

QUELQUES ASPECTS THEORIQUES ET PRATIQUES POUR LA LUTTE CONTRE L'INCENDIE DANS UNE SITUATION DE BACKDRAFT

Daniel GOJKOVIC
LASSE BENGTSSON
Traduction Franck GAVIOT-BLANC

QUELQUES ASPECTS THEORIQUES ET PRATIQUES DE LA LUTTE CONTRE L'INCENDIE DANS UNE SITUATION DE BACKDRAFT

Par D. GOJKOVIC / LASSE BENGTSSON – Traduction Franck GAVIOT-BLANC, avec l'aide Pierre-Louis LAMBALLAIS.

Traduction de l'article SOME THEORETICAL & PRACTICAL ASPECT ON FIRE FIGHTING IN A BACKDRAFT SITUATION

D. GOJKOVIC du Département Technologie et Sûreté du Feu de l'Université de Lund, en Suède;
L. BENGTSSON du Département d'Incendie de Helsingborg, en Suède

INTRODUCTION

Cette publication tente d'intégrer des calculs théoriques de type CFD (Computational Fluid Dynamics), en employant les méthodes tactiques des Pompiers Suédois lorsqu'ils arrivent sur les lieux d'un feu sous ventilé... (NdT : *La transcription la mieux approprié pour CFD est Mécanique des Fluides Numérique, ou en plus simple, étude du comportement des fluides par simulation informatique.*)

Il est clair que la CFD dispose d'un grand potentiel et crée une meilleure compréhension des choix tactiques dans la lutte contre l'incendie. Si le feu s'est produit avec un manque d'oxygène, l'excès de produits de pyrolyse a pu s'accumuler pendant un temps assez long, dans le compartiment sinistré. Si de l'air est soudainement introduit dans le compartiment, cela peut produire un backdraft. Le programme informatique de CFD utilisé pour les simulations s'appelle SOFIE. SOFIE ne dispose pas des codes de modèles secondaires adaptés à la combustion des feux pré-mélangés : il répond donc néanmoins parfaitement aux situations de backdraft. Les simulations ont été concentrées sur le problème des courants de pesanteur et le processus de mélange entre l'air frais, les gaz et les fumées chaudes.

NdT : *courant de pesanteur - ce terme, en situation de Backdraft, image de façon très précise ce qui se passe : l'ouverture d'une porte génère et permet un mouvement d'air, où l'air frais entre en partie basse et les gaz et fumées chaudes s'échappent par le haut. L'air frais s'élève dans le courant de convection, dilue la couche de fumée surchauffée et concentrée en combustible, et lorsque la concentration stœchiométrique est atteinte, il y a explosion !!! Donc, lorsque les anglo-saxons parlent du courant de pesanteur, l'idée est de transcrire ce mouvement d'air.*

Un appartement factice a été créé afin d'évaluer quatre tactiques différentes. L'appartement se compose de trois pièces communicantes, dont une est munie d'une fenêtre s'ouvrant sur l'extérieur, et d'une porte d'entrée. Les tactiques étudiées sont :

1. Opération de sauvetage durant laquelle les combattants du feu entrent dans l'appartement,
2. Ventilation naturel de l'appartement
3. Ventilation de l'appartement en utilisant la VPP (Ventilation à Pression Positive)
4. Utilisation d'un nouvel outil, (The cutting extinguisher - *Transcription : l'extincteur découpeur.*)

Chaque tactique est évaluée au travers un scénario de référence. La conclusion établit comment les différentes tactiques influencent la possibilité d'occurrence du backdraft. Elle peut être récapitulée en cela :

Le choix de la tactique dépend :

1. de la présence ou non de personnes restées dans le bâtiment,
2. des risques que vous êtes près à prendre par rapport aux ressources en termes de personnel et d'équipement dont vous disposez

BUT ET CONTENU

Le but de cet article est de montrer comment les calculs théoriques de CFD peuvent être intégrés aux procédures normalement employées par les Services de Secours présents sur les lieux d'un incendie, ceci afin de comprendre comment traiter le mieux possible une situation de Backdraft.

Cette connaissance ainsi que la compréhension des signes annonciateurs visibles juste avant l'occurrence d'un backdraft mèneront à un meilleur résultat face à de telle situation. Des scénarios factices consistent en la création d'un appartement domestique, dans lequel différentes tactiques d'interventions sont appliquées.

Ces différentes tactiques sont étudiées, puis le calcul CFD est appliqué pour prévoir la possibilité d'occurrence du Backdraft selon ces différents choix tactiques.

Ces différentes tactiques incluent entre autre l'utilisation de la VPP (Ventilation à Pression Positive – En anglais : PPV : Positive Pressure Ventilation), et l'extincteur découpeur, un outil puissant qui peut être utilisé pour pénétrer dans les structures en fournissant un accès à l'eau pour l'extinction du feu. La ventilation engendrée par l'ouverture d'une fenêtre est également étudiée, car c'est pour la plupart des Sapeurs-Pompiers, un moyen fréquent de pénétration dans les compartiments, pour inerte les gaz par un refroidissement à l'eau. Enfin quelques conclusions sont tirées, concernant la tactique à employer dans une situation possible de backdraft. Les avantages aussi bien que les inconvénients des différentes méthodes tactiques sont évidemment développés .

La connaissance des processus fondamentaux qui commandent les trois phénomènes (le Flashover, le Backdraft et la Smoke Explosion) est d'une grande importance. Le Backdraft est particulièrement important, puisque beaucoup de feux sont sous ventilation commandée quand les Services d'Incendie se présentent sur les lieux de l'intervention. Selon des statistiques le backdraft ne se produit pas très souvent. Cependant, puisque c'est un événement très rapide et soudain les conséquences de la situation peuvent être très graves. Par conséquent, il est important que les processus physiques et chimiques principaux qui commandent les phénomènes de backdraft soient élucidés.^{[1],[2],[3]}

NdT : ventilation commandée - chez les anglo-saxons, une ventilation est dite commandée ou contrôlée lorsque l'air n'arrive pas en quantité suffisante. En France, on parlerait pour exprimer la même idée d'un feu qui manque d'air, d'un feu sous ventilé. C'est le contraire d'un feu non contrôlé où l'air arrive en quantité suffisante permettant à celui-ci un développement anarchique donc à ventilation non contrôlé.

MODELISER AVEC LA CFD

Comme précisé ci-dessus, la Computational Fluid Dynamics (CFD) sera employée pour étudier le potentiel d'une situation de Backdraft suivant les différentes tactiques de lutte. Le programme CFD utilisé dans cette recherche a été nommé SOFIE (Simulation Of Fires In Enclosures - simulation des feux dans les milieux clos). SOFIE est développé sous la coupelle d'un consortium comprenant un certain nombre de laboratoires Européens de recherches sur le feu, Centre Technique de Recherches de la Finlande, Institut National Suédois d'Essais et de Recherches, Centre de Recherches du Feu - CSTB - de l'université de Lund, Laboratoire de salubrité et de sûreté, Siège Social du groupe de Technologie et de Sûreté du feu. Le développement a été lancé à l'Université de Cranfield.

Le développement de SOFIE a trois principaux objectifs :

1. Développer un programme de modélisation spécifique à la prévision des feux dans les bâtiments, incluant la partie caractéristique des codes informatiques généralistes de mécanique des fluides, actuellement disponibles dans le commerce.
2. Développer dans ce programme une gamme de comportements spécifiques des feux pour permettre la prévision des phénomènes de feux plus complexes, normalement non disponibles dans les codes CFD généralistes. Par exemple, la croissance et la propagation d'un feu, la dispersion des émissions toxiques, l'interaction feu-brouillard d'eau.
3. Mettre à la disposition de la communauté scientifique dans le domaine de la sûreté incendie, un modèle robuste, pouvant être employé aussi bien pour l'évaluation des actions de sûreté en cas de feu ou comme code de référence commun pour la validation d'autres codes. ^[4]

Il n'est pas possible de modéliser le scénario entier de Backdraft en CFD puisqu'il n'y a pas de sous-modèles appropriés qui traitent de la combustion pré-mélangée et de l'explosion. Cependant, le processus de mélange entre les gaz combustibles chauds et l'air frais froid, c'est à dire le courant de pesanteur, est un des éléments les plus importants dans les situations de backdraft. Quand on permet à l'air frais d'entrer dans une salle remplie de gaz chauds, (produits par exemple par un feu) l'air frais s'écoulera dans le compartiment au niveau du plancher. Dans le cas de gaz chauds combustibles, il y aura une région dans les limites d'inflammabilité, au niveau de l'interface entre l'air froid et les gaz chauds. Une combustion très rapide se produira, si une source d'allumage est présente dans cette région pré-mélangée. La chaleur produite par le processus de combustion produira une surpression dans le compartiment, expulsant les gaz non brûlés en dehors du compartiment. Une fois en dehors du compartiment les gaz ne souffriront plus de manque d'oxygène : ils seront donc normalement brûlés, en produisant une boule de feu. Toute la suite d'événements, de l'introduction d'air frais dans le compartiment jusqu'à la boule de feu s'appelle un backdraft. ^{[5],[6]}

Les calculs CFD ont été exécutés avec des pas de temps compris entre 0.1 et 1.0 seconde. Le critère de convergence pour chaque pas de temps est une valeur résiduelle sur la masse normalisée de 0.001.

NdT : Le pas de temps - c'est un intervalle de progression du calcul. Exemple : à un instant 1 donné, le front de gaz frais à une position. A un instant 2, légèrement supérieur (dans notre cas entre 0.1 et 1 seconde), ce même front de gaz aura progressé. Le pas de temps représente le temps qui sépare l'instant 1 de l'instant 2. Plus il est grand et moins la simulation sera précise et inversement.

Critère de convergence - c'est une valeur numérique qui permet à l'ordinateur de savoir que la précision du calcul qu'il a effectué est suffisante, et donc qu'il peut arrêter la simulation, ainsi il peut continuer pour un autre calcul, etc... On par exemple estimer que la température ne doit être donné qu'avec une

précisions de 5 degrés, ou 10 degrés, ou 0,1 degrés etc. Plus on cherchera à avoir de précision, plus le calcul sera long.

SCENARIOS

Généralités

Quand les Pompiers arrivent sur les lieux d'un feu qui implique une situation possible de backdraft, ils peuvent agir différemment selon plusieurs facteurs. Différentes tactiques peuvent être employées selon, que des personnes soient encore présentes à l'intérieur de l'appartement ou pas, suivant la disponibilité des ressources (moyens hydrauliques par exemple), l'accès de l'appartement ou de la pièce en feu, à quel étape se trouve le feu dans son développement, etc. Le niveau de connaissance de l'Officier de Commandement a également un grand impact sur la tactique qui sera employée.

En clair, la tactique adoptée est fonction des conditions présentes sur les lieux de l'intervention. Dans ce document, quatre tactiques différentes sont évaluées, mais il peut y avoir des situations où aucune de ces tactiques ne pourra être appliquée. Il peut également y avoir des situations où une autre tactique que les quatre discutées dans cet article sera applicable.

Un scénario factice a été créé, afin d'évaluer plus facilement les différentes tactiques. Le scénario de base repose sur un appartement de trois pièces. Chaque pièce mesure 4 x 4m et 2.8 m de haut. Entre les salles, il y a des portes qui mesurent 0.80 x 2.0 m. Une des pièces a une fenêtre qui dans les scénarios 3 et 4 est ouverte. La géométrie de l'appartement est la suivant (schéma 1).

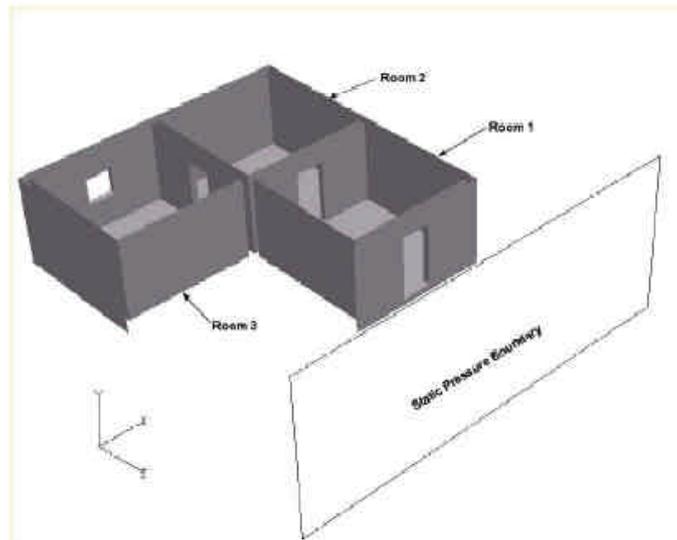


Schéma 1. La géométrie du scénario de base.

Les calculs CFD ont été effectués avec une grille géométrique contenant 125000 volumes de contrôle. Tous les murs sont modélisés comme adiabatiques.

NdT : La grille géométrique - en CFD, les objets sont représentés par un empilement de volumes élémentaires (dans notre cas les pièces de l'appartement sont une succession de petit cube, les parois, comme les espaces vides). Dans ces volumes élémentaires, l'ordinateur va résoudre des calculs (équations) permettant de déterminer le mouvement du gaz, puis il va compiler les résultats de chacun

des calculs pour en faire, en les « plaçant bout à bout » une représentation graphique globale qui sera celle représentée sur les différents schémas ci-dessous. Plus le nombre de volumes élémentaires est important et plus la simulation est réaliste. La grille géométrique est en CFD ce que le pixel est à l'image numérique. Plus le nombre de volumes est important, plus le résultat est réaliste.

Adiabatique - les parois de l'appartement ne permettent pas à la chaleur de s'évacuer. Toute la chaleur produite par le feu reste à l'intérieur de l'appartement. C'est un cas d'étude purement théorique.

Comme indiqué plus haut, aucune combustion n'est modélisée en prenant en compte la combustion pré-mélangée, par manque de sous-modèles informatique. Au lieu de modéliser le processus entier de combustion et la diffusion des fumées, il est donc supposé que la combustion s'est produite pendant un temps suffisamment long et que la température (comme les concentrations en gaz) sont uniformément distribuées dans les trois pièces. La température initiale dans les trois salles a été fixée à 600 K (327°C). Une grandeur scalaire passive a été introduite. La valeur initiale de la grandeur scalaire passive est 0.3. Le but du choix de ces valeurs est de décrire une salle où un feu s'est produit pendant un temps assez long. Aucune porte ou fenêtre n'étant ouverte, les flammes sont inexistantes du fait de la déplétion en oxygène. L'appartement étant considéré comme bien isolé, la chaleur est gardée dans l'appartement. Le rayonnement des gaz chauds va pyrolyser le matériel combustible, tel que les meubles. Après quelques instant, une concentration élevée (dans ce cas-ci 30%) des gaz combustibles est atteinte dans l'appartement.

Dans les sous-chapitres suivants, chacun des six scénarios étudiés sera décrit. La raison de choisir ces scénarios spécifiques est qu'ils impliquent les tactiques employées par le Service de Secours Suédois lorsqu'ils effectuent des interventions sur feu sous-aéré. Le scénario final, le scénario 6, impliquent un type particulier d'équipement appelé le cutting extinguisher (l'extincteur découpeur). Cet équipement est plutôt nouveau et il y a très peu de Services de Secours en Suède qui le possèdent. Chaque sous-chapitre contient également une description de la fréquence de chaque type particulier de tactique, par exemple est ce qu'elle est courante ou pas.

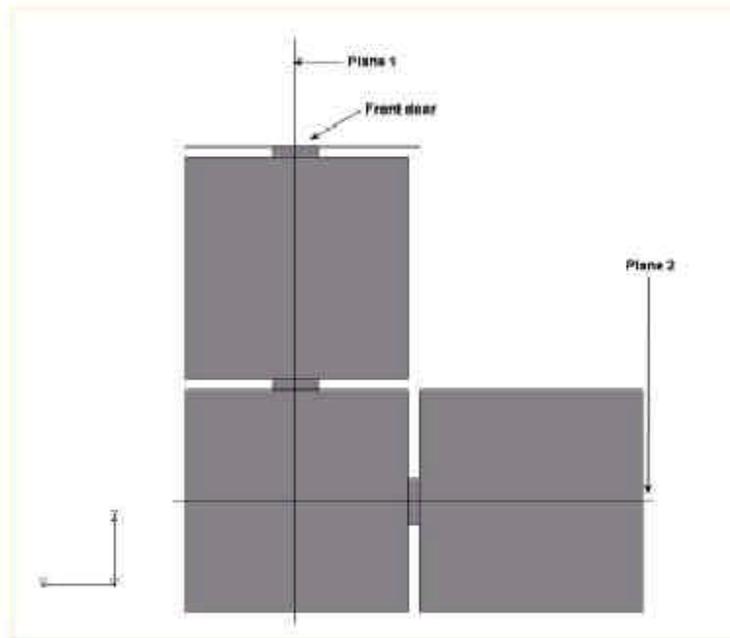
Scénario 1 - scénario de référence

Le scénario 1 fonctionnera comme scénario de référence à partir duquel on comparera les cinq autres. Ce scénario décrit ce qui se produit quand les combattants du feu arrivent sur les lieux d'un feu où la combustion s'est produite depuis longtemps.

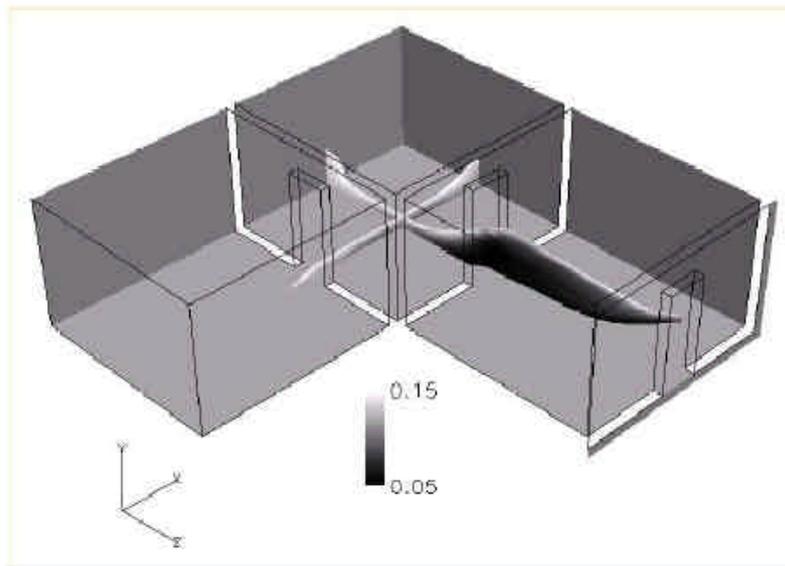
L'appartement est plutôt hermétique, aucunes portes ni fenêtres ne sont ouvertes. Dans ce scénario, les combattants du feu ouvrent la porte avant d'évacuer les gaz chauds à l'extérieur. Les combattants du feu restent baissés et de côté.

C'est à ce stade que la simulation commence. En raison des différences de densité entre les gaz, les fumées chaudes et l'air frais froid (un courant de pesanteur) entrera dans l'appartement. Pour permettre une meilleure visualisation seule la zone inflammable sera montrée dans les images ci-dessous. La zone inflammable sera seulement montrée le long de deux plans qui traversent la ligne centrale des portes, comme vu sur le schéma 2.

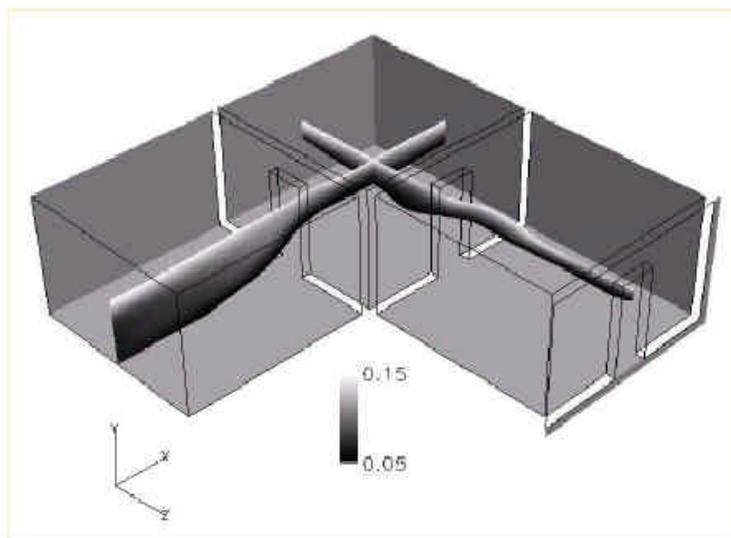
Puisque c'est un scénario factice les limites d'inflammabilité seront prises entre 5 % et 15 %, les nombres choisis pour ces valeurs importent peu à partir du moment où ce sont les mêmes qui sont employés sur chacun des six scénarios. Les calculs CFD seront comparés entre eux mais ne seront pas confrontés à des données expérimentales. La figure 3 et la figure 4 montrent la zone d'inflammabilité à différent pas de temps.



Le schéma 2. Vue plate de l'appartement qui montre les deux plans où les résultats seront visualisés.



Le schéma 3. La zone d'inflammabilité après 10 secondes de simulation.



Le schéma 4. La zone d'inflammabilité après 40 secondes de simulation.

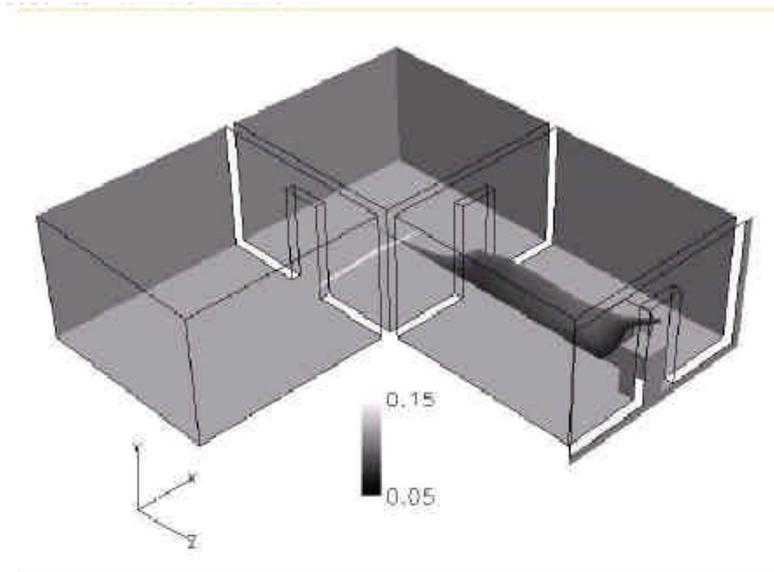
Scénario 2 - L'attaque offensive par la porte d'entrée par l'équipe de BA

NdT : BA = breathing apparatus donc pour nous, ARI

Dans ce scénario les Services de Secours arrivés sur les lieux ont découvert qu'il y avait des gens restés dans l'appartement. Le temps est un facteur critique et il n'y a plus de temps pour évaluer toutes les mesures possibles.

L'Officier de commandement décide d'introduire une équipe de BA par la porte d'entrée. En choisissant cette tactique les combattants du feu seront exposés à un plus gros risque. Les combattants du feu devront faire attention et refroidir les gaz chauds avec de l'eau dès qu'ils ouvriront la porte. La connaissance du temps qu'il faut pour que le courant de pesanteur produise le mélange des gaz chauds est importante pour les sapeurs-pompiers, puisque ce temps fixe la durée dont ils disposent pour refroidir les gaz chauds avec un brouillard d'eau et de ce fait réduire au minimum le risque d'allumage.

C'est une tactique courante utilisée en Suède. Les combattants du feu ouvrent légèrement la porte et pulvérisent des impulsions courtes d'eau (short pulsing), puis referment la porte et laissent le brouillard se vaporiser à l'intérieur de l'appartement. Ceci est répété jusqu'à ce que la situation soit considérée comme sûre. Cependant, la fermeture de la porte et le brouillard d'eau ne sont pas modélisés en CFD. Ce scénario est modélisé presque de la même façon que le scénario 1. La seule différence est que deux obstructions ont été placées dans l'ouverture de porte. Les obstructions sont censées représenter (simuler) les combattants du feu. Il y a très peu de différence dans les résultats des simulations entre le scénario 1 et le scénario 2. La seule conclusion qui peut être tirée, c'est que le courant de pesanteur semble se déplacer légèrement moins vite dans le scénario 1. C'est en raison des obstructions devant l'ouverture, qui gênent l'écoulement. Ces phénomènes peuvent être vus en comparant le schéma 3 et 5, qui montrent les résultats visuels 10 secondes après le début de la simulation.



Le schéma 5. La zone d'inflammabilité 10 secondes après le début de la simulation dans le scénario 2.

La simulation nous montre qu'il ne faudra que quelques secondes pour que le courant de pesanteur crée une zone d'inflammabilité assez grande pour produire des conditions dangereuses. Dans ce scénario, le courant de pesanteur se déplace approximativement à une vitesse de 1-2 m/s.

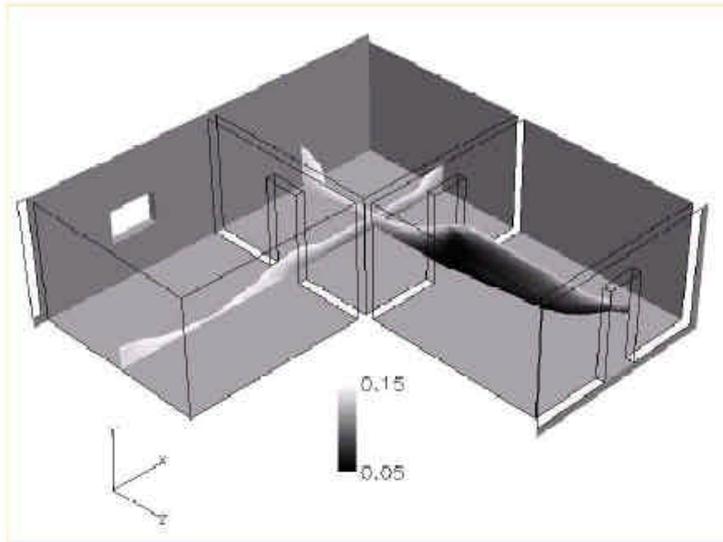
Il arrive que du personnel de lutte contre l'incendie entre dans un appartement et ferme la porte après être entrée (excepté l'ouverture étroite créée par le tuyau d'extinction) dans l'espoir de limiter ainsi l'entrée d'oxygène : la simulation montre clairement que cette procédure ne doit pas être utilisée car elle n'aura pas l'effet escompté!

Scénario 3 - Attaque défensive avec ventilation naturelle

Dans ce scénario il est clair qu'il n'y a plus personne à l'intérieur de l'appartement. Le temps n'est pas aussi critique que dans le scénario 2, quand il restait des personnes à l'intérieur de l'appartement. Les conditions d'intervention sont telles qu'il est possible d'ouvrir un passage (un exutoire), par exemple une fenêtre, de l'appartement au fond du bâtiment.

L'Officier de Commandement a également assez de personnel pour exécuter cette manœuvre. Le passage au fond doit être protégé avec de l'eau au cas où un backdraft ou un flashover se produirait, autrement la vitesse du feu s'étendrait à toute la façade.

Cette manière d'attaquer le feu est « défensive ». Les combattants du feu n'ont pas besoin de prendre de risques inutiles au cas où la situation deviendrait menaçante. La modélisation diffère du scénario 1 du fait de l'ouverture dans la chambre 3. Les résultats de la modélisation CFD de ce scénario montre qu'une zone d'inflammabilité est créée dans la chambre 3 pendant quelques secondes (comparaison entre les figures 3 et 6). C'était prévisible puisqu'on permet à l'air frais d'entrer dans la pièce 3 par l'ouverture de fenêtre. Les gaz et fumées sont également évacués à l'extérieur plus rapidement dans le scénario 3.



Le schéma 6. La zone d'inflammabilité 10 secondes après le début de la simulation dans le scénario 3.

La conclusion la plus importante de ce scénario est que l'appartement est plus rapidement ventilé en utilisant des ouvertures multiples. Ceci profite à la procédure de recherche de la source du feu, qui est le but réel de la mise à l'air libre. Cependant, si l'allumage se produit, il faudra être préparé à une diffusion (propagation) rapide de flammes.

NdT : cette simulation montre donc que l'apport d'air peut provoquer une diffusion rapide des flammes. Il y a donc deux règles à respecter :

1. Ne jamais ventiler par l'intérieur, au risque de bloquer le binôme dans le passage de flamme, entre la source de feu et l'exutoire créé, mais plutôt créer les exutoires à partir de l'extérieur du volume
2. Placer une lance à l'extérieur, en face de cet exutoire, afin de refroidir les gaz chauds et se préparer à une éventuelle sortie de flammes sur la façade et à l'extension du feu, soit sur la façade soit sur la toiture si l'exutoire est sur le toit.

Scénario 4 - L'attaque offensive employant la ventilation de pression positive

En Suède l'utilisation de la ventilation à pression positive (VPP) en début d'intervention devient courante. C'est une manière très offensive d'attaquer le feu et quelques Services de Secours emploient même cette technique dans des situations de sauvetage. Il est important de se rappeler qu'un nombre plus élevé de ressources (plus de personnel) est nécessaire pour pouvoir placer le ventilateur à l'endroit correct.

Dans certains cas, par exemple quand un feu se produit au quatrième étage d'un bâtiment, il n'est pas nécessaire d'emmener le ventilateur jusqu'à l'étage sinistré. Il est tout à fait suffisant de placer le ventilateur au rez-de-chaussée, par exemple à la porte de la cage d'escalier. Dans ce cas-ci la cage d'escalier est entièrement en surpression. En Suède les Services de Secours recommandent l'emploi de la VPP avec une grande prudence lors de l'attaque d'un feu sous-aéré^[7].

Ce scénario a été modélisé en CFD en plaçant une condition limite d'apport d'air devant la porte. Une condition limite d'apport ne simule pas très bien les caractéristiques d'un ventilateur, par exemple, le remous créé par le ventilateur n'est pas correctement modélisé.

Cependant, le but principal est atteint : une grande quantité d'air est « forcé » à l'intérieur de l'appartement. La fenêtre dans la chambre 3 est ouverte et fonctionnera comme ouverture de décharge (exutoire d'évacuation).

Les résultats des simulations CFD montrent que les pièces 1 et 2 peuvent contenir une zone d'inflammabilité, après l'ouverture de la porte (cf. schéma 7). Cependant, cette zone ne restera pas

présente très longtemps : 40 secondes après le début de la simulation, l'appartement est presque vidé des gaz et des fumées (cf. schéma 8 à comparer au schéma 4). L'usage de la VPP semble donc augmenter le mélange, et de ce fait également la possibilité de backdraft. Cependant, l'intensification du mélange ne durera pas longtemps. L'appartement est bientôt vidé des gaz et fumées et il n'y a plus de danger d'occurrence d'un backdraft.

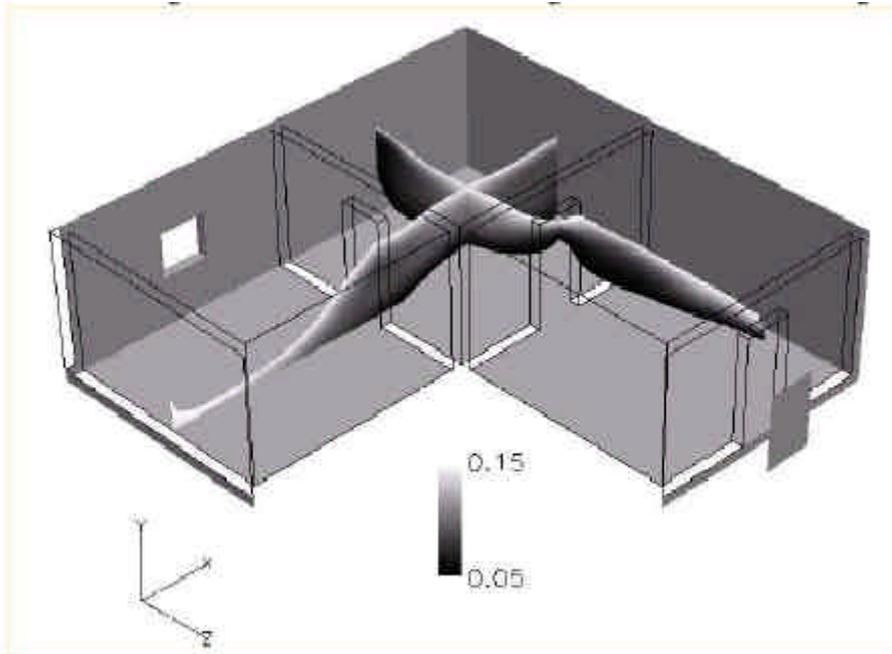
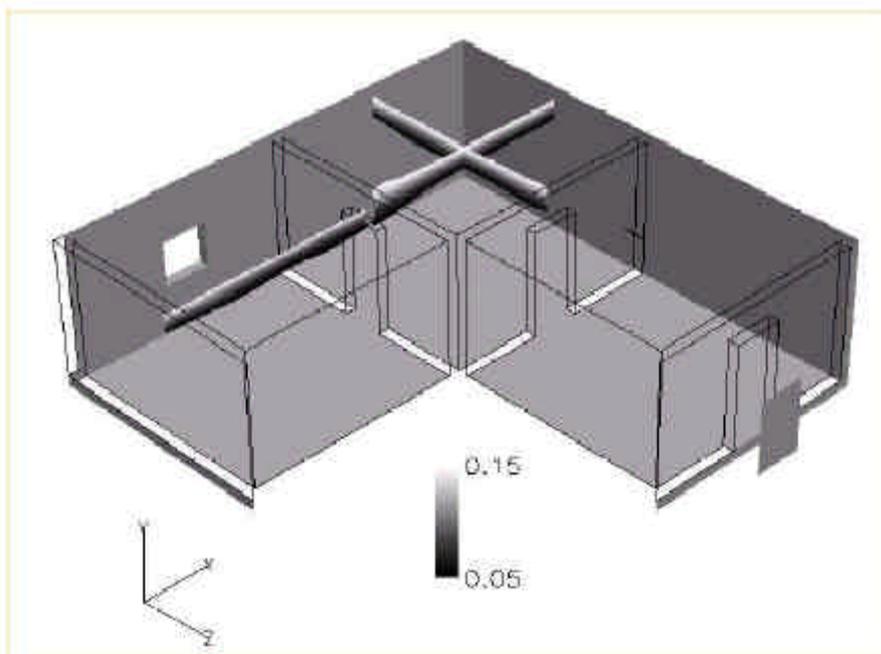


Schéma 7. La zone d'inflammabilité 10 secondes après le début de la simulation dans le scénario 4.



Le schéma 8. La zone d'inflammabilité 40 secondes après le début de la simulation dans le scénario 4.

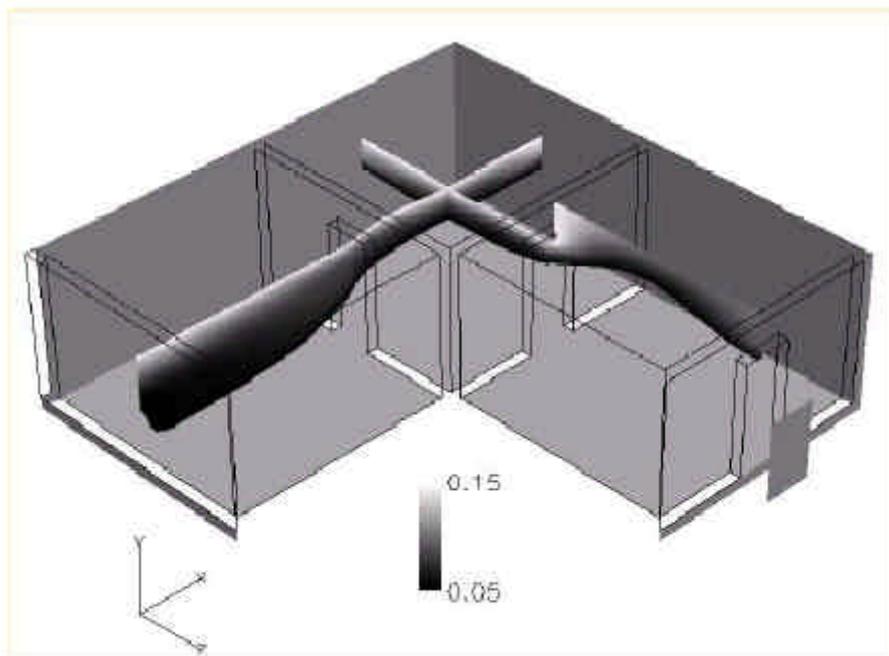
Les conclusions sont que si la VPP est employée de manière correcte, elle très efficace pour l'évacuation des gaz et fumées de l'appartement. La possibilité d'allumage doit rester présente à l'esprit et particulièrement la nécessité de protéger l'ouverture de décharge (l'exutoire) avec de l'eau.

Scénario 5 - L'utilisation incorrecte de PPV

Il est probable que la concentration en oxygène soit basse dans l'appartement où un feu sous-aéré se développe. Il se peut donc que l'introduction d'air frais à cause de la VPP, produise l'allumage des gaz et des fumées.

C'est la raison pour laquelle les Services de Secours Suédois ont recommandé d'employer la VPP avec prudence lors d'attaque de feux sous-aérés. L'emploi de la VPP exige la connaissance de la façon dont l'ouverture de prise (l'ouverture d'introduction) et l'ouverture de décharge (l'exutoire) fonctionnent ensemble.

Bien que l'utilisation de la VPP puisse sembler fonctionner correctement, une simple porte entre la prise et l'ouverture de décharge peut, par exemple se fermer en raison du courant d'air créé par le ventilateur de VPP. Le scénario 5 étudie comment un tel événement avec un blocage d'ouverture de décharge influence la possibilité d'occurrence d'un backdraft. Le scénario 5 est modélisé comme le scénario 4 excepté pour ce qui est de l'ouverture de la fenêtre, qui dans ce scénario est fermé. La comparaison des résultats des simulations du scénario 4 et 5 prouve qu'il y a de très légères différences aussi longtemps que le courant de pesanteur n'a pas atteint le mur arrière de la pièce 3. Le schéma 9 montre le résultat des simulations du scénario 5, 40 secondes après le début de la simulation. Dans le scénario 4 l'appartement étaient entièrement vidé des gaz et des fumées après 40 secondes. Dans le scénario 5 il y a une grande zone d'inflammabilité et le risque de backdraft a fortement augmenté.



Le schéma 9. La zone d'inflammabilité 40 secondes après le début de la simulation

Autre problème : il se pourrait que les gaz et les fumées soient conduits, en raison de la surpression créée, dans les secteurs non encore endommagés (envahit) par la fumée. C'est fortement indésirable et donc il est recommandé de ne pas employer la VPP si la géométrie de l'appartement n'est pas parfaitement connue.

Scénario 6 - La neutralisation du mélange à l'aide de l'extincteur découpeur

Le problème principal quand on effectue une intervention impliquant un feu sous-ventilé, c'est que d'une façon ou d'une autre, il faut pratiquer une ouverture du compartiment, que ce soit pour l'utilisation de la VPP ou de la ventilation normale. Le problème est que cette ouverture permet l'entrée de l'oxygène dans l'appartement, et ceci peut causer la mise à feu des gaz et des fumées.

Il serait idéal d'inertiser les gaz et les fumées sans faire d'ouverture. Durant ces dernières années un équipement capable de réaliser une telle opération a été développé en Suède^[8]. Nommé « cutting extinguisher » (l'extincteur découpeur), cet outil est un système à haute pression (300 bars). Lors du découpage, un abrasif est ajouté à l'eau. Ceci permet la découpe à travers la plupart des matériaux. Le « cutting extinguisher » ressemble à une lance à main.



Le « cutting extinguisher » est utilisé par exemple pour couper la porte d'entrée d'un appartement. Quand la porte a été traversée, l'eau est diffusée dans la pièce. Si la diffusion d'eau est efficace, les gaz et les fumées sont refroidis et le risque de mise à feu est réduit au minimum. Le « cutting extinguisher » fonctionne très bien en refroidissant les gaz et les fumées du fait de la petite dimension des gouttes d'eau, approximativement 0.1 millimètre (100 µm). Cependant, cette caractéristique le rend inefficace pour refroidir les surfaces combustibles.

En fait, une équipe sous ARI doit ensuite entrer dans l'appartement pour refroidir les surfaces combustibles et pour éteindre les braises restantes.

Le fonctionnement actuel du « cutting extinguisher » est tel que l'angle du cône de jet d'eau est trop petit dans les premiers mètres à partir du bec ou de l'embout. Ceci rend l'efficacité de l'extinction très dépendant de la géométrie de la pièce. Si le jet d'eau frappe directement un mur après sa pénétration, il y a un risque important d'une baisse de l'efficacité de l'extinction. Cependant, quelques becs (embouts) alternatifs sont en cours de développement, permettant d'ajuster le jet d'eau désirée pour réaliser l'extinction.

Ce scénario n'est pas modélisé en CFD, mais quelques calculs approximatifs décrivent la capacité de refroidissement du « cutting extinguisher ».

Si toute l'eau s'évapore, la capacité de refroidissement sera ^[9] :

$$\frac{\Delta H_v \cdot Q_v \cdot \rho_v}{60} = \Delta T_g \cdot C_{pg} \cdot \rho_g \cdot Q_g \quad [1]$$

Où H = la chaleur de vaporisation de l'eau (2260 kJ/kg)

$Q_v / 60$ = taux de débit d'eau en litre par seconde

ρ_v = densité de l'eau en kg / litre (1 kg / l)

- T_g = différence entre la température de gaz et des fumées et 100°C
 C_{pg} = capacité de chaleur de l'air (approximativement 1 kJ/(kgK))
 Q_g = volume de gaz et de fumées à la température T_g qui est refroidie par seconde
 v = densité de gaz et des fumées (approximativement 353/ T_g)

Le tableau ci-dessous montre le nombre maximum de m³ de gaz et de fumées qui peut être refroidi par seconde à 100°C, à diverses températures de gaz et fumée.

T _g (°C)	200	300	400	500	600	800
Q _g (m ³ /s)	25	15	12	10	9.3	8.2

Quand le jet est entièrement cassé, le système a un effet d'extinction considérable, pouvant éteindre des feux allant jusqu'à une puissance approximative de 10 MW. Le jet « cassé » refroidit rapidement les gaz et les fumées dans une pièce en feu. Au point de Flashover, la capacité de refroidissement d'approximativement 10 m³/s est suffisante pour refroidir en quelques secondes les gaz et les fumées d'une pièce de dimensions normales (10 - 40 m²).

Il faut beaucoup d'attention pour l'utilisation du « cutting extinguisher ». Cette attention devrait être portée autant au personnel de lutte contre l'incendie qu'à toute personne à l'intérieur de l'appartement. Au cas où le « cutting extinguisher » serait utilisé dans une opération de sauvetage, le jet d'eau ne doit surtout pas viser le plancher car c'est là que les personnes sont normalement localisés. A l'heure actuelle, la mise en œuvre du « cutting extinguisher » est fortement discutée en Suède et très peu de Services de Secours possèdent cet équipement.

CONCLUSIONS

Le choix de la tactique à employer dépend beaucoup de la situation à laquelle vous avez à faire face en arrivant sur les lieux du feu. Avant tout, il faut évaluer le risque d'occurrence du backdraft, par la recherche de quelques un des signes annonciateurs^[10] :

- Cycles de pulsation des gaz par les interstices ou les petites ouvertures
- Des fenêtres et des portes chaudes indiquent que les températures sont encore hautes dans l'appartement et peuvent permettre la pyrolyse
- Aucune flamme évidente dans la pièce sinistrée
- Sifflement autour des portes et des fenêtres

S'il semble y avoir un risque de backdraft, les facteurs suivants peuvent influencer les choix tactiques :

Un facteur critique est la présence ou non de personnes à l'intérieur de l'appartement. Une opération de sauvetage a une exigence poussée vis-à-vis du facteur temps. Il n'y a pas de temps à perdre et toutes les mesures prises doivent aller dans ce sens.

Dans cette situation le personnel prend un plus gros risque, puisque l'attaque est faite avec l'équipe de BA. La chose la plus importante pour l'équipe de BA est de refroidir les gaz et fumées dès que l'air frais sera présent dans l'appartement. Le « cutting extinguisher » a un grand potentiel dans ce type de situation. Le développement ultérieur de l'équipement est cependant nécessaire

NdT : cette situation impose néanmoins que les équipes soient munies de moyens hydrauliques suffisants. Sans moyens hydrauliques, quelle que soit la situation, l'équipe de sauveteur se met en danger. L'établissement préalable d'une lance de type DMR-500, correctement alimentée (500l/min, 6 bars à la lance) est un préalable obligatoire. La « protection », élément de base du secourisme doit être appliquée, sans jamais oublier que l'on protège d'abord le sauveteur, puis la victime et ensuite les tiers.

La ventilation à pression positive peut également être employée dans une opération de sauvetage. Cependant, il est très important que le courant d'air, produit par le ventilateur, ne soit pas entravé jusqu'à l'ouverture de décharge. Tous les services de sauvetage ne disposent pas des ventilateurs nécessaires à

la VPP et encore moins les connaissances nécessaires pour effectuer une telle opération. Par conséquent, les expériences concernant l'utilisation de VPP dans une opération de sauvetage sont très limitées.

Dans une situation où l'on a confirmé l'absence de personnes dans le bâtiment, il y a un grand avantage à employer une tactique de type défensif. Ceci est montré clairement dans les calculs CFD. L'appartement peut être ventilé par la porte d'entrée et par exemple, par une fenêtre à l'arrière. Il y a un risque que les gaz et fumées puissent se mettre à feu à l'extérieur du bâtiment. Par conséquent si l'extinction avec de l'eau doit être préparée en dehors des ouvertures, il y a peu de risque d'avoir des dommages humains.

Tout peut être résumé en disant que le choix de la tactique dépend de la présence ou non de personnes dans le bâtiment, les risques que vous êtes disposés à prendre et de quelles ressources en terme de personnel et d'équipement sont disponibles.

REMERCIEMENT

L'université de Lund conduit actuellement un projet concernant le backdraft. Le projet mené sur trois ans est financé par l'Agence Suédoise des Services de Secours (Statens Räddningsverk, SRV). Une grande gratitude est adressée aux financiers. À l'heure actuelle, plusieurs autres projets sur l'utilisation du « cutting extinguisher » sont également financés par les SRV.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Bengtsoon. L-G, "Övertändning, backdraft och brandgasexplosion sett ur räddningstjänstens perspektiv", Räddningsverket, Karlstad, 1998
- [2] Bengtsoon. L-G, Karlsson. B, "An Experimental and statistical Study of the Phenoména Flashover, Backdraft and Smoke explosion", Presented at the 3rd international seminar on Fire and Explosion Hazards, 2000.
- [3] Fleischmann. C.M., "Backdraft Phenomena", University of California, Berkley, 1993
- [4] SOFIE Homepage, <http://www.cranfield.ac.uk/sme/sofie/>, june 28 2001
- [5] Gojkovic. D, "Initial Backdraft Experiments", Report 3121, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Sweden, 2001
- [6] Gojkovic. D, Karlsson. B, "Describing the Importance of the Mixing Process in a Backdraft Situation Using Experimental Work and CFD", Presented at the 3rd international seminar on Fire and Explosion Hazard, 2000.
- [7] Bengtsson. L-G, "Inomhusbrand", Swedish Rescue services Agency, Sweden, 2001
- [8] Andersson. B, et al, "The cutting Extinguisher - Concept and Development" swedish Rescue Services Agency, Sweden 2001
- [9] Holmsedt. G, "Släckmedel och Släckverkan", The Departement of Fire Safety Engineering, Lund University, Sweden.
- [10] Chitty. R, "A Survey on Backdraught", Fire Research Station, Pub N° 5/94, 1994

SOFIE

Le logiciel SOFIE, est disponible à l'adresse suivante, <http://www.cranfield.ac.uk/sme/sofie>. La licence est de 100£. Il a été développé en Visual Fortran, ce qui donne une certaine lenteur dans les défilements de

fenêtres. SOFIE est disponible sous Win9x/NT/2000/XP, mais des versions sous Linux, Sun and Compaq Alpha sont également disponibles sur simple demande.

Traducteur et relecteur

FRANCK GAVIOT-BLANC est sapeur-pompier volontaire en France depuis 1987, sur le département de l'Isère (38). Technicien de Recherche dans un Institut Lyonnais, il a intégré en 1997 une division qui développe des procédés en Génie Chimique et thermique. Chimiste de formation, il étudie depuis 1995 à titre personnel, les phénomènes explosifs (réactions chimiques incompatibles, BLEVE, accidents thermique, etc...) et participe depuis 2004 à la traduction de documents relatifs aux sapeurs-pompiers, pour les sites flashover.fr et firetactics.com il est joignable à l'adresse : franck.gaviot-blanc@flashover.fr.

Pierre-Louis LAMBALLAIS est sapeur-pompier volontaire en France depuis plusieurs années, sur le département de la Mayenne (53). Chef de Projet Informatique et Responsable Assurance Qualité (ISO), il est également formateur Incendie pour le compte d'une société privée et gère trois containers [flashover](http://flashover.fr). Il étudie les accidents thermiques depuis plusieurs années, participe à la traduction de documents relatifs aux sapeurs-pompiers, entre autres pour le site [http://www .flashover.fr](http://www.flashover.fr). Il est joignable à l'adresse pl.lamballais@flashover.fr