

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Résistance des bâtiments à l'incendie Shorter, G. W.

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/10.4224/40000957>

Digeste de la construction au Canada, 1967-03

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

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=6bd88dcb-cd42-409b-82c8-616c7d886029>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=6bd88dcb-cd42-409b-82c8-616c7d886029>

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 53F

Résistance des bâtiments à l'incendie

Publié à l'origine en mars 1967

G.W. Shorter

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.

La résistance au feu des cloisons de compartimentage d'un bâtiment constitue l'obstacle principal à la propagation d'un incendie qui fait rage. Les codes modernes de construction comportent des exigences plus ou moins sévères d'ignifugation des bâtiments selon la quantité de matières combustibles qui s'y trouvent habituellement et la destination des locaux. On appelle communément "charge combustible spécifique" la quantité de matière combustible emmagasinée par pied carré de plancher; ce terme a d'ailleurs été décrit dans le "**Digeste n° 33**".

Les premiers essais de résistance au feu

Avant la fin du 19^e siècle, des essais de résistance au feu étaient déjà exécutés en Angleterre et aux Etats-Unis sur les murs ou le toit de petits bâtiments. L'Anglais Edwin Sach et le professeur Ira Woolson, des Etats-Unis, firent oeuvre de pionniers en ce domaine. Le combustible employé était habituellement du bois auquel on ajoutait un peu de goudron, et la force des courants d'air était réglée en faisant jouer le registre de la cheminée située au sommet de l'ouvrage mis à l'essai. On mesurait les températures atteintes à l'aide de couples thermo-électriques reliés à des potentiomètres indicateurs. Lors des premiers essais réalisés à l'Université Columbia, on constata qu'il suffisait d'une corde de bois pour effectuer un essai d'une durée d'une heure dans ces petits bâtiments.

Perfectionnement des essais de résistance au feu

Au début du XX^e siècle, plusieurs chercheurs en divers pays élaborèrent une courbe durée-température qui servirait d'étalon pour les essais de résistance au feu. Ils s'appuyèrent sur l'expérience déjà acquise grâce aux premiers essais et, en 1918, cette courbe fut enfin mise au point aux Etats-Unis par un groupe d'experts parrainé par le "Comité d'étude des méthodes d'ignifugation de l'*American Society for Testing Materials* et par le Comité d'étude des modes de construction d'ouvrages résistant à l'incendie de la *National Fire Protection Association*. Par la suite, les essais de destruction complète par le feu, réalisés par le *National Bureau of*

Standards sous la direction de M. S. N. Ingberg, démontrèrent l'exactitude de cette courbe. D'autres essais firent apparaître le rapport entre la charge combustible spécifique et la durée d'un incendie, correspondant avec le coefficient de résistance au feu obtenu lors d'essais dans un four (voir le "**Digeste n° 33**"). Le *National Bureau of Standards* se livra à l'étude de dix types de locaux à destinations différentes afin de déterminer le poids moyen de matières combustibles entreposé par pied carré de plancher. Ces renseignements permettent d'estimer l'intensité et la durée probables d'un incendie en fonction de la quantité de matières combustibles présente.

Essais de résistance au feu

L'ASTM définit la résistance à l'incendie comme étant "la durée pendant laquelle un matériau ou un élément complexe continue de résister au feu et de remplir son rôle structural dans des conditions déterminées d'essai". Lorsqu'il s'agit d'éléments de construction, elle sera mesurée grâce aux méthodes et selon les critères définis dans l'ouvrage *Methods of Fire Tests of Building Construction and Materials* (Norme Le 19 de l'ASTM) ou dans *Standard Methods of Fire Tests of Door Assemblies* (Norme E152 de l'ASTM). Ces méthodes d'essai tiennent compte dans une certaine mesure des conditions réelles qui règnent lors d'un incendie dans un bâtiment. Un élément porteur, par exemple, doit être soumis pendant l'essai de résistance au feu à des charges engendrant des contraintes semblables à celles pour lesquelles il serait conçu; un élément non porteur doit être assujéti de la même manière pendant l'essai de résistance au feu qu'il le sera dans la pratique. Bref, un élément de construction doit continuer de remplir son rôle d'une manière satisfaisante lorsqu'il est exposé au feu.

Les échantillons d'essai doivent avoir des dimensions telles qu'ils représentent aussi fidèlement que possible la pièce réelle dont on veut évaluer les qualités. D'après les normes de l'ASTM, les échantillons de plancher ou de plafond doivent avoir une superficie d'au moins 180 pieds carrés. Une fois l'échantillon chargé ou assujéti, selon le cas, il doit être placé dans un four et exposé à l'action d'une flamme selon une courbe durée-température. La courbe de température mise au point par l'ASTM monte brusquement au début, la température s'élevant à 1 000°F en cinq minutes, et sa pente diminue ensuite de façon que la température atteigne 1 700°F en une heure. Elle s'élève ensuite à un rythme d'environ 150°F à l'heure. On mesure ces températures à l'aide de neuf couples thermoélectriques situés à l'intérieur du four à des distances déterminées de l'échantillon. La pente raide de la courbe durée-température représente le phénomène qui se produit dans un incendie dont l'intensité augmente à vive allure. L'horizontalité du segment suivant découle de la durée de l'incendie et de la quantité de matières combustibles qui se trouvent dans le local en feu. Bien que l'essai prenne fin en un point quelconque du segment horizontal de la courbe, la courbe durée-température d'un incendie réel présenterait un segment reproduisant l'extinction ou la période d'affaiblissement de l'incendie. On néglige de tenir compte de cette dernière phase lors de l'évaluation de la résistance au feu des composants d'un bâtiment.

La norme E119 de l'ASTM indique que trois phénomènes fondamentaux amenant la rupture peuvent se produire dans les échantillons d'essai:

- (i) il se peut que la température de la face de l'échantillon non exposée aux flammes s'élève de plus de 250°F au dessus de sa température initiale;
- (ii) l'échantillon peut s'affaïsser;
- (iii) il peut s'y former des fissures béantes.

Le critère d'élévation de la température donne la certitude que les matériaux combustibles entassés du côté du mur ou du plancher non exposé au feu ne s'enflammeront pas. Les températures qu'atteint la face non exposée de l'échantillon sont mesurées à l'aide de couples thermo-électriques placés sous es écrans d'amiante. Cette méthode permet de reproduire approximativement les conditions qui régneraient si les matériaux étaient placés sur un plancher ou contre un mur. Les matériaux serviraient de couche isolante permettant à la température superficielle du mur ou du plancher en question de s'élever plus rapidement que si ces derniers étaient en contact avec l'air ambiant. Si les matériaux présents sont combustibles, ils prendront feu.

Le critère des conditions d'effondrement s'applique particulièrement aux éléments porteurs tels les poutres et les piliers qui ne servent pas de parois mais qui portent ou étayent celles-ci. Il est particulièrement important pour les pompiers qui cherchent à maîtriser un incendie dans un bâtiment que le constructeur ait tenu compte de ce critère.

Si l'on prend les mesures de précaution nécessaires, on peut avoir la certitude qu'une paroi ne s'ouvrira pas au cours de l'incendie et que des fissures ou des fentes favoriseraient l'échappement des gaz chauds qui enflammeraient les matériaux situés du côté du mur à l'abri de l'incendie.

Lors des essais de résistance au feu effectués sur des portes ou sur d'autres dispositifs de fermeture faisant partie d'une paroi, on ne tient pas compte du critère d'élévation de la température, mais on doit réaliser les essais sur la porte ou les autres dispositifs dans l'élément de construction dont ils font partie. L'omission de l'exigence relative au critère est justifiée par le fait que l'on ne doit pas empiler de matériaux à proximité d'une porte ignifuge servant de passage à des personnes ou à des marchandises. Il suffit que cet élément de construction puisse empêcher la propagation des flammes pendant une période de temps déterminée.

Installations d'essai de résistance au feu

La Division de recherches en bâtiment possède deux grands fours où l'on peut réaliser des essais de résistance au feu conformément aux méthodes normalisées de l'*American Society for Testing and Materials* ou du *British Standard Institute*. On peut introduire dans le four d'essai pour les murs des échantillons de 14 pieds sur 14 pieds dont une superficie de 12 pieds sur 12 pieds sera exposée au feu. Ce four a été muni de l'équipement nécessaire pour imposer une charge aux échantillons à l'aide de vérins hydrauliques ou pour simuler un encastrement au moyen de cadres et de vérins. On peut placer des échantillons de 12 pieds sur 15 pieds dans le four destiné aux essais sur les planchers. Les éléments complexes de plancher, de plafond et de toit sont installés dans des cadres et on applique la charge sur la partie supérieure de l'élément au moyen de vérins hydrauliques. Bien que la Division ne possède pas de four séparé où l'on pourrait procéder aux essais de résistance au feu sur les piliers, en les soumettant en même temps à des charges, les dimensions du four pour essais sur les planchers sont suffisantes pour qu'on y effectue un essai subsidiaire de l'ASTM dont le critère de rupture est basé sur la température de l'élément protégé en acier. Cette méthode subsidiaire permet également de réaliser dans le four destiné aux planchers des essais sur les poutres d'ossature en acier. Les Laboratoires *Underwriters'* du Canada, situés à Scarborough, en Ontario, possèdent également des installations dont les fours peuvent servir à l'essai d'éléments composites de plancher ou de toit, y compris leur ossature.

Exigences du Code national du bâtiment relativement à la résistance au feu

Tous les codes de construction attachent beaucoup d'importance aux qualités requises des éléments de construction en matière de résistance à l'incendie. La deuxième partie du *Code national du bâtiment, Canada, 1960*, intitulée "Utilisation et destination", comporte des dispositions réglementant la hauteur et la superficie du plancher des bâtiments destinés à diverses utilisations, et ces exigences sont basées sur la résistance au feu des éléments de construction. Les impératifs de résistance au feu dépendent généralement à leur tour de la destination de bâtiment. Un bâtiment où serait emmagasinée une grande quantité de matières combustibles, par exemple, devrait bénéficier d'une résistance au feu très supérieure à celle d'un local ne contenant qu'une quantité minimale d'ameublement ou de marchandises combustibles. Les édifices élevés dérogent toutefois à ce principe car les éléments porteurs doivent avoir une résistance au feu supérieure à ceux des bâtiments moins élevés. Le *Code national du bâtiment, Canada, 1960* comporte en outre une disposition stipulant que certains bâtiments destinés à une utilisation spéciale doivent être construits à l'aide de matériaux "résistant au feu". Dans ce cas, le qualificatif "résistant au feu" signifie que l'ouvrage doit non seulement avoir un taux de résistance au feu d'une heure ait moins, mais aussi que les matériaux doivent être incombustibles. D'après le Code national du bâtiment, les taux de résistance au feu des ouvrages doivent être déterminés selon des essais effectués conformément aux méthodes de l'ASTM ou du BSI.

Cotes de comportement au feu

Habituellement, les autorités compétentes en matière de construction ont le droit d'exiger des bâtiments les cotes de comportement au feu adéquates. Tous les comptes rendus d'essais normalisés de résistance au feu contiennent des renseignements sur lesquels on peut se baser pour la détermination de la cote correspondante. Le Code national du bâtiment comprend une publication annexe publiée sous les auspices du Comité associé chargé des Codes nationaux de construction; cette annexe attribue une cote de comportement au feu à divers types Courants de construction qui y sont décrits avec précision. Elle est intitulée "*Cotes de comportement au feu, 1961*", Supplément n° 2 au *Code national du bâtiment, Canada 1960*. D'autres organismes publient des listes de cotes similaires, y compris les Laboratoires *Underwriters'* établis tant au Canada qu'aux Etats-Unis. Les laboratoires *Underwriters'* du Canada publient un ouvrage intitulé "*List of Inspected Appliances, Equipment, and Materials*"; les *Underwriters' Laboratories Incorporated of Chicago* publient un ouvrage intitulé "*Building Materials List*". Ces publications indiquent les cotes de comportement au feu applicables à des types spécifiques d'ouvrages. Malheureusement, il arrive souvent que le genre d'ouvrage que l'on se propose de construire diffère dans une certaine mesure de ceux pour lesquels les essais ont été effectués et il peut se révéler nécessaire d'évaluer la cote correspondant à une construction à partir des données disponibles, car on ne peut presque jamais effectuer des essais à bref délai. Il existe toutefois un certain nombre de règles basées sur des faits connus; elles peuvent se révéler utiles pour une évaluation rapide de la résistance au feu des éléments de construction.

Règles applicables à la résistance au feu

1. Le taux de résistance à l'inflammation causée par une forte élévation de température d'un élément de construction constitué d'un certain nombre de couches superposées est supérieur à la somme des taux de résistance des couches qui le composent lorsqu'elles sont exposées au feu séparément. Il serait bon de noter qu'il existe toutefois quelques cas où l'on ne peut appliquer la règle sus-mentionnée. Si, par exemple, la face non exposée aux flammes est recouverte d'une feuille métallique mince et luisante, il se peut que la transmission de chaleur au milieu ambiant soit très faible. Comme les propriétés isolantes de la feuille métallique sont négligeables, la présence de cette dernière peut abaisser la résistance totale au feu de la construction.
2. La résistance au feu d'un ouvrage ne diminue pas si l'on ajoute quelques couches de matériaux, bien qu'il y ait certaines exceptions à cette règle. L'addition d'une mince feuille métallique à une face non exposée, par exemple, diminue en effet la résistance au feu de l'ouvrage car elle limite la transmission de chaleur au milieu ambiant. Il faut que les caractéristiques de dilation thermique de la nouvelle couche appliquée sur une face non exposée soient semblables à celle de la couche adjacente afin d'éviter que des contraintes d'origine thermique ne prennent naissance dans l'ouvrage. La nouvelle couche doit contribuer au soutien des charges appliquées dans la même mesure au moins qu'elle accroît le poids de la construction.
3. La résistance au feu d'ouvrages comprenant des espaces d'air continus ou des cavités ininterrompues est supérieure à celle d'ouvrages semblables et de même poids où l'on n'a pas pris ces dispositions. On peut cependant considérer que les bâtiments où des matériaux combustibles se trouvent au long d'un espace d'air font exception, car il est possible qu'alors la présence de l'espace d'air continu favorise la propagation des flammes.
4. Un espace d'air ou une cavité accroît la résistance au feu de l'ensemble proportionnellement à la distance qui les sépare de la face exposée aux flammes.
5. La résistance au feu d'un ouvrage ne peut être améliorée en augmentant l'épaisseur d'une lame d'air hermétiquement enclose.
6. Il est préférable d'employer les couches de matériaux à faible conductibilité thermique sur la face de l'ouvrage où les probabilités d'incendie sont les plus grandes. Il se peut néanmoins que cette règle ne s'applique pas aux matériaux subissant des transformations physico-chimiques accompagnées d'une absorption ou d'un dégagement considérables de chaleur.
7. La résistance au feu d'un ouvrage asymétrique varie en fonction de la direction de l'écoulement thermique.

8. L'humidité augmente la résistance au feu des matériaux de construction si ceux-ci ne se fissurent pas en éclatant. L'accroissement de la résistance au feu peut atteindre 7.5 pour cent pour chaque augmentation de un pour cent (en poids du matériau) de l'humidité. Les matériaux peu perméables, tel le béton dense, sont sujets à se fissurer par éclatement si leur teneur en humidité dépasse une valeur critique. Il semble cependant probable que la teneur en humidité du matériau sera toujours passablement inférieure à cette valeur critique dès qu'il aura vieilli pendant quelques années dans des conditions normales.
9. Une fois assemblées, les poutres, les longrines et les solives constituant la charpente d'un plancher, d'un toit ou d'un plafond ont une résistance au feu supérieure à celle qu'elles possèdent individuellement. Lors d'un essai de résistance au feu, les poutres et les longrines sont soumises à des températures très élevées tandis qu'au même stade le parquet ou le toit-terrasse sont à peine affectés par la chaleur. Par suite de l'affaissement progressif des poutres, le plancher ou les dalles de toiture transmettent directement aux murs ou aux piliers une proportion grandissante de la charge. La charge que les poutres ou les solives supportent décroît donc graduellement. Ce phénomène est très différent de ce qui se produit lorsque les éléments porteurs sont soumis aux essais séparément et que les charges appliquées sont constantes et égales à la charge prévue, durant toute la durée de l'essai.
10. On peut remplacer les poutres, les longrines et les solives d'un type particulier constituant la charpente d'un plancher, d'un toit ou d'un plafond par d'autres éléments porteurs pourvu que la résistance au feu des nouveaux éléments ne soit pas inférieure à celle de l'assemblage original lorsqu'ils sont mis à l'essai séparément. On ne doit procéder à ce remplacement que si l'on dispose de résultats d'essais de résistance au feu donnant le comportement des éléments pris individuellement et non en constituants d'un élément composite.

Les éléments d'ossature des constructions à charpente légère, soit en bois soit en acier, auront une résistance au feu relativement faible (ils s'effondreront souvent au bout de deux minutes) s'ils sont directement exposés aux flammes. Cette règle s'applique autant aux éléments composites de plancher et de plafond qu'aux murs. Le revêtement de la face exposée aux flammes, qu'il soit en panneaux de placoplâtre ou en plâtre de dressage recouvert de plâtre de finition, déterminera en grande partie la résistance au feu de l'ouvrage. L'incendie se propage sur la face non exposée au feu plutôt à cause d'un effondrement que par suite d'une forte élévation de température et l'inflammation peut se produire assez rapidement une fois que la protection offerte par le revêtement est disparue, soit que ce dernier ait éclaté, ou qu'il se soit détaché. La nature du revêtement et ses qualités d'adhérence ont donc un effet primordial sur la résistance au feu d'un ouvrage muni d'un revêtement. L'espacement des appuis, le mode de fixation, la quantité et le genre de grillage, de treillis ou d'armature employés peuvent présenter beaucoup d'importance à cet égard.

La rupture des éléments de charpente porteurs, tels les poutres et les piliers dont la rigidité est assurée par une armature d'acier, survient la plupart du temps par effondrement, par suite de la détrempe de l'acier et de son fluage accéléré sous charge, dès que sa température dépasse une valeur allant de 1 000 à 1 200°F. La résistance au feu de ces éléments dépend de la vitesse à laquelle la chaleur se transmet à l'acier, c'est-à-dire du matériau protecteur et de la capacité d'emmagasinage thermique de l'élément. Ces deux facteurs déterminent le moment où les températures limites sont atteintes.

Au cours d'un incendie, les dalles de béton armé peuvent perdre leur résistance au feu soit par effondrement ou par suite d'une élévation excessive de température de la face exposée aux flammes. La rapidité de l'élévation de la température dépend de l'épaisseur totale et de la densité du béton tandis que les dalles résistent à l'effondrement d'autant mieux que la face exposée aux flammes comporte une plus grande épaisseur de béton protégeant l'armature d'acier. Il est donc très important de tenir compte de ces deux points lorsqu'on évalue les possibilités de résistance au feu de ces ouvrages.

Conclusion

Grâce à l'accroissement du nombre des données relatives au comportement des matériaux lorsqu'ils sont exposés aux flammes, il sera finalement possible de prévoir la résistance au feu de nombreux types de constructions. Il reste beaucoup à faire, toutefois, avant que l'on puisse en arriver à ce degré de précision et nous devons encore nous appuyer en grande partie sur les résultats d'essais normalisés, effectués sur une grande échelle pour l'évaluation du comportement probable d'un ouvrage particulier. Il est tout à fait évident que les dimensions des matériaux, les conditions de chargement, le type de matériaux et la qualité de la main-d'oeuvre auront un effet considérable sur le comportement des ouvrages. Il n'est pas possible d'évaluer l'importance de ces facteurs par de simples essais et il faudra donc puiser dans le bagage des expériences personnelles et user de discernement pour prévoir le comportement possible d'ouvrages particuliers.