

Lloyd Layman

*Lloyd Layman*¹ a fourni une description du feu sans équivalent dans toute la littérature scientifique ou technique. Les comptes-rendus de *Layman* datent de 1953 et 1955 et n'ont pas été surpassés à ce jour pour leur clarté et leur exactitude : en fait, il semble que personne avant lui n'avait observé le feu tellement la description paraît aller de soi. À vrai dire, on a l'impression d'avoir su cela de tout temps, ou que cela fait depuis toujours partie du savoir commun...

Layman examine le feu à titre de phénomène accidentel se produisant à l'occasion *dans les bâtiments*, mais les observations valent pour n'importe quelle incidence ordinaire et n'invalident pas la valeur descriptive des phénomènes du feu (par exemple, il va de soi qu'un feu à l'air libre ne réduira pas la proportion d'oxygène dans l'air ambiant comme cela se produit dans une structure fermée, mais, dans les deux cas, tout ce qui brûle finit bien par cesser de brûler faute de combustible...).

On oublie trop souvent que le feu a toujours un début et une fin ; lorsqu'il sera question d'analyse post-incendie, cette notion ne sera jamais un détail ou une caractéristique négligeable.

¹ **LAYMAN, L.** (1953) *Fire Fighting Tactics*. Boston : NFPA International.
LAYMAN, L. (1955) *Attacking and Extinguishing Interior Fires*. Boston : NFPA International.

Caractéristiques du feu

Des incendies de bâtiment selon *Lloyd Layman*

Le caractère tout à fait unique des travaux de Lloyd Layman dans les annales de la littérature technique et scientifique en matière de sécurité incendie est facilement remarquable en cela que personne d'autre ne s'est jamais arrêté sur la *description du processus d'incendie* à titre de phénomène dans ses manifestations ordinaires.

Dans deux ouvrages datant des années 1953 et 1955, Lloyd Layman propose une analyse et une description des phases d'un incendie de bâtiment pour aborder la question de la ventilation du bâtiment en proie à l'incendie, aux fins de supprimer l'incendie. En fait, Layman formule un système de formation pour la prise de décision sur les lieux d'un sinistre d'incendie :

« Chapitre 1. Introduction. Le but premier de ce texte consiste à esquisser un système d'entraînement pour les officiers et les futurs officiers des services municipaux d'incendie afin qu'ils se familiarisent avec l'art de diriger les opérations d'intervention. » [1953, p.7]

Les plus âgés parmi les professionnels québécois de la sécurité incendie ont l'impression d'avoir déjà lu cette matière quelque part, et ils ont raison car les ouvrages pour la formation des pompiers publiés à compter des années 1970 ont largement emprunté à Layman sans mention de source.

Le rôle du confinement et de la convection

Voici comment Layman ouvre son ouvrage publié en 1955 pour indiquer que le feu dans un bâtiment est 'confiné' :

« *Chapitre 1. Fondements régissant les incendies à l'intérieur. Les incendies à l'intérieur sont habituellement plus difficiles à attaquer et à éteindre que les feux impliquant les mêmes combustibles brûlant à l'air libre.* »
(1955, p.7)

Layman a compris l'importance du confinement et de la convection pour insister sur l'aération d'un bâtiment en proie à l'incendie et il suggère d'utiliser la convection pour éteindre le feu en remplaçant l'atmosphère surchauffée par une atmosphère inerte de vapeur d'eau et de l'air frais.

La plupart des auteurs s'en tiennent aux notions de conduction, radiation, convection sans autre forme de précision, de sorte que l'essentiel de la dynamique du feu dans un bâtiment n'est pas prise en compte. Les notions de conduction, de radiation, et de convection ne suffisent pas à évoquer la totalité des phénomènes du feu tant que l'on s'en tient à des généralités, et encore moins ces notions préparent-elles à distinguer les traces du feu, en particulier le foyer d'incendie. Toutefois, les ouvrages de Layman auront posé la pierre d'assise de la connaissance objective du feu à titre de phénomène ordinaire.

Layman exprime les caractéristiques de chaque phase d'incendie, selon les conditions qui prévalent dans un environnement intérieur. Les trois phases décrites caractérisent aussi un feu à l'air libre, mais il va de soi que la disponibilité d'oxygène dans l'air ne sera pas vraiment modifiée au cours d'un feu à l'air libre comme ce sera le cas la plupart du temps dans une structure fermée et parfois étanche où la convection rencontre des

obstacles et où la fumée et les calories tendent à s'accumuler :

Trois phases d'incendie

*Dans des conditions normales, un bâtiment est constitué de matières combustibles (habituellement des solides), de l'oxygène (21% dans l'air) et de la chaleur (à la température ambiante normale). Quand on augmente d'une manière excessive la température d'une portion combustible de la matière (un volume suffisant de matière soumis à une température suffisamment intense pour amorcer une combustion soutenue), le combustible se combine à l'oxygène dans l'air et il s'ensuit un incendie destructeur. Une chaleur excessive est produite et transmise aux matériaux combustibles voisins **par contact de la flamme**, par conduction, radiation ou convection. Il est souhaitable ici de revoir brièvement ce qui se produit véritablement dans un bâtiment confiné au cours du développement d'un incendie destructeur. Un incendie d'intérieur peut se diviser en **3 phases**:*

Un : phase d'incandescence

PREMIÈRE PHASE - Phase initiale ou incandescente (le pourcentage d'oxygène dans l'air à peu près normal - 21%). Si l'ignition est obtenue au moyen d'une flamme, ou si le combustible est constitué de gaz ou de vapeurs inflammables, cette phase de développement ne s'applique pas. Elle s'applique aux incendies intéressant les combustibles solides dont l'ignition est amorcée au moyen d'une petite source de chaleur. Cette phase de développement est caractérisée par les incidences suivantes:

(a) l'incandescence peut se maintenir pendant quelques secondes ou plusieurs heures avant que ne soient produites des flammes

(b) une fumée chaude sera libérée par la matière en incandescence et s'élèvera dans la partie haute de l'aire volumétrique en perdant toutefois sa chaleur par transfert à l'atmosphère plus froide et aux matériaux solides

(c) il n'y aura à peu près aucune diminution de la proportion d'oxygène dans l'air

(d) et à peu près aucune augmentation de la température dans l'aire volumétrique

(e) les dommages sont surtout imputables à la fumée.

Deuxième phase : production de flammes

DEUXIÈME PHASE - Période de production de flammes
(l'oxygène dans l'air peut varier entre 21 et 15%)

Cette phase de développement présente les caractéristiques suivantes:

(a) la quantité de matière consommée augmente rapidement, de même que production de chaleur

(b) période de croissance rapide et de destruction majeure

(c) la température de l'atmosphère intérieure augmente rapidement, causant son expansion volumique; si le taux d'expansion dépasse le taux de fuite, la pression de l'atmosphère intérieure sera supérieure à la pression de l'atmosphère extérieure

(d) cette augmentation de pression n'atteint qu'une fraction de psi mais elle peut exercer une force suffisante

pour causer vers l'extérieur la rupture des vitres affaiblies par la chaleur excessive

(e) la chaleur sera principalement concentrée au niveau supérieur de l'atmosphère dans l'aire du foyer d'incendie

(f) si le feu ne parvient pas à se frayer un ou des exutoires vers l'atmosphère extérieure, la proportion d'oxygène dans l'air décroît rapidement

(g) le volume des flammes diminue en proportion de la diminution du pourcentage d'oxygène dans l'atmosphère intérieure; la production de fumées augmente

(h) quand l'oxygène n'est plus qu'à 15% environ dans l'atmosphère intérieure, la production de flammes cesse.

Phrase trois : déficit d'oxygène

TROISIÈME PHASE - Incandescence *(le pourcentage d'oxygène dans l'air se situe à moins de 15%)*

Il y a peu d'incendies qui parviennent à cette phase, et ils se produisent habituellement dans les sous-sol ou dans les bâtiments résistants au feu. La plupart des incendies dans les bâtiments confinés parviennent à se créer des exutoires vers l'extérieur durant la période de production des flammes. La phase trois est caractérisée comme suit:

(a) la quantité de matière consommée n'augmente plus et la production de chaleur diminue

(b) des pertes de chaleur ont lieu par absorption dans les solides plus froids, par convection et par radiation à l'extérieur

(c) les pertes de chaleur peuvent s'avérer suffisantes pour causer une contraction volumique de l'atmosphère intérieure, entraînant une chute de la

pression à un niveau inférieur à la pression de l'atmosphère extérieure; ce différentiel de pression peut s'avérer suffisant pour causer une rupture vers l'intérieur des vitres affaiblies par la chaleur excessive

(d) si les vitres restent intactes, les pressions s'équilibreront par l'effet des infiltrations d'air de l'extérieur

(e) l'atmosphère se stratifie selon les températures ambiantes; la principale accumulation de chaleur excessive est localisée dans la partie haute de l'aire du foyer d'incendie

(f) la combustion incandescente se poursuit et l'atmosphère intérieure se remplit de fumées contenant un pourcentage élevé de monoxyde de carbone

(g) l'atmosphère intérieure peut contenir suffisamment de combustible pour former avec l'air un mélange inflammable; la phase trois semble engendrer les conditions de base pour une explosion de fumée.

(h) un bâtiment n'est pas étanche et il se produit par conséquent des échanges entre les atmosphères (intérieure et extérieure) après que le feu se soit engagé en phase trois; il semble se produire continuellement des fluctuations entre la pression positive et négative à cause de la contraction et de l'expansion de l'atmosphère intérieure de sorte que la fumée s'échappe par l'augmentation de la pression et l'air s'infiltré par la contraction de l'atmosphère intérieure; il y aura apparition intermittente de flammes dehors à proximité des points où l'oxygène

est disponible; ceci permet une circulation suffisante entre les atmosphères (intérieure et extérieure) pour éventuellement permettre au feu de revenir à la seconde phase (émission active de flammes).

Conditions en atmosphère confinée

Après que les flammes se soient manifestées dans une atmosphère confinée (phases 2 et 3), les conditions suivantes peuvent s'avérer:

(a) une chaleur excessive sera accumulée dans la partie haute de l'atmosphère à la grandeur de l'aire du foyer d'incendie; cette strate d'atmosphère surchauffée sera remplie de fumée et elle peut s'échelonner vers le bas à partir du plafond sur quelques pieds; la strate supérieure peut varier entre quelques centaines de degrés et 1500°F selon les circonstances et différents facteurs; dans un incendie particulier, la température de cette stratification peut s'étendre de 300°F au point le plus bas jusqu'à plus de 1500°F au plafond; dans l'espace confiné de hauteur de plafond normale, la température de l'atmosphère et des matériaux en hauteur peut dépasser 1500°F alors que la température au plancher ou près du plancher serait de moins de 212°F, la température de l'eau en ébullition

(b) dans l'aire du foyer d'incendie, la fumée sera d'une densité suffisante pour nuire à la visibilité

(c) dans l'aire du foyer d'incendie, l'atmosphère contient un pourcentage d'oxygène inférieur à la normale et possède des propriétés toxiques et irritantes.

Avant que le personnel d'intervention investisse les lieux et travaillent dans l'aire du foyer d'incendie, il est

nécessaire de prendre des mesures pour atteindre les objectifs suivants:

(a) éliminer ou réduire la probabilité d'une explosion de fumée

(b) augmenter la visibilité de manière à permettre aux pompiers d'opérer à l'intérieur du bâtiment

(c) abaisser la température intérieure pour permettre aux intervenants de pénétrer dans le bâtiment et y travailler [s'y déployer]

(d) fournir à l'intérieur une atmosphère contenant un pourcentage normal d'oxygène dans l'air

(e) réduire les propriétés toxiques et irritantes de l'atmosphère intérieure de manière à permettre aux intervenants d'opérer sans appareil respiratoire autonome ou avec un masque à filtre.

À ce jour il était de pratique courante de recourir à la ventilation directe pour atteindre ces objectifs. On parvient à ventiler directement en pratiquant des ouvertures (un exutoire et une prise d'air) commodément localisées et de dimensions adéquates, afin de provoquer des courants de ventilation entre les atmosphères intérieure et extérieure. La fumée et l'air chauds s'échappent par le ou les exutoires alors que l'air frais de l'atmosphère extérieure pénètre par les prises d'air, entraînant le remplacement de l'atmosphère intérieure par de l'air normal. Certains services d'incendie ont utilisé des appareils mécaniques comme des ventilateurs d'extraction ou des extracteurs de fumée pour accélérer le déplacement direct. Dans le présent ouvrage, on appellera "méthode conventionnelle de ventilation" le

déplacement direct d'une atmosphère intérieure par de l'air extérieur.

Après que l'incendie soit parvenu en phase deux et que les flammes se soient développées en volumes suffisants pour causer une accumulation de chaleur excessive dans l'aire du foyer d'incendie, il y a des risques certains à vouloir procéder au déplacement direct de l'atmosphère intérieure. La circulation d'air extérieur dans l'aire du foyer d'incendie procure suffisamment d'oxygène pour soutenir la production active de flammes [la combustion en phase gazeuse]. Les flammes gagneront rapidement tous les combustibles qui sont chauffés jusqu'à leur point d'ignition ou au-delà. Le feu peut alors se propager hors de contrôle avant que des mesures adéquates de suppression soient prises. Si l'incendie a atteint la phase trois, l'admission d'air normal peut causer une explosion de fumée.

On doit noter que la chaleur excessive constitue le facteur qui crée des conditions anormales dans le bâtiment concerné. Un excès de chaleur est responsable de l'origine de l'incendie, de sa propagation et son maintien. La chaleur excessive constitue le noyau dur du problème pour le contrôle et l'extinction d'un incendie majeur à l'intérieur. Si adroitement que soient appliquées les méthodes conventionnelles de ventilation, elles ne procurent pas une solution logique ou pratique pour le déplacement d'une atmosphère contaminée et surchauffée. Il existe une méthode scientifique et pratique de transfert de la chaleur excessive de l'intérieur d'un bâtiment vers l'atmosphère extérieure. LE PROCESSUS DE TRANSFERT DE LA CHALEUR EXCESSIVE

*VERS L'ATMOSPHERE EXTÉRIEURE CONSISTE À DÉPLACER L'ATMOSPHERE SURCHAUFFÉE ET CONTAMINÉE AU MOYEN D'UNE ATMOSPHERE INERTE DE VAPEUR. ON MAINTIEN UNE ATMOSPHERE INERTE DANS L'AIRE DU FOYER D'INCENDIE JUSQU'À CE QUE LE TRANSFERT DE CHALEUR EXCESSIVE SOIT COMPLÉTÉ, DE SORTE QUE LA VAPEUR SE CONDENSE ET L'ATMOSPHERE SOIT REMPLACÉE PAR DE L'AIR EXTÉRIEUR. (LAYMAN, L. (1953) *Fire Fighting Tactics*. Boston, NFPA, pp.55-60)*

Comme on le comprend, les différentes manifestations du feu sont individuellement observables à titre de phases d'incendie, et chaque mode de transmission de la chaleur (convection, radiation, et conduction) laisse des traces caractéristiques pour peu que la chaleur (l'énergie) transmise ait été suffisamment intense. C'est donc par l'observation et l'identification des traces et autres géométries que l'on parviendra à caractériser les manifestations d'un feu. Le recours à la grille d'analyse de Layman a une valeur structurante pour l'observation du feu dans ses manifestations visibles et dans son comportement eu égard aux conditions qui régissent la combustion.

Il importe peu qu'il existe ou non une quatrième phase d'incendie applicable aux incendies de bâtiments dans des conditions réelles, puisque de toute manière, *toutes les phases de l'incendie sont transitoires* ; de plus, certaines matières solides brûlent en incandescence seulement, comme le charbon, et d'autres subliment pour brûler en phase gazeuse sans transiter par l'état liquide. Par conséquent, il nous importe plus, aux fins de

l'observation, de connaître les modes de combustion des matériaux. Étudions néanmoins les phases du feu selon Layman pour aborder, justement, les modes de combustion.

phase 0 (état normal) = pas d'incendie, pas de manifestation d'incendie ni d'indice d'incendie

état normal → phase 1 = ignition et combustion incandescente : si la phase 1 se maintient suffisamment longtemps pour constituer un foyer d'incendie où peut s'établir un courant de convection, l'incendie risque d'atteindre la phase 2

état normal → phase 2 = ignition et combustion en phase gazeuse (avec flammes) : la plupart des incendies sont éteints en phase 1 ou en phase 2

phase 2 → phase 3 = l'incendie est demeuré confiné dans le bâtiment... .. et la combustion retourne à la phase incandescente des braises.

On pourrait examiner théoriquement toutes sortes de combinaisons. Mais aux fins de l'investigation ce sont les phases 1 (pour la séquence d'ignition) et 2 (pour la propagation à partir du foyer de l'incendie) qui nous intéressent plus particulièrement, dans n'importe quel environnement bâti.

On ne peut pas généraliser l'approche de Layman, car certains incendies se déroulent entièrement en phase d'incandescence sans jamais engendrer de flammes, et d'autres incendies ne se manifestent pas dans des environnements confinés (bâtiment ou véhicule).

La lumière des flammes n'est pas une caractéristique absolue du feu.