

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Le contrôle de la fumée dans les bâtiments en hauteur McGuire, J. H.; Tamura, G. T.

For the publisher's version, please access the DOI link below./ Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

Publisher's version / Version de l'éditeur:

<https://doi.org/10.4224/40001060>

Digeste de la construction au Canada, 1974

NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=0f51ca68-c5d0-4c81-95ae-603f52daf218>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=0f51ca68-c5d0-4c81-95ae-603f52daf218>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

Questions? Contact the NRC Publications Archive team at

PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

Vous avez des questions? Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

Digeste de la Construction au Canada

Division des recherches en construction, Conseil national de recherches Canada

CBD 134F

Le contrôle de la fumée dans les bâtiments en hauteur

Publié à l'origine en 1974

J.H. McGuire et G.T. Tamura

Veillez noter

Cette publication fait partie d'une série qui a cessé de paraître et qui est archivée en tant que référence historique. Pour savoir si l'information contenue est toujours applicable aux pratiques de construction actuelles, les lecteurs doivent prendre conseil auprès d'experts techniques et juridiques.

Le **CBD 133F** a décrit le mode de propagation de la fumée dans les édifices et donne des exemples de l'étendue des risques qui s'ensuivent. On a constaté que dans les bâtiments en hauteur l'évacuation complète en cas d'incendie souvent ne constitue pas la solution idéale au problème du sauvetage. La contamination peut s'étendre aux cages d'escalier et d'ascenseur en quelques minutes après que l'étage où l'incendie a pris naissance ait atteint un degré de pollution élevé. Par contre, l'évacuation complète pourrait demander beaucoup plus de temps, voire une trentaine de minutes, même si l'on se servait du réseau entier d'escaliers et d'ascenseurs.

L'autre solution évidente qui consiste à permettre aux occupants de rester à l'intérieur du bâtiment, est souvent peu pratique, surtout en ce qui a trait aux étages supérieurs. Des études sur la visibilité et la teneur en monoxyde de carbone ont démontré qu'une concentration de fumée excédant 1 pour cent celle qui peut régner dans la région immédiate de l'incendie n'est supportable que pour de très courts laps de temps. L'analyse d'un édifice hypothétique de vingt étages soumis aux conditions qui prévalent l'hiver démontre que la moitié supérieure du bâtiment pourrait connaître des concentrations de fumée de 15 fois supérieures à ce niveau après une période de temps considérable.

L'équation qui suit donne approximativement la concentration d'équilibre (C) de la moitié supérieure d'un bâtiment élevé et simple causée par un incendie à un niveau inférieur et par la cheminée d'appel associé au chauffage de l'édifice:

$$C = 3 C_o / N.n$$

où

C_o = Concentration de fumée d'équilibre à l'étage où l'incendie a pris naissance

N = Nombre d'étages de l'édifice

n = Nombre de compartiments semblables qui divise l'étage où l'incendie a pris naissance

Cette équation ne s'applique que lorsque toutes les fenêtres sont intactes et toutes les portes de tous les compartiments à l'étage de l'incendie sont fermées. Si l'on adopte le critère de 1 pour cent, cette équation suggère que dans les conditions spécifiées, il ne devrait pas se produire de concentrations dangereuses de fumée aux étages supérieurs, à condition que $n.N > 300$. Ainsi, dans un immeuble comptant dix appartements par étage, où un incendie se serait déclaré à un étage inférieur, la situation aux étages supérieurs ne serait supportable que si l'édifice avait plus de 30 étages.

Le fait de briser des carreaux au niveau de l'incendie (lorsque celui-ci a lieu à un étage inférieur) augmentera généralement de façon substantielle (facteur 3) les concentrations de fumée aux étages supérieurs de l'immeuble, à cause de la cheminée d'appel. Si la porte du compartiment où l'incendie fait rage est ouverte, tout l'avantage du cloisonnement est perdu, au moins en ce qui concerne son influence- sur les concentrations de fumée dans les espaces éloignés. D'autre part, si la porte et la fenêtre d'un ou de plusieurs compartiments adjacents sont ouvertes, l'air qui entre sert de diluant, pourvu que la porte qui mène au compartiment source d'incendie soit fermée, il en résulte une diminution de concentration maximale de fumée dans les endroits éloignés du bâtiment.

Buts du contrôle de la fumée

Jusqu'à présent, on s'est très peu arrêté à étudier les objectifs visés dans le choix des mesures à prendre pour contrôler la fumée; cependant tous les autorités intéressés sont unanimes à penser qu'un ou plusieurs escaliers menant directement à l'extérieur, devraient demeurer utilisables en permanence.

Vu que l'évacuation peut prendre beaucoup de temps, il est aussi indispensable de prévoir partout à l'intérieur de l'immeuble des locaux à l'épreuve de la fumée, qui sont assez vastes pour accommoder virtuellement tous les occupants. En fait, ces locaux pourraient être l'immeuble tout entier, exception faite de l'étage où l'incendie sévit, de l'étage au-dessus, et peut-être de l'étage en-dessous. On pourrait aussi ne prévoir que certains locaux bien définis qui seraient à l'épreuve de la fumée, comme un étage sur cinq, par exemple. Des exigences en plus de celles du contrôle de la fumée pourraient aussi être envisagées pour ces locaux.

La plupart des sapeurs-pompiers sont d'avis, qu'il est essentiel de prévoir un ou plusieurs ascenseurs destinés à leur usage exclusif. Quant à la concentration de fumée admissible dans ces cages d'ascenseur, les avis sont partagés. Certains experts affirment que le sapeur-pompier peut tolérer d'assez fortes concentrations de fumée (à l'aide d'un masque respiratoire), et que seul les effets de la fumée et des produits de combustion sur le fonctionnement de l'ascenseur doivent entrer en ligne de compte. D'autres suggèrent de maintenir la concentration de fumée à son plus bas niveau dans les ascenseurs désignés, afin de pouvoir les utiliser pour effectuer l'évacuation ordonnée des régions à proximité de l'incendie ou celle des étages les plus élevés.

Contrôle des matériaux impliqués dans un incendie

Une façon simple de résoudre le problème de la fumée dans les bâtiments est d'utiliser moins de matériaux susceptibles de dégager beaucoup de fumée et de gaz toxiques en cas d'incendie. Les renseignements disponibles sur le dégagement de fumée appliquées aux conditions d'écoulement d'air dans l'immeuble modèle de vingt étages étudié au **Digest 133F**, permettent de prévoir le taux de destruction du matériau nécessaire pour maintenir la pollution des cages et des étages supérieurs déjà pollués au degré critique de tolérance. Les taux constants de combustion requis sont très bas, aussi peu que 0.2 liv./min pour certains matériaux, bien que les degrés critiques de pollution ne seraient atteints que dans 3 heures. Cependant, il ne faudrait que quelques minutes pour polluer les cages si on détruisait une quantité 100 fois plus élevée de ce matériau.

Il est improbable que l'objectif de limiter la quantité de matériaux impliqués dans un incendie puisse être réalisé par une restriction absolue de la quantité de matériaux combustibles à l'intérieur d'un immeuble. On suggère plutôt d'employer un système d'extincteurs

automatiques, qui est beaucoup plus pratique et qui est, en fait, recommandé par certains experts en matière d'incendie comme étant la solution la plus fiable et la plus efficace.

Dilution de la fumée

Il est logique de considérer une autre solution au problème qui consiste à diluer la fumée à un niveau acceptable quand elle chemine de la source d'incendie vers une région voisine. On peut trouver le taux d'écoulement d'air nécessaire pour assurer une dilution suffisante à partir du taux de pollution et du critère de la concentration supportable. En se basant sur le critère de 1 pour cent, il faudrait un facteur de dilution de 100. On a vu que pour l'immeuble hypothétique de vingt étages⁽¹⁾, 2,800 pi³/min de polluant s'écoulaient dans les cages. L'air de dilution nécessaire dans ce cas particulier serait de 280,000 p³/min. Ces calculs ont été faits en tenant compte des conditions qui prévalent l'hiver, mais on pourrait maintenir des taux d'écoulement de la fumée polluante pendant des périodes de 20 minutes grâce au mécanisme de dilatation dans la région de l'incendie. On pourrait avoir recours à un taux d'écoulement de l'air diluant de plusieurs centaines de milliers de pi³/min pendant cette période de 20 minutes, indépendamment de la température extérieure, si la dilution était la seule mesure de contrôle de la fumée en jeu.

Si l'on étudie d'autres moyens de contrôler la fumée, on est porté à conclure que la dilution n'est pas le moyen le plus économique, surtout dans les conditions de nos hivers canadiens. Cependant si on ajoute la ventilation de la région de l'incendie, la dilution pourrait se comparer avantageusement, du point de vue économique, aux autres méthodes de contrôle, en été.

Les mesures employées dans certaines techniques qu'on étudiera plus tard et dont le but principal est de créer une certaine pression différentielle, impliqueront des écoulements d'air qui serviront souvent à diluer la fumée qui a pénétré dans certaines régions, avant que l'on ait pris des mesures pour la contrôler. Si l'air diluant se mélange à l'atmosphère de l'enceinte, la concentration de fumée est réduite d'un tiers de sa valeur précédente pour chaque volume d'air admis. En général, l'admission de deux ou trois volumes d'air y rendra l'atmosphère supportable.

Création de pressions différentielles favorables

Il y a une solution qu'on trouvera souvent appropriée, particulièrement au cours de nos hivers canadiens et qui consiste à créer des pressions différentielles favorables entre certaines cloisons à l'intérieur d'un bâtiment afin d'empêcher la fumée de se répandre hors du compartiment déjà pollué. On peut réaliser cela grâce à une ventilation naturelle ou à la pressurisation mécanique des cages. En imaginant des méthodes possibles, on peut supposer que le problème principal est la propagation de la fumée par les cages verticales en raison surtout de la dilatation, et aussi à l'appel d'air lié au chauffage du bâtiment.

Ventilation naturelle des cages

L'utilisation d'une gaine de fumée dans la région de l'incendie arrêtera efficacement la propagation de la fumée causé tant par la dilatation thermique que par l'appel d'air résultant du chauffage du bâtiment. Une cage de fumée est une gaine pourvue d'une ouverture donnant sur l'étage de l'incendie et une ouverture plus grande donnant vers l'extérieur, au toit. Pour décrire son effet, il convient de se référer aux diagrammes donnant les caractéristiques de pression illustrés dans les **CBD 104F** et **107F**.

La Figure 1 illustre les caractéristiques de pression d'un bâtiment représentatif en hiver; la Figure 2 illustre l'influence qu'exerce une gaine de fumée sur la région de l'incendie. La grande ouverture au niveau supérieur de la gaine de fumée assure le maintien des pressions qui sont plus faibles que celles des régions adjacentes à tous les niveaux de la gaine. À l'étage de l'incendie, elle maintient une pression relativement faible dans la région de l'incendie même. Il s'ensuit donc que les écoulements par tous les endroits de fuite entre la région de l'incendie et les régions adjacentes se feront en direction de l'incendie. La gaine de fumée à son tour acceptera tout le dégagement de la région de l'incendie ce qui empêchera la pollution de se répandre aux autres parties de l'immeuble.

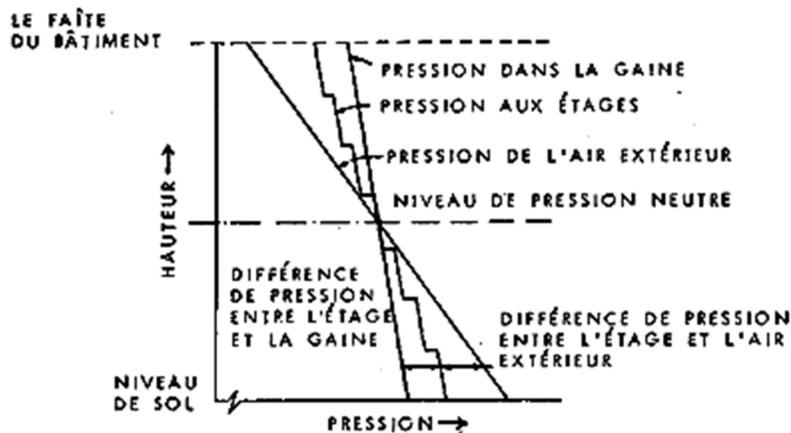


Figure 1. Caractéristiques de pression dans un bâtiment ordinaire (en hiver)

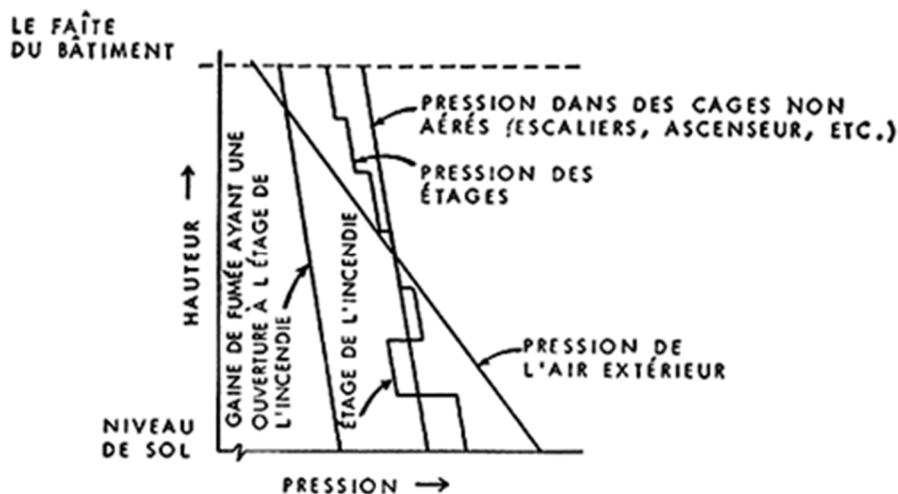


Figure 2. Différences de pression produites par une gaine de fumée.

L'été, l'appel d'air peut ne pas être immédiatement amorcé dans une gaine de fumée. Plutôt que d'attendre que la gaine soit réchauffée par l'échappement des gaz causés par la dilatation, on pourrait envisager l'installation d'un ventilateur à l'intérieur.

Malheureusement, le bris de plusieurs fenêtres dans la région de l'incendie annule l'appel d'air d'une gaine de fumée. La caractéristique de pression de l'étage où l'incendie sévit change pour coïncider avec la caractéristique de l'air extérieur (à ce niveau) et la fumée s'écoulera alors de la région de l'incendie vers les régions adjacentes.

L'action d'une gaine de fumée suggère une technique utile grâce à laquelle on peut éviter généralement que les gaines laissent la fumée s'échapper des étages inférieurs vers les étages supérieurs, par suite de l'appel d'air de la gaine. Si une gaine est fortement ventilée, au niveau supérieur sa caractéristique se déplacera vers la gauche, ce qui réduira les pressions de la gaine par rapport aux pressions de l'étage. Si elle est en fait, à gauche de la caractéristique de l'étage à tous les niveaux, alors la fumée s'écoulant dans la gaine aux niveaux inférieurs ne retournera pas autres étages, étant donné que l'événement au niveau supérieur constituera la seule sortie de la gaine. Deux caractéristiques de cette technique sont à noter: d'abord elle comporte la pollution de la gaine et deuxièmement son application dans les bâtiments en hauteur est considérablement restreinte par la nécessité de prévoir un événement de dimensions excessives au niveau supérieur⁽²⁾.

Si une gaine donne sur l'extérieur au bas, c'est-à-dire que le bas de la gaine est ventilé, on constate initialement la création de conditions réciproques à celles de la ventilation par le haut. La caractéristique de la gaine se déplace vers la droite, comme l'indique le pointillé de la Figure

3, l'air frais pénètre par l'ouverture du bas et s'écoule ensuite vers les étages par les fuites à tous les niveaux. De telles conditions seraient particulièrement idéales, étant donné que la cheminée elle-même reste exempte de fumée, mais malheureusement, on ne peut pas s'attendre à ce qu'elle dure indéfiniment. La gaine se refroidit et sa caractéristique de pression a tendance à changer, comme l'indique la ligne pointillée, se rapprochant de celle de l'air extérieur.

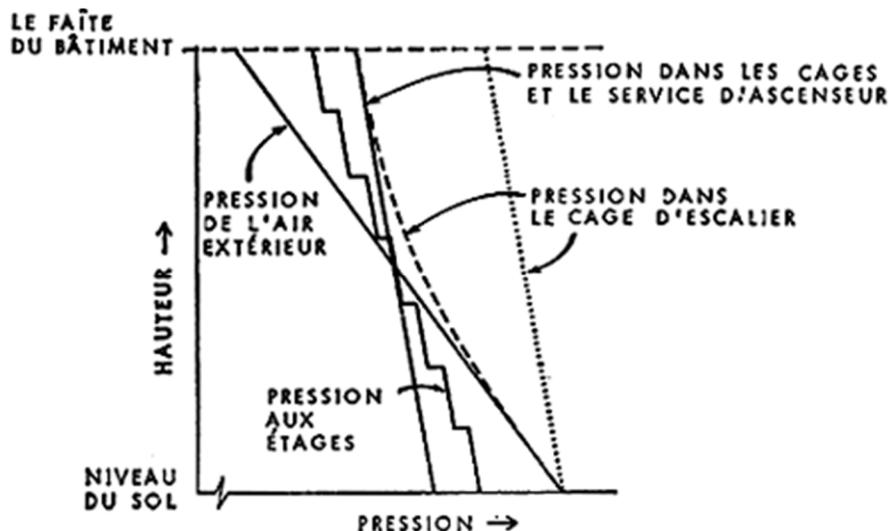


Figure 3. Caractéristiques de pression d'une cage d'escalier donnant sur l'extérieur au niveau inférieur.

Pressurisation mécanique

Lorsque l'on doit maintenir les cages libres de fumée, leurs caractéristiques doivent se déplacer vers la droite (c'est-à-dire une augmentation globale de la pression créée à tous les niveaux) et ceci peut se réaliser en injectant de l'air (chaud) dans les cages. L'effet est semblable à celui de la ventilation par le bas d'une gaine. Dans certains immeubles, le rapport des fuites cages/étages et des fuites superficielles vers l'extérieur est suffisamment élevé, de sorte qu'une augmentation des pressions dans les cages augmentera de façon appréciable les pressions des étages. Dans ces cas-là, il peut être plus pratique de pressuriser l'immeuble en général, et d'aérer la région de l'incendie. On trouvera dans l'ouvrage mentionné à la Référence (3) une étude détaillée des ramifications liées à cette ou tout autre méthode comprenant une ou l'autre des techniques mentionnées jusqu'à présent.

Autres Solutions

Il ne rentre pas dans le cadre du présent Digest de donner une liste complète des techniques possibles du contrôle de la propagation de la fumée dans les bâtiments en hauteur. Cependant, on doit faire mention de techniques qui dépendent de la disposition des aires du bâtiment.

L'analyse par ordinateur du cheminement de la fumée a indiqué que les gaines verticales constituent la voie principale de dispersion de la fumée à travers l'immeuble. Un moyen évident de combattre ce mécanisme consiste à séparer physiquement les gaines verticales des aires de plancher principales. Cependant, très peu d'immeubles seraient acceptables, au plus fort de nos hivers canadiens, si on ne pouvait avoir accès aux escaliers, aux ascenseurs, aux vide-ordures, etc., sans passer par une région complètement exposée aux conditions atmosphériques. Le concept devient plus pratique si la séparation est accomplie au moyen de couloirs qui renferment normalement de l'air tempéré mais pouvant être (3) fortement ventilé vers l'extérieur advenant un incendie.

Une autre solution de la même catégorie consiste à diviser un immeuble verticalement en deux, dans l'espoir qu'en cas d'incendie, un seul côté du bâtiment sera contaminé. Lorsque les deux parties d'un immeuble sont effectivement séparées spatialement et que la communication ne se

fait que par des vestibules ou des ponts qui peuvent être fortement ventilés ou pressurisés en cas d'incendie, le but que l'on s'est proposé peut facilement être atteint. Lorsque la séparation est assurée par une cloison, les pressions asymétriques exercées dans les deux parties de l'immeuble peuvent augmenter sensiblement les fuites par la cloison, par rapport à l'échappement de la fumée. On peut habituellement surmonter cet obstacle grâce à une application judicieuse, mais spéciale de la ventilation (souvent du côté de l'immeuble non touché par l'incendie)⁽³⁾.

On a entrepris récemment diverses études sur les techniques de contrôle de la fumée qui conviennent aux immeubles en hauteur, parce qu'on s'est rendu compte de la gravité des problèmes de fumée résultant des incendies dans ces bâtiments élevés. Par conséquent, il se peut qu'à mesure que ces études progressent et que les principes sont appliqués lors de la conception des bâtiments, des développements nouveaux autres que ceux dont on a fait mention dans ce Digest permettent d'apporter de nouvelles solutions aux problèmes.

Références

1. Tamura, G.T., Computer Analysis of Smoke Movement in Tall Buildings. ASHRAE Trans., Vol. 75, Part 11, 1969, p. 81-93.
2. Tamura, G.T. and Wilson, A.G., Natural Venting to Control Smoke Movement in Buildings via Vertical Shafts. Presented at ASHRAE Annual Meeting, Kansas City, 28 June - 1 July 1970.
3. Explanatory Paper on Control of Smoke Movement in High Buildings. National Research Council of Canada, Assoc. Com. Nat. Bldg. Code, Ottawa, June 1970, NRC No. 11413.