

	COMMENTAIRES JUSTIFICATION	
Kit Pédagogique		Réf : KPED-COM-2.00
<i>Mini-Maison pour démonstration Phénomènes Thermiques – Ref : DP-MM-1</i>		

Introduction

Ce document contient un ensemble de petits paragraphes dont les références sont présentes dans le document scénario. Une information telle que « C&J-5 » vous renvoi au 5ème paragraphe du document que vous lisez actuellement.

Lisez attentivement ce document « Commentaires-Justification » avant de commencer à former. Il n'est pas question de savoir répondre par cœur, mais de savoir si les réponses sont dans ce document pour les retrouver rapidement. Le sujet est complexe et il est conseillé d'avoir ce document avec soit durant la formation.

Ne vous faites pas piéger par les stagiaires qui posent des questions pointues : envoyez le sur le site <http://www.flashover.fr> sur lequel ils trouveront de quoi satisfaire leur curiosité. Dans le cas contraire, vous risquez de perdre l'attention des autres stagiaires, qui ne comprendront pas forcément toutes les explications et surtout de perdre du temps tandis que le feu dans le simulateur continuera à évoluer à votre insu.

Note : les nombres entre crochets (par ex. [4]) renvoient à la bibliographique qui se trouve dans le document « Formateur ».

Principes de bases

Sans chercher à faire ici un cours de Physique-Chimie, la compréhension de quelques principes est cependant nécessaire.

La Loi de Charles. Les gaz chauds se dilatent, les gaz froids se contractent. Les gaz chauds vont donc prendre plus de place que les gaz froids et vont monter tandis que les gaz froids vont rester au sol. Cette différence de température entre le haut et le bas, va générer des différences de pressions qui vont être à l'origine de « déplacements / mouvements d'air » dans le local.

Le Principe de Lavoisier. Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme. Tous les éléments présents dans le combustible et dans le comburant, vont se retrouver dans les résidus et/ou dans les fumées. Ainsi, comme pour brûler, le combustible doit contenir du carbone, nous allons retrouver celui-ci sous plusieurs formes et principalement dans les fumées.

Le Principe de Le Chatelier. Un autre principe élémentaire, que l'on peut résumer ainsi : une réaction chimique déséquilibrée va toujours chercher à se rééquilibrer. Lorsque l'on met le feu à l'extrémité d'un tas de cagettes, il va se propager car la combustion est une réaction chimique et, à la mise à feu initiale, cette réaction concerne une toute petite quantité de combustible avec une petite quantité d'énergie mais une grande quantité de comburant à disposition. Le comburant n'étant pas limité, la seule solution pour équilibrer la réaction, va consister à traiter le plus de combustible possible donc d'avoir une propagation. Lorsque la quantité de comburant nécessaire pour traiter le combustible, sera égale à la quantité de comburant disponible, le feu arrêtera de progresser et aura trouvé son équilibre.

Ce principe est fondamental : il explique pourquoi, au départ, le feu est très vif, nerveux et qu'il cherche à progresser le plus vite possible sur le combustible, et pourquoi, lorsque tout le volume est en feu, c'est au contraire une impression de calme qui s'en dégage, avec de grandes flammes, arrondies et assez molles, qui se balancent au plafond. La recherche de l'équilibre est l'enjeu majeur. Quant à la détérioration de cet équilibre (ventilation, arrosage intempestif) c'est toujours une opération dangereuse car la réaction chimique cherchera toujours à retrouver l'équilibre. Et si ce nouvel équilibre se fait dans une masse combustible gazeuse comme c'est souvent le cas dans un feu de local, ce rééquilibrage sera fulgurant et donc très dangereux !

	COMMENTAIRES JUSTIFICATION	
Kit Pédagogique		Réf : KPED-COM-2.00
<i>Mini-Maison pour démonstration Phénomènes Thermiques – Ref : DP-MM-1</i>		

Commentaires et Justification

Voici quelques explications sur des phénomènes observables dans le simulateur, qui font suite à des actions volontaires... ou involontaires !

1 – Démarrage du feu

Au départ la source d'énergie (ici notre briquet) va permettre au combustible de monter en température. Cet apport d'énergie va d'abord permettre de sécher le combustible, puis de changer son état (gazéification). Une fois qu'ils auront atteint la température nécessaire, les gaz produits vont prendre feu. L'énergie qu'ils vont alors dégager en brûlant va permettre à la combustion de se poursuivre et de s'entretenir, tant qu'il y aura de l'air suffisamment oxygéné et du combustible.

Note : même si le combustible est « sec au toucher », il contient quand même de l'eau, qui doit d'abord s'évaporer. Ainsi un bois bien sec contient environ 20% d'humidité intrinsèque.

Au départ, l'humidité contenue dans le combustible s'échappe donc sous forme de vapeur. Puis l'étape de gazéification va suivre avec également production de « fumées », puis mise à feu. Dans notre mini-maison, compte tenu de la forme du foyer et du fait que le combustible est sec (à son humidité intrinsèque près), ces étapes se succèdent rapidement et se superposent : un élément peut encore être en cours de « séchage » alors qu'un autre est déjà dans son étape de gazéification. Il est donc pratiquement impossible de déterminer si à tel instant et à tel endroit la fumée est de type « vapeur d'eau » ou « gaz combustibles ».

2 – Volume des fumées

Les fumées sont produites en grande quantité. Les volumes sont difficilement identifiables en plein air, mais posent rapidement de gros problèmes dans les locaux. Un simple kg de papier génère approximativement 1000m³ de fumées et si l'on se souvient de la catastrophe Autrichienne de Kaprun (feu dans un funiculaire), il a été constaté qu'une simple paire d'après ski produisait environ 2500m³ de fumées [1].

3 - Courant de convection

C'est le courant d'air qui vient de l'extérieur, va vers le feu en partie basse (puisque c'est de l'air frais donc lourd) et remonte le long de la colonne de flammes. Il est visible par les fumées qui, au niveau de la porte, retournent dans le simulateur, alors qu'en partie haute, elles ressortent de celui-ci. Ce courant est généré par la différence de température entre le bas et le haut : les gaz chauds, plus légers, s'élèvent. Il se produit une surpression en partie supérieure du local, qui va permettre aux fumées de s'insérer et de forcer le passage dans la moindre fissure. Plus la différence de température est grande, plus le courant de convection s'accélère.

Lorsque le local est fermé, le courant de convection « disparaît » : en fait, il devient faible, voire négligeable par rapport, à celui qui va générer l'ouverture de la porte. Il réapparaît donc à l'ouverture avec une aspiration en partie basse, parfois assez bruyante. Son retour est un signe de backdraft imminent, la traduction du terme étant d'ailleurs claire : « back » = retour, « draft » = amérindisme du terme anglais « draught » signifiant courant d'air.

4 – Couleur et mouvement des flammes

Sachant que le feu cherche son équilibre, nous en déduisons qu'il y a trois états possibles : soit il y a trop de comburant, soit il y en a juste ce qu'il faut, soit il n'y en a pas assez. En règle générale, les flammes répondent au descriptif ci-dessous :

Conditions	Couleur	Forme et état
Trop de comburant	Jaune assez vif	Longues dentelées et agitées
Assez de comburant	Orange	Arrondies et calmes, descendant assez mollement
Pas assez de comburant	Rouge, parfois bordées de noir	Assez molles, souvent observées au plafond sous la forme d'une « mer de flammes ».

	COMMENTAIRES JUSTIFICATION	
Kit Pédagogique		Réf : KPED-COM-2.00
<i>Mini-Maison pour démonstration Phénomènes Thermiques – Ref : DP-MM-1</i>		

A noter que la couleur des flammes peut également varier avec la nature du combustible et que les différents états peuvent s'observer sur un même feu avec des flammes jaunes en bas et orange en haut, par exemple. Cependant, si vous fermez la porte et que les flammes restent jaunes et très turbulentes, c'est qu'il doit y avoir une entrée d'air autre part !

5 - Convection

Le feu émet sa chaleur par rayonnement et par convection (cours d'incendie niveau FIA). La convection (par le haut) diffuse 65 à 70% de la puissance (le % varie suivant les études). Nous prouvons cette différence d'émission entre rayonnement et convection en demandant aux stagiaires de mettre leur main dans la boîte, contre la paroi de gauche, assez bas. Ils perçoivent ainsi le rayonnement. Ensuite ils mettent leur main, par l'extérieur, au niveau de l'aération haute (façade ou exutoire au plafond) et perçoivent ainsi la convection. Il faut faire cette démonstration assez tôt (4 à 5 minutes après l'allumage) car cette expérience est faite sans gants. Si vous attendez de trop, elle ne sera plus réalisable. La propagation par conduction n'est pas traitée ici, mais peut néanmoins se démontrer lorsque la boîte est très chaude.

6 – La chaleur au plafond

Le simple fait de mettre sa main en bas, dans la boîte, puis de monter sa main à l'intérieur de la boîte pour ressentir la différence de température, pourra montrer au stagiaire que le port de la cagoule est un impératif et que tester la température en mettant sa main nue dans les fumées n'est pas une très bonne idée... Ce test est réalisable avec la boîte utilisée verticalement, mais est un peu plus délicat à réaliser avec la boîte horizontale. En tout cas, il suffit d'extrapoler l'ampleur du feu dans cette petite boîte avec un feu dans un véritable local, pour comprendre que sans un bon équipement, la chaleur sera vite insupportable.

7 – Pourquoi ça fume ?

Le manque de comburant sert souvent à expliquer la production de fumée d'un feu, dans un local. Ce raisonnement n'explique pas tout, loin de là ! En effet, par application simple du Principe de Le Chatelier, un feu qui va manquer de comburant ne va pas spécialement se mettre à fumer, mais va plutôt baisser en régime pour toujours conserver son équilibre.

La flamme est une zone volumique gazeuse, dans laquelle les gaz combustibles réagissent chimiquement avec l'oxygène de l'air. Or si la flamme fait une certaine taille, c'est parce qu'elle a besoin de faire cette taille, compte tenu de la quantité de gaz qui doit réagir. Lorsque cette flamme est limitée par le plafond, elle se trouve « coupée » et tous les gaz combustibles qui auraient dû réagir dans la partie « manquante » ne se trouvent être que partiellement brûlés. Les combustibles imbrûlés qui n'ont pas pu réagir dans la zone de flamme tronquée, sont libérés sous forme de suies (particules de carbone). Ils constituent une partie des fumées. De plus, dans le cas d'un local, avant que les flammes n'atteignent le plafond elles produisent déjà des gaz (CO_2 , CO ...) qui vont s'accumuler en partie supérieure et vont ainsi former une couche mal oxygénée, dans laquelle la combustion se fera de façon médiocre. Non seulement le plafond va empêcher la production d'une flamme assez grande, mais en plus l'extrémité de celle-ci sera donc dans cette zone, mal oxygénée et produira une combustion incomplète dont les résidus viendront s'ajouter aux fumées. Or plus les fumées seront denses, plus la combustion sera médiocre et ainsi de suite. La situation va donc progressivement empirer ce qui, à ce stade, va rapidement se vérifier par l'apparition de fumées plus sombres, fortement chargées en combustible gazeux.

***Note :** si vous attendez un peu avant de fermer l'exutoire, vous verrez que les fumées réapparaissent quand même. C'est parce que l'exutoire, avec ses 6cm de diamètre, est trop petit pour permettre l'évacuation totale du CO et du CO_2 , produits par le feu. Il ne suffit donc pas qu'il y ait un exutoire, encore faut-il qu'il soit assez grand !*

8 – Auto-Inflammation des fumées

Les fumées sont extrêmement chaudes et sont combustibles. Le plafond de fumée étant assez bas, il gêne la pénétration de l'air frais par le bas de la porte. Le feu étant intense, l'air frais qui entre est consommé par le foyer principal et son extension sur les murs. Les fumées combustibles ne disposent plus d'assez de comburant pour prendre feu dans le local. Elles s'en échappent, et trouvent du comburant avec lequel elles se mélangent, à l'extérieur de la boîte. Comme elle sont très chaudes

	COMMENTAIRES JUSTIFICATION	
Kit Pédagogique		Réf : KPED-COM-2.00
<i>Mini-Maison pour démonstration Phénomènes Thermiques – Ref : DP-MM-1</i>		

(au-dessus de leur température d'auto-inflammation), elles prennent feu, parfois à plusieurs dizaines de centimètre de la boîte dès que, naturellement, leur concentration dans l'air les fait redescendre en dessous de leur LSI.

Ces auto-inflammations de gaz sont imaginables dans de nombreux cas : par exemple feu de cave avec les fumées montant dans la cage d'escalier. Une simple fenêtre ouverte dans un étage supérieur pourra servir de sortie et donc de lieu d'oxygénation des gaz et d'auto-inflammation de ceux-ci. Dans ce cas, le feu pourra commencer dans la cave, puis se propager en haut du bâtiment, en épargnant les étages intermédiaires. Pour la même raison, l'arrosage des fumées qui sortent des exutoires est également à prévoir. De même, juste avant d'ouvrir une porte, il convient de pulser une ou deux fois au-dessus de celle-ci (jet diffusé, débit mini pour produire de petites gouttes) afin de suspendre un nuage de gouttelettes qui refroidira les fumées lorsqu'elles sortiront, empêchant ainsi leur auto-inflammation [9][12].

9 – Auto-inflammation des fumées au sein du plafond de fumée : les Roll - over

Littéralement, le terme désigne des rouleaux, sur le dessus. La différence de température est très importante, ce qui génère un courant de convection très rapide, et en haut de fortes turbulences (voir sur <http://www.flashover.fr>, les outils de calculs « Fire Computing » et la corrélation d'Alpert sur la vitesse des gaz en partie supérieure d'un feu). Les gaz combustibles, non brûlés par la colonne de flammes, continuent à brûler, parfois très loin de celle-ci. Les fumées étant légères, elles se déplacent au plafond, en roulant sur elles-mêmes, comme des vagues au bord de la plage. Lorsque qu'elles prennent feu ces fumées deviennent donc des sortes de rouleaux de flammes.

Contrairement à une idée souvent répandue, les roll-over ne sont pas le prolongement de la colonne de flammes. Celle-ci peut disparaître tandis que les roll-over continuent à envahir le plafond. Ce sont simplement des flammes situées dans le plafond de fumée et se déplaçant avec celui-ci. Cette confusion vient du fait que bien souvent, lorsque les roll-over apparaissent, la colonne de flamme est encore présente, ce qui augmente cette impression de continuité entre les deux. A noter également que les roll-over apparaissent parfois non pas à l'interface fumées - air frais, mais à l'intérieur de la couche de fumée. Cette zone étant sous oxygénée, les rouleaux de flammes sont alors rouges sombres et très difficiles à observer (phénomènes observés lors de brûlage expérimentaux en caisson flashover, sans usage d'exutoire. Département de la Mayenne (France) – 2003 / 2004).

Note : ce phénomène de plafond en feu caché par le plafond de fumée alors que le foyer principal à été éteint, explique sans doute les accidents, durant lesquels les intervenants ont été surpris par une chaleur intense en provenance du plafond alors même qu'ils avaient éteint le foyer. En fait, l'extinction du foyer a été réalisée, mais avec la chaleur des braises, le courant de convection est toujours présent. Le comburant va donc jusqu'aux braises, mais celles-ci ne consomment pas ce comburant, qui peut donc monter à la rencontre des fumées qui brûlent au plafond et qui sont donc oxygénées.

10 - Flammes de surface / Flame-over

Ce sont des flammes qui courent sur les objets ou les parois. Dans la mini-maison, nous observons ces petites flammes sur le sol et les murs. Ceux-ci sont chauffés et émettent des gaz qui prennent feu. Ces petites flammes précèdent généralement un embrasement plus important puisque ces flammes vont à leur tour chauffer les parois, qui vont donc générer encore plus de gaz etc...

11 - La respiration du feu (zone de fragilité)

Le feu a besoin de comburant pour réagir chimiquement avec le combustible. L'air frais est aspiré par le bas, l'air chaud est évacué par le haut de la porte. Mais plus le feu gagne en intensité, plus l'extraction des gaz chaud occupe une place importante en haut de l'ouverture, diminuant d'autant la surface disponible pour l'entrée de l'air frais. Le feu aura donc de plus en plus de mal à faire à la fois l'aspiration par le bas et l'extraction par le haut. Juste avant le déclenchement du flashover, un phénomène assez particulier va se produire: le feu va se mettre à respirer de façon cyclique.

Pour cela l'extraction des fumées va se faire sur toute la hauteur de la porte, puis l'air frais va rentrer également sur toute la hauteur et ainsi de suite. Ce phénomène peut s'observer juste avant le flashover, mais peut aussi s'observer pendant celui-ci, avec des bouffées de fumées et un déplacement cyclique du front de flamme [2].

	COMMENTAIRES JUSTIFICATION	
Kit Pédagogique		Réf : KPED-COM-2.00
<i>Mini-Maison pour démonstration Phénomènes Thermiques – Ref : DP-MM-1</i>		

12 – Réaspiration des fumées

Sans doute le point qui a le plus surpris les spectateurs du film « Backdraft » dans lequel cette réaspiration est beaucoup plus rapide que dans la réalité. Le feu (flamme) a généré de la chaleur et le courant de convection s'est arrêté, faute d'entrée d'air. Le plafond de fumée s'est abaissé jusqu'au sol et une surpression existe dans tout le local. La fumée peut alors sortir sous la porte. Mais en sortant, elle génère une petite dépression dans le local, permettant une entrée d'air frais. Ce courant d'air n'est pas visible, mais comme il pénètre à l'endroit où il y a de la fumée, celle-ci est entraînée, et rentre un peu dans le local. Ce petit apport d'air frais permet à nouveau une légère combustion, donc une production de chaleur, donc une surpression. Les fumées sortent à nouveau par l'ouverture, et ainsi de suite. A noter que la sortie des fumées par les parties hautes, en grande quantité, puis par les parties basses, est facile à observer, mais la réaspiration n'est pas toujours observable.

13 – Le backdraft dans la mini-maison

Au départ, le feu est vif. Il consomme du comburant dont il se sert pour la réaction chimique (combustion) avec le combustible. Au fur et à mesure qu'il consomme le comburant, celui-ci se renouvelle par l'ouverture. A la fermeture, ce renouvellement devient plus difficile, voir impossible (si la fermeture est totale). Conformément au principe de Le Chatelier, le feu va chercher son équilibre, mais cette fois en baissant d'intensité, puisque le comburant diminue. A moins de 14% d'oxygène dans le local (environ), la combustion vive deviendra impossible. Les flammes vont donc disparaître et les braises vont continuer à rougeoier.

A ce stade, tout un ensemble de détails pourront être observés :

- Disparition du courant de convection, donc diminution de la turbulence générale
- Baisse générale de la température du local car les flammes ont disparu et les braises rayonnent très peu. Cette baisse de température n'est cependant pas immédiate !
- Production de fumée de pyrolyse par les éléments qui ont été chauffés durant la phase de feu vif et qui continuent d'être soumis au rayonnement des gaz contenus dans la boîte. La pyrolyse ne nécessitant pas d'oxygène, elle continue tant que la température de l'enceinte le permet, tout étant fonction de la qualité d'isolation du local. Les fumées de pyrolyse sont blanches. Dans la mini-maison, si vous avez mis auparavant un bloc de mousse dans la boîte, les fumées étaient noires. Mais une fois que vous aurez fermé la boîte, les fumées deviendront blanches, preuve que la combustion vive a cessée, pour laisser place à la pyrolyse.
- Abaissement du plafond de fumée, compte tenu de la globalité de la chaleur et de l'absence du courant de convection. Il y a échauffement des huisseries. Dans la boîte, l'abaissement est visible par les fumées qui s'échappent de la porte. Au départ elles sortent par le haut puis on voit leur sortie se faire par le côté de la porte, et descendre. A la fin les fumées sortiront par l'aération de façade, et elles seront blanches.
- La fumée étant chargée de combustible imbrûlé, il y a noircissement des fenêtres (suies).
- La fumée étant opaque à la vue mais également aux sons, ceux-ci deviennent assourdis.
- La fumée étant chaude, le local est en surpression et comme la fumée descend jusqu'en bas, elle ressort désormais aussi bien par le haut des ouvertures que par le bas. La pression sur les fenêtres fait parfois trembler les vitres.

A l'ouverture (volontaire ou accidentelle), il y a retour du courant de convection (traduction exacte du mot backdraft), et enclenchement du phénomène, avec deux cas possibles :

1. Les fumées sont en dessous de leur température d'auto-inflammation et sans doute au-dessus de la LSI. Les braises n'étant que des éléments à faible rayonnement, elles ne peuvent pas enflammer les gaz accumulés dans la mini-maison à cause de leur manque de mobilité et de leur faible surface d'échange. Le mouvement de brassage initié par le retour du courant de convection va permettre plusieurs actions simultanées: une action de brassage qui va permettre à la fumée de passer en dessous de sa LSI, la réactivation des braises et la reprise de flammes, dont l'énergie sera suffisante pour enclencher l'inflammation des gaz. L'intensité du phénomène va donc dépendre de la qualité du mélange « combustible gazeux – comburant » au moment de la réapparition des flammes. La qualité de la ventilation et l'emplacement des braises (directement dans le flux d'air, protégés par des éléments mobiliers...), vont faire varier de façon importante à la fois l'intensité du phénomène mais

	COMMENTAIRES JUSTIFICATION	
Kit Pédagogique		Réf : KPED-COM-2.00
Mini-Maison pour démonstration Phénomènes Thermiques – Ref : DP-MM-1		

aussi le temps qu'il va mettre à apparaître. Il peut être « mou » et immédiat, mou et très tardif (jusqu'à plusieurs minutes), très violent et immédiat, etc... Toutes les combinaisons sont possibles ! Vous pourrez observer ce type de déclenchement lorsque la boîte ne sera pas encore très chaude. En ce mettant de côté, il est possible de voir très distinctement que c'est le retour des flammes sur les braises qui déclenche le phénomène: celui-ci part donc du sol, pour remonter dans les fumées. A noter qu'en intervention, le phénomène peut aussi se déclencher lorsque les braises sont amenées à la fumée, par exemple suite à un violent coup de lance directement sur le foyer.

2. Les fumées sont au-dessus de leur température d'auto-inflammation. Le retour du courant de convection n'aura qu'une action de brassage afin de faire redescendre le mélange air / fumée sous sa LSI. Ce cas est observable lorsque la boîte est très chaude. Le phénomène part du plafond, sous forme d'une lueur orangée qui apparaît en haut pour se transformer immédiatement en explosion.

Note : la température d'auto-inflammation des gaz et la puissance nécessaire à leur inflammation, dépendent de la composition de ces gaz et la composition de ces gaz dépend en partie de la température à laquelle s'est effectuée la pyrolyse. Dans certaines conditions, il est possible d'avoir des gaz de pyrolyse dont la température d'inflammation est inférieure à 250°C. La sensation de chaleur pourra alors très faible (ou nulle si les gaz sont confinés) et donc très trompeuse. [3].

La puissance de l'explosion a été analysée dans le document « Anatomie d'un backdraft » [4]. Il est à noter que la direction de l'explosion n'est pas toujours celle de l'entrée d'air : la surpression provoquée par l'élévation brutale de température au moment de l'inflammation, va chercher à partir par le chemin le plus facile. Si l'entrée d'air se fait par un couloir sinueux, qui débouche sur une pièce avec une grande baie vitrée, il se peut que ce soit par celle-ci que se déploiera la boule de feu [5].

14 - Fumées blanches / grises

Ce sont les fumées issues de la pyrolyse. La définition exacte est la suivante :

Pyrolyse (du grec puros : feu et luein : délier, défaire). Décomposition chimique irréversible provoquée par une simple élévation de température, en, l'absence d'oxygène (« Les mots de la combustion » par le Groupement Français de Combustion – 2004).

La pyrolyse est un processus thermique de dégradation de la matière.

Au début du feu, lorsque le combustible est simplement chauffé, il y a émission de fumée blanche. C'est de la vapeur d'eau qui provient des phases de séchage / torréfaction du combustible. Son abondance est fonction du taux d'humidité du combustible. C'est ce qui se passe dans le simulateur, durant les premières secondes qui suivent l'allumage: la forme pyramidale du combustible fait que le haut est rapidement chauffé par le bas, et émet alors une grande quantité de fumées blanches juste avant l'inflammation complète, qui fait alors disparaître ces fumées : les fumées blanches disparaissent car le combustible est sec, donc la phase de gazéification est donc d'inflammation peut commencer. Lorsque l'on ferme la boîte, les fumées qui sortent en premier sont assez colorées, elles sont issues de la combustion qui devient de plus en plus difficile du fait de la déplétion en oxygène. Une fois les flammes éteintes, les fumées deviennent blanches. Cela indique que la boîte n'est plus en mode combustion, mais passe en « mode » pyrolyse. L'ambiance thermique à l'intérieur de la boîte est suffisante pour dégrader le combustible et cette dégradation (pyrolyse) dégage des fumées blanche / grises, Ces fumées sont fortement combustibles! Lors des déblais, elles présentent un très grand danger d'autant plus qu'elles sont souvent confondues avec la vapeur d'eau d'extinction! L'accumulation de ces fumées blanches dans les combles, les placards, pendant l'incendie ou durant le déblai, est un danger extrême!

Note : La pyrolyse n'est pas une « combustion sans flamme » car la combustion est une réaction chimique qui a besoin d'oxygène (comburant) alors que la pyrolyse n'en a pas besoin.

15 - Exutoire insuffisant

Dans un feu de local, tout est question de dimensionnement des ouvrants entrée / sortie. Ainsi le fait de dire qu'un local est clos ou ouvert ne doit pas se déterminer d'un point de vue « humain » mais du

	COMMENTAIRES JUSTIFICATION	
Kit Pédagogique		Réf : KPED-COM-2.00
<i>Mini-Maison pour démonstration Phénomènes Thermiques – Ref : DP-MM-1</i>		

point de vue du feu. Si le local est ouvert mais que l'ouverture est trop faible, ou placée de manière à ne pas permettre une extraction efficace des gaz imbrûlés, ceux-ci vont s'accumuler dans le local. De même une fenêtre ouverte avec un vent violent soufflant vers l'intérieur du local, ne permettra pas une bonne ventilation : l'apport d'air sera supérieur au besoin et l'extraction des gaz sera difficile. La présence d'une ouverture ne permet donc pas toujours au feu de conserver son équilibre thermique ou de progresser régulièrement vers celui-ci. Dans ce cas, un apport d'air supplémentaire, ou même (paradoxalement) la fermeture d'un ouvrant, pourra amener un rééquilibrage rapide et donc violent. En Février 1996, la sapeur-pompier Britannique Fleur Lombard est décédée dans un backdraft qui s'est produit dans un magasin (grande surface), alors qu'une partie du toit était pourtant éventré. Mais les dimensions de l'ouverture étaient insuffisantes pour permettre une ventilation correcte. L'apport d'air provoqué par les sapeurs-pompiers lors de leur entrée, a permis l'apport de comburant, donc l'accroissement de la combustion alors même que l'extraction des gaz n'était pas efficace, ce qui a abouti au déclenchement de ce phénomène explosif.

16 - Déplacement du front de flamme

Lorsque nous parlons de front de flamme, nous imaginons généralement qu'il s'agit d'une masse de flammes, qui nous fait face mais qui, derrière, va jusqu'au foyer principal. Dans un feu de local, ce n'est pas toujours le cas : trop fortement chargé en gaz combustible, le local ne dispose pas toujours d'assez de comburant pour permettre l'inflammation des gaz. Le local n'est donc plus que le lieu de production de gaz (par pyrolyse), sur un foyer presque éteint, tandis que cette masse gazeuse prend feu en sortie, lorsqu'elle rencontre l'air extérieur. Lorsque la production de gaz de pyrolyse diminue et que la chaleur du local baisse un peu, le front de flamme retourne à l'intérieur du local dont la température augmente, tout comme la pression : le front de flamme s'écarte alors du foyer principal, les gaz prennent feu en sortie, et ainsi de suite [C&J-11]. Le cycle de respiration est assez facile à observer, tout comme la quasi-extinction du foyer principal. Par temps froid, la densité de l'air accentue ce phénomène ([6], qui peut même aller jusqu'à une extériorisation totale du front de flamme. Appelé couramment « zone de fragilité » ce moment d'extraction maximale peut déboucher sur un backdraft « naturel » (ou « Hot Rich Flashover ») dans lequel la disparition du front de flamme (par un coup de vent par exemple), va faire passer le local en mode backdraft, sans intervention humaine [7].

A noter que dans le cas d'un temps très froid, vous aurez sans doute beaucoup de mal à allumer la boîte. Vous verrez que le feu prendra puis le front de flamme sortira et le feu s'éteindra. A ce stade, la boîte n'étant pas assez chaude, il ne se produira pas d'explosion. Mais si cette difficulté d'allumage est présente, vous pouvez être certain qu'une fois la boîte bien chaude, vous aurez des backdraft "naturels".

Note: en cas de difficulté d'allumage, tournez la boîte pour bien en protéger l'ouverture et mettez un peu plus de papier et de cagette.

17 – Le flashover

Au départ les flammes sont tremblotantes, pendant quelques secondes, le temps de bien chauffer le combustible initial. A ce stade le feu est fragile. Il doit chauffer le combustible pour que celui-ci émette des gaz et cette opération est longue. Une fois que ce stade est passé, le feu se met à crépiter et à produire des flammes assez longues, dont l'extrémité est dentelée. Le feu est jaune: c'est le signe que l'apport de comburant dont il dispose est supérieur à ce dont il a besoin. Or, le feu est une réaction chimique et comme toute réaction chimique, il va chercher à s'équilibrer c'est-à-dire à consommer une quantité de combustible en rapport avec la quantité de comburant dont il dispose.

Comme au départ il dispose de beaucoup de comburant et qu'il ne traite qu'une petite quantité de combustible on dit que le feu est « contrôlé par le combustible » car c'est la quantité de combustible qui limite le feu.

Progressivement le feu va devenir de plus en plus orangé: c'est le signe que la quantité de comburant nécessaire est de plus en plus proche de la quantité disponible. A ce stade le feu devient « contrôlé par le comburant ». L'apport d'air (et dans une certaine mesure sa température [6]) va donc déterminer l'ampleur de la puissance thermique émise. Si cette puissance thermique le permet, le local atteindra le flashover, c'est-à-dire le point d'équilibre: dans le local il n'y a plus qu'une sorte de grande flamme orange, qui se déplace assez lentement. Ce n'est que lorsqu'elles sortent que les flammes redeviennent agitées car elles rencontrent un surplus de comburant. Le flashover n'est donc pas un accident: c'est l'aboutissement logique du feu. D'ailleurs, une observation attentive du local

	COMMENTAIRES JUSTIFICATION	
Kit Pédagogique		Réf : KPED-COM-2.00
<i>Mini-Maison pour démonstration Phénomènes Thermiques – Ref : DP-MM-1</i>		

montrera une impression de calme, de tranquillité. Alors que le début du feu est turbulent, bruyant, vif et violent, le flashover est (paradoxalement) la réussite du feu dans son cheminement, et une situation de calme, de silence, dans laquelle les gaz brûlent de façon moins turbulente. Nous sommes face à un feu « volumique » [11].

Note: les vidéos que l'on voit fréquemment sur Internet, montre dans la plupart des cas, des locaux avec de grandes ouvertures, ce qui provoque de fortes perturbations.

18 - Couleur des fumées

Au fur et à mesure de la démonstration, les fumées vont changer d'aspect. Très présentes durant les premières secondes, elles vont ensuite disparaître. Elles réapparaîtront sous une forme plus colorée (brunes) environ 10 minutes après l'allumage, et s'enflammeront en sortie de la boîte.

Lorsque vous fermez la boîte, les premières fumées seront encore colorées, puis deviendront blanches / grises (gaz de pyrolyse). A la réouverture, vous verrez assez souvent des fumées de couleurs « bizarres » avec des tons verts ou bruns. Ces fumées précèdent généralement le backdraft.

Note: lors d'interventions, les fumées qui sortent des locaux sont souvent noires à cause des éléments combustibles très divers (matériaux issus de la chimie du pétrole, donc très riche en carbone – plastiques etc...).

Autres questions ?

Il est toujours possible qu'un stagiaire vous pose une question à laquelle vous ne saurez pas répondre. N'hésitez pas à nous contacter, nous chercherons avec vous.

Comme en secourisme, il faut prendre l'habitude de « commenter - justifier » !

Fin du document commentaires & justification.