



Résistance au feu des grosses pièces de charpente de bois. Malgré la carbonisation profonde, tout reste en place
Photo SAPEURS-POMPIERS - PARIS



Comportement au feu d'une charpente en fer. Les grosses pièces ont été déformées sous l'action de la chaleur
Photo CENTRE TECHNIQUE DU BOIS

Cette rubrique est dirigée par :

Ph. MARGERIE

Ingénieur en chef du G.R.E.F.

Conseiller technique D.I.C.T.D.

Ministère du développement industriel et scientifique

3, rue Barbet-de-Jouy
75 - PARIS (7^e)

économie et forêt

LE COMPORTEMENT AU FEU DES BOIS

N. MARGOSSIAN

Class. Oxford 843

Le bois, matériau de construction de choix, connu et utilisé par l'homme depuis des millénaires, est une substance combustible. Si cette propriété de combustibilité a été et demeure encore exploitée comme source de chaleur et de bien-être, indispensable à la vie, il n'en reste pas moins vrai que cette tendance à brûler est l'un des inconvénients majeurs du bois en tant que matériau de construction et d'ameublement et limite son emploi.

L'homme, tout en utilisant cette combustibilité, a cherché à améliorer la résistance au feu du bois, là où il lui semblait nécessaire et en particulier dans la construction et l'ameublement.

Dans les lignes qui suivent, nous nous proposons de passer rapidement en revue, le comportement au feu des bois et les différentes techniques mises en œuvre pour accroître sa résistance au feu ; dans une dernière partie, nous essayerons de comparer le bois aux autres matériaux de construction.

RÉGLEMENTATION ET CLASSIFICATION DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

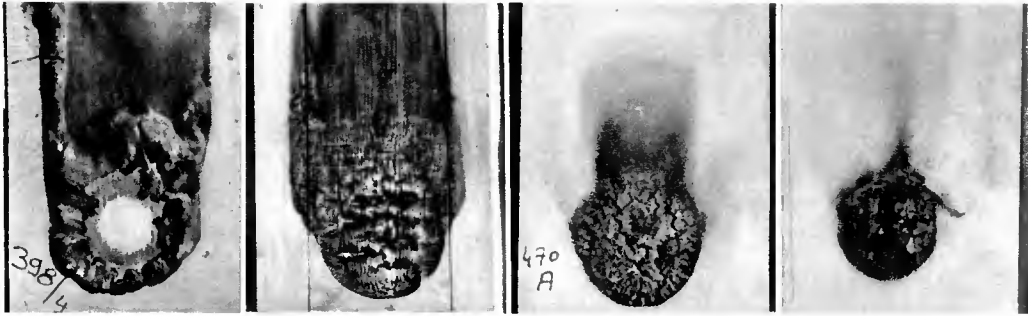
L'ampleur et la fréquence des dégâts causés par les incendies dus aux matériaux de construction, ont conduit les pouvoirs publics et les autorités compétentes en matière de sécurité, à réglementer l'emploi de ces matériaux dans les différents secteurs d'activité.

L'essentiel de cette réglementation en France est consigné dans la brochure n° 1011 « Sécurité contre l'incendie » éditée par *le Journal Officiel*, et les annexes mises à jour, dont la brochure n° 73-176 relative à l'arrêté du 4 juin 1973.

Cette réglementation, quoique assez complexe et quelquefois imprécise, rend obligatoire un certain nombre de mesures indispensables pour la prévention des incendies. L'arrêté du 4 juin 1973 classe les matériaux et éléments de construction en six catégories, en fonction de leur comportement au feu. Ces six catégories sont :

M.0.	Incombustible	M.3.	Moyennement inflammable
M.1.	Non inflammable	M.4.	Facilement inflammable
M.2.	Difficilement inflammable	M.5.	Très facilement inflammable

La réaction au feu, donc la classification d'un matériau est déterminée par une série de méthodes d'essais et d'appareillages normalisés et codifiés par cet arrêté. Ces essais consistent essentiellement à exposer des éprouvettes de dimensions déterminées, à une source de chaleur (épiradiateur), dans des conditions bien déterminées. Les critères retenus à la suite de ces essais (indice d'inflammabilité, indice de développement des flammes, indice de la longueur maximale des flammes et indice de combustibilité) permettent la classification du matériau dans l'une des six catégories.



Les quatre classements de l'essai d'inflammabilité :

- a. Plaque de liège sur support amiante ciment "facilement inflammable"
- b. Bois massif naturel "moyennement inflammable"
- c. Panneau de particules ignifugé dans sa masse "difficilement inflammable"
- d. Contreplaqué 5 mm revêtu d'un vernis ignifuge "non inflammable"

Photo CENTRE TECHNIQUE DU BOIS

Ainsi, les matériaux minéraux tels le béton, le plâtre, les briques, la laine de verre et les fibres d'amiante sont classés dans la catégorie M.0. Les bois non traités, les contre-plaqués et les panneaux de particules de bois appartiennent aux catégories M.3. et M.4. ; traités contre le feu, ces mêmes bois peuvent être ramenés à des catégories moins inflammables M.2. et M.3.

Pour chaque utilisation dans un domaine déterminé, ne sont autorisés que les matériaux classés dans une catégorie bien définie ou dans les catégories moins inflammables.

LE COMPORTEMENT AU FEU DES BOIS

Le bois, porté à des températures supérieures à 200 °C dégage des vapeurs inflammables qui brûlent dans l'air et sont les principaux responsables de la propagation du feu dans les incendies.

Nous étudierons successivement la décomposition pyrolytique et la combustion proprement dite des bois.

La décomposition pyrolytique du bois

Le bois est un matériau organique naturel ; il est constitué essentiellement de cellulose, et de lignine, puis à côté et en plus faibles quantités, de résines, d'essences, de tanins et d'eau. Les proportions respectives de ces différents composants varient d'un bois à l'autre.

Tous les constituants des bois, abstraction faite de l'eau et des sels minéraux, sont des molécules organiques constituées d'atomes de carbone, d'hydrogène et d'oxygène ; ces molécules, portées à des températures élevées, se décomposent suivant des processus fort complexes et libèrent un certain nombre de substances simples, assez bien connues.

Un bois quelconque, soumis à un chauffage progressif, se comporte comme suit :

— jusque vers 150 °C, le principal produit dégagé est la vapeur d'eau ; le bois perd son humidité sans cependant se décomposer ;

— à partir de 150 °C, on assiste à la décomposition proprement dite des constituants du bois qui commence à brunir et dégage des produits gazeux dont la composition varie avec la nature et la température du bois.

Entre 150 °C et 300 °C, il se dégage surtout du gaz carbonique, de l'oxyde de carbone et de la vapeur d'eau. Au-delà de 300 °C, les hydrocarbures forment l'essentiel des gaz dégagés.

La décomposition pyrolytique en absence d'air, autrement dit la carbonisation du bois, qui était jadis, la principale source industrielle d'un grand nombre de produits industriels (formol, alcool méthylique, acétone), conduit à la formation de quatre types de produits :

— des gaz non condensables à la température ambiante dont les plus importants sont le gaz carbonique, l'oxyde de carbone, l'hydrogène, le méthane, l'éthylène et d'autres hydrocarbures ;

— des liquides solubles dans l'eau appelés pyroligneux et constitués essentiellement d'eau, d'acides organiques (acide formique, acide acétique), d'alcools (méthanol ou alcool à bois), de formol et d'acétone ;

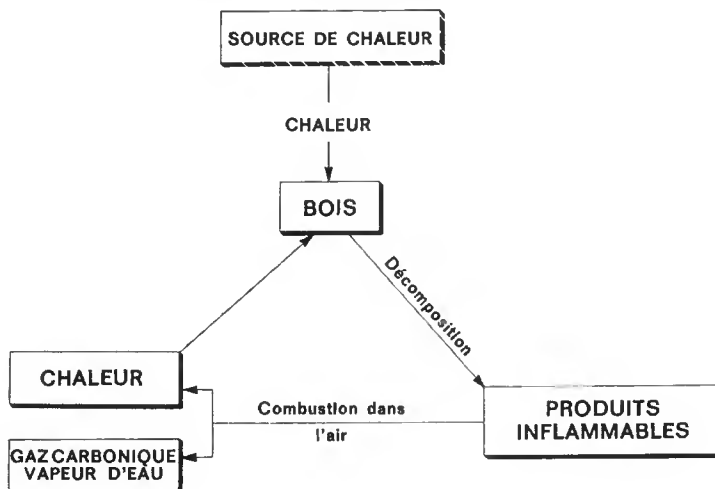
— des liquides visqueux insolubles dans l'eau, appelés goudrons de bois ; leur composition est très complexe ; on y décèle la présence d'acides, de phénols, de résines, etc. ;

— un résidu solide, riche en carbone, appelé charbon de bois.

La combustion du bois

La majorité des produits de décomposition des bois sont inflammables et brûlent dans l'air ; ils sont à l'origine de la plupart des incendies.

Une source de chaleur, généralement extérieure, chauffe localement le bois qui, porté en cet endroit à une température élevée, subit une décomposition ; les substances gazeuses formées sont susceptibles de s'enflammer en présence d'air. La combustion dégage de la chaleur qui à son tour, favorise la décomposition du bois, donc le développement du feu. On assiste à un phénomène en chaîne qui est à l'origine de la propagation du feu. Le schéma représenté sur la figure 1 montre le processus de l'inflammation du bois et de la propagation du feu.



Les principaux gaz et vapeurs inflammables, responsables de la propagation du feu sont : l'oxyde de carbone, l'hydrogène, les hydrocarbures, les alcools, le formol et l'acétone. Les fumées riches en goudrons et le résidu charbonneux ne s'enflamment pas aussi facilement que les gaz, mais ils brûlent lentement (c'est le phénomène de l'incandescence ou rougeoiement), en dégageant une quantité de chaleur non négligeable.

En présence d'un excès d'oxygène, la combustion du bois est complète et les seuls produits formés sont le gaz carbonique et la vapeur d'eau, tous deux peu toxiques et non inflammables. Cependant, en pratique, au niveau des flammes, l'apport d'air frais, donc de l'oxygène est faible et la combustion reste incomplète ; ceci explique la présence d'autres gaz que le gaz carbonique et la vapeur d'eau au voisinage des flammes ; certains de ces gaz sont toxiques tels l'oxyde de carbone, le formol, les oxydes d'azote, etc.

LA PRÉVENTION DES INCENDIES — LA PROTECTION DES BOIS CONTRE LE FEU

La prévention des incendies et la lutte contre le feu est l'une des principales préoccupations des hommes. La lutte contre le feu qui consiste à intervenir par des moyens divers, une fois le feu déclaré, reste essentiellement du domaine des sapeurs-pompiers et des équipes de secours existants ou improvisés ; par contre, la prévention des incendies suppose une intervention au niveau de la conception et du choix du matériau et relève par conséquent du domaine des bureaux d'études et des constructeurs ou fabricants.

Le bois, matériau combustible par excellence, doit donc être protégé efficacement contre le feu ; cette protection est par ailleurs rendue obligatoire par la réglementation dans de nombreux domaines d'applications.

Deux types de protection des bois contre le feu sont employés à l'échelle industrielle ; ce sont :

- les techniques d'isolation thermique des structures en bois ; elles consistent essentiellement à interposer entre le bois et l'extérieur, un revêtement susceptible de retarder, voir même d'empêcher l'échauffement du bois et ainsi, de diminuer le risque d'incendie ;
- les techniques d'ignifugation qui consistent à traiter le bois de façon à le rendre moins combustible et retarder par conséquent la naissance et la propagation du feu.

Les techniques d'isolation thermique

Le but recherché est de créer un écran thermique entre la source de chaleur extérieure et le matériau en bois ; l'échauffement, donc la décomposition et l'inflammation du bois se trouve ainsi retardés et la propagation de l'incendie, au cas où le bois prend feu, est rendue difficile.

Les principaux revêtements utilisés sont :

— Les enduits et les revêtements minéraux qui sont essentiellement des isolants thermiques. Il s'agit de substances minérales incombustibles, généralement peu fusibles.

Le plus connu de ces revêtements est le plâtre, à la fois économique et très efficace ; il est utilisé depuis des siècles. Certaines substances fibreuses telles l'amiante et la laine de verre, mélangées ou non au plâtre, donnent également des résultats satisfaisants ; la vermiculite, variété d'argile, expansible sous l'influence de la chaleur, est utilisée avec succès.

Ces revêtements et enduits présentent une protection efficace contre le feu ; cependant, leur opacité et leur manque d'esthétique par rapport au bois limite leur emploi, malgré certains effets décoratifs obtenus.

— Les peintures et les vernis, généralement moins efficaces que les revêtements minéraux, présentent sur ces derniers, l'avantage de conserver au bois ses qualités esthétiques et présentent une meilleure adhérence au support.

Il s'agit essentiellement de peintures et vernis ignifugés, difficilement inflammables et qui s'appliquent normalement, au moyen des techniques habituelles (pinceaux, rouleaux, pistolets à pulvérisation ou électrostatiques, etc.).

Une technique assez récente et qui donne des résultats plus satisfaisants que les peintures et vernis ignifugés, consiste à utiliser des peintures intumescents ou foisonnantes, qui, à chaud, par suite d'un dégagement gazeux, forment une couche poreuse isolante, très efficace.

Les techniques d'ignifugation des bois

L'ignifugation est l'une des techniques les plus couramment employées pour la protection des matériaux contre le feu.

Le mode d'action des ignifugeants sur la combustion du bois est assez complexe et relativement mal connu ; on peut néanmoins mettre en évidence les processus suivants :

— les ignifugeants orientent la décomposition vers un maximum de formation de résidu charbonneux, avec diminution des quantités de substances gazeuses formées ;

— les ignifugeants favorisent la formation de gaz non inflammables (gaz carbonique, vapeur d'eau) au détriment des gaz combustibles, principaux responsables de la propagation du feu ;

— certains ignifugeants étouffent les flammes soit en agissant sur la nature des gaz dégagés, soit en libérant à leur tour, des gaz lourds qui diffusent mal et empêchent l'arrivée d'air frais ;

— la plupart des ignifugeants forment sur les résidus charbonneux en incandescence, une carapace cristalline qui empêche le contact du solide en combustion avec l'air ;

— enfin, par suite de leur décomposition ou encore de leur évaporation (cas de l'eau), les ignifugeants absorbent une partie de la chaleur dégagée et retardent la propagation du feu.

En pratique, il existe plusieurs procédés d'ignifugation ; tous sont basés sur le principe d'imprégnation du bois par une solution contenant l'agent ignifugeant.

Les trois procédés les plus courants sont :

— simple application de la solution d'ignifugeant sur le bois, comme une peinture ordinaire. L'imprégnation reste très superficielle et l'efficacité d'un tel traitement laisse à désirer ;

— trempage du bois dans une solution aqueuse d'ignifugeant, à froid ou mieux, à chaud, vers 70 °C. Cette technique, à la fois simple à réaliser et économique, ne conduit qu'à une protection partielle, la pénétration de l'agent protecteur étant superficielle ;

— l'ignifugation à cœur se fait en autoclave, sous pression et à des températures supérieures à 100 °C. La pénétration se fait en profondeur (même si on n'atteint pas toujours le cœur du bois) et la protection reste particulièrement efficace.

Au cas où l'ignifugation a été précédée d'un traitement sous vide, la protection contre le feu qui en résulte est améliorée ; en effet, un traitement sous vide élimine en partie, l'air et les gaz emprisonnés dans les pores du bois, d'où une meilleure pénétration de l'ignifugeant en solution.

Les agents protecteurs des bois contre le feu sont le plus souvent des sels minéraux dissouts dans l'eau : phosphates, borates, chlorures, sulfates d'ammonium, de sodium, de calcium, de zinc, d'aluminium, etc. Certains dérivés organiques complexes, contenant du phosphore, de l'azote et du chlore sont également utilisés dans des cas particuliers. Des mélanges d'ignifugeants donnent parfois d'excellents résultats.

Qualités et défauts des différentes techniques de protection

Traiter un bois contre le feu, quelle que soit la technique employée, n'apporte qu'une protection partielle, sans supprimer tout risque d'incendie. Le bois reste un matériau combustible et le traitement subi ne fait que limiter la propagation du feu ou retarder le début de l'incendie.

Chacune des techniques citées ci-dessus présente des avantages et des inconvénients ; le tableau suivant groupe les principales caractéristiques pratiques des différents procédés d'isolation thermique et d'ignifugation.

D'une façon générale, les revêtements minéraux (plâtre, fibres d'amiante, laine de verre) et les peintures intumescentes sont de bons protecteurs contre le feu, leur mise en œuvre est simple et le prix de revient reste très acceptable ; cependant, l'aspect esthétique de ces revêtements est inférieure à celui du bois. L'ignifugation par trempage après traitement sous vide ainsi que l'ignifugation à cœur donnent des résultats satisfaisants tant au point de vue de la protection contre le feu que sur un plan purement esthétique, mais leur prix de revient est légèrement supérieur à celui des autres techniques.

L'emploi simultané de l'ignifugation et de l'isolation thermique reste cependant la meilleure solution pour une bonne prévention des incendies.

Procédés de protection		Efficacité de la protection	Propriétés	Aspect esthétique	Mise en œuvre	Prix de revient
Revêtements isolants	Plâtre	Bonne isolation	Adhérence moyenne	Moyen	Simple	Moyen
	Autres revêtements minéraux	Bonne isolation	Adhérence moyenne	Moyen	Simple	Moyen
	Peintures et vernis .	Isolation très moyenne	Bonne adhérence	Bon	Simple	Moyen
	Peintures intumescentes ...	Bonne isolation	Bonne adhésion	Moyen	Simple	Moyen
Ignifugation	Enduction simple ..	Faible	Effet à courte durée	Bon	Simple	Faible
	Trempage	Moyenne	Protection à moyen terme	Bon	Technique assez élaborée	Moyen
	Traitement à cœur .	Très bonne	Protection valable dans le temps	Bon	Délicate	Elevé

LE BOIS ET LES AUTRES MATÉRIAUX : COMPARAISON DE LA TENUE AU FEU

Le bois est l'un des matériaux employés dans la construction et l'ameublement. Ces matériaux peuvent être subdivisés en deux catégories, suivant leur comportement au feu :

— les matériaux non inflammables, d'origine minérale, qui ne se décomposent qu'à des températures très élevées, rarement atteintes dans les incendies courants, et qui ne dégagent pas de substances inflammables. Les plus connus sont la pierre, le béton, le plâtre, la brique et les autres réfractaires, les métaux et les alliages, etc.

— les matériaux inflammables, d'origine organique, dont le comportement au feu est voisin de celui du bois. On y trouve des produits naturels, tels le bois et le liège, le coton, la laine, la soie et d'autres fibres naturelles, ainsi que des produits synthétiques tels les matières plastiques (polystyrène, polyéthylène, chlorure de polyvinyle, polyester, polyamide, polyuréthanes, etc.), les textiles synthétiques (polyamides, polyesters, polyacrylonitrile, etc.). Ils sont tous inflammables à des degrés divers et sont souvent incriminés dans les incendies.

D'une façon générale, les matériaux minéraux (plâtre, ciment, amiante, métaux, etc.) sont incombustibles, donc résistent mieux au feu que le bois et les autres matériaux organiques. Cependant, le bois présente sur les métaux un net avantage quant à la tenue : dans les incendies, les structures en bois se déforment moins que les structures métalliques. En effet, les charpentes métalliques, portées à des températures de l'ordre de 500-600° C, se ramollissent et se déforment, surtout lorsqu'elles sont soumises à des contraintes. Les charpentes en bois, même décomposées et carbonisées, ne se ramollissent pas et, malgré une détérioration de leurs propriétés mécaniques, ne se déforment pour ainsi dire pas. De telles constatations ont été faites lors de nombreux incendies.

Par contre, comparé aux autres matériaux organiques, naturels ou synthétiques et tous combustibles, le bois prend une place très honorable, surtout lorsqu'il est traité contre le feu.

Actuellement, certaines matières plastiques alvéolaires ou non, semblent concurrencer sérieusement les bois, dans nombre de ses domaines d'applications. En ce qui concerne le feu, le bois, tout comme la plupart des matériaux naturels, est mieux placé que les matières plastiques ; deux observations plaident en sa faveur : d'une part, il se décompose moins rapidement que les matériaux synthétiques et d'autre part le bois dégage moins de substances dangereuses.

CONCLUSION

Malgré sa tenue au feu plutôt médiocre, le bois reste un matériau de choix, utilisé à grande échelle, dans la construction et l'ameublement.

Cette tendance à brûler s'explique par la nature organique des principaux constituants du bois ; quel que soit le traitement qu'on lui fait subir, sa combustibilité peut être modifiée et sa tendance à propager le feu diminuée dans de larges proportions, mais les risques d'incendie ne seront jamais complètement éliminés.

L'isolation thermique par un revêtement quelconque, associée à une ignifugation en profondeur est certainement la meilleure protection du bois contre le feu.

Nichan MARGOSSIAN

Docteur-ingénieur

16, impasse Pierre-Crévisier
54000 NANCY

BIBLIOGRAPHIE

- AMY (L.). — Les bases physico-chimiques de la combustion de la cellulose et des matériaux ligneux. *Cahier du Centre technique du bois*, n° 45, mai 1961.
- JEAN (M.). — Le comportement du bois au feu. *Cahier du Centre technique du bois*, n° 74, mai 1973.
- RISQUES (Les) d'incendie dans l'industrie du bois. — Vandœuvre-lès-Nancy, Institut national de recherche et de sécurité, 1972 (brochure n° 456).
- SECURITE contre l'incendie. — Paris, Journal officiel (brochure n° 1011).
- THIERY (P.). — L'ignifugation. — Paris, Dunod, 1967.