

LE BACKDRAFT « OUVERT »

Pierre-Louis LAMBALLAIS

V-1.50

Juin 2005

Version 1.50

Ce document va porter essentiellement sur la description et les explications relatives à des cas de backdrafts assez particuliers, qui surviennent dans des locaux «ouverts». Pour certains d'entre eux, ces backdrafts apparaissent sans aucune intervention «humaine » et peuvent donc être qualifiés de « backdrafts naturels ». D'un autre côté, ces « backdrafts » provenant quelques fois d'un « flashover » particulièrement chargé en combustible, nous trouvons dans la littérature anglo-saxonne des appellations relatives aux « hot rich flashovers » qui semblent aller dans la même logique.

En Février 2005, la première version de ce document sur ce backdraft naturel a été mis en ligne sur le site flashover.fr. A cette date, le phénomène avait été observé plusieurs fois, mais il n'y avait ni photos, ni vidéos. Des explications avaient été données, qui montraient que ce phénomène était répétable. C'est ce qui a été fait début Juin, au CSP Coutances (Manche-50) lors d'un stage sur les mini-simulateurs. Par chance, plusieurs backdrafts de ce type ont été observés, avec prise de vidéo. Ce document est donc remis à jour, suite à l'analyse de ces vidéos, qui ont permis d'affiner la compréhension du phénomène et entre autres les paramètres qui favorisent ce passage naturel d'un mode flashover à un mode backdraft.

L'histoire...

Dans le cadre de nos travaux et de nos formations, nous utilisons des «mini-maisons ». Or à ce jour nous avons brûlé plus de 50 boîtes de ce type, ce qui nous permet d'obtenir une assez grande maîtrise des phénomènes. Vers la mi-janvier 2005, nous avons pourtant assisté à un phénomène assez étrange : la boîte était en mode « flashover » avec de grandes flammes sortant par l'ouvrant. Tout à coup, les flammes ont semblé décoller de la boîte, ou en tout cas s'éloigner de l'ouvrant, puis... ont disparu ! La boîte s'est alors mise à fumer, avant qu'un très violent backdraft n'apparaisse. Le feu a repris, mais environ 1 minute plus tard le même cycle s'est reproduit, avec la même explosion, très violente.

L'après-midi, nous avons renouvelé l'expérience, pour aboutir aux mêmes résultats. Dans les jours suivants, alors que nous étions en démonstration auprès des sapeurs-pompiers de la Sarthe (72), le même effet a été réalisé une fois, mais quelques jours plus tard, devant les membres du bureau formation de la Mayenne (53), ce phénomène est apparu 5 ou 6 fois, à la grande surprise des personnes présentes puisque le backdraft est censé ne se produire que dans des locaux clos et non-ventilés, ce qui n'est pas le cas ici.

Après quelques essais, nous avons réussi à reproduire ce phénomène, mais nous avons également essayé de le comprendre. Nous avons alors remarqué quelques détails qui laissent penser que si ce type d'explosion peut se mettre en place tout seul, il peut aussi être « provoqué » par les attaquants.

Il est à noter qu'un autre formateur, Grégory Dessi (SDIS-57) a obtenu les mêmes phénomènes, dans des conditions similaires et est arrivé à des conclusions identiques.

En Juin 2005, au CSP Coutances (Manche-50), nous avons observé plusieurs fois ce phénomène. Il ne faisait pas très froid, mais il y avait beaucoup de vent et surtout, un vent « tournant » avec des bourrasques, dont l'effet était accru compte tenu de l'emplacement choisi pour les mini-simulateurs.

Plus nous avançons dans les manipulations effectuées sur les mini-simulateurs et plus nous arrivons à réduire la quantité de combustible. Dans le cas présent, une seule cagette a suffi pour allumer plus d'une dizaine de mini-simulateurs. La quantité de combustible, très réduite, génère cependant des effets tout aussi puissants, mais doit influencer également sur la survenue de ces backdrafts un peu particuliers, comme nous allons le voir.

La French Box

La boîte utilisée pour les démonstrations est du même type que celle utilisée dans le document « Anatomie d'un backdraft ».

Nous la nommons désormais « French Box » car il semble que personne n'utilise ce type de boîte, à part nous ! Et pour une fois que nous pouvons faire progresser les choses dans ce domaine... !

Notre « French box » possède deux particularités au niveau de l'ouvrant. D'abord celui-ci n'est pas dans l'axe du foyer, mais sur le côté. Ensuite l'ouvrant va jusqu'en bas. Nous avons donc un ouvrant qui est tout à fait identique à une porte.

La « French Box » est en aggloméré, avec des dimensions de 50x60x35, et un ouvrant en façade de 20 x 25.

Le combustible

Notre simulateur est allumé avec une très faible quantité de combustible. Lors de leurs essais, les sapeurs-pompiers utilisent généralement beaucoup de combustible. Ne sachant pas toujours éteindre un feu, ils ne savent pas non plus l'allumer et nous pensons souvent, à tort, qu'il faut mettre plein de bois, de papier, de mousse etc... Or, les phénomènes se produisent majoritairement par l'inflammation des gaz combustibles, visibles sous la forme de « fumée ». Sachant qu'un simple kilo de papier génère environ 1000m³ de fumée, nous nous doutons bien que dans un volume aussi faible qu'une petite boîte en bois, la quantité de combustible solide nécessaire sera extrêmement faible.

Allumage avec papier journal, cagette et bûchette. Rien de synthétique. Sur les brûlages dont les photos sont analysées, la quantité de combustible utilisé est très minime: 1/2 feuille de journal, 2 mini-planchettes de cagette de 5cm de large et de 10 cm de long, 2 ou 3 bûchettes de section carrée (2cm par 2cm) et de 10 cm de long.

Backdraft ouvert naturel

Lors de nos premiers essais, qui nous ont permis de voir ce phénomène, le temps était plutôt froid et surtout, du vent, un peu fort, mais pas trop. Nous étions très loin d'une tempête par exemple. Mais durant ces essais, nous avons mis un tout petit peu plus de combustible que lors des expériences suivantes.

Lors des essais filmés, nous avons en effet réduit le combustible, et les conditions météo étaient différentes : toujours un petit peu de vent, mais cette fois une température plus clémente : les premiers essais avaient été réalisés en Février, les derniers en Juin.

Note : la lecture du document « Anatomie d'un backdraft » est conseillée avant la lecture des chapitres suivants. En effet ce document réalise l'étude d'un backdraft « classique » puis d'un backdraft « haute-pression ». Or le backdraft que nous allons étudier ici peut être considéré comme un type particulier de backdraft haute-pression.

Comme durant tous les essais que nous réalisons, le feu est allumé sans apport de produit quelconque, et se développe tranquillement. Il se forme, prend son ampleur, fume etc. Le feu progresse avec les étapes suivantes :

1. Les flammes commencent à courir le long du sol et sur les murs. Le feu est toujours présent sur sa zone d'origine (les bûchettes). La boîte monte en température. A ce stade, le feu est ventilé par la porte, de façon classique. Il extrait les gaz chauds par le haut de la porte, et aspire l'air frais par le bas. Une mesure au thermomètre laser montre que l'on atteint rapidement 200°C en température de plafond, à l'opposé du foyer.
2. Les flammes qui courent sur les murs et le sol entrent en contact les unes les autres. Progressivement le flashover se met en place, avec génération d'une seule grande flamme, qui occupe tout le volume. Mais pour arriver à cette grande flamme, le mode de respiration du feu doit changer.

La production de fumée est très forte, donc le besoin en extraction est de plus en plus important. Mais dans le même temps, la grandeur des flammes entraîne une consommation croissante d'oxygène, donc un besoin d'aspiration de comburant qui ne fait qu'augmenter. L'émission des fumées, par la porte, devient plus importante, les fumées sortent plus vite à cause de l'augmentation de pression et du besoin accru d'extraction. En plus le plafond de fumée descend, et l'extraction des fumées utilise donc une hauteur plus importante. Le problème c'est que cette extraction empêche l'aspiration correcte du comburant en partie basse. Dans un simulateur de grande taille (container) on remarque alors distinctement une accélération du courant de convection, donc une « aspiration » plus violente, le feu essayant ainsi de contrebalancer la diminution de la taille de l'ouverture disponible pour cette aspiration.

3. Le besoin en extraction de fumée et en aspiration de comburant, étant de plus en plus fort, le feu a changé de méthode et se met à respirer par cycle: il prépare toute sa fumée, puis la rejette par toute la hauteur de l'ouvrant. Puis il aspire le

comburant, également par toute la hauteur de l'ouvrant. Simplement, dans un mini-simulateur, la masse de fumée est assez peu visible, celle-ci étant généralement en feu. Nous avons donc bien ce mouvement de sortie complète puis d'aspiration complète, mais l'absence de fumée le rend assez peu visible.

Nommé parfois zone de fragilité, ce moment avec le cycle, est pourtant assez facile à voir, pourvu que l'on dispose de quelques vidéos. En voici un exemple sur un local de grande taille, en 4 images.



La puissance du feu laisse penser que la masse de combustible solide est sans doute importante. Le mouvement des fumées est parfaitement visible, avec la sortie puis l'aspiration et ainsi de suite. A la fin de ce cycle, la pièce est entièrement embrasée.

Sur les 5 images suivante, le phénomène est le même, mais filmé cette fois sur une mini-maison et sur un seul cycle. Ce ne sont donc plus les fumées qui vont être visibles, mais bien les flammes car le combustible utilisé (papier et bois) fume beaucoup moins et change donc la visibilité du phénomène, qui est pourtant le même.



La masse de combustible initial étant faible, la respiration du feu, se conjugue avec un déplacement du front de flamme et une diminution du foyer initial.

Extrait d'une vidéo tournée au CSP Coutances (50).

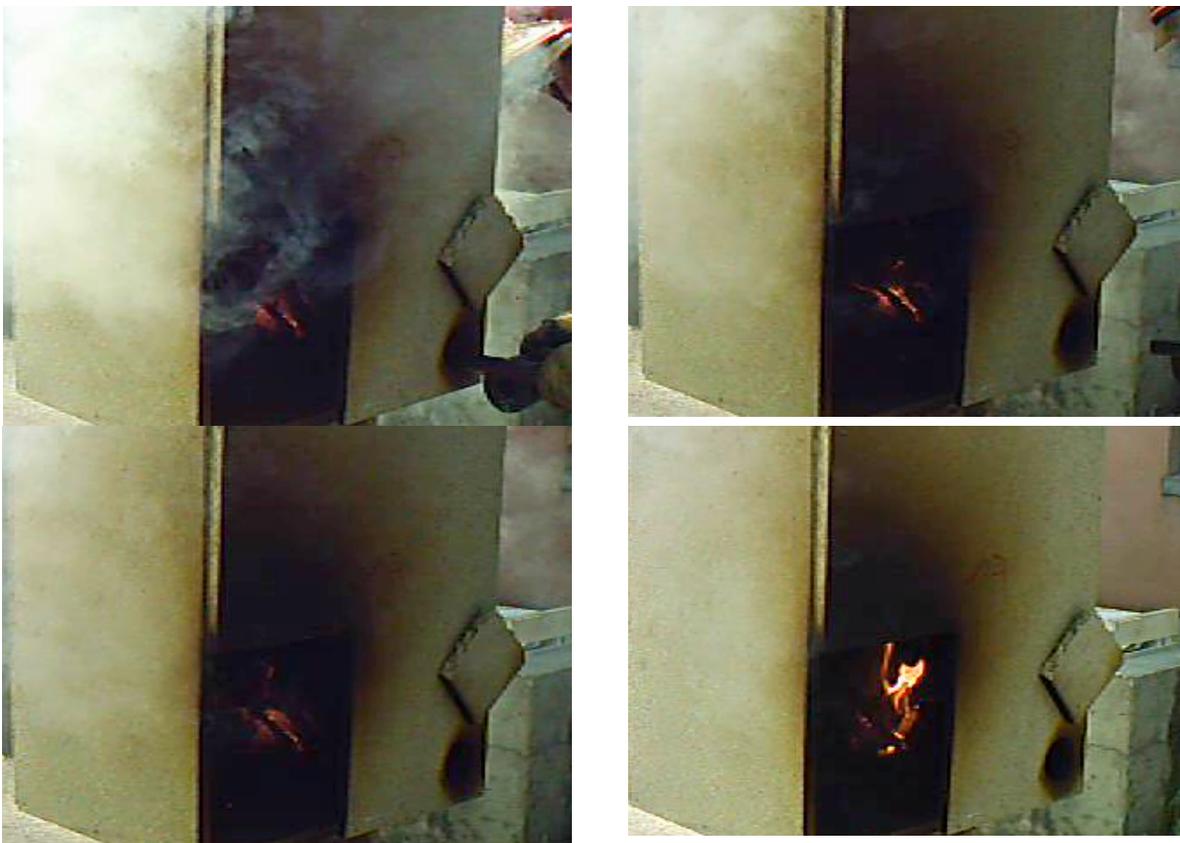
4. Le front de flamme se déplace donc vers l'ouvrant, cycliquement. En plus, s'il y a du vent, les flammes ont tendance à sortir car le vent qui s'engouffre au travers du front de flammes est un vent appauvri au niveau oxygène (celui-ci est consommé à la traversé du front de flammes), qui tourbillonne dans la boîte, sans allumer celle-ci (par manque d'oxygène) mais en ressortant il entraîne le front de flamme vers l'extérieure. Or, ce phénomène ne fait que s'amplifier : plus il y a de flammes en sortie, plus le foyer reçoit d'air appauvri, donc plus il produit de gaz de pyrolyse qui ressortent, s'enflamment, font barrière etc... A noter que dans nos premiers essais, le vent était dirigé partiellement vers l'ouvrant. En fait, soit il souffle légèrement dedans, soit il provoque un effet de Venturi et participe à l'aspiration des flammes.

En regardant par l'ouvrant, nous constatons qu'il n'y a plus de feu au fond de la boîte : la zone de feu initiale (les bûchettes) semble éteinte, noire, sans braises apparentes. La production de gaz combustibles semble de plus en plus importante, tandis que l'apport en oxygène diminue car il est consommé dès qu'il atteint les flammes présentes en avant du foyer initial.

5. Le front de flamme est, de temps à autre, totalement extériorisé. A tel point qu'il y a une distance de plus en plus grande entre la zone de foyer initial et le front de flamme, et que celui-ci n'est pratiquement plus présent qu'en dehors de la boîte (parfois plusieurs centimètres de distance !). Compte tenu de la surpression dans la boîte, les gaz chaud sont fortement éjectés, ce qui augmente encore ce déplacement cyclique du front de flammes vers l'extérieur. De simples petites rafales de vent suffisent alors pour « plaquer » les fumées enflammées sur la façade et sur les côtés, laissant apparaître un ouvrant qui n'est qu'un trou noir.

6. Une bourrasque un petit peu plus forte, un cycle un peu plus violent, et les flammes « décollent » littéralement de la boîte. Le lien entre le foyer initial et les flammes est rompu, les flammes disparaissent, comme projetées en l'air. Un léger changement de direction du vent, même très bref, suffit à accentuer un peu l'effet de dépression et donc décoller un peu plus les flammes.
7. A ce stade, le foyer est très chaud, mais n'a plus de flamme ! Or, nous savons que l'explosion ne peut pas être provoqué par la simple présence de braise (voir en fin de ce document), mais ne démarre qu'en présence de flamme. Le vent continue à s'engouffrer plus ou moins dans la boîte mais comme cette fois il n'y a plus de front de flammes, ce vent provoque un apport d'oxygène avec une surpression. Les braises reçoivent de l'oxygène, mais ne produisent toujours pas de flammes car le vent est soit trop fort, soit continu.

L'effet du vent sur un feu, est d'ailleurs assez remarquable. Comme le montre les 4 images ci-dessous, extraire d'une vidéo durant laquelle nous soufflons sur le foyer, avec un ventilateur à main (en bas à droite du simulateur). Les 4 images se suivent et nous constatons que tant que l'on souffle, le foyer n'émet quasiment pas de flamme. Ce n'est que lorsque nous arrêtons de souffler que les flammes repartent. C'est entre autres ce qui explique l'un des succès de la VPP (Ventilation par Pression Positive), mais aussi son danger : tant que le vent souffle sur le feu, celui-ci se calme car il est dans un déséquilibre important (Principe de Lechatelier). Mais si le souffle s'arrête (arrêt du ventilateur, porte qui se ferme ou même blocage du flux d'air par présence d'un intervenant dans un couloir), la reprise est violente.



Lorsqu'il y a du vent, celui-ci comprime les gaz, les empêche de sortir, fait rougir de plus en plus les braises mais ne génère pas de flammes. La pyrolyse est toujours en cours, tandis que les gaz combustibles restent bloqués dans la boîte. Ces gaz existent parce qu'il n'y a pas de flammes, mais il n'y a pas de flammes parce qu'il y a du vent vers l'ouvrant. Paradoxalement c'est le vent, en soufflant qui va attiser les braises tout en les bloquant dans leur état de braise (donc sans flamme) et qui en même temps va empêcher les fumées de sortir : plus ça souffle, plus ça pyrolyse, plus ça comprime les gaz et plus ça retarde la production de flammes donc l'explosion !

Note : En absence de vent, le backdraft classique se met en place: l'air frais rentre par le bas, le mélange redevient correct, les braises émettant à nouveau de petites flammes et est l'explosion. S'il y a du vent, il comprime encore les gaz.

8. Une rafale un peu moins forte et les flammes réapparaissent : l'explosion se déclenche et celle-ci est souvent violente. Dans le cas du backdraft « classique », l'ouverture de la porte laisse s'échapper les gaz par le haut et arriver l'air frais par le bas, alors que là, l'arrivée d'air bloque la production des flammes de déclenchement tout en empêchant la sortie des gaz. L'explosion qui se produit utilise donc 100% (ou presque) des gaz bloqués dans la boîte ou en tout cas une quantité importante car les gaz qui s'échappent le font généralement sous forme de filet, avec un volume assez faible.

Une fois l'explosion terminée, la boîte rentre presque toujours à nouveau en mode flashover, avec des flammes qui occupent tout le volume. Mais au bout de quelques instants, le cycle se remet en place, les flammes recommencent donc à s'extérioriser, et le phénomène peut alors se reproduire.

Cas général ou cas particulier ?

Bien évidemment, ce « décollement » de la flamme, n'est pas la règle générale. Dans la majorité des cas, ce cycle de respiration aboutit au flashover, avec embrasement complet du volume.

Mais nous constatons que ce cycle est effectivement un moment de fragilité. Or, c'est un passage obligé.

Le vent : force et direction

La première remarque que nous pouvons faire, c'est que le vent, même s'il semble nécessaire, n'a pas besoin d'être très violent. Par contre sa direction semble avoir de l'importance. En mettant la boîte parfaitement face au vent, le phénomène est quasiment impossible à observer : le front de flamme a du mal à s'extérioriser, le vent ayant alors un effet piston sur l'ouvrant, en se répartissant uniformément sur toute la surface de celui-ci. Donc d'un côté des gaz veulent s'échapper et de l'autre le vent (comme un piston « souple ») les comprime. Par contre avec un vent oblique l'écoulement d'air devient turbulent, il ne se répartit plus uniformément sur l'ouvrant mais « appuie » plus d'un côté que de l'autre : une circulation est donc possible du fait de ce déséquilibre des forces.

De même, c'est l'action conjuguée de l'extériorisation du front de flamme et du vent, qui permet (entre autres) ce décollement des flammes car un vent, même très violent n'arriverait pas à éteindre le foyer en soufflant directement dans l'axe de l'ouvrant. Au contraire, un tel vent augmente la turbulence et transforme rapidement la boîte en un immense brasier. C'est ce qui se passe d'ailleurs lorsque l'on place un ventilateur de « VPP » face au mini-simulateur !

Le froid : un facteur aggravant

Ceci étant, la présence de vent ne suffit pas à tout expliquer. Durant nos essais, nous avons été confrontés à du vent violent, sans pour autant obtenir ce phénomène. En fait, le froid semble également aggraver les choses. La différence de température entre l'intérieur et l'extérieur de la boîte est très importante. La différence de pression est donc très grande et les flammes sont donc attirées vers l'extérieur. Plusieurs personnes ayant travaillé sur les mini-simulateurs ont constaté de grandes difficultés d'allumage par temps froid, et ont remarqué également ce phénomène de sortie du front de flamme. Lors d'une formation au CSP Le Mans (Sarthe-72), nous avons été confrontés à de grandes difficultés d'allumage : le feu prend, puis rapidement le front de flamme sort de la boîte, puis s'éteint. A ce stade, il ne se produit pas d'explosion car le feu vient tout juste d'être allumé. Mais le phénomène de sortie du front de flammes s'observe très bien.

En présence d'un simulateur bien embrasé, et y ajoutant un tout petit peu de vent, cela suffit à faire « décoller » et à éteindre ce front de flamme.

La quantité de combustible: une autre piste

Le lien entre la quantité de combustible et le danger du feu a souvent été fait de façon assez confuse par les sapeurs-pompiers.

D'ailleurs, il suffit de voir la préparation d'un exercice avec feu réel, pour se rendre compte de cette méconnaissance: les palettes sont empilées jusqu'à plusieurs mètres de hauteur, et on y ajoute des pneus « pour que ça fume ». Lorsque je réalise une formation sur les accidents thermiques et que j'utilise un mini-simulateur, j'ai donc toujours la même remarque: "tu ne met pas plus de combustible que ça? ". Et la remarque est la même lorsque nous passons dans le caisson flashover puisque là encore, la quantité de combustible utilisé est minime.

Ce qu'il ne faut pas oublier, c'est que la combustion d'un élément solide dans un local, va générer des flammes donc de la chaleur et de la lumière, mais également un gaz combustible, la fumée, chargée en carbone. Assez rapidement, le feu de local va se dédoubler: d'un côté le foyer initial (poubelle, chaise, canapé, télévision...) qui a émis le premier les flammes et qui progresse en partie basse, et de l'autre une masse de gaz combustible, chaud, qui se déplace en hauteur, au gré des courants d'air donc au gré de la chaleur émise par l'autre foyer mais aussi au gré des mouvements des intervenants. N'oublions pas que la fumée, même si elle semble grasse et lourde d'un point de vue visuel, est en fait extrêmement légère et donc très sensible au moindre déplacement d'air provoqué par les intervenants.

La température au plafond atteint couramment 500 voir 700°C et amène donc une forte pyrolyse de tous les éléments de la pièce. Mais à cela, il faut ajouter que le monoxyde de carbone, présent dans toutes les fumées d'incendies et, dans le cas

d'un local, concentrée en partie supérieure de celui-ci, possède une température d'auto-inflammation légèrement supérieur à 600°C, ce qui correspond à la température que le plafond atteint assez facilement.

Rapidement nous allons donc avoir deux foyer: le foyer initial, généralement au sol, et le foyer de plafond, composé de gaz en feu.

Or, dans la quasi totalité des schéma ou des photo montrant ces phénomènes, nous voyons un lien entre ces deux foyers: les flammes partent du sol, lèchent les murs, puis s'étalent au plafond. A une certaine distance, nous voyons bien qu'elles n'impliquent plus un combustible solide, mais les fumées, mais il y a continuité entre le foyer "solide" et cette masse gazeuse en feu.

Dans la réalité, cette continuité n'est pas forcément la règle. Mais il existe très peu de photo ou de vidéo montrant cette particularité. Et pour cause: le foyer supérieur est dans les fumées. Les flammes sont peu oxygénées, et sont donc plutôt rouge sombre et n'émettent donc pas beaucoup de lumière. Le foyer « du bas » est souvent éteint en totalité, ou fortement diminué. Le local est donc assombri et prendre une photo ou utiliser une caméra dans ces conditions ne donnent pas grand chose.

Les deux photos ci-dessous montre les deux types de roll-over. A gauche, le foyer « bas » est bien présent et c'est une véritable colonne de flamme qui monte et s'étale au plafond, pour se prolonger par un embrasement des fumées. Par contre la photo de droite est très différente. C'est une des rares que nous possédons qui montre des roll-over, alors que le foyer initial, en bas, est complètement éteint. Au plafond, les flammes subsistent. Le combustible encore présent en bas continue à générer des gaz de pyrolyse, qui montent et alimentent cette couche de flammes. Situées en haut, elles sont très pauvrement oxygénées et sont donc rouge sombre et se miroitent dans l'eau, répandue au sol. Evidement, l'absence de cette colonne de flamme diminue fortement la luminosité générale et il y a fort à parier qu'un binôme engagé dans de telles conditions aurait de grandes difficultés à se rendre compte que le danger est toujours présent, mais hors de sa vue.

Quelques instants plus tôt, nous avons encore un reste de foyer en partie inférieur.



Or, si nous arrivons à avoir deux foyers distincts, qui peuvent « vivre » indépendamment l'un de l'autre de façon « étagée » (l'un en bas, l'autre en haut), à partir du moment où le local est géré par un système de pression et de dépression,

du fond vers l'ouvrant, il est tout à fait possible d'envisager ce même phénomène de séparation, mais dans l'autre sens: feu dans le fond, couche de gaz non enflammée, puis front de flamme. Si le foyer initial est important, il ne s'éteindra pas et la continuité de flamme restera la règle. Par contre, si le foyer initial est de petite taille, il aurait moins de résistance vis-à-vis des bourrasques, du manque de comburant etc. et pourra certainement s'éteindre assez facilement.

Il se mettra alors à générer des gaz de pyrolyse. Or, le sens du courant de convection aura changé: si le foyer initial ne produit plus de flamme, de toutes évidences il perd aussi en puissance thermique. Le lieu le plus chaud, qui attire donc les gaz, c'est désormais le front de flammes. Par ce jeu subtil de pression / dépression, les gaz de pyrolyse, émis pas le foyer initial, qui ne possède plus de flammes, vont vers le front de flammes gazeux et participe au maintien de celui-ci.

Mais comme celui-ci est mobile, il est sensible au vent et peut s'éteindre assez facilement, laissant le local se mettre tout seul en mode « pré-backdraft ».

En fait, la faible quantité de combustible, n'est pas forcément une chance!

Note: avec une gestion pointue du combustible dans nos caissons, nous avons réussi à avoir une extinction « naturelle » du foyer inférieur, tout en continuant à avoir des flammes en partie supérieure.

Deux images révélatrices

Ces deux photos ont été prises durant une formation de référents mini-maison, au CSP Le Mans (France-72), en Février 2005. Température très basse. Les boîtes sont placées pour être protégées du vent. Celui-ci n'agit donc pas.

Il est à noter que l'allumage des boîtes a été extrêmement difficile.



A ce stade, les flammes sont toutes sur la partie gauche de la boîte. Or, le feu a été allumé au fond à droite de celle-ci, et nous devrions voir le foyer principal au niveau du rond jaune, avec des braises.

Pourtant, il n'y a plus rien à cet endroit. Ou du moins, il reste du bois, donc du combustible mais le feu semble éteint. Nous constatons l'émission de petite quantité de fumée, mais celle-ci se trouve entre le foyer d'origine et le front de flamme. Il y a donc bien production de fumée par le foyer.



Quelques secondes plus tard, il n'y a pratiquement plus de feu dans le simulateur. Les flammes sont presque toutes à l'extérieur. Le foyer principal (rond jaune) semble avoir disparu, et la masse de flammes est très réduite.

Le front de flamme n'apparaît donc plus que comme quelques flammes, hors du local, mais plus comme une masse de flammes qui serait dans le local.

Une toute petite bourrasque peut suffire à éteindre ce feu. Avec une boîte froide, le feu sera éteint, sans risque. Avec une boîte chaude, pleine de gaz combustible, le simulateur passera naturellement en mode backdraft.

Face au phénomène...

Dans la réalité d'une intervention, ce phénomène s'avère certainement très dangereux. En effet, l'approche se fait face à un feu ventilé, avec un ouvrant grand ouvert et souvent face à des flammes apparemment anodines. Or d'après la théorie énoncée dans de nombreux documents, cette situation n'est pas propice aux explosions, ce qui est donc erroné.

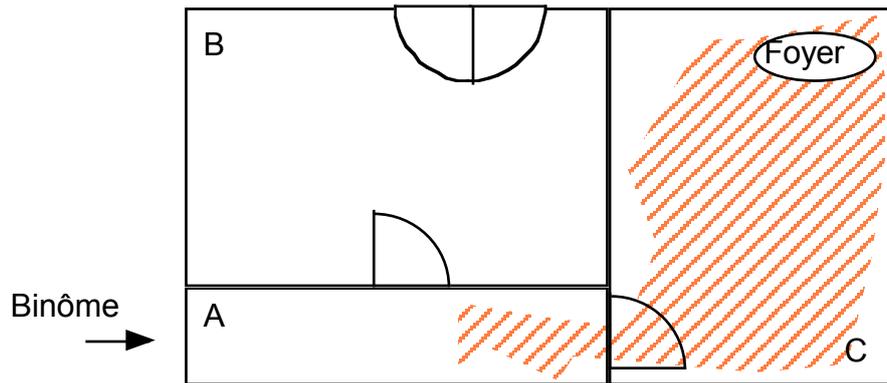
Le binôme engagé a donc des chances de se placer en face de l'ouvrant, donc au plus mauvais endroit. De plus la vision que l'on a de l'intérieur du local, c'est celle d'un local sombre, sans flamme, qui apparaît donc comme non-dangereux. Le binôme risque donc de progresser dans ce local sombre et sans flammes, puisque celles-ci ne seront que sur le pourtour de l'ouvrant ou ne formeront qu'un front de flamme de très faible épaisseur.

Paradoxalement, la très faible épaisseur du front de flammes, ou même son éclatement sur le pourtour de l'ouvrant, peut faire que le binôme va en fait « traverser » ce front de flamme sans s'en rendre compte, et donc se trouver entre le générateur de combustible (le foyer principal) et la destination de l'explosion.

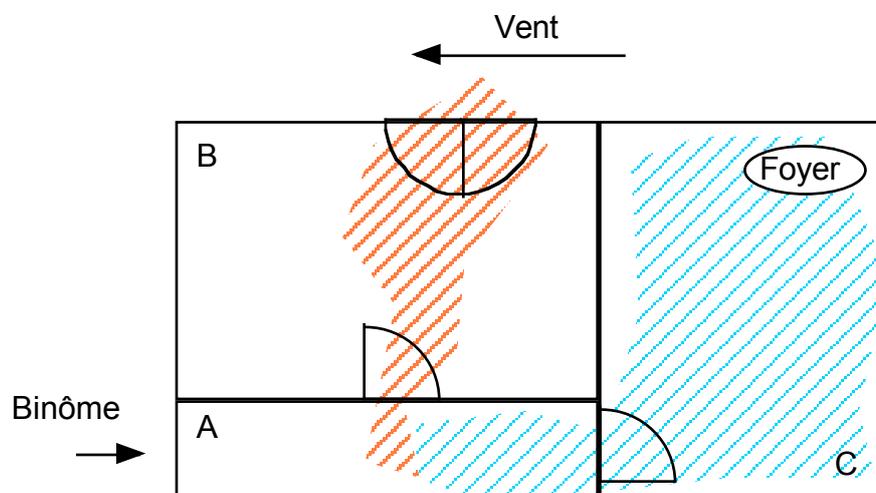
Déplacement et épaisseur du front de flamme

Imaginons quelques situations théoriques, sans doute difficiles à tester de façon concrète, mais qui laissent entrevoir des situations délicates.

Commençons par le schéma ci-dessous : lorsqu'il entre par le couloir, le binôme voit une masse de flammes. Il en déduit que c'est le front de flammes et que le foyer se trouve derrière celui-ci. Il va donc progresser vers le local « C » et y trouvera effectivement le foyer. Ce foyer recevra de l'air par la fenêtre du local « B » et éventuellement par la porte ouverte par le binôme lors de son entrée dans le local.



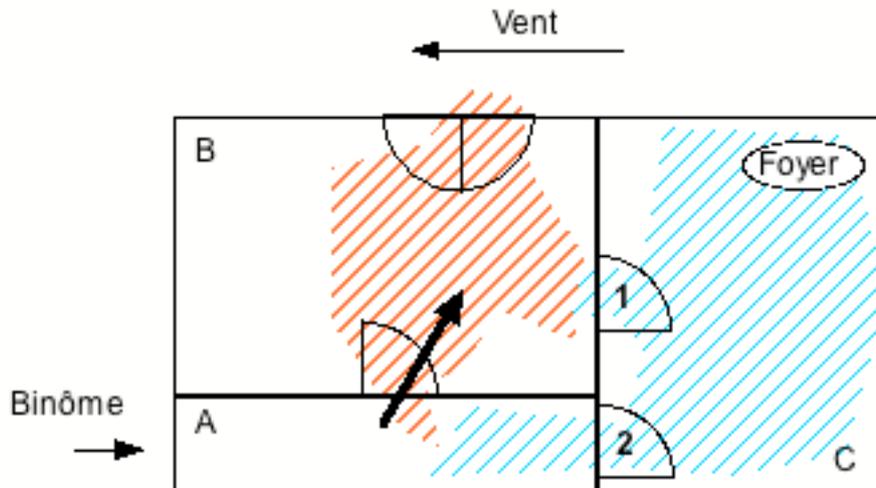
Par contre dans le schéma suivant, les choses se compliquent.



Par effet de Venturi, le vent soufflant parallèlement à la fenêtre du local « B », génère une dépression. La masse gazeuse en surpression, sort du local « C » puis pénètre dans le local « B » pour se diriger vers l'ouvrant. Mais le foyer manque alors d'oxygène. Le front de flamme va alors se déplacer (en rouge) et laisser derrière lui la masse combustible (en bleu). Pour le binôme, le feu se trouve dans donc le local « B » car la seule vue qu'il a du local « C » c'est celle d'un local sombre, sans lumière, donc sans flamme, alors que la masse de flammes est en « B ».

Paradoxalement, s'il n'y a pas explosion c'est bien grâce au front de flamme qui «protège» le local « C ». En attaquant les flammes, le binôme va supprimer cette protection, et déclencher une explosion qui elle, va venir du local « C ».

Le pire serait le cas où le local « B » aurait une communication avec le local « C », par exemple dans la cloison intermédiaire, comme dans le troisième schéma. Là encore, le front de flamme se déplace, repoussé par la surpression émanant du local « C » et attiré par l'effet de Venturi, au niveau de la fenêtre.

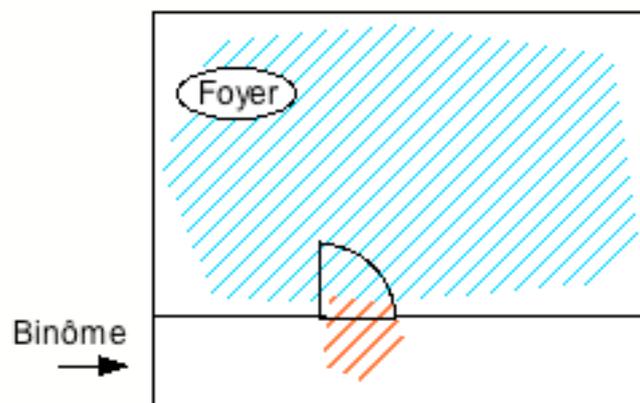


Or, en attaquant la masse de flammes située dans le local « B » (jet symbolisé par la flèche la plus épaisse), le binôme va supprimer le front de flammes qui le protège, et il va apporter de l'air, par l'effet de Venturi de sa lance, ce qui va provoquer deux choses : d'abord un apport d'air au foyer par la porte 1, ensuite une dépression au niveau du point 2. L'explosion qui va être déclenchée dans le local « C » va donc ressortir par la porte « 2 » et prendre le binôme par le côté.

Nous obtenons ici une autre conception de ce front de flamme : celui-ci n'est que l'interface entre une masse gazeuse issue du foyer, et la masse d'air qui est pénétrée par cette masse gazeuse.

A l'extrême ce front de flamme peut ne faire que quelques dizaines de centimètres d'épaisseur...

Le cas suivant peut également être imaginé : les flammes étant presque totalement à l'extérieur du local, le binôme les voit apparaître dans le couloir. Compte tenu de sa position, il pense qu'il est en face de flammes issues d'un foyer qui occupe tout le local. Or il n'est en face que d'un front de flamme qui fait l'interface entre l'air frais et la masse des gaz combustible du local.



En attaquant les flammes, le binôme va avoir la surprise de constater qu'il en vient à bout assez facilement, ce qui s'explique par leur faible épaisseur. Par contre dès qu'il

aura supprimé ce front de flamme, il se retrouvera face à un local en situation pré-backdraft, dans une situation d'autant plus dangereuse qu'une fois le front de flamme éteint, le binôme se dirigera tout naturellement vers l'ouvrant pour observer le contenu du local. Cette situation peut facilement se reproduire avec un mini-simulateur et un extincteur : en se plaçant de profil, il est possible de souffler le front de flamme au moment où celui-ci sort de la boîte.

Backdraft naturel provoqué

Ces hypothèses voudraient dire que tant que le front de flammes est présent, il offre une protection contre la ré-oxygénation du foyer, et empêche donc la mise en route du phénomène explosif.

En fait, il y aurait une étape initiale, sans front de flamme mais avec un foyer «classique», puis une étape fragile, avec une front de flamme qui va se déplacer suivant les cycle de ventilation du local.

Si les conditions sont telles que ce front de flamme est d'une faible épaisseur soit par le froid, le manque de combustible du foyer initial, etc. sa destruction sera facilitée, mais engendrera la suppression de cette barrière de protection et fera passer le local en mode « backdraft ».

La solution serait peut-être de « protéger » ce front de flamme, pour qu'il retourne dans le local, afin que celui-ci repasse en flashover, donc dans une situation non explosive, ou alors de laisser cet accès tel quel et de chercher à pénétrer dans le local par une autre ouverture, sur laquelle le vent n'aurait pas d'impact. J'avoue ne pas connaître la solution.

En tout cas, dans cette situation, la disparition soudaine du front de flamme ne doit pas être considéré comme une victoire, mais certainement comme le début de gros problèmes...

Des images troublantes...

Regardons quelques images d'une des vidéos les plus connues, concernant un backdraft. L'explosion, violente, fait souvent oublier les éléments « annexes ».



La fumée sort par l'ouvrant de gauche, mais l'attaque commence déjà par l'autre ouvrant. Apparemment, une lance est en action et semble attaquer par le côté gauche du 2ème ouvrant et compte tenu du jet, doit produire une entrée d'air (effet de Venturi).



La fumée sort du couloir de gauche, mais le Chef voit que le feu est dans l'ouvrant de droite qui ne fume pas. Or, la direction des flammes montre bien qu'elles sont attirées vers le couloir de gauche.



La flamme dans l'ouvrant de droite s'est avancée vers la gauche. L'ouvrant de gauche a quant à lui été le siège de l'explosion.

Cette vidéo ne montre pas forcément un front de flamme dissocié du foyer, mais montre une interaction entre une attaque vers un foyer (ou un lieu supposé être le foyer) et une explosion apparemment sans lien. Ce n'est pas l'ouverture de l'ouvrant de gauche qui a provoqué l'explosion, mais sans doute l'action des hommes engagés par la droite. La protection de TOUS les intervenants doit donc être maximale, et la synchronisation des équipes doit être parfaite.

Annexe : Remarque sur le déclencheur de l'explosion

Plusieurs fois nous avons constaté que la boîte émettait tous les signes précurseurs de l'explosion, mais que celle-ci ne survenait pas.

La réponse nous est venue de l'étude d'un extrait de texte, de Julien Napoléon HATON DE LA GOUPILLIERE (1833-1927), ancien directeur de l'Ecole Supérieure des Mines. Dans le rapport qu'il fait le 8 mars 1878 à la Commission du grisou, commission instituée par le gouvernement de l'époque pour étudier le problème des explosions de grisou dans les mines de charbon (environ 400 morts entre 1867 et 1877 !), il écrit : « *La détonation du grisou se produit quand une atmosphère formée de grisou et d'air, préalablement mélangés en proportions convenables, subit le contact, non pas seulement d'un corps incandescent, qui ne suffirait pas, en général, pour déterminer l'explosion, mais d'une flamme gazeuse.* »

En clair, la présence de braise ou d'un élément incandescent ne semble pas suffire à déclencher l'explosion. Pour cela, il faudrait une flamme ! Nous avons posé la question à un professeur de l'Ecole de Mines qui nous avoué que ce paramètre était assez mal défini et devait sans doute dépendre également du produit ou du mélange, du degré de turbulence, de la composition du mélange quand il y a divers produits de combustion incomplète, mais aussi de l'effet catalytique de certains produits de combustion etc

En tout cas une alchimie plutôt complexe, d'autant plus que dans certains cas, le déclenchement peut se faire en plusieurs endroits à la fois. Cependant, dans notre cas de « backdraft », il semble que l'expérience nous montre la nécessité de flamme.

Ceci expliquerait déjà beaucoup de chose : lorsque la porte du local est refermée, le feu consomme l'oxygène dont il dispose, puis il baisse en régime. Si cette baisse de régime perdure assez longtemps, les flammes disparaissent, puis ce sont les braises qui sont ensuite en manque d'oxygène. Elles diminuent donc d'intensité. A l'ouverture de la porte, l'air frais entre par le bas, passe au-dessus des braises, les attise, puis monte pour se mélanger aux gaz combustibles. Mais dans le même temps, ces gaz quittent la pièce par le haut de la porte.

A un certain moment, le mélange atteint sa zone d'explosibilité. Le mélange est donc « idéal » (ou proche de cet idéal) et « devrait exploser ». Sauf qu'à cet instant, il n'y a pas encore de flammes. Il ne se passe donc rien. Les braises continuent à reprendre de la vigueur, elle passe du rouge sombre à l'orange, puis au jaune... mais pendant ce temps, les gaz continuent à s'échapper. Enfin, les braises recommencent à émettre des flammes. Mais les gaz sont tous partis, et le feu ne fait que reprendre.

Conclusion

Nous ne savons pas grand-chose, c'est le moins que l'on puisse dire. Après plusieurs années d'étude de ces phénomènes, près de 50 brûlages de mini-maison et près de 40 brûlages en caisson, ce phénomène m'est apparu sans crier gare. Il convient donc de continuer à faire preuve d'une très grande humilité face à ces phénomènes, et à poursuivre les études, sans jouer aux apprentis sorciers. Comprendre et observer, pour combattre efficacement.

L'auteur

Pierre-Louis LAMBALLAIS est Sapeur-Pompier Volontaire en France (Mayenne-53). Formateur Incendie, il gère trois containers flashover et organise des stages pour les sapeurs-pompiers formateurs sur accidents thermiques. Il étudie ces phénomènes depuis plusieurs années, et participe à la traduction de documents destinés aux Sapeurs-Pompiers. Gestionnaire du site :<http://www.flashover.fr> , il est joignable à l'adresse pl.lamballais@flashover.fr

Merci à Franck GAVIOT-BLANC pour la relecture et les remarques.

Merci à Grégory DESSI pour ses essais et ses remarques