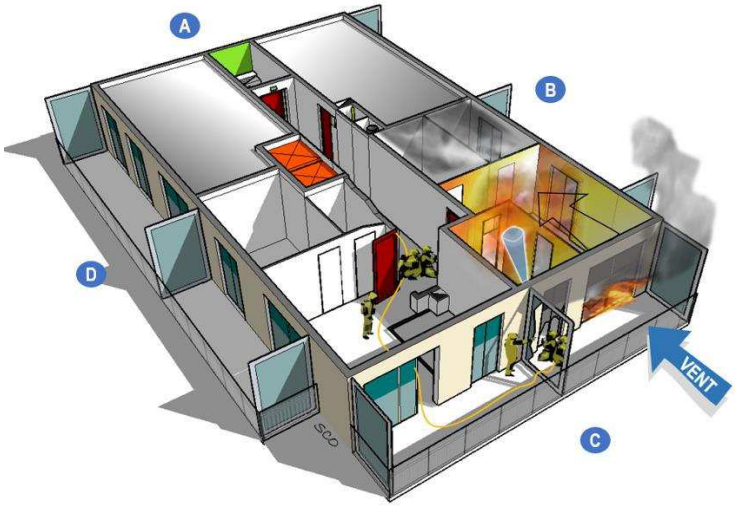


Schéma n°5 : feu démarrant sur un balcon avec rupture de la fenêtre et porte de l'appartement ouverte

3. Recherche d'indicateurs

En arrivant sur les lieux, il faut essayer de trouver des indicateurs permettant la mise en évidence de vent en direction d'un ouvrant peuvent être :

- Depuis l'extérieur :
  - Drapeau, arbres, poussières, manche à air ;
  - La sortie par l'ouvrant d'un mélange flamme/fumée par « bouffée » ;
  - Une évacuation asymétrique du mélange flamme / fumée par l'ouvrant et une sortie par bouffée de la fumée ;
- Depuis l'intérieur : intégrer dans le protocole d'ouverture sécurisée la recherche d'indicateur(s), par exemple via un entrebâillement de porte de quelques millimètres.

Cette fiche a vocation à évoluer au fur et à mesure des avancées scientifiques		
Version 1	Créé le :	28/03/2018
Version X	Modifiée le :	

Annexe B :
Fiches scientifiques : L'Homme face au feu et aux fumées

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SÉCURITÉ CIVILE ET DE LA GESTION DES CRISES	**Guide de doctrine** **Lutte contre l'incendie** **Fiche scientifique :** ***L'homme face au feu et aux fumées***	**FSCI-HOM**
Références : chapitre 1, section 3, paragraphe 4		

Objectif des fiches scientifiques

Le guide de doctrine opérationnelle sur les feux de structure reprend le minimum des connaissances que les sapeurs-pompiers doivent aujourd'hui s'approprier, pour décliner localement les principes généraux de la lutte (de l'analyse des risques, au déploiement de la stratégie).

Pour ceux qui souhaitent aller plus loin, voire engager des travaux de recherche et développement sur ce thème, il convient de préciser un certain nombre de concepts scientifiques, en appui du premier chapitre du guide de doctrine opérationnelle.

La santé et la sécurité des intervenants et de l'Homme en général, repose sur la capacité d'analyse des risques pour celui, quelle que soit la situation.

Afin de réaliser cette analyse, les équipes doivent connaitre les caractéristiques de ces risques et leurs effets.
Les risques liés au feu sur les personnes qui y sont exposés sont de trois natures :

- perturbations sensorielles ;
- risques thermiques ;
- risques toxiques.

Les présentes fiches ont pour objectif de permettre à chaque acteur, de disposer de ressources scientifiques permettant d'étayer des réflexions sur l'aménagement des conditions opérationnelles et péri opérationnelles des intervenants.

Elles sont donc destinées à l'ensemble des acteurs de la préparation, de l'organisation et de la mise en œuvre des interventions et décrivent :

- FSCI-HOM-1 : les effets du feu sur l'Homme ;
- FSCI-HOM-2 : le stress thermique ;
- FSCI-HOM-3 : l'aptitude à la mission.

Ces fiches ont vocation à vivre, notamment à travers les travaux de recherche et développement, mais aussi des éventuels retours des SIS.

Fiche scientifique :
Les effets du feu sur l'Homme

Préambule
Cette fiche traite de l'effet du feu sur les personnes qui y sont accidentellement exposés. Les Sapeurs-Pompiers en sont de fait exclus. Leur préparation et de leurs équipements en particuliers les EPI dont ils disposent en font une catégorie à part.

1. Effet du feu sur les personnes

(Tiré du rapport sur les Effets du feu sur les personnes – Eric Guillaume – 2006)

1.1. Généralités

Les risques liés au feu sur les personnes qui y sont exposées sont principalement de trois natures :

- Les perturbations sensorielles, dont notamment la baisse de la vision périphérique : Elles ont des effets psychologiques avec le stress qu'elles engendrent mais sont également une entrave éventuelle à l'évacuation.
- Les risques thermiques liés au feu et aux fumées sont liés au flux thermique et à la température. Ils peuvent entraîner diverses atteintes provoquant l'incapacité, pour la victime, de se soustraire à l'incendie ou à ses effets.
- Les risques toxiques du feu. Ils sont liés aux espèces chimiques présentes dans les fumées. C'est eux qui présentent le risque le plus important d'incapacitation et de létalité parfois à distance du foyer.

A ces facteurs s'ajoute le risque de développement rapide et incontrôlable du feu et du manque d'oxygène.
L'effet de l'exposition au feu des personnes est très variable. Il a tout d'abord des effets psychologiques. La décision d'évacuer est lié à la perception du danger par les occupants, de leur capacité d'établir plusieurs lignes de conduite possible. La décision d'évacuer ou non et le choix d'un chemin implique la perception par les personnes des risques inhérents à chacune des décisions possibles. Cette perception est influencée par les informations de dangers analysés par la personne telle que la vue de la fumée, du feu, de la sensation de chaleur, de l'irritation oculaire et de la région supérieure de l'appareil respiratoire. Il est difficile d'évaluer quantitativement les effets psychologiques d'une exposition aux fumées, celle-ci peut être strictement opposée en en fonction de l'expérience et de la perception du danger par la personne.
Les effets physiologiques peuvent avoir une influence sur la capacité physique des occupants à réagir. Les fumées irritantes peuvent entrainer une perte de visibilité et de difficultés à respirer pouvant entraîner divers degrés de détresse respiratoire voir conduire à l'asphyxie. Des brûlures cutanées sont la conséquence de la convection ou rayonnement (flux thermique). L'inhalation de gaz toxiques provoque principalement des troubles neurologiques.

1.2. Epidémiologie

En 2016, 76082 incendies d'habitation à usage domestique avaient été recensés causant le décès de 257 victimes. La prévalence des incendies grave était plus faible dans l'industrie. La majorité des incendies se déclarent dans la journée mais la majorité des décès survient la nuit du fait d'un retard à la détection de l'incendie. Les victimes sont majoritairement des hommes jeunes entre 15 et 64 ans. S'ils sont impactés par un incendie, les jeunes enfants et les personnes âgés sont plus à risque de décès du fait de leur incapacité à s'y soustraire et à la gravité plus importante des atteintes du fait même de l'âge.

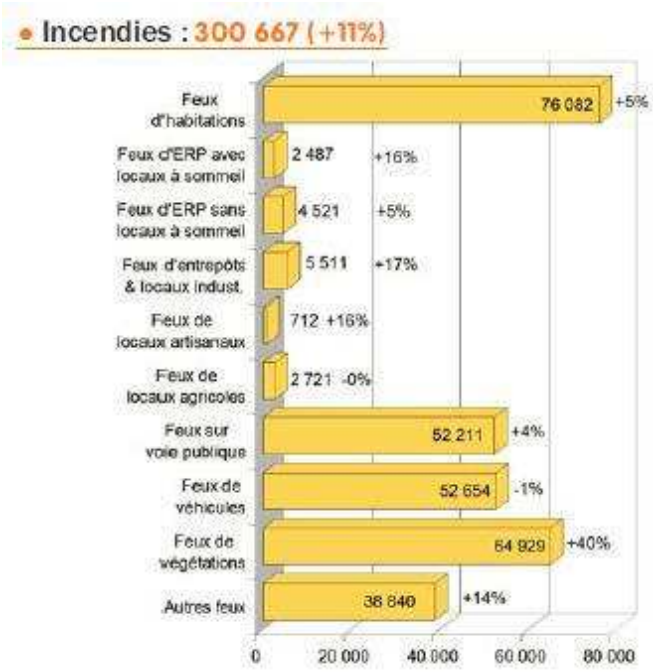


Illustration 1 : Répartition des types de feux ayant provoqués l'intervention des Sapeurs-Pompiers et leur évolution annuelle (Statistiques SDIS 2016 - DGSCGC)

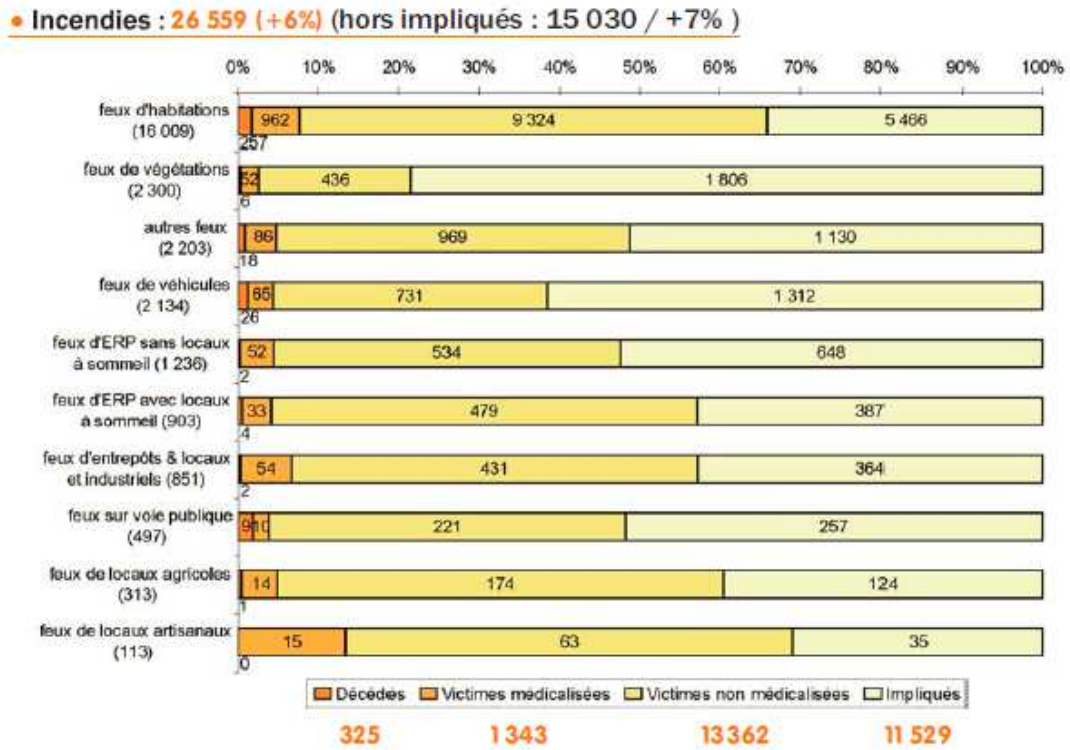


Illustration 2 : Répartition des atteintes aux personnes en fonction du type de feux (Statistiques SDIS 2016 - DGSCGC)

Très peu de données sont disponibles quant aux causes des décès, en particulier à savoir s'ils sont liés à des effets thermiques ou plutôt à une intoxication par les fumées. En France, peu de données sont disponibles. D'après la littérature, les experts s'accordent à dire que le pourcentage d'intoxication létale serait compris entre 75 et 90 % des décès.

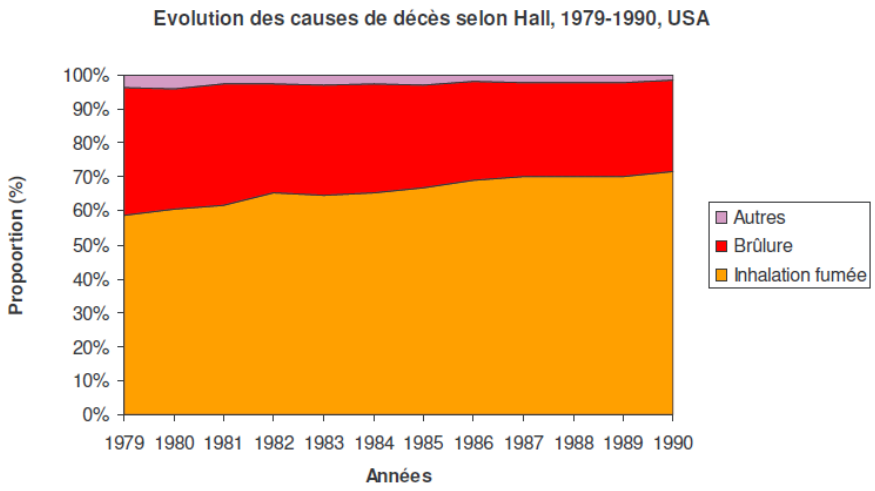


Illustration 3 : Répartition des causes de décès lié à un incendie aux USA entre 1979 et 1990.

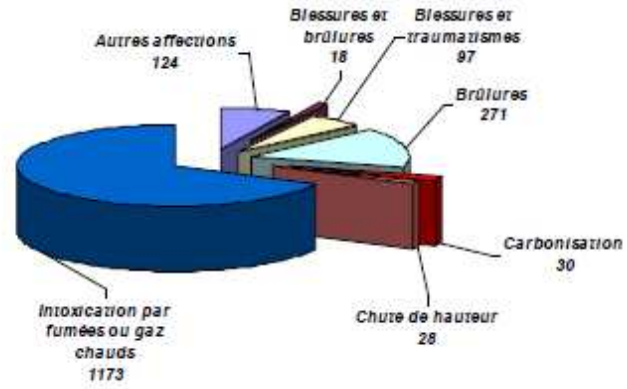


Illustration 4 : Répartition des affections touchant les victimes d'incendies (BSPP-BOPE 2005)

Il s'agit d'une donnée importante pour le sapeur-pompier. En effet, l'embrasement des volumes n'est absolument pas la principale donnée à prendre en compte pour estimer les chances de survie d'une victime.

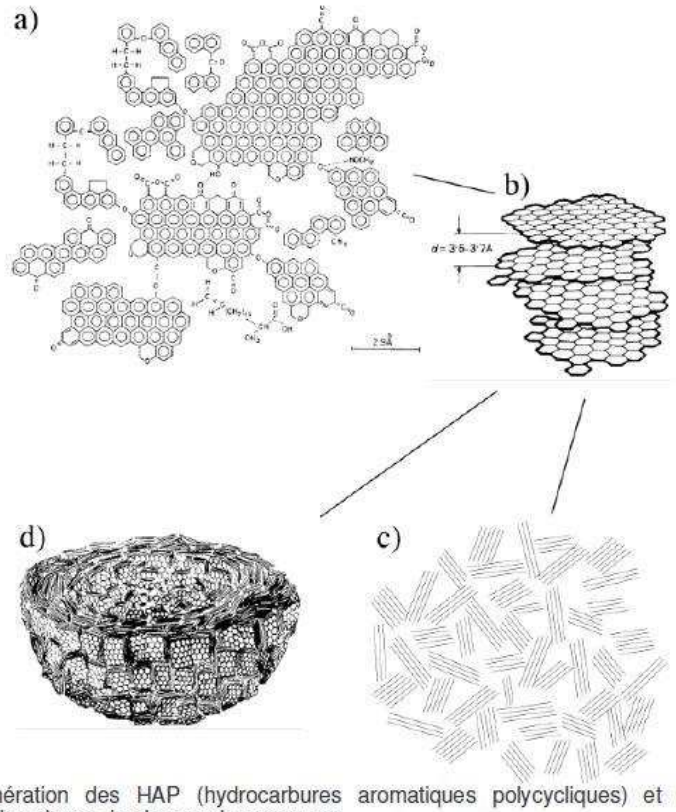
2. Effet des phénomènes thermiques

Lors d'un embrasement généralisé, le flux thermique du plafond de fumée est de l'ordre de 20 à 25 kW/m^2 soit près de 10 fois supérieur à celui supportable par une personne. Il est donc très improbable, sauf protection spécifique, de retrouver une victime survivante dans une pièce sujette à un embrasement généralisé.

3. Effets liés à la perte de visibilité

La détermination de la visibilité à travers les fumées est une donnée importante car elle définit la possibilité pour les occupants de fuir rapidement. La présence de fumée induit la présence de composés toxiques et de suie qui peuvent présenter un risque pour les individus. Les études disponibles sur le sujet montrent que la vitesse de marche d'un homme diminue en fonction de la densité optique des fumées et que ceux-ci ne pénétraient pas dans un volume enfumé lorsque la visibilité était inférieure à 3 mètres, ils estimaient alors le confinement plus sûr.
La fumée est composée d'eau, de gaz de combustion et de suies. Les suies contenues dans la fumée sont principalement formées de la cokéfaction des combustibles. Les noyaux aromatiques s'accolent pour

former des composés aromatiques allant des HAP aux réseaux macromoléculaires (coke). Les types de suies formés dépendent grandement des conditions locales lors de leur formation plus que de la nature des produits dégradés eux-mêmes.



a) Agglomération des HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) et des cycles en molécules planes de plus en plus grosses ;
b) Répartition des molécules planes en feuillets de quelques molécules d'épaisseur, agglomérées par leurs liaisons Pi à la manière du graphite ;
c) Agglomération des groupes de molécules ;
d) Formation d'une particule élémentaire de suie. Une telle particule forme une sphère d'environ 30 nm de diamètre.

Illustration 5 : Processus de formation des particules de carbone dans les fumées

Il existe plusieurs méthodes de détermination de la quantité de fumée ou de la baisse de la visibilité tels que la densité optique, le coefficient d'extinction ou la mesure de la masse des particules de suie par volume gazeux. Il s'agit de méthodes utilisables en milieu expérimental.
Il existe des aménagements techniques de désenfumage permettant de diminuer la quantité de fumée afin de permettre l'évacuation. Les critères normatifs proposés sont que la hauteur libre de fumée soit suffisante c'est-à-dire toujours supérieur à 1 m 80 mais aussi que le flux de chaleur issu des fumées et reçu par les personnes soit supportable néanmoins aucun critère n'est proposé.

4. Effets thermiques du feu sur les personnes

Les effets thermiques du feu sur les personnes impactent trois niveaux :

- la thermorégulation entraîne une élévation de la température corporelle par excès d'apport de chaleur. A l'extrême un coup de chaleur entraînant la mort ;
- une atteinte des voies respiratoires, en particulier caractérisée par les brûlures ;
- un effet cutané qui peut avoir pour origine la chaleur radiante sans contact ou liée à la convection avec contact des tissus avec les fumées.

Ces atteintes sont caractérisées par l'importance du flux thermique incident, la température des fumées et le temps d'exposition. Concernant les brûlures de l'appareil respiratoire, le taux d'humidité est également une donnée importante. Par exemple, l'inhalation d'air contenant moins de 10 % d'eau n'entraine pas de brulure des voies respiratoire sans atteindre préalable de la peau. Alors que des brûlures de l'appareil

respiratoire sont observées dès 60 degrés dans un air saturé en humidité.

Flux thermique (kW/m²)	Effet physiopathologique	Effet descriptif ou correspondance
1,0	-	Rayonnement solaire en zone tropicale
2,5	Limite de tenabilité de la peau en 30 minutes	-
5,0	Cloques en 30 secondes	Bris de vitres par effet thermique
8,0	-	Début de combustion spontanée du bois
9,5	Seuil de douleur en 6 secondes	-
90,0	Destruction immédiate des tissus	Rayonnement émis par une surface chaude (<850°C)
150,0	-	Rayonnement émis par une surface très chaude (1000°C)

Illustration 6 : Effet du flux thermique

Le seuil de flux thermique à partir duquel on considère un risque d'atteinte cutanée est de 2,5 kW/m². 3 sources sont à considérer :

- le flux thermique direct émis par le foyer, le plus intense mais localisé ;
- le flux thermique issu de la fumée. L'effet peut être considérable même distance du foyer ;
- le flux thermique issu des parois.

Le temps pour atteindre un effet vulnérant d'un flux thermique de 2 kW/m² est de 30 minutes. Aucun effet significatif n'a été observé sur les personnes pour le temps nécessaire à l'évacuation.
Au-delà ; de cette valeur le temps nécessaire pour observer un effet vulnérant est relié au flux thermique.

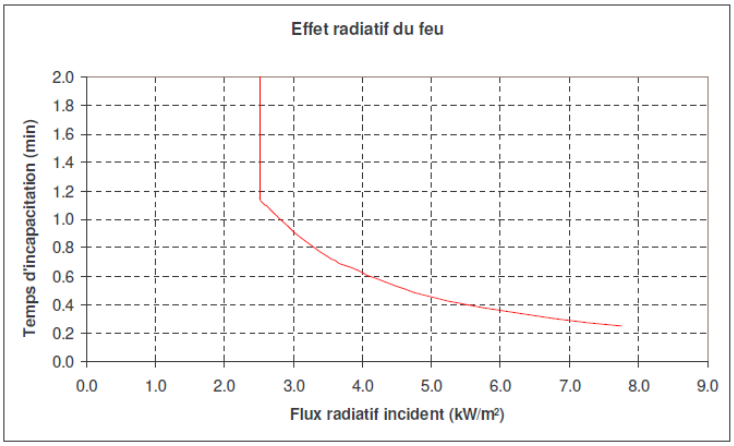


Illustration 7 : Temps d'effet du rayonnement thermique sur les personnes en fonction du flux radiatif incident.

Une relation similaire est retrouvée avec la température de l'air ambiant. Une exposition à un air parfaitement sec à 100°C entraine une hyperthermie et des brûlures en 2 à 5 min. (Budnick E.K. et al. Mobile Home bedroom Fire Studies : The role of interior finish. National bureau of Standards Interim report, 78-1531, 1978).

Température	Incapacitation	Létalité
90 °C	35 minutes	60 minutes
150 °C	5 minutes	30 minutes
190 °C	Immédiate	15 minutes
200 °C	Dommages irréversibles aux voies respiratoires	
340 °C	Mort instantanée	

Illustration 8 : Effet de la température sur les personnes - US Navy

Bien entendu, il faut prendre en compte les effets vestimentaires du sujet qui amènent un facteur correctif du fait d'une isolation plus ou moins importante. Des normes concernant les flux thermiques radiatif reçu par les biens et les personnes ont été définis par l'arrêté du 29 septembre 2005.

Flux	Effet
5 kW/m²	Destructions de vitres significatives
8 kW/m²	Seuil des effets domino, correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures
16 kW/m²	Seuil d'exposition prolongée des structures, correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton
20 kW/m²	Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton
200 kW/m²	Seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes

Illustration 9 : Effet du flux thermique sur les biens selon l'arrêté du 29 septembre 2005

Flux	Dose	Effet
3 kW/m²	600 $[(kW/m^2)^{4/3}].s$	Seuil des effets irréversibles délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine »
5 kW/m²	1 000 $[(kW/m^2)^{4/3}].s$	Seuil des effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine » mentionnée à l'article L. 515-16 du code de l'environnement
8 kW/m²	1 800 $[(kW/m^2)^{4/3}].s$	Seuil des effets létaux significatifs délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine » mentionnée à l'article L. 515-16 du code de l'environnement

Illustration 10 : Effet du flux thermique sur les personnes selon l'arrêté du 29 septembre 2005

5. Effets toxiques des effluents du feu

Les fumées sont la principale cause de mortalité lors des incendies. Elles associent une température élevée, des composés toxiques et une opacité.
Le temps de survie des victimes d'un incendie est inversement proportionnel à la concentration et à la toxicité des produits dégagés. La densité de fumée et la chaleur dépendent de la variation de la croissance du feu et de la quantité de produits dégagés. Le potentiel toxique des produits correspond à la concentration d'exposition ou la dose d'exposition nécessaire pour produire des effets toxiques ainsi que les effets en termes de chaleur et de diminution de visibilité.
Certains toxiques ont une action plus ou moins lente, dans ce cas les individus peuvent décéder dans les suites de leur exposition.
Dans la fumée, plus de 20 substances irritantes ont été mise en évidence. Ils sont présents dans les fumées issues de combustion des matériaux synthétique ou naturels. Une concentration critique a été définie comme étant sévèrement irritante.

Gaz irritant	HCl	HBr	HF	SO_2	NO_2	
CC (ppm)	200	200	120	30	80 pour 5 min d'exposition	25 pour 30 min d'exposition

Illustration 11 : Concentrations critiques de gaz irritants d'après Purser 1995.

Le monoxyde de carbone, l'acide cyanhydrique et le dioxyde de carbone sont à l'origine de la quasi-totalité des décès dus à l'intoxication par les fumées. A lui seul le monoxyde de carbone est à l'origine de 90% des décès lors des analyses post-mortem (USDA Forest Service, 1991). Ceci est lié aux concentrations extrêmement faibles de CO responsable d'atteintes chez les personnes exposées :

Pourcentage volumique de CO dans l'air	Effet physiopathologique
0,01 %	Céphalées
0,05 %	Vertiges
0,1 %	Syncope[16]
0,2 %	Coma[17], mort rapide
0,5 %	Mort immédiate

Illustration 12 : Effet du Monoxyde de carbone sur l'homme en fonction de la concentration atmosphérique

Dans les fumées de combustion plus de 200 composés différents peuvent-être identifiés. De nombreux composés peuvent apparaître certains sont stables et d'autres ne subsistent que quelques instants. De nombreux composés se révèlent toxiques pour l'homme. Si l'effet toxique des différents composés pris individuellement est assez bien connu, il est en revanche souvent difficile, voire impossible, de déduire d'une analyse chimique, plus ou moins complète, la toxicité de ces gaz de combustion car ils sont toujours constitués par des mélanges plus ou moins complexes et en proportions variables. Des phénomènes de synergie ou d'antagonisme entre ces composés risquent donc de contredire toute prédiction de toxicité faite à partir des seuls résultats analytiques.

Il existe également une notion de toxicité chronique pour des expositions modérées mais fréquentes (Cf. Fiche Toxicité des fumées).

Les données de toxicités sont difficilement applicables au milieu opérationnel. Les outils ne permettant pas une prédiction fiable et rapide de la toxicité précise d'une fumée d'incendie à un instant t. Les utilisations actuelles sont normatives afin de s'assurer de l'absence d'excès de toxicité dans des domaines précis tels que l'aéronautique, le transport ferroviaire ou la marine. Il existe quelques applications dans le domaine bâtimentaire dont la pertinence est discutable car le principal déterminant de la toxicité aiguë des fumées est le monoxyde de carbone.

Cette fiche a vocation à évoluer au fur et à mesure des avancées scientifiques		
Version 1	Créé le :	28/03/2018
Version X	Modifiée le :	

Fiche scientifique :
Gérer le stress thermique

Contexte : Chaque SP, qu'il soit en intervention ou en formation, est exposé à une perturbation de son équilibre thermique. La connaissance des mécanismes physiopathologiques liés à cette contrainte permet à tous, à chaque niveau, d'entreprendre les actions évitant qu'elle ne mette en péril la sécurité individuelle et collective.

1. Comprendre le Stress thermique

Le stress thermique, est dû à un déséquilibre entre les apports de chaleur avec les capacités d'évacuation de l'organisme (thermolyse). Les conséquences aigues de ce déséquilibre thermique peuvent être une altération des capacités neuromusculaires ou cognitives (baisse de la force physique, augmentation du temps de réaction), des crampes, une déshydratation, un épuisement à la chaleur voir dans les cas gravissimes un coup de chaleur et bien sûr des brûlures cutanées.
Tous les travaux sur le sujet ont montré une augmentation de la température centrale dans ces conditions, celle-ci entrainant une déshydratation importante et rapide (dès 15 min d'effort) y compris en formation (Eglin, Coles, and Tipton 2004, Fernhall et al. 2012, Watt et al. 2016).

2. Notion de thermorégulation

La thermorégulation est définie comme l'ensemble des processus ou mécanismes permettant à l'Homme de maintenir sa température interne dans les limites normales (homéothermie) quel que soit son niveau métabolique ou la température du milieu ambiant. Elle repose sur un équilibre constant entre les apports (thermogénèse) et les pertes de chaleur (thermolyse). —L'individu échange de la chaleur avec l'environnement selon quatre modes : conduction, convection, radiation et évaporation. L'apport de chaleur est représenté par l'augmentation de la température ambiante, le rayonnement thermique et la production par l'organisme qui est augmentée par l'activité physique.
Ces mécanismes de thermorégulation sont limités notamment lors d'une activité intense et de courte durée comme la lutte contre l'incendie qui ne permet pas d'obtenir une acclimatation opérationnelle rapide.

3. Notion de confort thermique

La sensation de confort thermique dépend du milieu ambiant :

- Température sèche de l'air ;
- Température moyenne du rayonnement ;
- Humidité ambiante ;
- Vitesse de circulation de l'air.

Il dépend également de l'individu :

- Activité physique ;
- Isolation vestimentaire (EPI).

Cette sensation est donc variable selon l'intervention et selon la tache sur une même intervention (binôme d'attaque ou binôme de sécurité).

4. Ambiance chaude

Dans une ambiance chaude, le corps humain va tenter d'équilibrer le bilan thermique par :

- Elévation de la température superficielle afin d'augmenter les échanges de chaleur par convection et rayonnement ;
- 28°C < T cutanée (normale) < 36°C ;

- Seuil d'alarme = 42°C ;
- Température cutanée = 43°C -> Sensation de brûlure ;
- Vasodilatation périphérique entrainant une augmentation du débit sanguin et de la fréquence cardiaque (à l'extrême il existe un risque de bas débit sanguin cérébral et d'hypotension artérielle) ;
- Evaporation de la sueur qui peut être entravée par les EPI.

La chaleur induite par le feu peut entrainer une mise en jeu excessive voire une défaillance de la thermorégulation responsable d'une accumulation de chaleur dans l'organisme, c'est le stress thermique. Celui-ci entraine déshydratation, troubles neurologiques, troubles digestives, coup de chaleur d'exercice, état de choc entrainant le décès. Les performances sont diminuées et les risques d'erreur accrues.

5. L'impact des équipements

Les capacités de thermolyse de l'organisme sont entravées par les EPI qui empêchent le refroidissement de l'organisme et l'évaporation de la sueur du fait d'une faible perméabilité à l'air. Le port des EPI entraine également un surpoids qui à lui seul est responsable d'une contrainte physique.
Une étude a mis en évidence le rôle des vestes textiles sur l'humidité et les phénomènes thermiques (J.Randall Lawson. 1998) :
Les protections n'empêchent pas complètement le passage de l'énergie thermique vers le corps.
L'humidité présente dans les vêtements à un impact non négligeable dans les transferts d'énergie, l'évaporation de l'humidité à un effet généralement bénéfique pour le pompier, l'évaporation est régulée par les aspects suivants :

- la quantité d'énergie entrant dans le vêtement ;
- l'humidité relative dans l'atmosphère ; plus elle est élevée plus il sera difficile d'éliminer de l'énergie par évaporation de sueur ;
- les propriétés des vêtements de protection qui permettent l'évaporation ;
- le taux d'évaporation qui résulte du taux de transpiration et du taux de pénétration de l'humidité extérieure.

Dans le même temps l'humidité augmente la conductivité du textile. L'enjeu est donc de garantir un niveau d'humidité maximum pour un refroidissement par évaporation efficace, mais aussi de limiter ce niveau pour éviter une conduction trop élevée de la tenue.
L'étude démontre que la variation d'humidité peut entrainer différents type d'accident :

- brulure par diminution de l'épaisseur d'air ;
- brulure par séchage des vêtements ;
- brulure par la vapeur ;
- brulure par eau liquide brulante ;
- brulure par les vêtements chauds.

6. Le risque pour la santé

L'analyse des causes de décès des SP sur les lieux d'une intervention ou juste après a montré que l'étiologie était cardiaque dans près de la moitié des cas (Soteriades et al. 2011, Kales et al. 2007, Yang et al. 2013, Kahn, Woods, and Rae 2015). Les estimations précisent que pour chaque évènement fatal, 25 évènements cardiaques non fatals surviendraient. Il est montré que l'effet du stress thermique généré par l'effort physique avec port de l'EPI est responsable de modifications notable du myocarde et du système vasculaire (Al-Zaiti et al. 2015, Lefferts et al. 2015, Fernhall et al. 2012, Feairheller 2015). Une modification de la coagulation et de l'inflammation lors de la lutte contre les incendies peut également être responsable en partie de cette morbi-mortalité (Smith et al. 2014, Gianniou et al. 2016).
L'augmentation de la fréquence cardiaque est constante dans les études, celle-ci se rapproche fréquemment de la fréquence cardiaque maximale témoignant de l'utilisation de la réserve cardiovasculaire et métabolique lors des missions de lutte contre les incendies et les formations (Siddall et al. 2016, Eglin, Coles, and Tipton 2004).

7. Lutter contre le Stress thermique

Le but du soutien aux intervenants est de veiller à ce que la condition physique et mentale des personnels en intervention ou en entrainement ne se détériore pas au point d'affecter la sécurité de chacun ou de mettre en péril l'intégrité de l'intervention. Ce soutien doit s'appliquer à toute intervention ou exercice, où l'activité physique est intense ou en cas d'exposition à la chaleur ou au froid. Elle peut être supervisée par une équipe de SSO si elle est engagée sur l'intervention, elle relève du COS le cas échéant.

8. Rétablir l'équilibre thermique

En pratique, de par ses contraintes et les limites techniques actuelle est très fréquemment associé à un déséquilibre thermique. Il existe des solutions pour que ce dernier ne soit pas un obstacle à l'accomplissement de la mission.

8.1. Fractionnement de l'effort

En ménageant des temps de repos suffisants entre les séquences de travail on permet à l'organisme d'accéder à des phases où il va pouvoir évacuer une partie de la chaleur accumulée. Il n'existe pas de définition consensuelle de la durée des séquences de travail et du ratio travail / repos. Des contraintes opérationnelles peuvent bien entendu également allonger les phases de travail, mais il faudra alors veiller à ensuite augmenter les phases de repos. A titre indicatif, l'autonomie d'un ARICO soit une vingtaine de minutes, semble un repère raisonnable pour la durée d'une phase de travail intense. Considérant que la température centrale continue de croitre 10 à 15 min après la fin de l'effort physique (Eglin, Coles, and Tipton 2004), un ratio proche de 1/1 semble approprié.
Des indicateurs peuvent être utiles pour estimer de la contrainte qui s'exerce sur les personnels. Ils peuvent prendre en compte : les contraintes thermiques d'ambiance (chaleur, froid) comme le Heat Index par exemple, la durée de l'intervention, les horaires de l'intervention, le niveau de risque lié à l'opération, ... Plus la contrainte est importante plus le ratio travail / repos doit être bas.

8.2. Optimisation du repos

Afin d'optimiser le temps dévolu à ces phases il faut mettre l'organisme dans les meilleures conditions pour rétablir l'équilibre thermique. Adopter la tenue de travail la plus adaptée est essentiel. Toute chaleur qui n'est pas accumulée ne sera pas à évacuer ensuite. La tenue de travail la plus isolante n'est pas forcément la plus adaptée (exemple : hors zone d'exclusion, conducteur d'engin pompe, phase d'attaque en FDF). Dans l'idéal, la zone de soutien devrait se situer dans un espace tempéré et le SP avoir ôté ses EPI, ainsi il n'y a plus d'obstacle à la thermolyse. On peut également humidifier la peau et ventiler la zone pour accentuer l'évacuation de chaleur par évaporation.
Cette phase est également un temps de surveillance des équipiers, la présence de signes d'alarme (comportement, signes cliniques, anomalie des paramètres vitaux ou hyperthermie) devant faire évaluer l'agent par une équipe SSO. La surveillance de la température des couches externes du corps est validée pour la surveillance de la température corporelle (Eglin, Coles, and Tipton 2004). Il n'existe actuellement pas de règle ou de seuil scientifiquement validé permettant d'attester de l'aptitude médicale à un réengagement sur une seconde mission. Des initiatives existent, dans l'attente de leurs résultats, seule l'expertise du Service Médical est fiable.

9. Apport hydrique et énergétique

L'hydratation est un des piliers de la remise en condition. La perte en eau est précoce, importante, la soif est tardive et l'état d'hydratation est déterminant pour de nombreuses fonctions essentielles (telles que la contraction musculaire, les capacités cognitives,), il faut assurer un apport d'eau suffisant durant toute l'opération ou formation et la remise en condition. Un apport nutritionnel peut être également nécessaire si la durée de sollicitation augmente sans qu'un seuil ne soit actuellement établi.
L'efficacité de ces préconisations est suggérée par les données de certaines études. Dans de bonnes conditions (repos, hydratation, nutrition), le stress thermique, y compris maintenu pendant plusieurs jours n'entrainait pas d'altération des capacités physiques des agents (Larsen, Snow, and Aisbett 2015, Larsen et al. 2015).

Références:

Al-Zaiti, S., J. C. Rittenberger, S. E. Reis, and D. Hostler. 2015. "Electrocardiographic Responses During Fire Suppression and Recovery Among Experienced Firefighters." *J Occup Environ Med* 57 (9):938-42. doi: 10.1097/JOM.0000000000000507.

Eglin, C. M., S. Coles, and M. J. Tipton. 2004. "Physiological responses of fire-fighter instructors during training exercises." *Ergonomics* 47 (5):483-94. doi: 10.1080/0014013031000107568.

Feairheller, D. L. 2015. "Blood pressure and heart rate responses in volunteer firefighters while wearing personal protective equipment." *Blood Press Monit* 20 (4):194-8. doi: 10.1097/MBP.0000000000000120.

Fernhall, B., C. A. Fahs, G. Horn, T. Rowland, and D. Smith. 2012. "Acute effects of firefighting on cardiac performance." *Eur J Appl Physiol* 112 (2):735-41. doi: 10.1007/s00421-011-2033-x.

Gianniou, N., P. Katsaounou, E. Dima, C. E. Giannakopoulou, M. Kardara, V. Saltagianni, R. Trigidou, A. Kokkini, P. Bakakos, E. Markozannes, E. Litsiou, A. Tsakatikas, C. Papadopoulos, C. Roussos, N. Koulouris, and N. Rovina. 2016. "Prolonged occupational exposure leads to allergic airway sensitization and chronic airway and systemic inflammation in professional firefighters." *Respir Med* 118:7-14. doi: 10.1016/j.rmed.2016.07.006.

Kahn, S. A., J. Woods, and L. Rae. 2015. "Line of duty firefighter fatalities: an evolving trend over time." *J Burn Care Res* 36 (1):218-24. doi: 10.1097/BCR.0000000000000104.

Kales, S. N., E. S. Soteriades, C. A. Christophi, and D. C. Christiani. 2007. "Emergency duties and deaths from heart disease among firefighters in the United States." *N Engl J Med* 356 (12):1207-15. doi: 10.1056/NEJMoa060357.

Lawson, R. "Thermal performance and limitations of bunker gear". Fire Engineering, Trainig digest /1998.08.01

Larsen, B., R. Snow, and B. Aisbett. 2015. "Effect of heat on firefighters' work performance and physiology." *J Therm Biol* 53:1-8. doi: 10.1016/j.jtherbio.2015.07.008.

Larsen, B., R. Snow, G. Vincent, J. Tran, A. Wolkow, and B. Aisbett. 2015. "Multiple Days of Heat Exposure on Firefighters' Work Performance and Physiology." *PLoS One* 10 (9):e0136413. doi: 10.1371/journal.pone.0136413.

Lefferts, W. K., K. S. Heffernan, E. M. Hultquist, P. C. Fehling, and D. L. Smith. 2015. "Vascular and central hemodynamic changes following exercise-induced heat stress." *Vasc Med* 20 (3):222-9. doi: 10.1177/1358863X14566430.

Siddall, A. G., R. D. Stevenson, P. F. Turner, K. A. Stokes, and J. L. Bilzon. 2016. "Development of role-related minimum cardiorespiratory fitness standards for firefighters and commanders." *Ergonomics* 59 (10):1335-1343. doi: 10.1080/00140139.2015.1135997.

Smith, D. L., G. P. Horn, S. J. Petruzzello, G. Fahey, J. Woods, and B. Fernhall. 2014. "Clotting and fibrinolytic changes after firefighting activities." *Med Sci Sports Exerc* 46 (3):448-54. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182a76dd2.

Soteriades, E. S., D. L. Smith, A. J. Tsismenakis, D. M. Baur, and S. N. Kales. 2011. "Cardiovascular disease in US firefighters: a systematic review." *Cardiol Rev* 19 (4):202-15. doi: 10.1097/CRD.0b013e318215c105.

Watt, P. W., A. G. Willmott, N. S. Maxwell, N. J. Smeeton, E. Watt, and A. J. Richardson. 2016. "Physiological and psychological responses in Fire Instructors to heat exposures." *J Therm Biol* 58:106-14. doi: 10.1016/j.jtherbio.2016.04.008.

Yang, J., D. Teehan, A. Farioli, D. M. Baur, D. Smith, and S. N. Kales. 2013. "Sudden cardiac death among firefighters ≤45 years of age in the United States." *Am J Cardiol* 112 (12):1962-7. doi: 10.1016/j.amjcard.2013.08.029.

Cette fiche a vocation à évoluer au fur et à mesure des avancées scientifiques		
Version 1	Créé le :	28/03/2018
Version X	Modifiée le :	

Fiche scientifique :
« Aptitude à la mission »

Préambule

Les données épidémiologiques récentes ont mis en évidence un certain nombre de facteurs de risque de blessures et d'évènements cardiovasculaires chez les Sapeurs-Pompiers. Leur prise en compte en amont des opérations permettrait une diminution de la morbi-mortalité des SP.

1. Evaluation des risques

1.1. Evènements cardiovasculaires

Les pathologies cardiovasculaires sont prépondérantes dans la population Sapeurs-Pompiers (Ahn, Jeong, and Kim 2012). L'analyse des causes de décès des SP a montré une augmentation de leur incidence sur les lieux d'une intervention ou juste après, avec comme étiologie dans près de la moitié des cas une cause cardiaque (Soteriades et al. 2011, Kales et al. 2007, Yang et al. 2013, Kahn, Woods, and Rae 2015). Le surpoids, l'obésité et l'hypertension artérielle sont des facteurs de risques cardiovasculaires modifiables bien connus, ils sont fréquents chez les SP (Soteriades et al. 2005, Kales et al. 2009, Feairheller 2015).

2. Mesures de prévention

Un certain nombre de mesures peuvent être suggérées pour prévenir ces facteurs de risques modifiables en amont de l'opérationnel. De nombreuses initiatives peuvent être efficaces, certaines ont fait preuve de leur efficacité dans les précédentes études.

1.2. Etablissement de seuils d'aptitude

L'établissement de critères physiques à l'engagement ou devant être atteint par l'entrainement du Sapeur-Pompier semble souhaitable au vu de la littérature qui a mis en évidence un risque cardio-vasculaire inhérent à l'activité de lutte contre les incendies. Le niveau physique requis doit être fixé en fonction des seuils énergétiques exigés pour l'accomplissement des tâches nécessaires à l'accomplissement de la mission. Ainsi, ces seuils peuvent varier en fonction du rôle et des tâches des différents intervenants et de leur niveau de commandement. Pour rappel, l'inadéquation entre la capacité physique d'un agent et les tâches qui lui sont attribuées le place dans une situation de difficulté avec un risque pour sa santé (augmentation du risque cardio-vasculaire et de blessure) ainsi que pour sa sécurité et celle de ses collègues (inattention, incapacité à réagir).

Pour les tâches inhérentes aux missions de lutte contre l'incendie, c.-à-d. un établissement suivi d'une progression avec l'ensemble de l'EPI puis une attaque ou un sauvetage dans une structure bâtimentaire, le seuil minimal de VO2 est de 38 à 42 ml/kg/min et de 32 à 36 ml/kg/min pour les missions de commandement (Siddall et al. 2016, Sothmann et al. 1992). Ce seuil peut être estimé pour chaque individu par une épreuve d'effort ou équivalent (test de Luc Léger, palier ≥ 4 au minimum). Des indicateurs de la condition physique peuvent également être pertinents dans l'évaluation de la souplesse ou de la force musculaire. Toutes ces données permettent au médecin SP de statuer sur l'aptitude médicale du SP.
Les indicateurs de la masse graisseuse (IMC, tour de taille, pourcentage de masse graisseuse) sont de bons repères pour le médecin SP, cependant ils ne reflètent pas la condition physique de l'agent. Reflétant les capacités fonctionnelles les indicateurs de la condition physique tels que la VO2max sont probablement plus pertinent pour évaluer l'aptitude des agents. Les indicateurs de la masse graisseuse peuvent être utilisés pour le suivi et le dépistage du surpoids ainsi que pour l'évaluation du risque cardiovasculaire. Il n'existe pas d'équivalence avec les indicateurs de la condition physique.

Réalisation d'épreuves adaptées est possible afin de s'assurer que la condition physique des candidats est compatible avec les missions opérationnelles dévolues au SP (réalisation d'un écart permettant de réaliser un ramassage en Pont Néerlandais, enjamber une fenêtre pour pouvoir s'extraire d'un environnement

dangereux, pouvoir ouvrir un velux à hauteur moyenne de 1m90).

1.3. Programme de lutte contre les addictions

Que ce soit sous l'angle du risque cardiovasculaire ou celui des états pouvant engendrer une mise en danger personnelle ou collective, les addictions présentent un risque majeur pour les SP. Il est donc souhaitable de développer dans chaque SIS au minimum des programmes de sensibilisation aux risques liés aux addictions, au mieux une campagne de dépistage faisant intervenir une équipe d'addictologie.

1.4. Programme de lutte contre la sédentarité

Plusieurs études ont montré un bénéfice en terme d'accidentologie, de morbi-mortalité ou en terme médico-économique à l'établissement de programme entrainement physique que ce soit lors de la formation initiale ou au cours de la vie professionnelle (Leffer and Grizzell 2010, Kuehl et al. 2013, Griffin et al. 2016, Poplin et al. 2014).

Afin de ne pas entrainer une augmentation des blessures au sport ou en intervention par surestimation de ses capacités par exemple (Poplin et al. 2012), il est souhaitable que ces programmes soient conçus et encadrés par des personnels qualifiés.

1.5. Programme d'éducation nutritionnelle

Il est prouvé qu'une sensibilisation ou des incitations à l'observance des règles diététiques était efficace sur de nombreux indicateurs. Certains programmes menés chez les SP les ont inclus avec succès (Griffin et al. 2016). Les moyens sont nombreux et doivent être adaptés à chaque situation.

1.6. Surveillance cardiovasculaire

L'intérêt de la surveillance de l'ECG a été rappelé par certains travaux (Al-Zaiti and Carey 2015) : la présence d'ondes T pathologiques, d'une HVG électrique, de QRS larges, d'une ectopie ventriculaire fréquente, d'un QTc allongé, de la diminution de la variabilité de la FC, d'un sous décalage du segment ST dynamique, d'un bloc intraventriculaire, d'une élévation de la FC moyenne ou de l'élargissement spatial de l'angle QRS-T sont des marqueurs ECG de risque de mort cardiaque et devraient conduire à un avis spécialisé.
Il n'est pas exclu que la surveillance électrocardiographique juste après l'effort, sur les lieux même de l'intervention, permettrait une prise en charge anticipé d'un SP qui présenterait un signe d'appel clinique. Pour rappel, il est estimé que pour chaque évènement fatal, 25 évènements non fatals surviennent. Ces derniers peuvent être silencieux ou insidieux (Al-Zaiti et al. 2015).

1.7. Adaptation des rythmes de travail

Le rôle des rythmes de travail dans la santé a récemment été identifié. Ainsi, le travail de nuit et les séquences de travail longues (24h) se sont révélés néfaste pour le travailleur en termes de morbi-mortalité. Chez les SP un effet direct des gardes de 24h sur l'obésité et l'incidence de l'hypertension artérielle a été mis en évidence (Choi, Schnall, and Dobson 2016, Choi et al. 2016). Ces nouvelles données sont l'occasion d'une réflexion sur les rythmes de travail des SP.

Références:

Ahn, Y. S., K. S. Jeong, and K. S. Kim. 2012. "Cancer morbidity of professional emergency responders in Korea." *Am J Ind Med* 55 (9):768-78. doi: 10.1002/ajim.22068.

Al-Zaiti, S., J. C. Rittenberger, S. E. Reis, and D. Hostler. 2015. "Electrocardiographic Responses During Fire Suppression and Recovery Among Experienced Firefighters." *J Occup Environ Med* 57 (9):938-42. doi: 10.1097/JOM.0000000000000507.

Al-Zaiti, S. S., and M. G. Carey. 2015. "The Prevalence of Clinical and Electrocardiographic Risk Factors of Cardiovascular Death Among On-duty Professional Firefighters." *J Cardiovasc Nurs* 30 (5):440-6. doi: 10.1097/JCN.0000000000000165.

Choi, B., M. Dobson, P. Schnall, and J. Garcia-Rivas. 2016. "24-hour work shifts, sedentary work, and obesity in male firefighters." *Am J Ind Med* 59 (6):486-500. doi: 10.1002/ajim.22572.

Choi, B., P. Schnall, and M. Dobson. 2016. "Twenty-four-hour work shifts, increased job demands, and elevated blood pressure in professional firefighters." *Int Arch Occup Environ Health* 89 (7):1111-25. doi: 10.1007/s00420-016-1151-5.

Feairheller, D. L. 2015. "Blood pressure and heart rate responses in volunteer firefighters while wearing personal protective equipment." *Blood Press Monit* 20 (4):194-8. doi: 10.1097/MBP.0000000000000120.

Griffin, S. C., T. L. Regan, P. Harber, E. A. Lutz, C. Hu, W. F. Peate, and J. L. Burgess. 2016. "Evaluation of a fitness intervention for new firefighters: injury reduction and economic benefits." *Inj Prev* 22 (3):181-8. doi: 10.1136/injuryprev-2015-041785.

Jahnke, S. A., W. S. Poston, C. K. Haddock, and N. Jitnarin. 2013. "Injury among a population based sample of career firefighters in the central USA." *Inj Prev* 19 (6):393-8. doi: 10.1136/injuryprev-2012-040662.

Kahn, S. A., J. Woods, and L. Rae. 2015. "Line of duty firefighter fatalities: an evolving trend over time." *J Burn Care Res* 36 (1):218-24. doi: 10.1097/BCR.0000000000000104.

Kales, S. N., E. S. Soteriades, C. A. Christophi, and D. C. Christiani. 2007. "Emergency duties and deaths from heart disease among firefighters in the United States." *N Engl J Med* 356 (12):1207-15. doi: 10.1056/NEJMoa060357.

Kales, S. N., A. J. Tsismenakis, C. Zhang, and E. S. Soteriades. 2009. "Blood pressure in firefighters, police officers, and other emergency responders." *Am J Hypertens* 22 (1):11-20. doi: 10.1038/ajh.2008.296.

Kuehl, K. S., D. L. Elliot, L. Goldberg, E. L. Moe, E. Perrier, and J. Smith. 2013. "Economic benefit of the PHLAME wellness programme on firefighter injury." *Occup Med (Lond)* 63 (3):203-9. doi: 10.1093/occmed/kqs232.

Leffer, M., and T. Grizzell. 2010. "Implementation of a physician-organized wellness regime (POWR) enforcing the 2007 NFPA standard 1582: injury rate reduction and associated cost savings." *J Occup Environ Med* 52 (3):336-9. doi: 10.1097/JOM.0b013e3181d44d8d.

Poplin, G. S., R. B. Harris, K. M. Pollack, W. F. Peate, and J. L. Burgess. 2012. "Beyond the fireground: injuries in the fire service." *Inj Prev* 18 (4):228-33. doi: 10.1136/injuryprev-2011-040149.

Poplin, G. S., D. J. Roe, W. Peate, R. B. Harris, and J. L. Burgess. 2014. "The association of aerobic fitness with injuries in the fire service." *Am J Epidemiol* 179 (2):149-55. doi: 10.1093/aje/kwt213.

Siddall, A. G., R. D. Stevenson, P. F. Turner, K. A. Stokes, and J. L. Bilzon. 2016. "Development of role-related minimum cardiorespiratory fitness standards for firefighters and commanders." *Ergonomics* 59 (10):1335-1343. doi: 10.1080/00140139.2015.1135997.

Soteriades, E. S., R. Hauser, I. Kawachi, D. Liarokapis, D. C. Christiani, and S. N. Kales. 2005. "Obesity and cardiovascular disease risk factors in firefighters: a prospective cohort study." *Obes Res* 13 (10):1756-63. doi: 10.1038/oby.2005.214.

Soteriades, E. S., D. L. Smith, A. J. Tsismenakis, D. M. Baur, and S. N. Kales. 2011. "Cardiovascular disease in US firefighters: a systematic review." *Cardiol Rev* 19 (4):202-15. doi: 10.1097/CRD.0b013e318215c105.

Sothmann, M. S., K. Saupe, D. Jasenof, and J. Blaney. 1992. "Heart rate response of firefighters to actual emergencies. Implications for cardiorespiratory fitness." *J Occup Med* 34 (8):797-800.

Yang, J., D. Teehan, A. Farioli, D. M. Baur, D. Smith, and S. N. Kales. 2013. "Sudden cardiac death among firefighters ≤45 years of age in the United States." *Am J Cardiol* 112 (12):1962-7. doi: 10.1016/j.amjcard.2013.08.029.

Yoon, J. H., Y. K. Kim, K. S. Kim, and Y. S. Ahn. 2016. "Characteristics of Workplace Injuries among Nineteen Thousand Korean Firefighters." *J Korean Med Sci* 31 (10):1546-52. doi: 10.3346/jkms.2016.31.10.1546.

Cette fiche a vocation à évoluer au fur et à mesure des avancées scientifiques		
Version 1	Créé le :	28/03/2018
Version X	Modifiée le :	

Annexe C :
Composition du groupe de travail

GRADE/PRENOM/NOM	SERVICE
CDT David DIJOUX	DGSCGC
CDT Benoît ROSSOW	ENSOSP
CDT Sébastien BERTAU	ENSOSP
Mme Audrey MOREL-SENATOR	ENSOSP
Mr Marc LOPEZ	ENSOSP
PM Christophe ALBERT	BMPM
Maitre Jérôme SOULAN	BMPM
CNE Jérémy BERNARD	BSPP
CNE Bruno POUTRAIN	BSPP
CNE Kevin CARREIN	BSPP
CDT Pierre BEPOIX	DGSCGC
CNE Arnaud ANGONIN	SDIS 25
LTN Mickaël BULLIFON	SDIS 01
CNE Mathieu BERTRAND	SDIS 49
CNE Guillaume BERANGER	SDIS 91
CNE Damien POITEL	SDIS 69
LCL Philippe GAULTIER	SDIS 74
CNE Bruno BETTIOUI	SDIS 14
CDT Laurent GIRARDIERE	SDIS 77
LTN Charles Antoine BOUTROY	SDIS 72
CDT Yvan PACOME	SDIS 84
CDT Frédéric MORA	SDIS 06
CNE Emmanuel NOLIN	SDIS 38
CNE Geoffrey BAULIN	SDIS 54
CDT Frédéric PIETERS	SDIS 44
LTN Jean-Luc VERDIERE	SDIS 59
LTN Xavier RIVOIRE	SDIS 42
LTN Daniel LEVEQUE	SDIS 69
LTN Patrick CUVELIER	SDIS 77
LTN Laurent LACHEZE	SDIS 33
CNE Nicolas GICQUEL	SDIS 28
CNE Christophe DI GIROLAMO	SDIS 89
LTN Sébastien PAGNACCO	SDIS 59
CNE Jérôme LECOQ	SDIS 31
CNE Daniel JEAN	SDIS 31
CNE Julien GSELL	SDIS 57
LTN Stéphane MORIZOT	SDIS 16
LTN Ronan VINAY	SDIS 44
CDT Serge BALLESTER	SDIS 95
CDT Michel PERSOGLIO	SDIS 83
Infirmier-capitaine Christophe JEANBERT	SDIS 54
Médecin-lieutenant Stanislas ABRARD	SDIS 49
Médecin hors classe Laure Estelle PILLER	SDIS 25
Mr Stéphane CECCALDI	Château de Versailles
Mr Franck GAVIOT-BLANC	EFECTIS France
Mr Simon ROBLIN	ENSMA
Mr Benjamin BATIOT	Université Poitiers
Mr Anthony COLLIN	Université Lorraine
Mr Olivier VAUQUELIN	AMU

Annexe D :
Demande d'incorporation des amendements

Le lecteur d'un document de référence de sécurité civile ayant relevé des erreurs, des fautes de français ou ayant des remarques ou des suggestions à formuler pour améliorer sa teneur, peut saisir le bureau en charge de la doctrine en les faisant parvenir (sur le modèle du tableau ci-dessous) au :

- **DGSCGC/DSP/SDDRH/BDFE**
  Bureau en charge de la doctrine
  Place Beauvau, 75 800 PARIS cedex 08

- ou en téléphonant au : **01.72.71.66.35** pour obtenir l'adresse électronique valide à cette époque ;

- ou à l'adresse **dgscgc-bdfe@interieur.gouv.fr**

N°	AMENDEMENT	ORIGINE	DATE

Annexes complémentaires

Le présent guide est complété par :

- De guides de techniques opérationnelles (GTO) rassemblant les méthodes et techniques permettant de mettre en œuvre les actions décrites dans le chapitre 3 ;
- De référentiels techniques relatifs aux matériels de lutte.

Résumé

Ce guide a été élaboré pour répondre aux exigences des services d'incendie et de secours en matière de lutte contre les incendies de structure.

Il présente les principes généraux de la démarche globale de gestion de cette typologie d'interventions, à partir de la connaissance de ce risque et de ses enjeux.

Ce document mettra en évidence, à partir des différents concepts essentiels à la compréhension du système feu (de la naissance à son développement en présentant les différents facteurs influençant son évolution), les principes généraux de la lutte contre l'incendie et les tactiques associées.

Enfin, ce guide s'inscrit dans une démarche d'amélioration continue des pratiques au sein de la communauté des services d'incendie et de secours français, en étroite collaboration avec les services étrangers et la communauté scientifique. Il a donc vocation à évoluer au regard des avancées scientifiques et technologiques, mais aussi des retours d'expérience et des travaux de recherche et développement.

04/2018

Ce document est un produit réalisé par un groupe de travail national piloté par l'ENSOSP, sous le contrôle et suite à la commande de la DGSCGC, bureau en charge de la doctrine.
Point de contact :

DGSCGC
Place Beauvau
75800 Paris cedex 08

Téléphone : 01 72 71 66 35

Ces guides ne sont pas diffusés sous forme papier. Les documents réactualisés sont consultables sur le site du ministère. Les documents classifiés ne peuvent être téléchargés que sur des réseaux protégés.

La version électronique des documents est en ligne à l'adresse :
http://pnrs.ensosp.fr/Plateformes/Operationnel/Documents-techniques/DOCTRINES-ET-TECHNIQUES-OPERATIONNELLES