

L'eau et le feu

Les besoins en eau dans la lutte contre les feux de locaux
Pierre-Louis Lamballais
Franck Gaviot-Blanc

V 1.02



« Au-delà de la LDT, il faut alimenter l'engin »	3
Note à nos collègues « étrangers »	3
Commenter & justifier... en 1978	3
La capacité des tuyaux	4
Commenter & justifier... en 2005	5
DMR-500 ou PL 40/14	5
Le rendement des lances	5
La différence de surface	6
La différence de durée	7
Remarque sur la durée	7
La différence de portée	7
Expérience	9
Le rendement	9
Le rendement de 20%	10
Rendement et consommation d'eau	10
Extinction	11
Un raisonnement tactique	11
Eteindre en combien de temps ?	11
L'énergie et l'extinction	12
Comment se passe l'extinction ?	12
Absorption thermique de l'eau	13
Absorption thermique des lances	13
La courbe de croissance du feu	13
L'évolution de l'évolution des feux	14
La chaîne des secours	15
Face à un feu, avec une 40/14	15
Face au feu, aujourd'hui	16
Le succès du sapeur-pompier	17
Quelle puissance thermique?	17
Estimation par le combustible	18
Estimation par le comburant	18
Différence entre l'estimation volume et surface	19
Lances et surface en feu	19
Surface à traiter et durée d'arrosage	20
Objection	20
Le principe de Peterson	21
La création de vapeur	21
La vitesse d'évolution d'un feu	22
La LDT, efficace sur les feux de locaux	24
Le choix de l'action	26
L'attaque fulgurante	26
Les maximes incomprises	26
La vitesse d'établissement	27
Nouveaux modes d'établissement	27
Privilégier l'attaque ou l'alimentation	28
Globalité de l'intervention	30
Agir d'après le calcul ou d'après l'expérience ?	31
Plus loin avec les lances...	32
TOZ et « combination attack »	34
Conclusion	35
L'auteur	35
Références / Bibliographie	35

« Au-delà de la LDT, il faut alimenter l'engin »

Cette phrase bien connue de tous les sapeurs-pompiers a été le point de départ d'une réflexion portant sur le rendement, la capacité et les besoins en eau, et surtout, sur les capacités d'estimation de ces besoins.

Car si l'obligation d'alimenter semble logique à beaucoup, il est facile d'imaginer des cas où elle viendrait en contradiction avec d'autres obligations. Se présentant sur un feu de local en milieu rural, sans possibilité d'alimentation, le Chef d'Agrès sera pris entre cette obligation et l'impossibilité réglementaire d'établir autre chose qu'une lance à 500 lpm, comme préconisé dans le GNR sur les Embrasement Généralisé (10). En cas d'accident, l'établissement de la LDT en soutien d'hommes effectuant des sauvetages, engage sa responsabilité puisqu'il n'a pas fourni le débit minima requis. S'il attend les renforts, sans rien faire, ou en faisant « semblant d'arroser », il y a fort à parier que le propriétaire des lieux n'apprécie guère la situation, surtout si des membres de sa famille se trouvent à l'intérieur. Difficile de trancher.

Note à nos collègues « étrangers »

En France, les fourgons incendie sont généralement équipés d'une lance, nommée LDT (Lance du Dévidoir Tournant). Placée sur un dévidoir à poste fixe, cette lance basse pression est équipée d'un tuyau semi-rigide de 20mm de diamètre et de 82m de long. Elle possède l'avantage d'être facile à mettre en œuvre, mais l'inconvénient d'avoir un faible débit (environ 85lpm). Depuis quelques années, les LDT sont équipées de lance de type DMR-150 dont le débit maximal (150lpm) est rarement atteint compte tenu des pertes de charges. Mais quel qu'il soit (85 ou 150lpm) ce faible débit la rend dangereuse dans le cadre des feux de locaux. Ainsi que se plaît à le répéter le Cmd Michel Persoglio « la LDT est responsable de 100% des morts au feu ». En France, les autres établissements se font traditionnellement avec un dévidoir tiré par un binôme (dit « Binôme d'Alimentation » ou BAL), qui dépose des tuyaux souples de 70mm, terminés par une division sur laquelle un autre binôme (dit « Binôme d'Attaque » ou BAT) va connecter 3 tuyaux souples de 45mm, terminés par une lance de type DMR-500. Le responsable du fourgon incendie porte le titre de « Chef d'Agrès ».

Ce document ne se veut pas une réponse stricte à ces questions d'alimentation et d'attaque. Son but est de montrer que les réponses « toutes faites » sont rarement applicables et que les explications, lorsqu'il y en a, méritent toujours d'être remise dans le contexte soit de l'époque, soit des lieux ou des moyens non pas à mettre en œuvre « théoriquement », mais « réellement ».

Nous tenterons de faire le point sur le lien entre les moyens hydrauliques dont dispose le Chef d'Agrès, et l'ampleur du sinistre auquel il doit faire face. Le but étant de trouver une méthode permettant de juger la situation de la façon la plus simple et la plus fiable possible, permettant ainsi la mise en œuvre des moyens les mieux adaptés, pour éviter de lire plus tard dans la presse que « *les pompiers se sont trouvés débordés par le feu, qui s'est propagé aux bâtiments voisins* »...

Il est évident que nous ne parlons ici que des feux impliquant des locaux et pas des feux de pleins airs ou des feux industriels.

En complément de ce document, une lecture de « Fire-Fighting Flow-rate » (disponible sur flashover.fr sous le titre « Débit 2005 ») pourra être utile, l'approche de ce document se focalisant plus sur la différence entre l'attaque de la phase gazeuse des incendies et l'attaque sur la phase « solide » et sur des comparaisons entre les lances basses et hautes pressions.

Commenter & justifier... en 1978

Chaque information transmise aux stagiaires doit être commentée et justifiée.

Prenons donc du recul, et « commentons – justifions » cette obligation d'alimenter, au-delà de l'établissement d'une LDT. Mais, compte tenu de la période à laquelle est apparue cette « obligation », nous devons « commenter - justifier » en nous remettant dans le contexte de cette époque.

Cette « obligation » est apparue, il y a bien longtemps. Nous la trouvons entre autres dans le RIM (Règlement d'instruction et de Manœuvre – Edition de 1978), page 508, pour l'établissement d'une

petite lance en plus de la LDT : « Pour cette manœuvre, il est indispensable, auparavant, d'alimenter la pompe ».

Nous sommes alors à une époque où les établissements se faisaient à 3 (Chef, Sous-Chef, Servant) et où les lances à établir étaient des lances à fût tronconique.

Le problème se pose essentiellement en terme de durée d'arrosage, suivant le choix de la lance.

Le RIM précise en effet (page 14 « Réserves d'eau à constituer ») : « *Attaque et extinction des foyers principaux : les lances utilisent alors d'une façon continue, le débit normal. La durée de la manœuvre peut-être évaluée, dans le cas moyen, à une heure* ».

Avec la LDT, le débit était initialement de 60 à 65 lpm, puis il est monté avec le temps à 85 lpm (environ). Nous prendrons donc ce débit comme base.

Une petite lance à fût tronconique, orifice d'entrée 40mm, orifice de sortie de 14mm (donc une « 40/14 ») offre un débit de 250lpm.

Nous obtenons le tableau suivant, avec 2500 litres d'eau dans le fourgon (c'est cette capacité que nous utiliserons arbitrairement dans tout le document).

Type	Débit par minute (litres)	Capacité fourgon	Temps d'arrosage
LDT	85 lpm	2500 litres	29 min
Petite lance	250 lpm	2500 litres	10 min

Le rapport de durée est de 29/10 = 2,9 fois en faveur de la LDT.

Mais ce calcul est partiellement faux : le tuyau de la LDT est toujours (ou presque toujours) rempli d'eau. Lorsque le porte lance ouvre sa lance, il a de l'eau de façon quasi-instantanée. Ce n'est pas le cas avec les tuyaux « souples » : avant que la première goutte d'eau ne sorte de la lance, il faut que tout l'établissement soit rempli.

Il nous faut donc calculer la quantité d'eau résiduelle dans les tuyaux de 70 et de 45 afin de déterminer le volume d'eau « perdu », qui va partir de la tonne, mais qui restera « coincée » dans le tuyau et ne servira donc jamais à l'extinction. Evidemment, c'est une image puisque l'eau circule, et que le premier litre sorti de la tonne sera « poussé » par le litre suivant. Mais le dernier litre sorti de la tonne restera bel et bien « coincé » dans le tuyau...

La capacité des tuyaux

Un litre d'eau occupe un volume de 1 dm³. Calculons le volume d'un mètre de tuyaux de 70mm, en dm³ et nous aurons le nombre de litres d'eau « perdus » dans ce tuyau, puis nous ferons la même chose avec le tuyau de 45mm.

70mm de diamètre = 0,7 dm donc un rayon est de 0,35 dm

1m = 10 dm

Le volume d'un mètre de tuyaux d'un diamètre de 70mm est donc (en dm³ donc en litres) :

$$V = \text{PI} \cdot \text{R}^2 \cdot \text{H} = 3,14 \times 0,35^2 \times 10 = 3,84 \text{ litres}$$

En comptant la déformation du tuyau nous pouvons arrondir à 3,9. Un tuyau de 70mm va donc consommer 3,9 litres par mètre. De l'eau, qui ne va servir à rien, sauf à vider le fourgon...

Pour un tuyau de 45 la consommation métrique est de :

$$V = \text{PI} \cdot \text{R}^2 \cdot \text{H} = 3,14 \times 0,225^2 \times 10 = 1,60 \text{ litres}$$

Nous allons donc refaire notre tableau, en prenant en compte l'eau perdue dans le cadre d'un établissement utilisant 60 m de tuyaux de 70 et 60 de tuyaux de 45, et qui consommera donc :

$$60 \times 3,9 + 60 \times 1,6 = 234 + 96 = 330 \text{ litres d'eau}$$

Le tableau devient donc :

Type	Débit par minute	Capacité fourgon « utile »	Temps d'arrosage
LDT	85 lpm	2500 litres	29 min
Petite lance	250 lpm	2170 litres	8,6 min

Le rapport est encore plus largement en faveur de la LDT.

Commenter & justifier... en 2005

Commenter - justifier est une chose, mais encore faut-il que les justifications soient compatibles avec la situation réelle. Or les informations citées ci-dessus sont issues (entre autres) du RIM, daté de 1978.

Complétons notre tableau, en ajoutant 2 lances actuelles. D'abord la LDT dotée d'un DMR-150, puis la lance de type DMR-500, sur tuyaux de 45. Dans les deux cas nous utilisons ces lances à leur débit maximale.

Note : le vocable DMR (diffuseur mixte réglage) est l'appellation normative pour les lances à débit variable. Suivant les secteurs, elles sont appelées également LDV, LARM, Q1, Q2 etc...)

Type	Débit par minute	Capacité fourgon « utile »	Temps d'arrosage
LDT	85 lpm	2500 litres	29 min
LDT sur DMR-150	150 lpm	2500 litres	16 min
Petite lance 40/14	250 lpm	2170 litres	8,6 min
DMR-500	500 lpm	2170 litres	4,3 min
DMR-500	250 lpm	2170 litres	8,6 min

Le rapport est toujours en faveur de la LDT, mais celle-ci perd de son avantage dès qu'elle débite 150 lpm, puisqu'elle ne permet plus qu'un arrosage de 16 min au lieu de 29.

Dans le cas de la lance 40/14 ou du DMR-500, nous avons bien sûr décompté le volume d'eau perdu dans les tuyaux.

DMR-500 ou PL 40/14

Il est clair que l'avantage va à la LDT « ancienne version » : si nous nous « obligeons » à alimenter l'engin, c'est parce que nous sommes dans une logique d'arrosage sur une longue durée.

Si nous nous basions au contraire sur un besoin en eau sur une durée fixée estimée par exemple à 4 minutes, le problème serait différent, puisque quel que soit l'établissement, nous aurions assez d'eau pour arroser sur cette durée, le DMR-500 à 500lpm pouvant tenir 4,3 minutes.

Imposer une alimentation sous-entend donc une logique de choix basée sur la durée d'arrosage en cherchant à avoir la plus longue durée possible.

Avec un raisonnement poussé à l'extrême, où est l'intérêt d'avoir des DMR ? Autant ne laisser qu'une ancienne LDT sur les fourgons puisque c'est ce type de lance qui permettra d'arroser le plus longtemps. Mais chacun sait que la LDT, n'éteint pas tout, et que parfois, il faut mettre « plus ». Pourquoi ? Parce que la LDT ne débite pas assez.

Mais dans ce cas, pourquoi mettre un DMR-500 ? Car si nous mettons un DMR-500 réglé à 250 lpm, nous aurons (en suivant cette logique), le même débit que la lance 40/14 donc la même durée d'arrosage et le même résultat. C'est ce que montre la dernière ligne du tableau. Et dans ce cas, les services techniques devraient se contenter d'acheter des lances à fût tronconique, ne serait-ce que pour le prix, puisque la 40/14 ou le DMR-500 réglé à 250 lpm, c'est la même chose.

Evidemment, c'est faux. Ce n'est pas du tout la même chose, car il y a une question de rendement.

Le rendement des lances

Face à un feu, le sapeur-pompier arrose. Il envoie de l'eau, elle absorbe de l'énergie, et une partie ruisselle.

Comment se déroule l'extinction ? L'eau est froide, elle entre en contact avec la chaleur, s'élève en température, puis se vaporise (nous verrons cela en détail plus tard).

La chaleur, c'est de l'énergie et l'énergie possède la particularité de se transmettre. Une barre de métal chauffée au rouge, placée dans une bassine d'eau froide, va se refroidir, tandis que l'eau va se réchauffer. La chaleur passe donc d'un élément à l'autre. Une bonne comparaison (2) consiste à dire que l'énergie c'est comme les coups de poings : on en donne, on en reçoit, mais on n'en possède pas. La barre de métal a donc transmis une partie de son énergie à l'eau.

La « quantité » transmise va dépendre de la durée et de la surface de contact. Si la plaque de métal est large, elle va transmettre la chaleur plus efficacement que si elle est compacte, et elle va se refroidir plus facilement. De même si nous la trempions dans l'eau une seconde, elle va moins « transmettre » la chaleur que si nous la laissons dans l'eau une ou deux minutes. Pour l'eau d'extinction, c'est la même chose : il faut que l'eau projetée ait la plus grande surface de contact possible avec la source de chaleur, et qu'elle reste le plus longtemps possible en contact avec celle-ci.

La différence de surface

Intéressons nous à la différence de surface de contact entre de l'eau projetée avec une lance 40/14 et la même quantité d'eau projetée sous forme de gouttelettes, par un DMR-500.

En théorie, le jet bâton d'une 40/14 produira une sorte de cylindre de 14mm de diamètre. Calculons le volume d'un tel jet, sur 10cm de long donc sur 100mm
Nous obtenons :

$$V = V = \text{PI} \cdot R^2 \cdot H = 3,14 \times 7^2 \times 100 = 15386 \text{ mm}^3$$

Imaginons maintenant que nous envoyions ce même volume d'eau, mais sous forme de gouttelettes de 1mm de diamètre.

Chaque gouttelette de 1mm de diamètre à un volume de :

$$V_{\text{sphère}} = 4/3 \cdot \text{PI} \cdot R^3 = 4/3 \times 3,14 \times 0,5^3 = 0,52 \text{ mm}^3$$

Il faut donc $15386 / 0,52 = 29588$ gouttelettes de 1mm de diamètre pour avoir le même volume d'eau que 10 cm de jet bâton sur une 40/14.

Mais ce qui est intéressant, ce n'est pas tant ce nombre de gouttelettes que la différence de surface d'eau que cela engendre :

Pour les 10 cm de jet bâton, la surface du cylindre d'eau est de :

$$S = 2 \cdot \text{PI} \cdot R \cdot H + 2 \cdot \text{PI} \cdot R^2 = 2 \times 3,14 \times 7 \times 100 + 2 \times \text{PI} \times 7^2 = 4703 \text{ mm}^2$$

D'un autre côté, une seule goutte de 1mm de diamètre à une surface de :

$$S = 4 \cdot \text{PI} \cdot R^2 = 4 \times 3,14 \times 0,5^2 = 3,14 \text{ mm}^2$$

Comme il nous faut 29588 gouttes pour avoir la même quantité d'eau qu'avec notre lance 40/14, nous avons donc une surface de contact de $29588 \times 3,14 = 92906 \text{ mm}^2$, soit un rapport de 20 environ.

Une lance qui génère des gouttelettes d'eau de 1mm de diamètre, donne donc à cette eau une surface de contact 20 fois supérieure à ce que produit la même quantité d'eau envoyée avec un jet bâton de 14mm de diamètre.

En sachant qu'un DMR produit des gouttes encore plus petites, (3 à 5 dixièmes de mm), nous comprenons mieux qu'il existe bel et bien une différence énorme entre ces deux types de lances, ou plutôt entre l'utilisation jet diffusé / jet bâton.

Car évidemment, un DMR-500 en jet bâton perd en surface de contact. Par contre nous ne pouvons pas réellement prendre le compte la 40/14 en jet diffusé, car la qualité de son jet est trop médiocre.

La formation des gouttelettes est influencée par la qualité d'usage de la lance. Il suffit de mettre en eau une lance de type DMR en demandant au conducteur de l'engin pompe de mettre une pression inférieure à celle préconisée par le fabricant, pour se rendre compte que le jet est mal formé, qu'il est « baveux », et que les gouttelettes formées sont de mauvaise qualité. De même, sur les lances utilisant une bague pour régler le débit, si l'on place le levier en position intermédiaire, le boisseau perturbe le passage de l'eau et les gouttelettes perdent en qualité. Dans ces cas (l'un ou l'autre ou pire, les deux) le rendement de la lance diminue. Il en est de même si les dents sont abîmées.

La différence de durée

Il faut également prendre en compte la durée de contact, et ce à cause d'une propriété physique de l'eau :

Lorsqu'un gramme d'eau monte en température d'un degré, il absorbe une calorie. Que l'eau passe de 10 à 11°C ou de 88 à 89°C ne change rien : cette augmentation va toujours consommer la même énergie. Par contre, le passage de cette eau liquide à de l'eau « gazeuse » (vapeur), donc le changement d'état physique de cette matière, va demander une énergie bien plus importante : un gramme d'eau à 100°C qui va passer à l'état de vapeur va absorber 537 calories ! L'extinction se fait donc par l'élévation de température de l'eau, mais la majeure partie de l'extinction se fait par le passage en vapeur.

Note : Dans la suite, nous utiliserons les Watts, afin d'utiliser des unités plus « parlantes ».

Or, pour que l'eau monte en température et ensuite se vaporise, il faut lui en laisser le temps. Dans le cas contraire, l'eau montera en température puis quittera la zone de chaleur sans avoir eu le temps de se vaporiser, amenant ainsi un rendement médiocre.

Note : attention, nous parlons ici de la différence entre un jet « bâton » et un jet diffusé. Dans le cadre des jets diffusés il est en effet possible de nuancer encore plus le propos en jouant sur le diamètre des gouttes, des petites gouttelettes étant aptes à travailler sur la phase gazeuse et les grosses étant plus adaptées à la phase solide des feux. Ces éléments seront détaillés en fin de document.

Cette nécessité de contact « long » entre l'eau et la chaleur, passe d'abord par les gouttelettes, car des gouttelettes de petit diamètre vont être assez légères pour « planer » assez longtemps. Une observation attentive de l'air ambiant lorsqu'il y a du brouillard, permet de voir très distinctement qu'il est composé de gouttelettes extrêmement fines, qui restent en suspension.

Dans la pratique, il serait difficile d'envoyer des gouttelettes aussi fines avec une lance car la résistance à la pénétration dans l'air est telle que ces gouttelettes n'iraient pas assez loin. En fait, il faudrait alors que le porte lance soit très près du foyer, ce qui le mettrait en présence d'une chaleur trop importante.

Remarque sur la durée

Lorsque nous parlons de durée de contact, nous ne parlons pas d'une durée globale d'arrosage. Nous parlons du temps de contact entre une goutte d'eau et le feu. En fait, nous imaginons un film, ayant comme personnage principal une seule goutte d'eau : elle sort de la lance, avance en l'air, se rapproche de la source de chaleur, monte alors progressivement en température tout en continuant à se déplacer. Si elle se déplace trop vite ou si sa trajectoire est mauvaise, notre goutte d'eau ne restera que peu de temps en contact avec la source de chaleur et n'aura donc pas « le temps » de monter suffisamment en température et de se transformer en vapeur.

La différence de portée

Même si la lance produit des gouttelettes d'un diamètre correct, le rendement restera tributaire du travail du porte lance : s'il se place trop près du feu, les gouttelettes atteindront celui-ci avec une grande vitesse. Elles risquent de passer rapidement au travers des flammes pour s'écraser au sol sur une zone froide. Le temps de contact sera limité, la montée en température également et l'évaporation ne sera pas toujours atteinte. Le rendement sera donc moindre.

En se reculant pour que l'extrémité du jet arrive au-dessus du foyer et en arrosant légèrement au-dessus de celui-ci, le porte lance enverra des gouttelettes qui arriveront plus lentement, et qui tomberont doucement sur le foyer. L'eau montera donc en température pendant un temps plus long, s'évaporera et absorbera une grande quantité de chaleur. Progressivement le porte lance pourra suivre cette baisse de puissance en baissant son jet et en peu de temps, écrasera le feu. Mais dans ce cas, le porte lance devra également jouer sur le débit, afin de changer le diamètre des gouttelettes (voir le paragraphe « Plus loin avec les lances... »)



Dans le sens des aiguilles d'une montre :

- Jet bâton. peu de surface mais grande portée. Rapidement le poids de l'eau se fait sentir (voir la courbe du jet).
- Jet d'attaque avec angle étroit. La portée diminue fortement, mais le jet est plus net, et surtout possède une couverture plus importante.
- Jet d'attaque avec angle très ouvert. Sur de nombreuses lances, il est délicat de trouver une position intermédiaire. Ce jet s'approche donc ici du jet de protection. La portée est faible, la surface est grande, et il est encore possible de diriger le jet, qui reste bien formé.
- Jet de protection. Portée très faible et surtout forme plus imprécise. Son rôle est de protéger et le fait de ne pas réellement pouvoir « viser » avec ce jet n'est donc pas gênant.

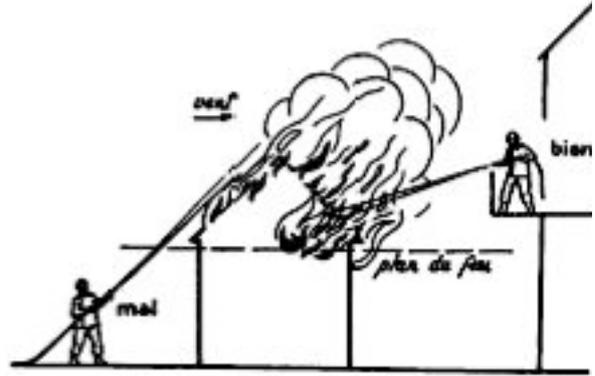
La difficulté réside dans le fait qu'il faut donc voir le feu non plus comme un simple objet à percuter, mais bien comme un objet sur lequel il faut déposer de l'eau, ce qui augmente la difficulté : lancer un caillou contre un seau n'est pas forcément facile, mais lancer ce même caillou pour qu'il aille dans le seau est largement plus difficile, la force donc la portée devenant un paramètre primordial.

Comme la portée de la lance varie énormément avec l'angle du jet, un bon porte lance jouera donc à la fois sur sa position vis-à-vis du feu, mais aussi sur l'angle du jet pour que l'eau atteigne le foyer avec la plus grande précision possible, tout en ayant une durée de contact optimale.

Comme nous le voyons, il est loin le temps où le porte lance se contentait d'envoyer de l'eau au hasard...

Note : il serait tentant de dire ici que le porte lance doit passer d'une vision d'un feu 2D à une vision 3D. Mais ce vocable de 2D/3D est déjà utilisé dans le cadre de la lutte contre les feux de locaux, pour distinguer les attaques de la phase gazeuse de celle de la phase solide. Nous réserverons donc ces terminologies pour ce cas bien précis, afin de ne créer de malentendu.

Lors des stages, la position du porte lance vis-à-vis du feu, prête souvent à confusion. Il est en effet indiqué dans les documents, que le porte lance doit se placer au-dessus du feu. Or, ceux qui ont étudié (entre autres) l'accident du « Backdraft de Watt Street » (11) savent que c'est une erreur. Comme souvent, il faut remettre les choses dans leur contexte. Cette position date du RIM donc d'une période où les actions avaient majoritairement lieu sur des habitations embrasées, avec des attaques réalisées de l'extérieur. Nous en trouvons d'ailleurs la preuve dans le RIM, avec un schéma qui montre la bonne position... en restant dehors !



Expérience

Avec un simple petit pulvérisateur de jardinier que l'on remplit d'eau : en jet bâton, l'eau va loin, mais le jet n'a pas de surface et retombe rapidement. En jet diffusé, l'eau va moins loin, la surface de contact est plus grande et les gouttelettes restent en l'air plus longtemps.

Le rendement

Cette capacité à produire de la « surface de contact » et de la « durée », à un impact direct sur la capacité d'extinction, et donc sur le rendement de la lance.

Il avait été estimé par Paul Grimwood, qu'une lance en jet diffusé avait un rendement de 20%, affirmation reprise dans le document formateur du GNR Accident Thermique (2). Nous avons travaillé sur le sujet et étions arrivés plutôt à des estimations de 70 à 85% de rendement, en estimant que les 20% ne correspondaient qu'au jet bâton. Paul Grimwood nous a rejoint sur ce raisonnement, en corrigeant ce taux de rendement dans son document « Fire fighting flow rate - 2005 » (3).

En quoi consiste ce rendement ? l'eau envoyée va, pour une certaine partie, monter en température, puis se vaporiser et ainsi absorber de l'énergie, tout comme l'eau de la bassine va monter en température au fur et à mesure que la barre de métal va refroidir. L'autre partie de l'eau (gouttelettes trop grosses ou mal formées, gouttelettes projetées trop rapidement et qui traversent trop vite la zone de chaleur...) va ruisseler et ne servir à rien. Avec une lance en jet bâton, nous pouvons estimer que seul 20% de l'eau va avoir le temps et la surface de contact pour chauffer correctement et se vaporiser.

Une estimation plus optimiste parle de 50% pour le jet bâton, mais en prenant en compte les techniques actuelles d'extinction, donc une connaissance assez pointue des phénomènes thermiques en espace clos. Nous pouvons donc conserver le principe des 20% si nous voulons effectuer une comparaison correcte avec l'usage des lances à fût tronconique, tel qu'il était lors des années 70-80. Avec un DMR-500 correctement utilisé (jet diffusé, pression correcte, denture en bon état et porte lance efficace), le rendement pourra être de l'ordre de 85%, voir 90% ! Nous ne ferons néanmoins nos calculs qu'avec un rendement de 80%, ceci afin d'avoir une marge de sécurité.

Bien évidemment, il est possible de refaire tous les calculs avec seulement 75, voir 70 ou 60% de rendement. Mais dans tous les cas, le résultat sera à peu près le même.

Le rendement de 20%

Encore utilisé fréquemment dans les documentations, le taux de 20% provient à priori d'une estimation basée sur l'usage des lances en jet bâton, dans le cadre d'attaque indirecte. Ce type d'attaque se réalise depuis l'extérieur des locaux.

Elle consiste essentiellement à arroser les zones les plus chaudes (murs et plafonds) en mouvements circulaires, avec un jet bâton, ceci afin de produire la plus grande quantité de vapeur possible.

Au bout de quelques secondes, l'ouverture est refermée : le local se trouve alors saturé de vapeur, et le feu s'éteint. Il est évidemment possible de renouveler cette opération plusieurs fois.

Cette méthode étant réalisée en jet bâton et depuis l'extérieur, elle ne nécessite pas une grande technicité ni des EPI particuliers.

En contrepartie, elle génère des dégâts des eaux et ne peut s'appliquer qu'en l'absence de personnes dans les locaux, ceux-ci étant transformé en véritable cocottes-minute.



Attaque indirecte.
Cornwall County Fire & Rescue (UK)

Appliquer ce rendement de 20% pour expliquer la dangerosité de la LDT pose deux problèmes. D'abord avec un rendement aussi faible, il serait impossible d'éteindre un feu en l'attaquant directement à la LDT. Or il existe de nombreux exemples de succès de telles opérations. Ensuite, si l'on se réfère à la puissance thermique potentiel d'un local, même une lance à 500lpm qui n'aurait que 20% de rendement ne pourrait pas faire grand chose. Cette faible estimation de rendement ne permet pas de prouver la dangerosité de la LDT et ne permet pas de montrer l'intérêt majeur des lances à 500lpm. Comme nous le verrons plus loin, la démonstration est plus subtile que ça !

Rendement et consommation d'eau

Reprenons notre « commenté – justifié » relatif à la consommation des lances, mais en y ajoutant cette notion de rendement. Car ce qui nous importe, ce n'est pas tant l'eau qui quitte notre fourgon, que l'eau qui participe effectivement à l'extinction.

Le tableau change donc pour devenir le suivant :

Type	Débit	Rendement	Débit utile	Fourgon	Durée	Eau utile
LDT	85 lpm	20 %	17 lpm	2500	29 min	500 litres
LDT/DMR150	150 lpm	80 %	120 lpm	2500	16 min	2000 litres
40/14	250 lpm	20 %	50 lpm	2170	8,6 min	434 litres
DMR-500	500 lpm	80 %	400 lpm	2170	4,3 min	1736 litres

Avec une LDT en jet bâton, et un débit de 85 lpm, l'équipage pourra arroser durant 29 minutes, mais n'aura réalisé une action d'extinction qu'avec 500 litres d'eau, sur les 2500 du fourgon, compte tenu du rendement minime de sa lance. De plus, la LDT équipée d'un DMR-150, utilisée en jet diffusé, se trouve avoir un résultat largement supérieur à celui de la lance 40/14 en jet bâton puisqu'avec cette dernière, l'extinction ne se fait qu'avec 434 litres d'eau, contre 2000 pour la LDT/DMR-150.

Calculons la quantité d'eau « utile » envoyée par les différentes lances, en imaginant que l'on arrose sur une durée fixe. Pour une durée d'ouverture de lance de **4 minutes**, nous obtenons le tableau suivant :

Type	Débit (lpm)	Rendement (%)	Eau envoyée (litres)	Eau utile (litres)
LDT	85	20 %	340	68
LDT / DMR-150	150	80 %	600	480
PL 40/14	250	20 %	1000	200
DMR-500	500	80 %	2000	1600

Le problème initial qui était d'arroser le plus longtemps possible, et qui, par déduction imposait d'alimenter l'engin, se double désormais d'une autre question : *si nous ne pouvons arroser que 4 minutes, est-il plus intéressant d'envoyer 68 litres d'eau « utiles » durant ce laps de temps, ou à l'inverse, d'en envoyer 1600 ?*

Or, c'est l'arrivée des nouvelles lances qui engendre cette question : entre une LDT « classique » et une 40/14, il existe un rapport de volume d'eau « utile » de $200/68 = 2,9$ alors qu'entre la 40/14 et le DMR-500, le rapport est de $1600/200 = 8$! Et encore, nous parlons ici d'un DMR avec un rendement de 80%. Sachant que dans le cas d'une excellente maîtrise de l'outil, le rendement peut atteindre 90%, nous aurions alors un rapport de $1800/200 = 9$! !

Entre la LDT « classique » et un DMR-500 : le rapport de rendement est de l'ordre de $1600/68 = 23$!!

Sachant que nous venons pour éteindre, tout va dépendre de la réponse à la question suivante : *puis-je éteindre en un temps très court ?* Si la réponse est non, alors il faudra arroser longtemps et dans ce cas, l'alimentation des engins sera impérative. Si la réponse est oui, alors cette alimentation pourra sans doute être différée.

Il est clair qu'avec le faible rendement des lances à fût tronconique, cette question ne se posait pas. Nous en gardons encore trace dans les volumes des réserves d'eau, qui doivent permettre d'alimenter des engins pendant deux heures et donc posséder une capacité de 120m^3 , dans le cadre de point d'eau destiné à couvrir un risque « normal ». Seul détail : la circulaire ministérielle qui impose ce volume, date du... 10 décembre 1951 !

Extinction

Un raisonnement tactique

Le raisonnement ne consiste pas à dire « nous devons alimenter » ou « nous ne devons pas alimenter ». La question se pose plutôt en termes de priorité. Si l'alimentation est possible, et surtout si elle est simple à mettre en œuvre, alors autant alimenter. Face à un feu de poubelle, sur un secteur sans risque d'agression et une attaque à la LDT, si l'engin est à 10m d'un poteau incendie, autant tirer un tuyau et alimenter, sachant que de toutes façons, de retour au centre il faudra remplir.

Maintenant, au lieu de dire « *au-delà de la LDT, je dois alimenter l'engin* », il faut plutôt se demander « *je me présente devant un feu de local, il n'y a pas de poteau ni de point d'eau, que dois-je établir ?* ». Car en se référant au GNR sur les « Embrasements Généralisés », c'est la lance à 500 lpm qui est seul moyen hydraulique apte à gérer un feu de local. Mais sans pouvoir alimenter, le Chef d'Agrès qui reste sur l'affirmation « + que LDT alors alimentation » risque d'être tenté d'établir la LDT et donc de mettre ses hommes en danger, cette lance étant incapable de lutter convenablement contre un local en feu.

Eteindre en combien de temps ?

Au départ, la logique visait à arroser longtemps. Mais à la vue du dernier tableau nous pouvons nous demander si, pour un temps d'arrosage donné, il est préférable d'envoyer peu ou beaucoup d'eau. Car si l'extinction se fait avec beaucoup d'eau, peut-être faut-il mieux arroser beaucoup, même si ce n'est que pendant un laps de temps extrêmement court. Dans ce cas, avec une lance possédant un rendement de 80%, si l'extinction se réalise en 4 minutes, alors l'alimentation devient une action secondaire, puisque la réserve d'eau suffit pour cette opération.

La question est donc de savoir s'il faut ou non arroser longtemps, donc s'il faut arroser beaucoup ou pas, en terme de débit instantané.

En fait cela nous permettra de commenter cette maxime : « *il faut économiser l'eau* ». Or, économiser l'eau, est-ce que c'est arroser à petit débit, pendant longtemps ou est-ce que c'est arroser à fort débit, mais durant un temps limité ?

De même, que signifie réellement l'adage suivant : « *un verre d'eau peut suffire pour l'éteindre durant la première minute, il faut un seau dès la 2e minute et une citerne après trois minutes.* ». Est-ce que cela veut dire qu'il faut commencer à arroser avec un verre d'eau, donc avec une lance à faible débit ?

Même sans connaître la raison exacte, ni avoir d'argument mathématique, un peu de réflexion permet de comprendre les limites du raisonnement visant à arroser longtemps à faible débit: si le but devait être d'arroser longtemps, il suffirait de brancher un simple tuyaux d'arrosage à l'arrière des fourgons incendie, avec un débit de 3 ou 4 litres minutes, et ainsi l'arrosage pourrait durer très longtemps. Bien évidemment, pas un sapeur-pompier ne prendra ce raisonnement au sérieux. Mais dans le même temps, rares seront ceux qui, trouvant ridicule de mettre un tuyau d'arrosage au fourgon, accepteront pourtant d'ouvrir à 500 lpm car ils auront peur de «vider la tonne très rapidement». La question de l'extinction se pose en fait en tant qu'action physico-chimique.

L'énergie et l'extinction

Imaginons une citerne pouvant contenir 500 litres de liquide, que nous remplissons avec une pompe débitant 500 litres minutes. Le remplissage se fera logiquement en 1 minute. Si nous ne disposons que d'une pompe à 100 lpm, le remplissage se fera, mais cette fois en 5 minutes. Cette logique d'accumulation est valable car nous parlons ici d'un liquide, donc de quelque chose qui «reste» et qui peut s'accumuler.

Mais cette logique ne tiens plus dès qu'il est question d'énergie : ce n'est pas parce que nous arrivons à soulever un bloc de béton de 100 kg que nous arriverons à soulever un bloc de 500 kg simplement en 5 fois plus de temps. L'énergie déployée à la première seconde d'effort ne s'accumule pas à l'énergie de la deuxième seconde d'effort. L'énergie, cela ne se stocke pas et cela ne s'accumule pas. C'est pour cela qu'une fois l'interrupteur basculé, la lumière s'éteint tout de suite (car c'est de l'énergie) alors que l'eau versée dans le verre ne s'en va pas une fois l'action de remplissage terminée (car c'est du liquide donc du volume et pas de l'énergie).

Or, le feu, c'est de l'énergie !

Comme il n'y a pas possibilité d'accumulation de cette énergie, pour réaliser des calculs ou faire des comparaisons, il nous faut une échelle de temps. Généralement, pour l'énergie, c'est la seconde. Le feu va donc générer par exemple 5MW durant la première seconde, et à nouveau 5MW à la seconde suivante etc... mais ces puissances «successives» ne vont pas s'accumuler (heureusement !).

Comment se passe l'extinction ?

Nous avons vu que l'extinction c'est l'action d'envoyer de l'eau afin que celle-ci monte en température et s'évapore, afin d'absorber le plus d'énergie possible. Mais si la production de chaleur se fait sans accumulation, l'absorption de chaleur ne s'accumule pas non plus !

Concrètement, si le feu dégage une certaine puissance en 1 seconde et que la lance envoie, durant cette même seconde, assez d'eau pour absorber une puissance supérieure à celle-ci, alors le feu sera «tué» instantanément. Par contre, si le débit en eau est inférieur, cela ne fera rien. Et comme ce «jeu», ce rapport de puissance, est renouvelé à la seconde suivante, tant que le sapeur-pompier absorbera une puissance inférieure à celle produite par le feu, il ne fera rien d'autre que se brûler.

La fin du feu sera, dans ce cas, provoquée essentiellement par la diminution du combustible disponible.

Ainsi que l'a imaginé un de nos stagiaires lors d'un cours sur les accidents thermiques : « *Si je souffle doucement sur une bougie, je peux souffler des heures et des heures, je ne l'éteindrais jamais. Par contre si je souffle fort, une seule fois, je l'éteindrais.* ».

L'objection la plus fréquente consiste à dire «oui, mais si le souffle fort n'éteint pas le bougie, après tu seras essoufflé». Ce à quoi nous pouvons répondre que si le souffle fort n'a pas réussi à éteindre, c'est que la puissance dégagée par la bougie est très forte. Et dans ce cas, ce n'est pas en soufflant doucement que l'on pourra éteindre !

Pour l'envoi d'eau, c'est la même chose et c'est ce qui explique que l'on peut éteindre avec un faible débit, mais à condition d'être face à un feu de faible ampleur, ou face à un feu mourrant.

L'expérience est facile à réaliser : il suffit de prendre un tas de bois, d'y mettre le feu, et d'arroser avec un petit tuyau d'arrosage ou un pulvérisateur de jardin. Tandis qu'une personne arrose, une autre remet sans cesse du combustible. Il sera facile de voir que le feu ne baisse jamais d'ampleur. De plus, comme il reçoit en permanence du combustible, il pourra durer éternellement. Mais si face au même feu, nous ouvrons une lance à 500lpm, ne serait-ce qu'une seconde, nous éteindrons instantanément, et l'apport de combustible ne posera plus de problème puisque le feu sera éteint !

En augmentant simplement le volume en feu et en augmentant le débit, nous pouvons conserver cette logique. En fait, arroser longtemps ne sert à rien : la seule issue c'est d'absorber une puissance supérieure à celle produite.

Pour aller plus loin, il nous faut donc répondre à 2 questions :

- Qu'elle est la capacité réelle d'absorption thermique de l'eau, donc d'une lance ?
- Qu'elle est la capacité réelle de production thermique d'un feu ?

En ayant les réponses à ces deux questions, nous pourrions choisir la ou les lances et le mode d'attaque le plus adapté. Peut-être pourrions-nous également aboutir, dans certains cas (lorsqu'il n'y a pas de sauvetages à effectuer) à la conclusion que tout est déjà perdu, et qu'il faut mieux attendre ou protéger simplement les bâtiments annexes, sans chercher à combattre un feu dont la production thermique est supérieure à notre pouvoir d'absorption.

Absorption thermique de l'eau

Nous reprenons ici simplement un extrait de deux documents (1 et 3).

La chaleur latente de vaporisation est la quantité de chaleur qu'il faut fournir pour transformer un liquide en vapeur (changement d'état) sans en changer la température. Pour l'eau, cette donnée est : 2,257 kJ/kg.

L'eau ne bout pas immédiatement, elle doit atteindre sa température d'ébullition (100°C au niveau de la mer). Une fois que le point d'ébullition est atteint, l'eau absorbe le complément d'énergie thermique pour passer de l'état liquide à l'état de vapeur. C'est la chaleur latente de vaporisation. Des propriétés exceptionnelles de l'eau, celle-ci est la plus importante pour la lutte contre l'incendie.

Quantité de chaleur absorbée par 1 kg d'eau (donc un litre) initialement à 18°C s'il est complètement converti par chauffage en vapeur à 100°C

$$Q = 4.183 \text{ kJ/kg} \times (1 \text{ kg}) \times (100^\circ\text{C} - 18^\circ\text{C}) + 2,257 \text{ kJ/kg} \times (1 \text{ kg})$$

$$Q = 343 \text{ kJ} + 2,257 \text{ kJ} = 2,600 \text{ kJ}$$

$$Q = 2.6 \text{ MJ}$$

Absorption thermique des lances

Ajoutons cette fois la notion de puissance thermique absorbée par l'eau, puisque nous savons qu'un litre d'eau permet l'absorption de 2,6 Mwatts (nous utilisons la valeur de 2,6 MJ mais sur une seconde). Sauf que cette fois, nous allons travailler avec des débits « par seconde », afin d'avoir une échelle de temps qui correspond à l'usage en terme de puissance thermique.

Type	Débit (litre/sec.)	Rendement (%)	Eau utile (litre)	Energie absorbée (Mwatts)
LDT	1,416	20 %	0,2832	0,736
LDT / DMR-150	2,5	80 %	2	5,2
PL 40/14	4,166	20 %	0,8332	2,166
DMR-500	8,333	80 %	6,66	17,31

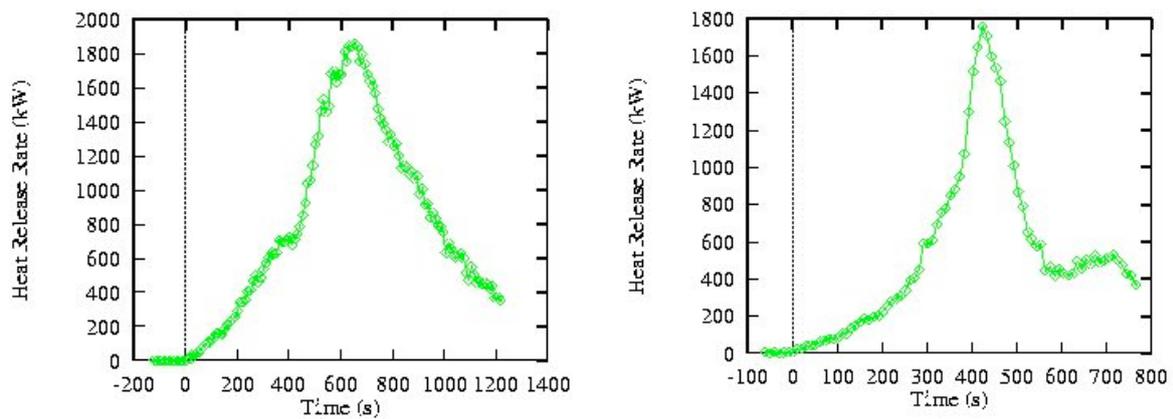
Nous obtenons tout un ensemble de valeurs, souvent en décalage avec des estimations habituelles. Mais ceci s'explique principalement par l'erreur d'estimation du rendement des lances, qui donne souvent aux DMR-500 des rendements qui, dans la réalité, sont ceux des lances à fût tronconiques (calcul datant de 1950 environ, et issus de l'Université de l'Iowa).

La courbe de croissance du feu

Cette nécessité d'un fort débit pour arrêter le feu est à replacer dans le contexte actuel des feux de locaux, donc dans le contexte de feux évolutifs.

En fait, un incendie a toujours trois phases.

- La croissance durant laquelle le feu se met en place et évolue.
- La stabilité, durant laquelle il a atteint son point maximal
- La régression, durant laquelle le combustible vient à manquer et durant laquelle le feu meurt, plus ou moins rapidement.



A gauche, courbe d'évolution de la puissance thermique sur un feu de palette. A droite, courbe d'évolution de puissance sur une commode en feu. Dans les deux cas, les phases de croissance et de déclin sont très visibles. La phase de stabilité se « construira » d'elle-même lorsque l'incendie concernera plusieurs éléments, dont la croissance et le déclin seront décalés les uns par rapport aux autres (documents NIST).

L'évolution de l'évolution des feux

Cette évolution du feu a changé au cours du temps.

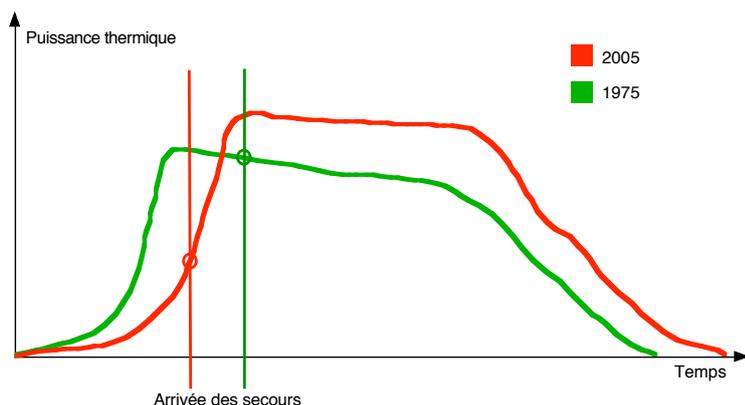
Le 6 octobre 1973, l'armée Egyptienne attaque Israël. C'est le début de la Guerre du Kipour. Organisée depuis le 14 septembre 1960 au sein de l'OPEP (Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole, en Anglais OPEC = Organization of the Petroleum Exporting Countries), les Pays Arabes réagissent au soutien que les occidentaux apportent à Israël. Pour la première fois, l'OPEP entre en scène avec une nouvelle arme : le prix du pétrole.

A partir de ce moment, nous allons comprendre à nos dépens qu'il ne suffit pas d'ouvrir le robinet pour avoir l'or noir. « On a pas de pétrole, mais on a des idées » et la « chasse au gaspi » sont autant de slogans qui rappelleront certainement des souvenirs.

Dès lors, l'isolation des habitations est devenue une constante, et l'ampleur des rayons « isolation » dans les magasins de bricolage est là pour le confirmer. Les incendies se développent donc de plus en plus dans des milieux confinés, qui conservent la chaleur plus longtemps et retardent l'embrasement complet des locaux, aboutissement logique de tout incendie non-maîtrisé. La phase de croissance des incendies est donc plus longue qu'auparavant et l'amélioration constante des techniques d'isolation accentue ce phénomène.

L'intensité des feux a augmenté car les habitations sont de plus en plus chargées en combustible : bibelots, aménagement intérieur, CD, cassettes vidéos etc... L'intensité thermique de la phase stable des incendies a donc considérablement augmenté durant ces 20 dernières années.

Les secours sont désormais avertis plus rapidement (téléphone portable) et sont mis en œuvre plus rapidement (système de transmission informatisé, BIP etc.). Les campagnes récentes de sensibilisation aux incendies domestiques vont d'ailleurs accentuer ce phénomène en encourageant les particuliers à installer des détecteurs de fumées (brochure « Risque d'incendie » diffusée par les différents Ministères). Le prix de tels détecteurs (moins de 10 Euros en septembre 2005) n'étant plus un frein à leur utilisation.



Il y a encore peu de temps, les sapeurs-pompiers arrivaient sur des habitations embrassées, qui étaient alors traitées pratiquement comme des feux de plein air.

Ils arrivent désormais durant la phase de croissance des incendies, qui débouche sur une phase stable dont la violence s'est accrue (13) et surtout, ils arrivent donc de plus en plus avant le moment le plus dangereux, le « pic » de croissance (flashover).

La chaîne des secours

Le principe de la chaîne des secours, bien connu en secourisme, s'applique également en incendie. Elle est analysée par Stefan Särqvist (12) en prenant en compte le début de l'incendie, le temps qui s'écoule jusqu'à sa découverte, l'alerte elle-même, le temps d'arrivée sur les lieux, le temps de mise en oeuvre des moyens et le temps nécessaire à l'extinction. L'analyse de Särqvist prend également en compte l'évolution de la surface impliquée par le feu, les débits mis en oeuvre etc. De toute cette analyse, il ressort que le temps de réaction des unités de sapeurs-pompiers est relativement constant. Il est également constaté que le temps qui s'écoule entre l'arrivée sur les lieux et le début de l'attaque est plus court pour les grands feux que pour les petits, sans doute à cause du fait que la recherche des petits feux est plus délicate que pour les grands, qui sont parfaitement visibles. L'étude montre également que la période la plus « floue » se situe entre le début (l'allumage) et l'alerte (la détection) : en l'absence de détecteur de fumées, c'est la vue de la fumée, des flammes, la perception d'une odeur etc. qui permet de « donner l'alerte ». Or, l'évolution de ce délai ne dépend pas des sapeurs-pompiers, mais du public. Sachant qu'à aujourd'hui un détecteur de fumée coûte moins de 10 Euros (prix constaté en grande surface en France, en Juin 2005), il y a fort à parier que cet accessoire équipera rapidement de plus en plus de maisons individuelles. Le temps s'écoulant entre le départ du feu et l'attaque va donc se réduire et les secours vont donc « subir » de plus en plus une confrontation durant la phase de croissance des incendies.

Il est d'ailleurs intéressant, pour un centre de secours (quelle que soit sa taille), d'analyser les incendies d'habitation qui se sont produits sur son secteur, dans le passé, et de les imaginer aujourd'hui, c'est-à-dire avec un temps de réaction beaucoup plus court. En se basant sur cette évolution, toute la stratégie pourra être revue et montrera facilement que les sapeurs-pompiers subissent l'évolution de leur secteur d'intervention et qu'une méconnaissance de cette évolution pourrait avoir de graves conséquences.

Face à un feu, avec une 40/14

Nous avons ici un début d'explication concernant l'usage des lances 40/14 et par la même une explication sur l'obligation d'alimenter les engins. En arrivant sur une habitation embrasée, il n'est plus possible d'arrêter le feu car celui-ci est déjà sur sa phase stable et surtout, la puissance thermique est telle qu'il n'est plus possible de s'approcher. Seul le jet bâton, avec sa grande portée, permet d'atteindre le foyer. Or en jet bâton le rendement est très faible.

Cette situation est d'ailleurs accentuée par la faible qualité des EPI (Equipement de Protection Individuelle) de l'époque.

C'est donc la situation la plus défavorable : puissance thermique maximale, usage d'une lance à rendement médiocre, vêtements de protection de qualité moyenne.

Concrètement cela signifie que dans ces conditions, la partie est perdue, car, éteindre, ce n'est pas arroser pendant des heures une maison qui ne laissera que des ruines fumantes. Eteindre, c'est stopper le feu, le « clouer sur place ».

Avec les outils de l'époque, clouer le feu sur place était très difficile, même en arrivant durant sa phase de croissance car très rapidement le rendement thermique du feu dépassait le rendement d'absorption de la lance 40/14. Il fallait alors reculer au plus vite !

Et si les intervenants se laisse déborder par la progression du feu, c'est pour se retrouver assez vite devant un foyer embrasé, ce qui aboutit à trois choses:

- Un impact humain important pour les personnes impliquées : destruction des souvenirs familiaux, des liens de famille, parfois la perte totale de l'outil de travail. Pour la société, le coût est très important.
- Un impact budgétaire direct pour le service. Un feu de pavillon maîtrisé dès la phase de croissance, va impliquer la mise en oeuvre d'un fourgon incendie du début à la fin de l'intervention. La demande d'un second fourgon et d'une échelle sera réalisée dès le départ, pour plus de sécurité, mais leur présence sur les lieux sera rapidement inutile. La durée d'intervention est donc diminuée, tout comme l'usure des véhicules, des tenues, des lances, des tuyaux etc... alors que sur un pavillon entièrement embrasé, les moyens nécessaires seront supérieurs et présents sur les lieux durant une période très longue.
- Un impact écologique compte tenu des fumées qui seront dégagées.

A ceci s'ajoute les inconvénients pour le voisinage, pouvant entraîner l'évacuation de la population donc des moyens et des coûts encore plus importants. Sur un pavillon embrasé, la seule solution consiste à arroser longuement, à fort débit, surtout pour noyer ce qu'il en restera. En ayant 5 lances en actions, à 500lpm (litres par minutes) chacune, pendant 2 heures, la facture d'eau concernera 300m³.

S'y ajouteront des écoulements d'eau importants, donc des pollutions au niveau des nappes phréatiques ou des cours d'eau. Si ceux-ci sont utilisés pour les besoins humains, cela nécessitera la mise en place d'une dépollution lourde et coûteuse.

Face au feu, aujourd'hui

Aujourd'hui, l'organisation des secours va permettre au premier fourgon de se présenter très rapidement, sur les lieux. Et de plus en plus souvent, cette arrivée sur les lieux se fera avant l'embrasement complet.

Même si le Chef d'Agrès dispose de moyens hydrauliques dont le rendement est très largement supérieur à ce que pouvaient mettre en oeuvre ses collègues plus âgés, même si ses hommes sont équipés de tenues nettement plus performantes, il se peut que le feu soit rendu à un point tel que l'attaque frontale ne soit déjà plus possible.

Car arrivant plus tôt sur les lieux, et avec ces nouveaux moyens, le Chef d'Agrès à principalement le choix entre trois solutions :

- Attaquer directement le feu pour le tuer et donc le stopper sur sa zone initiale (donc au cœur du foyer)
- Laisser la zone initiale, et manœuvrer sur la zone intermédiaire entre cette zone (déjà trop puissante), et la zone de « future combustion ». Ainsi, la zone initiale s'éteindra d'elle même faute de combustible, tandis que la propagation ne se fera pas car la zone de progression du feu sera combattue, laissant quelques chances de réussite compte tenu de sa puissance thermique inférieure.
- Protéger simplement les zones éloignées et laisser tout l'ensemble initial se consumer.

Ce choix est important, surtout en cas de difficulté d'alimentation : si le foyer initial produit déjà une puissance thermique supérieure à ce que peut absorber une lance, il devient inutile de chercher à l'arroser directement car cela ne fera pas grand chose et toute l'eau utilisée, aurait pu servir plus efficacement pour attaquer la zone de progression du foyer, donc la périphérie de celui-ci. Ce n'est qu'une fois la progression stoppée que l'on pourra manœuvrer à nouveau sur le foyer principal : celui-ci ayant continué à consommer son combustible, sera alors sans doute moins virulent.

Le succès du sapeur-pompier

Dans l'ouvrage « 3D Firefighting », John Mc Donough (Australie) pose une question simple : dans quel cas peut-on considérer que le sapeur-pompier est victorieux ?

Généralement ce succès se lit plutôt dans les yeux du « public », c'est-à-dire des personnes dont l'habitation était en feu et qui ont appelé les sapeurs-pompiers pour l'éteindre.

Et effectivement les sapeurs-pompiers sont partis lorsque tout était éteint. Sauf que jusqu'à preuve du contraire, il n'existe pas de feux qui continuent indéfiniment.

Si les sapeurs-pompiers restent les bras croisés à regarder la maison brûler, celle-ci s'éteindra tout autant lorsqu'il n'y aura plus rien à brûler. Prenez d'un côté des photos de maisons ayant intégralement brûlé sans intervention des secours et de l'autre des photos montrant l'état dans lequel les sapeurs-pompiers laissent généralement les habitations sur lesquelles ils sont intervenus : il y a souvent de quoi se poser des questions sur l'efficacité des actions menées...

Jo Todd, avec ses deux chiens, devant ce qu'il reste de sa maison où elle vivait avec son mari Dod, Officier Sapeur-Pompier en retraite (USA, Juin 2004).

Contrairement aux apparences, il y a bien eu extinction par les sapeurs-pompiers. Moyens hydrauliques inadaptés, tactique mal définie, personnel mal entraîné. Tout cela sous le yeux de Dod qui a résumé les faits en disant aux journalistes : « *Si vous n'aviez jamais vu les Keystone Cops, et bien c'était ici !* ».



Les Keystone Cops.

Dans les années 1912 à 1917, les « flics » du commissariat de Keystone étaient des personnages comiques, véritable équipe d'incapables, bernés par les voleurs, perdant des pièces de véhicule lors des poursuites, etc. Produits par Mack Sennett, ces films muets ont fait rire de nombreux Américains, à tel point que l'expression « Keystone cops » est passée dans le langage courant, en désignant une équipe menant une action dans la plus complète inorganisation.

Quelle puissance thermique?

Puisque nous connaissons la puissance thermique absorbable par nos lances, il nous faut maintenant trouver un moyen fiable, simple et rapide, pour calculer la puissance thermique potentiel du feu auquel nous devons faire face.

Calculer la puissance thermique d'un feu de local a toujours été l'un des points clef de la réussite. Or, s'il est facile de calculer un débit de lance, une perte de charge où la capacité d'absorption de l'eau, il est nettement plus délicat de calculer l'énergie dégagée par un local, surtout lorsqu'on en connaît absolument pas la composition.

Il existe pourtant deux méthodes.

Estimation par le combustible

C'est le type d'estimation qui semble le plus logique. Etant donné que d'un local à l'autre, le contenu va varier, il est difficile d'avoir autre chose qu'un ordre de grandeur. Des essais ont pourtant été menés par le NIST et sont consultables sur leur site internet.

Comme il est impossible de connaître à l'avance le contenu du local, des estimations ont été faites, en se basant sur une charge calorifique au m². Il suffit donc de multiplier cette charge par la surface pour avoir une idée du potentiel du local. Pour un bureau la charge calorifique potentielle la plus courante que nous trouvons est estimée à **2,5MW au m²**. C'est cette valeur qui est utilisée dans les calculs de débit de Barnett et Grimwood (3).

Estimation par le comburant

La combustion ayant besoin de combustible et de comburant, s'il est logique de mesurer le potentiel calorifique en se basant sur le combustible, il est également possible de l'estimer en se basant sur le comburant.

C'est ce que les travaux de Huggett (5) ont permis de montrer, en validant les recherches de Thornton (menées dès les années 1900) Sachant que la combustion consomme l'oxygène de l'air, mesurer cette diminution du taux d'oxygène permettra de déterminer le niveau de combustion et, par déduction, la puissance thermique.

Ces recherches ont abouti à des outils de mesure tel que le Cone Calorimeter (4), qui a permis de valider les travaux de Huggett (5), concernant ce rapport entre l'énergie produite et la diminution du taux d'oxygène.

Ces recherches ont également permis de démontrer que dans un local, la multiplicité apparente du combustible aboutissait pourtant à une certaine homogénéité de celui-ci. Il est donc possible de calculer la puissance thermique maximale d'un local, simplement en se référant sur le comburant disponible.

Note: nous nous basons évidemment sur le fait que c'est l'oxygène qui est le comburant et sur le fait que sa concentration est de 21% dans notre environnement. Mais il faut savoir que le principe du Cone Calorimeter (4) permet également l'étude des combustions en milieu suroxygéné, ou avec des comburants différents, ces études intéressent entre autre la recherche spatiale.

Assez rapidement, les recherches de Huggett, ont permis de déterminer qu'un mètre cube d'oxygène pur, permettait une combustion dégageant 19,7 MW.

Dans un volume, la quantité d'oxygène est limitée. Bien sûr, s'il y a une fenêtre ouverte, il y aura renouvellement de l'oxygène consommé par la combustion. Mais à un instant donné la quantité d'oxygène disponible pour le feu sera fixe, et proportionnelle au volume du local.

Sachant qu'il n'y a que 21% d'oxygène dans l'air et qu'en dessous de 15%, il n'y a plus de flammes possibles, seul 7% du volume (21-14) est disponible pour la production de flammes. Nous en déduisons que si 1m³ d'oxygène permet la production de 19,7MW, alors 1m³ d'air permet la production de 7% de 19,7MW, donc 1,38MW.

Si nous estimons que le local a une hauteur de plafond « classique », donc 2,40 m, nous pouvons ramener cette puissance au m³, en une puissance au m²:

Avec 2,40 de plafond, nous obtenons $1,38 \times 2,40 = \mathbf{3,3 \text{ MW par m}^2}$

Prenons un exemple tout à fait imagé :

Le volume d'un local (donc par déduction, la quantité d'oxygène présente), permet d'entretenir la combustion simultanée de 3 canapés.

- Si dans la pièce il n'y a que 2 canapés, ils pourront brûler simultanément.
- S'il y a 5 canapés et que le local est bien fermé, alors le feu s'éteindra de lui-même après que 3 canapés aient finis de brûler (car alors, il n'y aura plus d'oxygène). C'est ce qui explique l'apparition potentielle du phénomène de backdraft (14).
- S'il y a 5 canapés et que le local possède une ventilation (porte ouverte par exemple), il y aura combustion simultanée de 3 canapés et lorsqu'un des 3 sera consommé, le feu s'attaquera au 4ème etc. Tous les canapés brûleront, mais à un instant donné il n'y en aura jamais plus que 3 à

brûler simultanément (bien sûr, c'est imagé car le feu peut se trouver « à cheval » sur plusieurs éléments !)

Or, sachant que l'extinction est une affaire qui se traite de façon instantanée, c'est bien l'énergie thermique maximale potentielle, qui va nous intéresser. Que le feu, à notre arrivée, soit moins puissant car au début de son cycle, peu nous importe : ce qu'il faut c'est en connaître le potentiel maximal.

Différence entre l'estimation volume et surface

Les deux estimations étant faites, comparons les valeurs.

D'un côté, le calcul par surface nous donne 2,5MW au m², tandis que le calcul en volume ramenée à 2,40 m de plafond, donne 3,3MW au m².

La différence est logique: dans la méthode « surface », c'est l'énergie « habituelle » d'un local qui est calculée tandis que par le volume, c'est l'énergie extrême. En cas d'embrasement « classique » du local, c'est contre une puissance de 2,5MW par m² qu'il faudra lutter mais en cas de flashover donc d'une combustion totale, le potentiel calorifique pourra atteindre 3,3MW par m².

Cette différence de vue étant faite, nous pouvons estimer que ces deux valeurs sont proches et donnent une bonne estimation de la puissance thermique. Pour donner une « idée » bien précise du rapport entre la capacité des lances et l'énergie, nous utiliserons ces deux valeurs, ce qui nous permettra de voir si telle ou telle lance est utilisable et surtout, jusqu'où (avant ou pendant le flashover).

Notons également que ces deux valeurs prennent comme base des hauteurs de plafond « classiques ». Si nous prenons comme base la puissance en m³ dans un volume dont le plafond est à 4 m au lieu de 2,40 m (bâtiment ancien par exemple), la puissance ramenée au m² sera de : 1,38 x 4 = 5,52 MW et non plus 3,3MW. La différence est considérable !

Sachant en plus (1) que la première action devra consister à inerte la couche gazeuse située au plafond, et que cette action se fera en jet diffusé donc avec une faible portée, il faudra considérer la gestion d'un feu dans une zone à plafond haut, comme une gestion à très haut risque. Sur un secteur d'intervention, la visite préalable des lieux de ce type permet de les repérer et d'éviter de se faire surprendre. D'autant que dans un local avec une intense stratification de fumée, l'estimation visuelle de la hauteur de plafond est souvent hasardeuse.

Lances et surface en feu

Reprenons nos tableaux, en rajoutant l'information de surface. Puisque nous savons combien chaque lance peut absorber (en Watts), il nous suffit de diviser cette puissance absorbable par la puissance potentielle d'un m², et nous aurons une idée de la surface que peut traiter chaque lance.

Nous obtenons le résultat suivant.

Type	Débit (litre/sec.)	Rendement	Eau utile (litre)	Energie absorbable (MW)	Surface au sol (m ²)
LDT	1,416	20%	0,2832	0,736	0,3 - 0,22
LDT/DMR-150	2,5	80%	2	5,2	2,08 - 1,57
PL 40/14	4,166	20%	0,8332	2,166	0,85 - 0,65
DMR-500	8,333	80%	6,66	17,31	6,9 - 5,2

Note : pour la surface au sol, la première valeur correspond à la surface gérable dans le cadre d'une puissance estimée directement à la surface (donc 2,5MW au m²), tandis que la valeur suivante correspondant au calcul effectué avec la puissance issue du volume (donc 3,3MW au m²), c'est-à-dire la puissance extrême.

Surface à traiter et durée d'arrosage

Le tableau précédent commence à nous donner une idée de la grande faiblesse des moyens hydrauliques autres que le DMR-500, bien que $6,9\text{m}^2$ reste quand même une surface ridicule. Mais c'est une surface à traiter en 1 seule seconde !

Objection

Il est tentant d'objecter que si la LDT absorbe seulement de quoi éteindre une surface de $1,95\text{m}^2$ à la seconde, il suffira d'arroser plus longtemps, ou en tout cas de rester 1 seconde sur cette surface, puis d'avancer sur la zone suivante etc. Mais si le local est assez grand, cette méthode risque de prendre un temps assez long. Or, il n'est pas certain que le porte lance puisse résister à la puissance thermique du reste de la pièce et comme il faudra du temps pour tout traiter, il y a de forte chance que la surface éteinte en premier soit à nouveau en feu une fois le traitement terminé, ne serait-ce que parce qu'elle aura été soumise à nouveau à une intense chaleur de la part du reste du local.

L'expérience peut se faire très facilement avec les simulateurs au gaz, utilisés pour apprendre l'usage des extincteurs. Ils sont constitués d'une cuve remplie d'eau, dans laquelle est immergée une canalisation percée de petits trous, par lesquels s'échappent le gaz, qui prend feu à la surface de l'eau, produisant ainsi une sorte de grande flamme. Dès que le débit en gaz est un peu fort, la seule est unique chance de réussir l'extinction consiste à balayer très rapidement la surface en feu, pour faire « décoller » la flamme. En « balayant » lentement, la flamme recule, mais revient rapidement par l'arrière, l'extincteur créant seulement une zone éteinte, qui se déplace, pour être immédiatement suivi par une reprise.

Evidemment, si le débit thermique du feu est faible, ce balayage lent fonctionnera quand même. Dans le cas d'un incendie traité à la lance, cela explique certains exemples d'extinction réussies à la LDT : en arrivant assez tôt ou assez tard sur le feu, la puissance par m^2 peut encore être assez faible, laissant ainsi le temps de « balayer » lentement. Mais c'est un peu jouer au poker car si la puissance augmente, la partie sera perdue et le porte lance se trouvera très vite dans une situation dangereuse pour sa vie. C'est ce qui explique les accidents tragiques.

D'autant plus que l'approche d'un feu de local se réalise en débit minimum sur une lance de type DMR-500 donc avec un débit disponible sur la LDT. Le risque est donc de pouvoir progresser, jusqu'au local réellement impliqué (au bout d'un couloir par exemple) et de découvrir à ce moment que les moyens hydrauliques choisis sont insuffisants. Dans le meilleur des cas, il sera possible de reculer et d'attendre l'arrivée d'un DMR-500, avec toute la perte de temps que cela implique.

Bien sûr, dans une telle condition d'approche, le DMR-500 est moins maniable, mais il dispose d'une réserve de débit suffisante pour répondre à toutes éventualités, ce que ne pourra pas faire la LDT. Or, lorsque l'on découvre que l'outil est inadapté, il est généralement trop tard.

Nous en déduisons que nous devons revoir l'estimation de surface à la hausse, en fonction du temps d'arrosage.

Mais nous en déduisons également que pour traiter $6,5\text{m}^2$ en 1 seconde, le porte lance ne doit pas découvrir l'usage de sa lance le jour de l'intervention, au risque d'arroser n'importe comment ! Surtout que nous considérons ici un porte lance qui a progressé, qui est sous ARI, qui est donc peut-être déjà fatigué, qui est à l'entrée du local face à une puissance thermique qui va lui faire perdre une bonne partie de ces moyens (8), et qui va devoir « balayer » à 500lpm, donc avec une lance produisant un recul très important.

Il faut donc pratiquer régulièrement, en mettant (évidemment !) les lances en eau ! Les manœuvres consistant à dérouler - rouler, sans mettre en eau (car « c'est long à ranger ») ne sont, dans le cas présent, d'aucune utilité !

En France, le GNR Embrasement Généralisé, préconise une attaque à 500lpm, consistant à tracer une lettre choisie parmi les trois suivantes : T, O ou Z. Nous allons donc affiner notre tableau, en y ajoutant les 3 lettres préconisées pour le crayonnage (10), que nous détaillerons au chapitre suivant : le T, le O, le Z, et y ajouter une quatrième durée, de 6 secondes qui correspondrait approximativement au fait de faire 2 fois le tracé « Z ». Comme précédemment, la première valeur donnée pour la surface, a été trouvée en partant d'une puissance de $2,5\text{MW}$ au m^2 , la seconde valeur ayant été calculée avec $3,3\text{MW}$.

Type	Energie absorbable en 1 sec (MW)	Surface en m ² , gérable suivant la durée			
		1,5 sec (T)	2 sec (O)	2,5 sec (Z)	6 sec
LDT	0,736	0,44 - 0,33	0,59 - 0,44	0,73 - 0,55	1,76 - 1,34
LDT/DMR-150	5,2	3,12 - 2,36	4,16 - 3,15	5,2 - 3,9	12,48 - 9,45
PL 40/14	2,166	1,30 - 0,98	1,73 - 1,31	2,16 - 1,64	5,19 - 3,94
DMR-500	17,31	10,38 - 7,87	13,8 - 10,5	17,31 - 13,11	41,5 - 31,47

Tout commence à devenir logique : face à un local d'une surface de 13 m² au sol, le porte lance devra tracer un « O ». Pour un local plus petit, il tracera une lettre « plus courte » (T) et pour un local plus grand il pourra effectuer un tracer plus long (Z). Les trois valeurs de base du crayonnage correspondent tout à fait à des surfaces fréquentes dans les habitations, respectivement de 10, 14 et 17m² au sol pour le T, le O et le Z.

Le principe de Peterson

En 1999, Peterson a écrit un article dans lequel il établissait une règle des 86m², surface de feu au-delà de laquelle les moyens conventionnels devenaient à priori inefficaces.

Malgré toute la bonne volonté du monde, nous n'avons jamais trouvé le texte complet de cet article, et nos différents contacts n'ont pas eu plus de succès que nous.

L'étude montre pourtant que ce principe est juste, à condition de considérer l'usage de deux lances et non pas d'une seule. Le principe de Peterson s'applique donc à un engin qui établit deux lances en débit maximal (500 lpm) et les met en action de façon simultanée.

En partant du principe d'usage d'une seule lance, nous pouvons établir pour plus de sécurité, une règle des 40m². Au-delà d'une telle surface, l'énergie produite sera supérieure à celle que pourra absorber une lance à 500 lpm.

Cette limitation de surface s'explique par le fait qu'au-delà de 40m² une seule lance devra :

- Effectuer un balayage trop long, faisant subir un impact thermique trop grand au porte lance.
- Effectuer un balayage trop long qui laissera la possibilité d'une reprise
- Etre réglée en jet étroit, ceci afin d'atteindre les points les plus éloignés du volume. Or plus le jet est étroit et plus son rendement est faible.

En prenons un local à peu près carré, une surface de 40m² correspond à une zone de 6 m par 6,50 m. Avec une lance en jet diffusé d'attaque, et en se plaçant à la porte d'un tel local, il est possible de tout balayer sans se déplacer. Et même si, suite à ce balayage, le feu n'est pas totalement éteint, il aura suffisamment baissé en intensité pour que l'on puisse s'approcher de sa source (canapé par exemple) et terminer l'extinction, cette fois avec un débit plus faible. Or absorber une puissance thermique généré par environ 40m² se fait en 6 secondes, ce qui est encore acceptable.

Avec deux lances à 500lpm, il faudra placer judicieusement les points d'attaque pour balayer, avec les deux lances, la totalité de la surface. Pas forcément évident !

Le raisonnement pourrait évidemment convenir pour des surfaces supérieures, mais dans la pratique, au-delà de 80m² (ou au-delà de 86m² pour reprendre le principe de Peterson), le bâtiment est généralement embrassé, et le recours au jet bâton devient rapidement la seule solution, compte tenu de la puissance thermique qui est dégagée et donc de la difficulté pour s'approcher.

La création de vapeur

Avec de l'eau à disposition, et surtout s'il a un peu peur, le porte lance peut être tenté d'arroser très longtemps, en débit maximal. C'est une erreur. Nous avons vu que c'est l'évaporation de l'eau, donc sa transformation en vapeur, qui provoque l'absorption d'énergie. Or un litre d'eau génère, en s'évaporant, 1,7m³ de vapeur.

Il faut envoyer assez d'eau pour absorber l'énergie, mais assez peu pour que le volume ne se trouve pas saturé de vapeur sous pression (effet cocotte-minute). La chaleur cherche rapidement une sortie : si la seule sortie est la porte ou se trouve le binôme, celui-ci se trouvera aveuglé, et ébouillanté par le flux chaud qui passera sur lui. Pire, pris dans ce flux de chaleur insupportable et n'ayant plus aucune

visibilité, le porte lance sera persuadé que son extinction a échoué et sera tenté d'ouvrir à nouveau sa lance, provoquant ainsi une production de vapeur encore supérieure.

Note : l'extinction par production excessive de vapeur est une technique qui existe. Nommée généralement attaque combinée ou attaque indirecte, elle vise à arroser les murs pour produire une grande quantité de vapeur et ainsi «étouffer» le feu, le comburant étant alors remplacé par cette vapeur. Elle ne doit cependant être utilisée que de l'extérieur (1).

En prenant la surface maximale de 40m² avec une hauteur de plafond de 2,40m, puisque c'est cette hauteur que nous avons utilisé pour rapporter la puissance thermique « en m³ » à une valeur en m² : 40m² de surface au sol correspond donc au volume estimé de 40 x 2,40 = 96m³

A raison de 1,7m³ de vapeur par litre d'eau, nous pouvons envoyer : 96 / 1,7 = 56,5 litres d'eau

Avec cette quantité, nous aurons rempli en totalité le volume de vapeur ! A 500lpm, envoyer 56,5 litres d'eau « utile » se fait en ouvrant la lance seulement 9 secondes alors que nos tableaux nous indiquent que l'extinction se fait, sur une telle surface, (40m²) en arrosant 6 secondes. La marge entre l'extinction et le début de l'effet cocotte-minute est seulement de... 3 secondes !

Une marge de 3 secondes, c'est beaucoup pour un porte lance entraîné, et très peu pour un porte lance qui met en eau une fois par an, et qui sera tenté d'ouvrir sans réfléchir... Et encore, nous ne parlons ici que de production de vapeur d'eau à 100°C. En effet, plus la chaleur augmente et plus le volume augmente également : si un litre d'eau produit 1,7m³ de vapeur à 100°C, à 500°C le volume atteint 4m³ !



Ci-contre : un arrosage un peu trop long dans un local : aveuglement total, coup de chaleur. Il faut mieux arroser peu, regarder , puis recommencer : il est toujours plus facile de remettre de l'eau que d'en retirer !

La vitesse d'évolution d'un feu

L'article « Comment tuer un BAT » (6) mis en ligne il y a quelques temps sur flashover.fr a été lu par un très grand nombre de personnes, qui ont découvert des vitesses d'évolutions de feu assez surprenantes. Cet article avait pour but de montrer qu'anticiper l'évolution du feu est sans doute le challenge principal que devront relever les Chefs d'Agrès.

Arrivant de plus en plus souvent durant la phase de croissance de l'incendie, le premier Chef d'Agrès présent sur les lieux doit comprendre que le feu qu'il voit est dans une phase de croissance et non pas dans une phase de stabilité. Et surtout que cette phase de croissance est exponentielle, c'est-à-dire que plus le feu grandit et plus il grandit vite.

Cet aspect de l'évolution est parfaitement visible sur les courbes de puissance thermique que le NIST a obtenues lors de l'étude des feux de mobilier (voir plus haut le chapitre « La courbe de croissance du feu »). Mais encore plus que les courbes, extraire des images des vidéos de flashover, permettent de se rendre compte de la vitesse d'évolution.

Nous nous conterons ici de prélever quelques extraits de l'article paru sur flashover.fr (6)

Imaginons un Chef d'Agrès qui arrive sur la phase de stabilité du feu, ou sur la phase de diminution. Il observe le feu, déduit des moyens hydrauliques et donne ses ordres. Mais il déduit les moyens hydrauliques à un instant T0 qui est celui de son observation. Le temps que le BAT se mette en place, déroule, vérifie l'ARI, ajuste le masque, que l'eau arrive etc. Il s'écoule plusieurs minutes. Or, comme

l'équipage est arrivé devant le feu lors de la phase de stabilité ou de diminution du feu, ce temps qui s'écoule profite au BAT. Imaginons que le Chef d'Agrès ait demandé une LDT à T0. Le temps que celle-ci soit mise en eau (à T1), le feu aura presque nécessairement diminué. Donc même si la LDT est tout juste suffisante lors de la reconnaissance, elle a des chances d'être assez suffisante lors de l'attaque ou en tout cas, l'évolution du feu la rendra de plus en plus opérationnelle. Non pas qu'à force d'arroser le BAT éteindra, mais parce que le feu est dans sa phase de décroissance. Or, cette situation, bien réelle, laisse justement penser qu'il suffit d'arroser longtemps pour éteindre, ce qui est faux.

Par contre, si l'équipage arrive sur l'intervention durant la phase de croissance, les risques d'accidents deviennent d'un seul coup très élevé. En effet, le Chef d'Agrès va observer le feu, et déduire à T0 des moyens hydrauliques qui seront sans doutes suffisants à cet instant. Mais là, le temps va jouer contre le BAT et pas avec lui. A T1, lorsque le BAT sera en action, ce sera pour se trouver face à un feu qui est plus important que lorsqu'il avait été observé par le Chef d'Agrès.



A gauche, cliché pris 45 secondes après l'allumage. A droite, même simulation, mais cliché pris 3.14 minutes après l'allumage. (cliché NIST)



La vitesse d'évolution est telle qu'il est même difficile de croire qu'il ne s'écoule que 30 secondes entre chacun de ses photos !

De toutes évidences, les moyens hydrauliques que nous serions tenté d'envisager à la vue de la première photo, seront certainement insuffisants lors de l'arrivée du BAT, face au feu.

Seule une estimation « calculée » pourrait servir, l'observation n'étant d'aucune utilité, du moins en ce qui concerne le choix des moyens à mettre en œuvre.

Note : il est tentant de se dire que ces vidéos montrent des feux à progression tellement rapide que de toutes façons, nous ne serons jamais sur place durant cette évolution. C'est oublier que les locaux sont souvent moins bien ventilés que sur ces images et oublier aussi que la pire ventilation qui puisse exister, c'est celle que provoquent les sapeurs-pompiers, à leur arrivée, lorsqu'ils ouvrent « pour voir ce qui se passe ». Or c'est souvent ce qui déclenche l'emballement thermique, qui débouche sur ces phénomènes de grande ampleur.

Compte tenu des informations que nous avons désormais, et qui permettent d'imaginer les capacités maximales des lances en attaque, par rapport à la surface, le Chef d'Agrès pourra estimer la surface impliquée, regarder l'évolution possible et déclencher des actions en prenant en compte les moyens immédiat mis à sa disposition et pas en se fiant sur un « instantané », souvent trompeur.

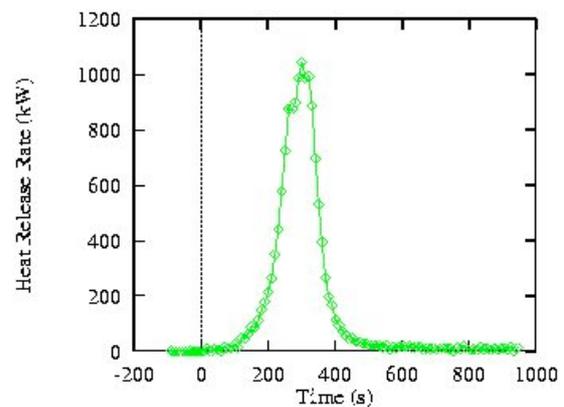
La LDT, efficace sur les feux de locaux

Si la LDT s'avérait totalement incapable d'éteindre le moindre feu de local, le problème serait résolu puisque personne ne s'en servirait. Mais dans de nombreux cas (près de 80%), le faible débit de cette lance est suffisant, ce qui, associé à sa facilité de mise en œuvre, incite encore de trop nombreuses équipes à s'en servir.

Le document Formateur Accident Thermique (2), indique qu'un simple matelas dégage une puissance moyenne de 3MW et que la LDT ne peut absorber que 0,5MW.

Mais nous venons de voir que la LDT absorbe beaucoup plus que 0,5MW.

Ensuite, les courbes de puissance de combustion, fournies par le NIST (voir ci-contre la courbe d'évolution de puissance lors de la combustion d'un matelas), indiquent qu'un matelas génère moins de 3MW... Loin de valider l'usage systématique de la LDT, cela valide simplement le fait que dans de nombreux cas, celle-ci est apte à lutter, ce qui a été prouvé, à maintes reprises.



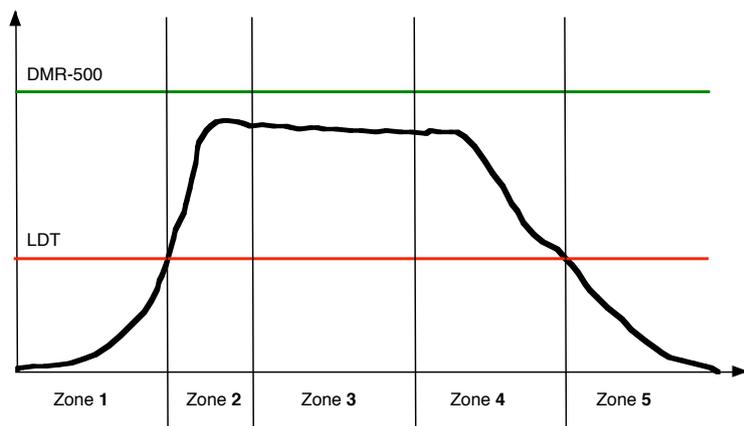
Le problème vient simplement du contenu du local et des courbes d'évolution de puissance des éléments en feu. Sachant qu'au départ tout ne va pas être en feu, la puissance générale du local va croître en fonction de la croissance du premier élément. A un certain moment, alors que cet élément n'aura pas encore atteint sa phase de stabilité, un autre élément va prendre feu. La courbe générale va donc se modifier, avec une croissance plus longue, car devant atteindre un seuil global plus élevé. Au fur et à mesure de cette croissance, le niveau maximal « potentiel » va croître, et la phase de croissance va s'allonger.

En nous repérant sur l'accumulation des courbes de différents éléments combustibles (matelas, fauteuil, moquettes...) et en plaçant tout ceci dans le contexte d'une simple chambre de 3m par 4m, nous obtenons les valeurs suivantes ;

Superficie : $3 \times 4 = 12 \text{ m}^2$

Puissance thermique potentielle : $12 \times 2,5 \text{ MW} = 30 \text{ MW}$ c'est à dire une puissance située entre ce que peut absorber la LDT et ce que peut absorber un DMR-500.

Si nous traçons la courbe d'évolution de puissance d'un feu de local, et que nous y appliquons les capacités d'absorption des lances, nous obtenons un schéma tel que celui-ci :



Courbe classique de progression d'un feu. Le trait rouge symbolise la limite d'absorption thermique de la LDT, le trait vert symbolise la limite d'un DMR-500, sachant qu'un feu violent pourra même prendre de vitesse un débit de 500lpm !

Avec la LDT, plusieurs cas sont envisageables, matérialisés par les différentes zones.

- Zone 1 - les secours sont arrivés très tôt sur les lieux. Avec la LDT, le porte lance dispose d'un débit suffisant pour absorber l'énergie thermique. Il va tuer le feu de façon quasi instantanée.
- Zone 2 – Les secours arrivent un peu plus tard. Le débit de la LDT est insuffisant. Mais le feu n'est pas encore trop violent. Le porte lance va donc s'engager, mais au fur et à mesure, il va « perdre du terrain » dans le combat thermique qu'il livre contre le feu. A l'apogée du feu, soit le porte lance aura été assez lucide pour reculer, soit l'issue lui sera fatale.
- Zone 3 – Les secours arrivent sur la phase stable. En quelques secondes le porte lance se rendra compte qu'il ne peut rien faire et l'équipe établira rapidement des lances en jet bâton puisqu'il n'y a pas grand chose d'autre à faire.
- Zone 4 – Arrivé tardivement sur les lieux, le porte lance attaque un feu, sans savoir que celui-ci est mourrant. S'il est courageux (ou inconscient, cela dépend du point de vue), le porte lance va s'engager, lutter, et arriver (avec un peu de chance) sur la zone 5. Mais s'il adopte la même attitude sur un feu en zone 2, il court à l'accident. En clair, à attitude identique, suivant le délai d'intervention soit il va gagner, soit il va perdre. Et dans ce genre de compétition, il y a rarement de seconde chance.
- Zone 5 – Le porte lance attaque un feu en train de mourir. Il va disposer d'un débit suffisant pour tuer ce feu de façon presque instantanée. La zone 4 et la 5 sont les phases qui étaient les plus fréquentes et qui ont contribué à faire croire aux portes lances qu'il suffisait d'arroser longtemps pour éteindre et que la LDT était suffisante.

Ce qui est intéressant, c'est de noter que le choix d'une lance à 500lpm, utilisée effectivement à son débit maximal, permet de se mettre à l'abri des aléas de progression du feu : quelle que soit la phase durant laquelle le porte lance arrivera, s'il a pris soin d'établir une lance à 500lpm, il disposera d'un débit suffisant pour lutter.

Aujourd'hui, les secours arrivent sur la zone 3 et, de plus en plus, sur la zone 2. Avec la mise en place des détecteurs de fumées les secours vont d'ailleurs arriver presque systématiquement durant sur la zone 2 de la courbe. En tout cas, espérer toujours arriver dans la phase 1 est illusoire, sauf à être déjà sur les lieux lors du déclenchement du sinistre. Cette phase 1, c'est la phase des sprinklers, des extincteurs et des RIA.

Phase gazeuse et phase solide

Durant la progression dans un local, les manœuvres de « pulsing » se font vers le plafond, avec un faible débit. Dans une telle situation, il est donc possible d'utiliser la LDT. Le problème c'est que ce principe d'attaque à faible débit n'est utilisable que sur la phase gazeuse de l'incendie donc durant la phase de progression, et encore, à condition que tout se passe bien ! A l'arrivée sur le foyer principal, le faible débit de la LDT ne sera d'aucune utilité et en cas d'accident, cette lance sera totalement incapable de lutter. Il en sera de même en cas de flashover.

Pour réussir à vaincre un incendie de local à la LDT, il faut arriver au bon moment et avoir de la

chance. Avec une lance à 500lpm, il suffit d'être un bon sapeur-pompier, conscient de ses capacités et connaissant son matériel. Ce n'est pas si évident que ça, mais en tout cas c'est plus sûr.

Le choix de l'action

En estimant que le porte lance soit muni d'une lance à 500lpm, plusieurs cas pourront cependant être envisagés, en se repérant sur la limite de 40m² établie précédemment.

La surface impliquée peut-être :

- Inférieure à 40m²
- Comprise entre 40 et 80m²
- Supérieure à 80m²

A chaque fois, le Chef d'Agrès devra choisir entre plusieurs options :

- Attaquer directement le feu pour le tuer et donc le stopper sur sa zone initiale
- Laisser la zone initiale, et manœuvrer sur la zone intermédiaire entre cette zone (déjà trop puissante), et la zone de « future combustion » donc éviter rapidement la propagation et bloquer l'extension, sur une zone proche du foyer.
- Protéger simplement les zones éloignées et laisser tout l'ensemble initial se consumer.

Outre la surface impliquée au départ, ce choix dépendra également du choix d'alimentation : privilégier celle-ci lorsque l'on peut disposer de binôme d'attaque et de binôme d'alimentation, cela ne pose pas de problème. Mais avec un effectif réduit, ou une alimentation très éloignée, le temps passé à alimenter sera mis à profit par le feu.

Sachant qu'à chaque fois le risque éventuel de propagation est évidemment à prendre en compte et qu'il est possible d'opter pour des actions simultanées : une attaque peut-être menée de front, tandis qu'un autre binôme protège les zones éloignées.

Evidemment, la structure elle-même avec les dangers d'effondrement, les zones sensibles, les victimes potentielles etc.... tout doit être pris en compte pour moduler ce jugement sur les 40m², qui sont cependant un bon repère, surtout dans une situation où le stress et l'environnement perturbent parfois la capacité de jugement.

L'attaque fulgurante

Un excellent article, publié en Septembre 2000 dans le numéro 916 du Sapeur-pompier Magazine, pose déjà la question du mode d'attaque. Le Cmd JF Becker, du SDIS-59 y expose le principe de l'attaque fulgurante, en posant ouvertement la question: « Figuration ou fulgurance ? » et en commençant l'article par cette phrase « Ce n'est pas la quantité d'eau mais son débit qui assomme le feu ».

Extrait de cet article

Là où le PS a été abandonné depuis 30 ans, faute de puissance, comment un VPI, encore deux fois plus léger, trouvera-t-il une place ? Va-t-il jouer la figuration, la durée ou jouer son va-tout ? La fulgurante propose une réponse forte. Figurant, ou fulgurant ? Au chef d'agrès de choisir. Plusieurs évaluations, théoriques ou expérimentales ont conduit à estimer selon la surface du local, quel débit d'eau permet de terrasser le feu, en une ou deux giclées de six secondes.

Nous retrouvons là les résultats que nous avons démontrés dans ce document.

Note : même si l'équipe n'opte pas pour l'attaque fulgurante (ou attaque massive), l'établissement d'une lance à 500lpm est néanmoins nécessaire, ne serait-ce que pour donner une chance de survie au binôme d'attaque, en cas de problème.

Les maximes incomprises

Nous pouvons également mieux comprendre les deux maximes si souvent entendues et presque toujours mal interprétées :

- « il faut économiser l'eau ». Vrai. Mais nous savons désormais qu'économiser c'est arroser très fort, pendant un temps très court et surtout pas arroser à faible débit pendant un temps très long.

- « un verre d'eau peut suffire pour l'éteindre durant la première minute, il faut un seau dès la 2e minute et une citerne après trois minutes. ». Vrai. Et c'est pour cela que dès la première minute, il faut utiliser un seau et surtout pas un verre, au risque de ne pas pouvoir éteindre, et de laisser le feu prendre de l'ampleur, nous contraignant rapidement à aller chercher une citerne !

La vitesse d'établissement

Quelle que soit la solution choisie, dès que nous nous plaçons dans le cadre d'une attaque sur un feu en phase croissante, il devient évident que la vitesse d'établissement occupe une place prépondérante dans les chances de réussites.

Dans le cas idéal d'un équipage composé de 3 binômes (2 pour l'attaque et 1 pour l'alimentation), les établissements tels que nous pratiquons en France restent valables : un binôme gère le dévidoir, les deux autres (avec ARI) établissent des lances.

Mais dans tous les autres cas, nous pouvons « mieux faire »...

Si nous prenons le cas de deux binômes, il est clair que durant le trajet les deux s'équiperont d'ARI. A l'arrivée, le Chef d'Agrès pourra toujours « transformer » l'un des binômes d'attaque en binôme d'alimentation, mais soit ce binôme se mettra à courir avec l'ARI sur le dos, risquant de graves blessures en cas de chute, soit ce binôme marchera, assurant ainsi sa sécurité mais pénalisant fortement le temps d'établissement.

Dans le cas d'un véhicule avec un seul binôme, la mise en œuvre d'un établissement en tuyaux de 70 avec une division, puis l'établissement d'une lance, le tout effectué par les deux mêmes hommes, est en contradiction avec cet impératif de vitesse.

Il faudra trouver des solutions pour optimiser les établissements, en respectant les contraintes budgétaires, mais également les contraintes de formations, si les changements en imposent.

Nouveaux modes d'établissement

Plusieurs solutions existent déjà et sont testées dans de nombreux endroits. Ce sont généralement les secteurs urbains qui ont été les principaux instigateurs des recherches sur les nouveaux modes d'établissement, essentiellement pour répondre aux problèmes posés par les établissements dans les escaliers.

Il est hasardeux de se concentrer uniquement sur les secteurs fortement urbanisés : il est clairement établi que les secteurs ruraux sont exposés aux risques thermiques, à cause du fort niveau d'isolation des maisons rénovées. Et comme en plus, ces centres sont les moins bien équipés et sont en effectifs réduits, ils doivent faire l'objet d'une grande attention en termes d'optimisation des performances.

N'oublions jamais que le flashover qui a causé la mort du Sgt Chef Pierre Labbé, s'est déroulé sur la commune de Plumaugat (22), qui ne compte que 1000 habitants environ et qui est défendue par un CPI d'une douzaines d'hommes.

Parmi les méthodes testées, nous pouvons citer :

- Les tuyaux en écheveaux, transportés à la fois par le BAT aidé par le second binôme ou même par le Chef d'Agrès (cf. les travaux réalisés entre autres sur le secteur du CIS Rezé dans le 44).
- Le sac d'attaque utilisé par la BSPP
- La caisse à tuyau : simple caisse en plastique dans laquelle les tuyaux sont rangés soigneusement, avec une lance pré-connectée. Il suffit de transporter la caisse pour que le tuyau se déroule tout seul.
- L'ajout d'un dévidoir avec des tuyaux de 45, ou même le remplacement des 82m de tuyaux de LDT par des tuyaux de 45 pré-connectés. La dernière longueur également pré-connectée peut être pliée en écheveaux à poste fixe sous le dévidoir, avec la lance.



Cette dernière solution (utilisée en test sur le secteur de Montigny-Les-Metz – Photo ci-contre) est sans doute la solution la plus simple à mettre en œuvre, puisqu'elle ne demande ni modification des engins, ni changement dans les manœuvres. Le principe d'établissement est celui de la LDT et les différentes manœuvres (de plain-pied, par les communications existantes et par l'extérieur), existent déjà.

Dans la majorité des cas cette solution est utilisée en remplacement de la seconde LDT des fourgons. A terme, il devrait être possible de l'utiliser en remplacement de la LDT principale. Et dans le cas d'un simple feu de poubelle, il suffirait alors d'utiliser le DMR-500 à son débit minimum.

De plus, dans le cas d'un VPI, limité à un point total de 3,5 tonnes, la mise en place de tuyaux de 45 sur le dévidoir de la LDT, permettrait de récupérer le poids (et le prix !) de celle-ci.

***Note :** les tuyaux pré-connectés possèdent un autre avantage, auquel les sapeurs-pompiers ne prêtent aujourd'hui pratiquement aucune attention : dans de nombreux pays, les tuyaux sont munis de raccords mâles à une extrémité des tuyaux, femelles à l'autre bout. Perdu dans un local, un sapeur-pompier pourra suivre un tuyau, et rendu à un raccord il pourra facilement déterminer le sens de cet établissement et sortir du local. Avec les demi-raccords utilisés en France, c'est plus délicat. Seul l'ajout d'un repère sur les tuyaux pourrait résoudre ce problème. Mais comme les tuyaux sont traditionnellement rangés sans être pré-connectés, cette solution est difficile à mettre en œuvre puisqu'il faudrait faire attention au sens lors du branchement. Avec des tuyaux pré-connectés, et avec une lance pré-connectée à une extrémité, le sens d'établissement est imposé par la force des choses et la mise en place de repère devient possible.*

Privilégier l'attaque ou l'alimentation

Prenons quelques exemples, afin d'illustrer plusieurs options tactiques.

Imaginons une équipe se présentant sur un pavillon dans lequel le feu s'est déclaré dans la cuisine, d'environ 16m², qui débouche sur une salle à manger. Les témoins indiquent qu'une ou plusieurs personnes se trouvent sans doute à l'intérieur. L'équipage est composé d'un Chef d'Agrès, d'un conducteur et de deux binômes, le véhicule étant un fourgon incendie avec 2500 litres d'eau.

Choix 1. Pratiquer les sauvetages. Le premier binôme est engagé sans eau, tandis que le second prépare l'alimentation. Suivant la distance, cette alimentation pourra prendre plusieurs minutes, durée pendant laquelle le premier binôme sera dans le local, sans protection. L'issue possible est connue : c'est celle de l'incendie de Blaina, au Pays de Galles, le 1^{er} février 1996, durant lequel deux sapeurs-pompiers Britanniques sont intervenus sur un feu de cuisine et ont tenté le sauvetage d'un enfant soi-disant présent sur les lieux, et ce sans eau. Bilan : 2 morts chez les sapeurs-pompiers qui n'ont eu aucun moyen de réagir face à l'embrassement.

Choix 2. Mettre une lance en action et faire manœuvrer un binôme en attaque avec cette lance, tandis que le second binôme alimente l'engin. L'attaque a de grandes chances de réussir puisque la surface impliquée est minime par rapport à la capacité d'une lance. A noter cependant que nous parlons ici d'une lance, donc d'un DMR-500 à 500 lpm, et pas d'une LDT, cette dernière nous ramenant à quelques choses près dans le cas de l'option 1. Mais attention cependant au type d'alimentation : si le fourgon doit se mettre en aspiration, il ne faut pas oublier que durant la phase d'amorçage de la pompe, le refoulement est généralement arrêté ! Si le premier binôme est dans le local, cela voudra dire qu'il se trouvera sans eau pendant de longues secondes... Dans la réalité, il sera sans doute préférable de laisser travailler le binôme d'attaque et de mettre en aspiration que lorsque ce binôme l'autorisera car ce sont ces hommes qui ont besoin de l'eau !

Choix 3. Disposant d'un fourgon avec 2500 litres, le Chef d'Agrès sait que cette quantité d'eau est suffisante pour pratiquer une attaque fulgurante, avec 2 lances, ce qui lui donnera un débit instantané de 1000 lpm. Avec son conducteur, ils mettent en place une faible longueur de tuyaux de 70 et une division sur laquelle les deux binômes réalisent des établissements d'attaque. Celle-ci est menée soit par les deux binômes en même temps, soit par l'un des deux tandis que l'autre est juste derrière en protection. En quelques secondes, le feu est écrasé. L'un des binômes reste sur place pour faire « les finitions » tandis que l'autre, pour plus de précaution, va alimenter l'engin. Une fois le feu maîtrisé (en quelques secondes, compte tenu de la puissance hydraulique mise en œuvre), les sauvetages peuvent se réaliser de façon efficace.

Autre exemple, celui d'un véhicule de petite capacité (VPI) arrivant sur le même type d'incendie. La encore, le même type d'attaque est possible, sauf que cette fois elle ne pourra être menée que par un binôme (un VPI est armé avec un Chef d'Agrès, un conducteur et un seul binôme).

Mais avec un équipage aussi réduit, il faudra bien préparer son coup : en cas d'échec, impossible de compter sur un second binôme en soutien. Seule issue : le repli. Etablir vite devient alors une obligation. Même avec un VPI doté seulement de 400 litres d'eau, ce mode d'attaque peut-être envisagé : avec un établissement de 80m de tuyaux de 45 , il restera $400 - (80 \times 1,60) = 272$ litres d'eau.

Avec un couloir de 10m et deux impulsions d'1 seconde tous les 1,50m, la progression consommera : $(10 / 1,50) \times 2 \times (150 / 60) = 33$ litres

A l'arrivée face au local en feu, le binôme disposera encore de 239 litre d'eau, là ou une surface de 40m² n'en nécessite que 50. Assez pour attaquer, observer et finaliser ou se replier.

Cela demandera surtout un entraînement régulier, mais aussi l'abandon des établissements en tuyaux de 70mm, puisque que dans ce cas, il ne resterait plus d'eau pour éteindre !

Note : en considérant une lance avec un rendement de 80%, en projetant donc en tout $33+50 = 83$ litres d'eau, le dégât des eaux ne sera que de 20% de 83 litres, soit 16,6 litres...

Entre 40 et 80m², la situation est toujours critique ; l'attaque peut-être menée très rapidement et peut permettre d'abattre le feu. Mais si cette attaque est trop lente, elle laissera le feu dépasser les 80m² et la lutte deviendra difficile. Dans ce cas il conviendra de manœuvrer différemment, et donc, pour reprendre les remarques du Cmd Becker de se contenter sans doute de « faire de la figuration ».

En fait, le Chef d'Agrès doit parfaitement connaître les capacités du véhicule et les équipes doivent savoir manœuvrer, en fonction de ce véhicule : rendu sur place, il est trop tard pour calculer les durée d'attaque possible, d'autant que les différents choix sont limités à deux paramètres :

- La surface
- La disponibilité pour l'alimentation

Etablir la LDT en attendant le DMR-500

C'est l'idée qui semble la plus logique. Puisqu'il faut un débit de 500lpm, établissons un DMR-500. Mais en même temps, la LDT est intéressante de par sa vitesse d'établissement. Fort de ces deux constatations, l'idée est souvent d'établir d'abord une LDT, afin de procéder rapidement à l'attaque (ou plutôt aux sauvetages), et en même temps de faire établir un DMR-500.

Nous avons déjà traité de ce cas de figures dans le document « Moyens de méthodes » (1) en montrant que le double établissement était stratégiquement dangereux, entre autres à cause de la différence de pression à l'engin pour les deux types d'établissement (soit la LDT n'a pas la pression nécessaire, soit le DMR-500 devient dangereux à manier compte tenu de la surpression qui lui sera appliquée). A ceci nous pouvons ajouter que la différence de vitesse d'établissement est très relative.

Nous ne donnerons pas ici de chronométrage. Nous vous laisserons le soin de réaliser vous-même le test suivant : côté gauche de votre fourgon, un binôme qui va établir la LDT. Côté droit un binôme qui va établir une lance. Afin d'optimiser et de jouer le jeu des établissements rapides, pré-connectez 4 tuyaux de 45 et rangez les en écheveaux dans un coffre de votre fourgon, avec un DMR-500 pré-connecté.

A l'ordre d'établissement, les deux binômes établissent simultanément. Le premier établit la LDT, le Chef du second binôme se contente de tirer la lance sur 80m tandis que son équipier donne le raccord au conducteur et rejoint son Chef. Vous constaterez que dans la plupart des cas c'est l'établissement en « 45 » qui est le plus rapide et que, dans les autres cas (rares !) le gain de temps est négligeable. En tout cas, les quelques secondes que vous pouvez espérer gagner avec la LDT ne

justifient absolument pas le danger que vous allez faire courir à votre binôme et surtout, ne justifient pas l'emploi d'un second binôme pour une lance au détriment d'autres actions (alimentation ou mise en parallèle d'une seconde lance à 500lpm).

De plus, le raisonnement ne peut se tenir qu'avec deux hypothèses :

1. La LDT s'établit avec un gain de temps minime. Par exemple 2min contre 2,10 pour l'établissement en DMR-500. Dans ce cas le gain n'est que de 10 secondes.... Pas « rentable » ...
2. La LDT s'établit avec un gain de temps énorme. 30 sec contre 4 min pour le DMR-500 par exemple. Outre le fait que dans ce cas, il serait temps de s'entraîner à établir, cela veut donc dire que vous mettez votre binôme en danger pendant 3,30min.... Et à voir la vitesse de progression des feux de locaux, nous pouvons nous demander si une telle option est bien raisonnable...

Globalité de l'intervention

Même avec une bonne connaissance des capacités des lances, la sécurité reste de mise, même face à des feux apparemment « minimes ». D'autant plus que cette projection des secours, au cœur même de l'incendie, ne va pas sans poser quelques problèmes.

Ce document n' étant pas destiné à étudier les feux de locaux eux-mêmes, nous ne donnerons ici que quelques pistes de réflexions, détaillés dans le document comparant les feux d'extérieurs aux feux d'intérieur (13).

- Les renforts. Une règle première consiste à les demander bien avant d'en avoir besoin, car compte tenu de la vitesse de progression des feux de locaux il faut mieux prévenir que tenter de guérir. Ainsi les habitations avec cage d'escalier accentuent ce problème. Une demande d'échelle automatique pour un feu de cave n'est donc pas ridicule car si la propagation se fait via la cage d'escalier, les intervenants risquent rapidement de se retrouver avec un feu dans les hauteurs de l'habitation.
- Le positionnement des hommes. Le sapeur-pompier se focalise généralement sur le feu. Sauf que dans les feux de locaux, le problème ne vient pas des flammes du foyer principal. Les flammes de ce foyer sont fixes, visibles, assez faciles à atteindre avec une lance. Au contraire ce sont les fumées qui sont dangereuses car elles se déplacent à l'insu des secours. Une règle simple consiste à dire que dès qu'il y a un plafond, il y a danger. Lorsqu'il y a un couloir de 10m de long, et tout au bout une petite pièce en feu, il faut considérer que l'intervention commence au début du couloir, et pas seulement à la porte du local en feu. Une maxime simple : « Plafond : attention ! »
- Le port de l'ARI pour le Chef d'Agrès. Vaste débat. Interrogés sur ce sujet, les membres du site flashover.fr ont répondu à 70% que le sur-pantalon et l'ARI devaient faire partie de la tenue du Chef d'Agrès. Un rapport récent du BPAE, relatif à un accident survenu lors d'un feu de chambre de bonne, préconise également la même chose. En reprenant la remarque précédente, nous mettons le binôme d'attaque en position avec ARI, déplacement en rampant, lance en eau etc... dès le début du couloir. Ce binôme va donc devoir se débrouiller seul dans le déplacement. Il faudra impérativement une personne à la porte, qui aidera au passage du tuyau tout en conservant la porte fermée, pour éviter d'aérer le feu. Or, placé au niveau d'un ouvrant, juste dans le cône d'expansion en cas d'explosion, cette personne est vulnérable. Et toute la zone l'est donc également ! Dans ce cas, si le Chef d'Agrès s'approche pour étudier la situation puis rendre compte, il doit être en tenue de feu complète, avec sur-pantalon et ARI. Dans le cas contraire, Chef d'Agrès ou pas, Officier ou simple sapeur, peut importe : on ne s'approche pas !
- Les accessoires. Rentrer dans un local avec des moyens hydrauliques et une chose, mais comment bloquer une porte qui a tendance à se fermer ou à s'ouvrir toute seule ? Comment ouvrir une porte sans la défoncer donc en ayant encore la possibilité de la maîtriser ? Comment décrocher une dalle de plafond ? Avec tout un ensemble d'outils, et d'accessoires : bloque-porte, Hooligan tool, gaffe télescopique, thermomètre infra-rouge... Tout un tas de petits outils, qui étaient inutiles tant l'on restait à arroser en jet bâton depuis l'extérieur, mais qui, aujourd'hui devraient être présents dans tous les fourgons. D'ailleurs, le contenu de la majorité des fourgons est encore représentatif de l'ancien temps : les outils de forçage de porte sont toujours aussi antiques (et violents !), et le nombre d'outils de déblais toujours aussi important !

- RIT. Le sapeur-pompier sauve les victimes. C'est bien. Mais il doit aussi prendre conscience qu'il n'est pas infallible et qu'il peut se trouver piégé. Et dans ce cas, il faudra porter secours à ces collègues en difficulté. De bonne foi, le Chef d'Agrès répondra qu'il a un binôme de sécurité. Mais, durant le trajet, il a désigné comme Binôme d'Attaque (BAT), les deux hommes les plus compétents, avec le plus d'expérience, et il a mis comme Binôme d'Alimentation les deux nouvelles recrues, fraîchement incorporées. Le BAT entre donc et se trouve en grande difficulté : l'évolution de la situation demande une connaissance supérieure à celle que possède ces hommes et demanderait également du matériel qu'ils n'ont pas. Et pour aller les secourir, nous allons envoyer un binôme composé de personnes moins expérimentées, et qui n'ont pas plus de matériel ? Avouons que c'est une situation assez étonnante. En fait, le binôme de sécurité doit plutôt être vu comme un binôme de relais : le binôme d'attaque dégrossit le travail pour être relayé par un autre binôme moins « pointu » qui interviendra sur une zone déjà un peu sécurisée. C'est cette logique qui a abouti à la mise en place des RIT (Rapid Intervention Team) : formée à diverses techniques d'extraction de collègues en difficultés, possédant tout un panel d'outils, « bricoleurs de génies », ces équipes sont présentes sur les lieux d'intervention, au cas où des problèmes surviendraient.
- L'entraînement. Là encore, vaste sujet. Se contenter de dérouler 20m de tuyaux sans mettre en eau, sous prétexte que c'est long à ranger, cela ne sert à rien. Il faut faire ressentir à chacun la difficulté de progression en tirant un tuyau sous-pression, faire ressentir le recul de la lance, apprendre à régler le débit ou la forme du jet en aveugle, répéter inlassablement la mise en position de sécurité en cas de flashover. Et enfin, il faut faire des exercices sur feu réel ! Le feu de local, c'est un feu qui va surprendre les intervenants par son intensité thermique. Or, dans un local où le moindre signe doit être observé, se laisser surprendre n'est jamais très bon. Les techniques d'ouverture de porte doivent également être travaillées (13).

Agir d'après le calcul ou d'après l'expérience ?

Ce document fera sans doute réfléchir bon nombre de sapeurs-pompiers. Il est possible de chercher à la contredire, mais les multiples recoupements font que la méthode apparaît plutôt simple et logique. Et à moins de faire changer les propriétés physiques de l'eau ou de trouver des lances qui, avec un jet diffusé, auraient une portée double ou triple des lances actuelles, difficile de faire mieux, du moins aujourd'hui.

C'est afin de simplifier l'estimation que nous nous sommes basés sur les travaux de Peterson : en intervention, il est difficile de réaliser tout un tas de calculs. Nous le vivons aujourd'hui avec les pressions aux engins : seul le conducteur préparant à l'avance un tableau de pressions, a des chances de régler correctement sa pompe : en pleine nuit, dans le bruit et la précipitation, recalculer les pertes de charges est utopique !

Pour l'extension du feu, c'est un peu pareil.

Il est donc plus sûr de se baser seulement sur quelques règles simples :

- Une lance peut traiter 40m²
- Le feu va progresser très vite
- La mise en eau est un préalable à toute pénétration dans un local, quelle que soit sa taille et quel que soit son niveau de combustion
- Seuls les sauvetages « par les fenêtres » (donc sans pénétration) peuvent éventuellement se faire sans moyens hydrauliques, mais dans tous les autres cas, c'est plus une partie de poker que du travail sérieux.

Ces principes, simples et ce paramètre de superficie, également simple à utiliser, peuvent trouver comme contradictoire ceux qui pensent que l'expérience est un « outil » largement supérieur. Mais l'expérience suppose la répétition, et surtout l'analyse de cette répétition. Or, à l'heure actuelle, force est de constater que le nombre d'interventions « feu » est en constante diminution (nous parlons évidemment des feux de locaux). De plus, il est désormais clair que les feux de locaux traités il y a 20 ans, étaient des feux de locaux généralement « embrasés » donc des feux se traitant à quelque chose près comme des feux de plein air.

A celui qui pense que seul l'expérience peut servir, il est possible de répondre deux choses :

Expérimenter est une bonne chose, à condition que cette expérimentation soit répétable, analysable et sans danger. Elle ne peut donc se faire que dans un cadre d'entraînement encadrés et maîtrisés, réalisés sur feux réels. Sans une telle possibilité, ce sapeur-pompier vous parle de connaissances acquises en intervention.

Posez lui alors la question de son ancienneté, du temps passé dans les différents grades, et surtout du nombre d'incendies de locaux sur lesquels il est arrivé sans que ce soit embrasé et sur ce très faible nombre, sur combien a-t-il réussi à tuer le feu avant l'embrasement. Vous constaterez que dans la très grande majorité des cas, il n'y a malheureusement qu'une illusion d'expérience, mais que dans la réalité, le nombre de cas réellement adaptés à cette problématique, est infime. Et compte tenu du fait que les problèmes viennent de l'évolution du contexte et que cette évolution est récente, cette situation est tout à fait compréhensible.

C'est cette constatation qui nous fait penser qu'il est largement préférable de se baser sur des calculs simples pour définir des actions. Bien évidemment, au fur et à mesure de son ancienneté, de ses interventions et de ses entraînements, le sapeur-pompier pourra affiner son jugement. Mais au départ, avec peu d'expérience, peu d'entraînement et dans des situations de stress extrême, il est sans nul doute préférable de se raccrocher à des principes simples, plutôt que de chercher à jouer les héros et à mettre les hommes en dangers, souvent par négligence ou par méconnaissance.

Plus loin avec les lances...

Il n'est pas question de faire ici un cours sur les lances, mais simplement de montrer rapidement plusieurs méthodes d'attaques.

Les calculs que nous avons réalisés sont adaptables principalement à la méthode du « TOZ » préconisé dans le GNR Français. Il existe pourtant de nombreuses autres méthodes, soit pour les actions offensives, soit pour les actions défensives. Trop souvent ces méthodes sont confondues les unes avec les autres.

***Note :** le calcul de la quantité d'eau nécessaire est globalement valable quelle que soit la méthode utilisée, sauf évidemment à mal utiliser cette méthode !*

Le crayonnage « à la Française » mérite quelques remarques. Après des tests du plafond et une avance en jets pulsés à faible débit, le porte lance attaque le feu en faisant des mouvements de lances destinés à « tracer » l'une des trois lettres « T », « O » ou « Z », en débit maximum et en jet diffusé. La longueur du « trait » de chaque lettre étant différente, en déplaçant la lance toujours à la même vitesse, tracer un « T » prendra moins de temps que de tracer un « O », qui lui même prendra encore moins de temps que de tracer un « Z » .

Après avoir choisi sa lettre en fonction du volume à traiter (et de l'intensité du feu), le porte lance devra bien se caller, idéalement il devra répéter son geste mentalement, puis le faire sans trop de précipitation.

***Note :** bien que cette technique soit simple à réaliser, il convient de s'entraîner car le recul d'une lance à 500lpm a tendance à surprendre plus d'une personne ! Or, s'il se déséquilibre le porte lance aura tendance à ouvrir incomplètement sa lance (pour en diminuer la force), et à faire un geste précipité ou désordonné, ce qui diminuera fortement l'efficacité.*



Crayonnage « à la Française ». Lance en jet diffusé d'attaque, débit maximal. Le porte lance trace ici la lettre « Z » et se trouve en fin de la barre supérieure (il déplace sa lance vers la droite). Le but est de remplir le plus grand volume possible avec des gouttelettes d'eau. Le geste est simple à faire et comme chaque tracé correspond à une durée d'arrosage et que le recul de la lance a tendance à précipiter le geste, il n'y a pratiquement aucune chance de trop mettre d'eau et de transformer le local en cocotte-minute.

Type d'attaque connue aux USA sous le nom de « combination attack » (attaque combinée).

Vidéo 18-112 / Attaque de feu par Bertrand Zimmer avec le Cmd Michel Persoglio,



Pencilling. C'est ce qui correspondrait le mieux à la traduction du terme « crayonnage », mais c'est une technique différente du « crayonnage Français ». Le but est de créer de grosses gouttes et de les déposer « gentiment » sur le foyer principal, ceci afin de le noyer progressivement, sans perturber l'équilibre thermique et sans générer d'excédent de vapeur. Cette technique offensive se réalise en jet bâton « mou », afin de ne pas « frapper » le foyer, mais bien d'y « déposer » de l'eau. Le porte lance alterne cette technique avec des jets diffusés « 3D » vers le plafond pour poursuivre le refroidissement de la phase gazeuse.

Photo New South Wales Fire Brigade (Australie)



Painting. Technique dont le terme se rapproche lui aussi du terme « pencilling » ou « crayonnage ». Mais c'est une méthode défensive. Après avoir refroidit les zones gazeuses le porte lance arrose délicatement (petit débit) les surfaces (murs et plafond) afin de déposer une sorte de film humide qui va créer une zone de sécurité et éviter la progression des flammes sur ces zones. Le geste ressemble à celui que l'on ferait pour peindre la surface. Il faut être prudent et ne pas arroser les parois trop chaudes au risque de créer de la vapeur. Dans ce cas, si les parois sont trop chaudes, il faut espacer le plus possible les applications.

Photo Sweedish National Fire Service College Sandö

Concernant le « TOZ », le GNR indique l'efficacité de cette méthode, mais l'explication donnée peut prêter à confusion. Nous pouvons ajouter les règles suivantes :

- Le porte lance ne fait pas les trois lettres les unes à la suite des autres mais choisit celle dont la durée est la mieux adaptée au volume à traiter.
- Il doit éviter de toucher les murs avec le jet (risque de production excessive de vapeur)
- Il doit toujours commencer le tracé par le haut du volume (zone gazeuse) pour finir sur le foyer « solide »
- Il doit tracer pour couvrir toute la surface : si le porte lance choisi de faire deux fois la lettre « Z », pour avoir 5 sec d'arrosage, pourquoi pas, mais à condition de les faire à deux endroit différents et pas en les superposant, ce qui ne fera qu'augmenter la production de vapeur en laissant des zone de feu non-atteintes.

Si le porte lance est dans l'impossibilité de tracer l'une des lettres (forme du local, surface, éléments gênants...) il peut « inventer » un autre tracé mais en respectant les règles ci-dessus. En tout état de cause, cela ne doit logiquement arriver que dans des cas exceptionnels

Note : Le principe du crayonnage n'étant adapté qu'à l'extinction de la zone réellement en feu, il n'est pas applicable lors de la progression. Pour progresser le porte lance devra utiliser la technique du « pulsing » à faible débit (150lpm), afin de tester le plafond et en même temps refroidir la couche gazeuse, ce qui lui permettra d'augmenter sa sécurité et son confort, donc en diminuant la température (1).

TOZ et « combination attack »

En nommant « crayonnage » une technique qui, dans les faits ne ressemble pas au « pencilling », mais plutôt à la « combination attack » des Américains, le GNR introduit un terme qui crée quelques confusion. C'est d'autant plus vrai que les informations sur la « combination attack » sont pour le moins rares et surprenantes.

Après avoir posé la question, nous avons obtenu la réponse suivante, de la part de Paul Grimwood :

*« La « combination attack » telle qu'utilisée par les sapeurs-pompiers Américains, fait généralement référence à une technique d'attaque indirecte, utilisant un jet diffusé, effectuée depuis l'extérieur du local, et visant à produire un surplus de vapeur d'eau, par l'application de gouttelettes sur les surfaces chaudes (murs, plafonds...) afin d'étouffer le feu.
La méthode utilisant le Z, O, T (et parfois le I) est une variation de la méthode utilisant un jet droit pour refroidir les zones supérieures. Elle est généralement utilisée par ceux qui sont opposés au principe du jet diffusé, ou qui sont incapables d'appliquer correctement un jet diffusé, à cause d'un équipement de mauvaise qualité, une mauvaise pression à la lance etc...
A l'origine, l'attaque indirecte (Floyd Nelson), était destinée à refroidir les gaz et pas les surfaces/plafonds. Peu de gens s'en rappellent !! Ceci dit, les deux termes sont devenus interchangeables. Dans la « combination attack » et « l'attaque indirecte », l'eau est appliquée sur les surfaces en jet diffusé. Le débit est calculé par la formule $V/100$ ou 100 est le volume en pieds-cube et le débit en Gallon (US), et ce durant une application de 30 secondes.
Cette méthode est encore utilisée par beaucoup de sapeurs-pompiers Américains, et nous la proposons dans notre ouvrage 3D Firefighting, comme une bonne manière de gérer dans certaines conditions, les cas de danger de backdraft ».*

Cela confirmerait les interrogations relatives au « TOZ » effectué à partir de l'intérieur du local : outre le fait que le danger de production excessive de vapeur est bien réel, l'usage d'un débit maximal amène deux autres problèmes.

1 - à 500lpm, le recul de la lance est violent et en cas de fermeture brutale de la lance, le coup de bélier est important avec des risques d'éclatement des tuyaux (par contre, une étude réalisée en Grande Bretagne a montré que cela ne détériorait pas les pompes). C'est ce qui explique entre autres que les autres modes d'attaques (pulsing 3D, pencilling, painting...) se fassent en faible débit, le fort débit étant toujours disponible en cas de problème.

2 - le diamètre des gouttelettes d'eau, change avec le débit de la lance. A faible débit, l'ajutage est minuscule et les gouttes d'eau sont plus petites. Elles sont donc adaptées au refroidissement de la couche gazeuse (fumées, roll-over...) car avec leur petit diamètre elles vont avoir le temps de s'évaporer en plein milieu de cette couche gazeuse. Par contre à fort débit, les gouttelettes sont plus grosses : elle vont donc passer au travers de la couche gazeuse en perdant un peu de leur volume, mais il restera encore de l'eau lorsqu'elles sortiront de cette zone. Le fort débit est donc parfaitement adapté pour envoyer de l'eau qui va « frapper » quelque chose, en passant au préalable au travers d'une couche gazeuse, par exemple pour atteindre le foyer principal, ou pour frapper les murs et produire de la vapeur.

En arrosant en l'air comme avec le « TOZ à la française », donc à fort débit, le porte-lance va projeter de grosses gouttelettes qui vont traverser les gaz sans les refroidir, et vont heurter les parois du local, risquant ainsi de produire une grande quantité de vapeur. Par contre en fin de geste (bas du « Z » par ex.) les grosses gouttelettes vont atteindre efficacement la zone « solide » du feu. Il est inefficace d'appliquer de l'eau de la même manière en haut (phase gazeuse) et en bas (phase solide) puisque pour la zone « gazeuse » il faut de fines gouttelettes, et pour la zone « solide » de grosses gouttelettes ou des « paquets d'eau ».

Ceci étant, l'apprentissage du « TOZ » est déjà une approche intéressante, qui met le porte lance face à des problématiques qu'il ne soupçonnait généralement pas. En plus, le geste étant limité, il devient presque impossible d'ouvrir la lance trop longtemps. Ce n'est qu'après avoir étudié et pratiqué ces gestes que le porte-lance pourra s'intéresser aux autres techniques, moins facile à mettre en œuvre, mais plus efficaces.

Conclusion

Un peu d'eau et beaucoup d'intelligence. C'est sans doute le cocktail qui permettra de lutter efficacement contre les feux de locaux. En tout cas, arroser pour arroser ne présente aucun intérêt, sauf à chercher à noyer les habitations et à détruire par l'eau ce que le feu aura épargné...

L'auteur



Sapeur Pompier Volontaire, Pierre-Louis LAMBALLAIS travaille sur les progressions rapides du feu depuis le début 2001. Il a participé à de nombreuses traductions pour le site internet Firetactics.com (Paul Grimwood, Shan Raffel...) sur des sujets relatifs à l'incendie dans sa globalité : stress thermique, matériel, besoins hydrauliques, simulations, accidents etc. Formateur sur caisson flashover il a accueilli des Officiers de nombreux départements sur le plateau technique dont il a assuré la mise en oeuvre. Il est responsable du site internet flashover.fr, qui, avec près de 50.000 exemplaires de documents téléchargés, est le point de référence des sapeurs-pompiers Francophones. pl.lamballais@flashover.fr

Ce document n'aurait pas vu le jour sans l'aide de nombreuses personnes : Franck Gaviot-Blanc pour la relecture et les compléments d'information, les membres du site www.flashover.fr, Greg « Verdi », les sapeurs-pompiers de Montigny-Les-Metz, nos amis Belges et Suisses, le NIST pour leurs documents. Evidemment Shan Raffel, John McDonough (Australie) et Paul Grimwood (UK). Merci également à tous les autres pour leurs encouragements, aux re-lecteurs qui se sont donné la peine d'apporter des remarques et de réaliser les corrections. Merci à tous et surtout, restez prudents !

Références / Bibliographie

1. Chartier, Gaviot-Blanc, Lamballais. « Moyens et méthodes d'attaque ». Flashover - 2004.
2. Guide du Formateur. Explosion de fumées, Embrasement Généralisé Eclair. Ministère de l'Intérieur (France).
3. Paul Grimwood & Cliff Barnett . « Fire-Fighting Flow-rate ». Firetactics - 2005
4. Ten Years of Heat Release Research with the Cone Calorimeter par Dr. Vytenis Babrauskas, (Fire Science and Technology Inc) <http://www.doctorfire.com/cone.html>
5. Huggett, C., Estimation of Rate of Heat Release by Means of Oxygen Consumption Measurements. *Fire and Materials* 4, 61-65 (1980).
6. « Comment tuer un BAT ou à défaut, le brûler grièvement... ». Flashover .fr - Mars 2005.
7. Règlement d'Instruction et de Manœuvres (RIM). France Sélection. 1978.
8. « Understanding Heat stress ». Shan Raffel MeFire (Australie)
9. « Through the door Snatch Rescues at Fires ». Paul Grimwood (UK), traduction Franck Gaviot-Blanc
10. Guide National de Référence Explosion de fumées, Embrasement Généralisé Eclair. Ministère de l'Intérieur (France).
11. « Etude du Backdraft de Watt Street ». Mathieu Perrin. Flashover – 2004
12. « Real Fire Data - Fires in non-residential premises in London 1994-1997 » Stefan Särdaqvist
13. « Feu d'extérieur, feu d'intérieur– Analyse comparative» flashover.fr – 2005
14. « Anatomie d'un backdraft » PL Lamballais – flashover.fr - 2005