

Les PLAFONDS SUSPENDUS

Le plafond est un écran protecteur dont le rôle est de protéger les structures supérieures et les planchers, c'est-à-dire d'assurer essentiellement la stabilité au feu des structures portantes des bâtiments.

Pour justifier le rôle d'écran protecteur de ces plafonds suspendus, les essais de résistance au feu sont réalisés conformément à l'annexe II de l'arrêté du 3 août 1999 du Ministère de l'Intérieur par des laboratoires agréés par ce dernier, parmi lesquels le CTICM.

LEXIQUE

Les plafonds suspendus sont principalement constitués de :

- une ossature apparente ou non apparente
- panneaux ou plaques de plafond
- un isolant thermique complémentaire.

Panneaux de plafond

Éléments en fibre minérale ou en laine de roche, de forme carrée ou rectangulaire. Ils peuvent être à bords droits, feuillurés ou rainurés. Ces éléments sont destinés à être posés sur une ossature porteuse.

Plaques

Plaques rectangulaires à base de plâtre ou à base de silico-calcaire.

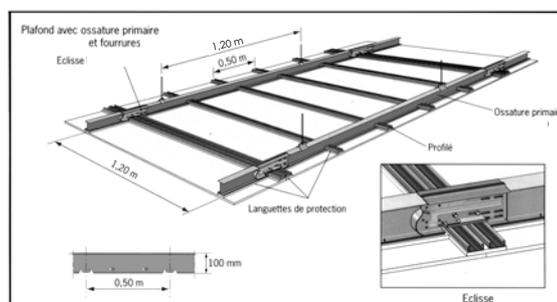


Schéma 1 - Exemple de montage d'un plafond en plaque de plâtre

Bacs

Éléments métalliques possédant des bords relevés sur leurs cotés.

Ossature

Profilé métallique constitué de porteurs et d'entretoises formant un quadrillage dans lequel sont posés les panneaux de plafond ou les plaques.

Suspentes

Dispositif de liaison entre l'ossature du plafond et la structure porteuse. Les suspentes sont généralement métalliques et réglables en longueur.

Isolant

Isolant thermique posé sur l'ossature et les panneaux de plafond. Les isolants utilisés sont soit en laine de verre, soit en laine de roche.

Plénum

Espace vide entre les panneaux de plafond (ou la face supérieure de l'isolant) et la sous-face du plancher ou de la couverture. Un plénum de hauteur égale ou supérieure à 1500 mm est dit « infini ».

SYSTÈME CONSTRUCTIF DES PLAFONDS

TYPES DE PLAFONDS

les principales familles de plafonds sont les suivantes :

- Plafond suspendu en panneaux de fibres minérales ou en laine de roche et à ossature métallique apparente (Photo A)
- Plafond en plaques de plâtre cartonné et à ossature métallique non apparente (Photo B)
- Plafond en plaques de staff
- Plafond en plaques silico-calcaire et à ossature métallique non apparente
- Plafond en produit de protection projeté sur treillis métallique support d'enduit
- Plafond à bacs métalliques.



Photo A - Plafond suspendu en panneaux de fibres minérales Photo B - Plafond suspendu en plaques de plâtre

CONSTITUTION DES PLAFONDS

Le principe du plafond suspendu est de constituer un écran protecteur étanche vis-à-vis de la structure porteuse, cette notion d'étanchéité du plafond joue un rôle primordial dans la résistance au feu.

Ossature

Les ossatures sont en acier galvanisé et sont composées de porteurs et d'entretoises. Le montage de ces ossatures se fait soit par encliquetage, soit par fixation mécanique à l'aide de vis.

Les porteurs comportent des lumières de dilatation (Fire Break) ou des éclisses de dilatation qui, en fonction de la température, doivent absorber une partie des dilatations de l'acier (pour mémoire, l'acier se dilate de 1,4 mm/m/100 °C).

Les entretoises sont de dimensions réduites à 600 mm ou à 1200 mm en général. Elles relient les porteurs entre-eux et sont posées contre les rives.

L'ossature devra être dimensionnée en fonction de la charge à supporter. Des isolants ayant une forte densité peuvent, lors d'un essai de résistance au feu, avoir des conséquences néfastes sur l'ossature si elle est mal adaptée. Afin de supporter cette contrainte de charge, la reprise de l'ossature sera renforcée, soit en augmentant le nombre de suspentes, soit en diminuant l'entraxe des porteurs si le format des panneaux ou plaques le permet.

Panneaux ou plaques de plafond

Les panneaux de plafond sont posés dans le quadrillage formé par l'ossature, les plaques sont vissées sous l'ossature.

L'annexe II de l'arrêté du 3 août 1999 impose que les plafonds résistant au feu soient rendus indémontables. Pour ce faire, on utilise des systèmes de blocage posés sur l'ossature, à la pose des panneaux de plafond.

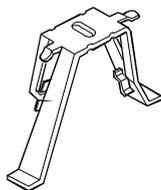


Schéma C - Cavalier indémontable

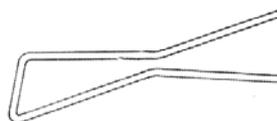


Schéma D - Epingle

Certains plafonds sont réputés indémontables de par leur principe de montage, tel que les plafonds en plaques de plâtre vissées sur l'ossature porteuse.

Pour des raisons de montage et d'accessibilité, il est accepté que plusieurs panneaux d'un plafond soient démontables par le dessous du plafond. Les systèmes employés pour rendre ces panneaux démontables auront également subi l'essai d'indémontabilité.

Isolant thermique

Les isolants thermiques utilisés sont soit en laine de roche, soit en laine de verre mis en œuvre sous forme de panneaux rigides ou de rouleaux à dérouler.

L'isolation doit être parfaitement étanche, en particulier lorsque l'on utilise de la laine de roche pour garantir la stabilité des structures porteuses supérieures, même si un panneau de plafond tombe lors de l'essai de résistance au feu.



Photo D - Vue du plénum - Plafond avec isolation

Par contre, la laine de verre est plus généralement utilisée pour l'isolation thermique, sans fonction de résistance au feu particulière.

Accessoires

On entend par accessoires, les luminaires, les spots, les bouches d'aération, les panneaux de signalisation... pouvant être installés sur, dans, ou sous un plafond.

Ces accessoires peuvent être installés sur un plafond résistant au feu seulement s'ils sont mentionnés explicitement dans le procès-verbal. Cela implique nécessairement qu'ils aient été mis en œuvre lors de l'essai de résistance au feu du plafond lui-même, objet du procès verbal.

TEXTES RÉGLEMENTAIRES ET EXIGENCES

Les exigences retenues dans les textes réglementaires concernent deux aspects :

- la réaction au feu des matériaux employés
- la résistance au feu minimale de systèmes constructifs types.

La réaction au feu des matériaux est régie par l'arrêté du 30 juin 1983, modifié le 28 août 1991.

TEXTES RÉGLEMENTAIRES DE RÉFÉRENCE SUR LE COMPORTEMENT AU FEU DES STRUCTURES ET PLANCHERS

La résistance au feu minimale des structures et planchers est indiquée dans les principaux textes suivants :

- Etablissements recevant du public (ERP) Arrêté du 25 juin 1980 modifié (1^{ère} à 4^{ème} catégories)
Arrêté du 22 juin 1990 (5^{ème} catégorie)
- Immeubles de grande hauteur (IGH) Arrêté du 18 octobre 1977 modifié
- Arrêté sanitaire de type U Arrêté du 23 mai 1989
- Habitation Arrêté du 31 janvier 1986 modifié

EXIGENCES IMPOSÉES AUX PLAFONDS

Réaction au feu

Les textes réglementaires cités plus haut, et plus particulièrement ceux relatifs aux ERP et IGH, imposent que les matériaux utilisés pour la construction des plafonds possèdent des performances de réaction au feu.

Résistance au feu

La résistance au feu définit le temps pendant lequel les éléments de construction peuvent jouer leur rôle de protection au cours d'un incendie.

Lorsque les plafonds suspendus doivent présenter des qualités de résistance au feu, par exemple pour les établissements recevant du public (ERP), il y a lieu de réaliser la procédure d'essai décrite dans l'annexe II de l'arrêté « Résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages » du 3 août 1999 du Ministère de l'Intérieur. Pour rappel, un plafond résistant au feu n'est pas qualifié pour sa résistance propre (par exemple un plafond n'est pas coupe-feu), mais pour l'action qu'il peut avoir sur les structures qu'il protège.

Dans le cas d'immeubles de grande hauteur (IGH), les plafonds ne jouant aucun rôle de protection incendie vis-à-vis de la couverture ou du plancher situé en partie supérieure, il y a lieu de se reporter au règlement de sécurité incendie relatif aux immeubles de grande hauteur (articles GH21, GHU11...). Ces articles imposent que les plafonds installés dans ces immeubles soient stables au feu ¼ h ou ½ h, plus particulièrement dans les circulations.

Ces plafonds doivent permettre l'évacuation des personnes sans risque de chute des éléments les constituant.

Indémontabilité

Selon le type d'essai, les plafonds suspendus doivent être indémontables.

Un plafond suspendu est "indémontable" si ses panneaux ne peuvent pas être démontés, soulevés ou déplacés sans bris, sous efforts. Il est admis qu'un ou plusieurs panneaux présentent un système de fixation accessible par le dessous quand ils sont les derniers posés ou pour le remplacement de panneaux cassés.

Ce système étant verrouillé, chaque panneau doit être lui aussi indémontable.

Sont considérés comme indémontables a priori, les plafonds suspendus suivants :

- plaques vissées sous l'ossature
- plaques à ossature encastrée, à l'exception de la trappe de visite.

L'essai d'indémontabilité ne concerne pas les plafonds suspendus munis d'un système de verrouillage automatique à chaud, ni les systèmes similaires. De même, l'indémontabilité ne concerne pas les plafonds stables au feu.

ESSAIS NORMALISÉS

Les essais de résistance au feu des plafonds sont réalisés conformément à l'annexe II de l'arrêté du 3 août 1999 du Ministère de l'Intérieur.

Il existe plusieurs types d'essais pour caractériser les plafonds. Ils sont définis comme suit :

- Pour la protection de charpente au-dessus de grands volumes, il y a lieu de réaliser un essai de plafond suspendu sous plénum infini ou infini réduit (hauteur plénum < 1500 mm)
- Pour la protection de structure porteuse (bois, acier, béton) + planchers (bois, béton), il y a lieu de réaliser un essai de plafond suspendu sous dalles de béton cellulaire
- Pour la protection de plancher bois, il y a lieu de réaliser un essai de plafond sous plancher bois
- Pour les plafonds ne jouant aucun rôle de protection vis-à-vis de la couverture ou du plancher situé en partie supérieure, il y a lieu de se reporter au règlement de sécurité incendie relatif aux immeubles de grande hauteur (article GH21, GHU11) et de réaliser un essai de Stabilité mécanique (plafond stable au feu)

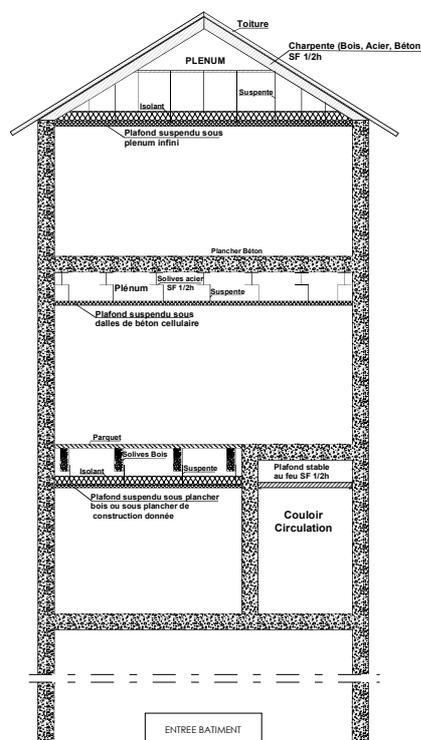


Schéma 5 - Exemple d'implantation de plafonds suivant le type d'essai

ESSAI SOUS INCENDIE CONVENTIONNEL - GENERALITES

Le programme thermique normalisé (voir Annexe XI de l'arrêté du 3 août 1999) utilise la courbe représentée par la fonction suivante :

$$T - T_0 = 345 \log_{10} (8t+1)$$

où :

t	=	Temps [min]
T	=	Température du four à l'instant t [°C]
T_0	=	Température ambiante à l'instant $t = 0$ min [°C]

La température du four est régulée à l'aide de six thermocouples d'ambiance du four placés à 100 mm au-dessous du plafond.

La pression dans le four doit être régulée à $+ 10 \text{ Pa} \pm 5$.

CARACTERISATION DES PLAFONDS

Les essais sont menés sur des plafonds de 3 x 3,7 m minimum.

Essai de plafond suspendu sous plénum infini ou sous solives en acier et couverture de dalles de béton cellulaire

Les critères de classement des plafonds sont basés sur les températures du plénum. Ces températures du plénum sont mesurées tout au long de l'essai et permettent de déterminer forfaitairement la stabilité au feu des structures porteuses.

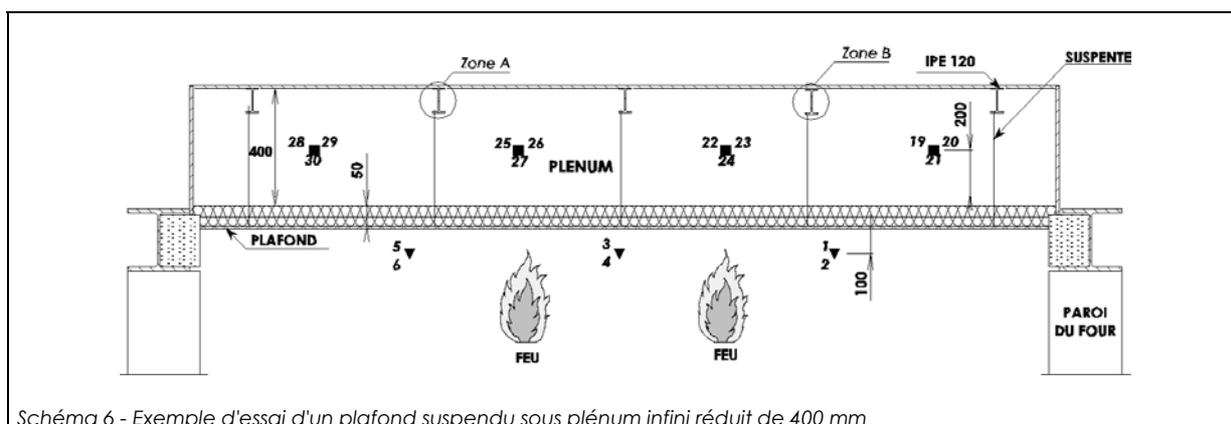


Schéma 6 - Exemple d'essai d'un plafond suspendu sous plénum infini réduit de 400 mm

Les niveaux de températures de référence dans le plénum sont les suivantes :

Nature de la structure	Élévation de température admise dans le plénum	Classement forfaitaire Stable au feu
BOIS	$\leq 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\frac{1}{4} \text{ h}$ ou $\frac{1}{2} \text{ h}$ ou (*)
ACIER	$\leq 450 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\frac{1}{4} \text{ h}$ ou $\frac{1}{2} \text{ h}$ ou (*)
BETON	$\leq 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\frac{1}{4} \text{ h}$ ou $\frac{1}{2} \text{ h}$ ou (*)

(*) Un classement supérieur à $\frac{1}{2} \text{ h}$ ne sera attribué qu'après réalisation d'un essai d'incendie de bûcher de bois à développement naturel)

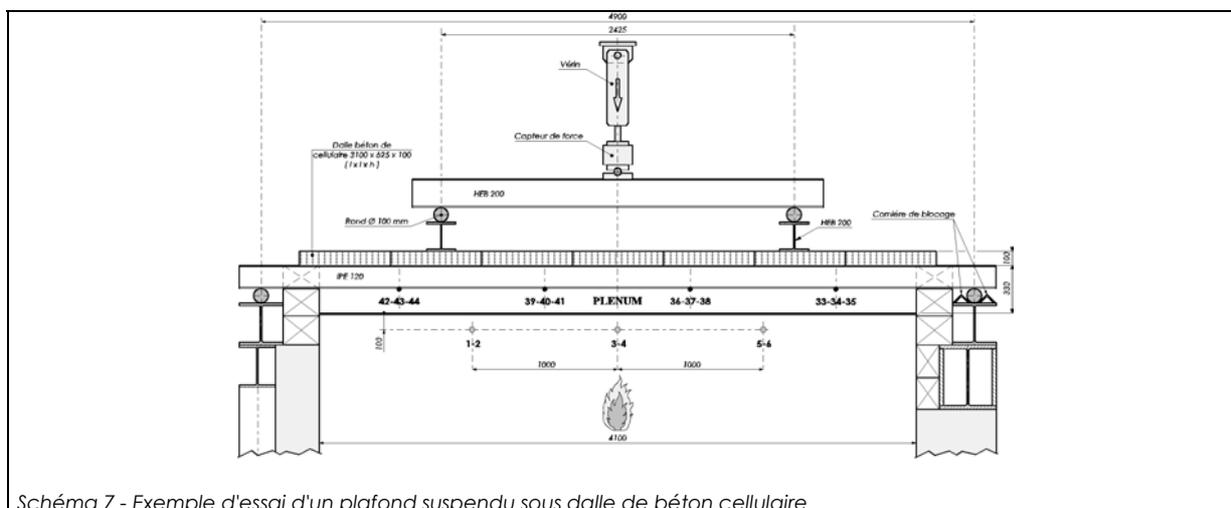
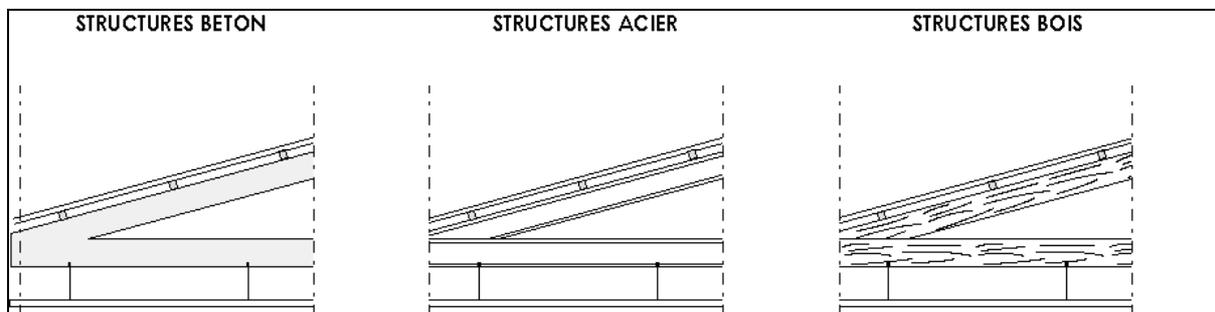


Schéma 7 - Exemple d'essai d'un plafond suspendu sous dalle de béton cellulaire

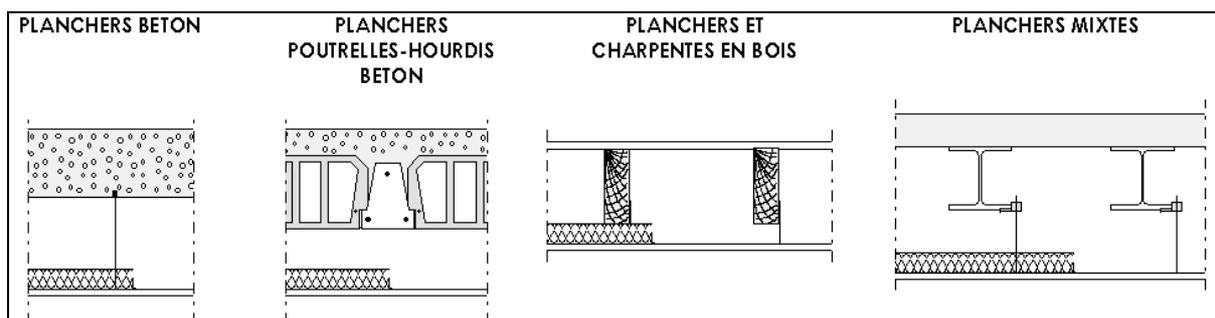
Plafond sous plénum infini ou infini réduit :

Le plafond suspendu sous plénum infini, ou sous plénum infini réduit, est installé sous trois types possibles de charpente. Le classement forfaitaire Stable au Feu est déterminé en fonction de la nature de la charpente pour les structures protégées (bois, acier, béton).



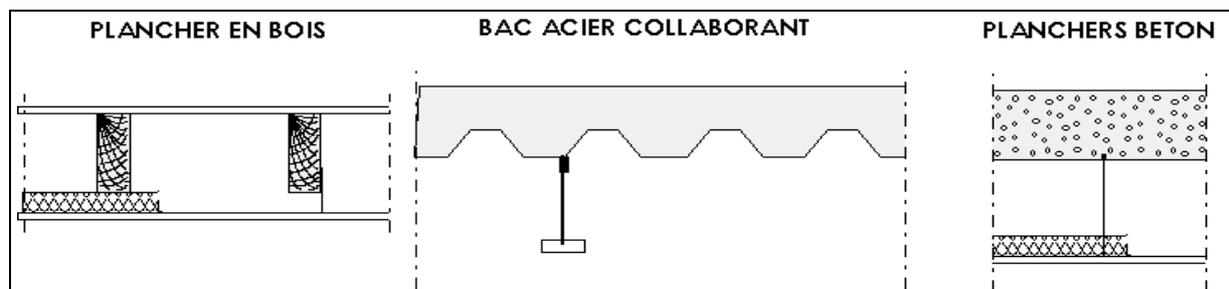
Plafond sous dalle de béton cellulaire :

Le plafond est installé sous un plancher. Le classement stable au feu pour les structures, et coupe-feu pour l'ensemble plafond/plancher, est donné pour les planchers suivants :



Essai de plafond sous plancher bois ou sous plancher de constitution donnée

Pour les plafonds testés sous plancher bois ou sous un plancher de construction particulière, tel que plancher mixte béton à bac acier collaborant, les critères de classements pris en compte sont ceux mentionnés en Annexe I relative aux éléments porteurs.



Les planchers considérés sont donc classés :

STABLE au FEU de degré	:	¼ h à 6h
-------------------------------	---	-----------------

PARE-FLAMMES de degré	:	¼ h à 6h
------------------------------	---	-----------------

COUPE-FEU de degré	:	¼ h à 6h
---------------------------	---	-----------------



Photo 4 : Essai d'un plafond sous solives acier et couverture de dalles de béton cellulaire (chargement par vérin)



Photo 5 : Essai d'un plafond sous plancher bois (chargement uniforme par des poids morts)

Essai de plafond stable au feu

L'essai est conduit jusqu'à l'obtention de la chute d'un élément significatif constituant le plafond (panneau, profil d'ossature, etc), la chute d'un éléments détermine le classement stable au feu du plafond.

Le classement de l'élément est le suivant :

STABLE au FEU de degré	:	¼ h ou ½ h
-------------------------------	---	-------------------

Domaine de validité des plafonds stables au feu :

- Respect de la mise en œuvre du plafond tel que le procès-verbal la décrit
- Plénum de hauteur supérieure ou égale à celle mise en œuvre lors de l'essai

Les résultats de l'essai effectué sous dalle de béton cellulaire permettent une utilisation du plafond sous tous types d'éléments de planchers ou de structures porteuses stables au feu, indépendamment du plafond.

ESSAIS COMPLÉMENTAIRES

Essai d'indémontabilité

Pour les essais de plafond suspendu sous plénum infini ou infini réduit, ou sous solives acier et couverture de dalles de béton cellulaire, l'indémontabilité des plafonds doit être contrôlée par le laboratoire avant de procéder à l'essai de résistance au feu.

L'essai consiste à appliquer une force verticale de 30 daN sur un ou plusieurs panneaux. L'essai sera jugé satisfaisant si les panneaux ne se soulèvent pas, ou si le bris des panneaux est constaté. La brisure doit être visible du dessous du plafond.

Les plafonds qui échouent à cet essai d'indémontabilité devront, pour un classement de résistance au feu, subir l'essai conventionnel et l'essai sous incendie par bûchers de bois et à développement naturel, quel que soit le classement obtenu lors de l'essai conventionnel.

Essai d'incendie de bûcher de bois à développement naturel

Cet essai complémentaire permet de confirmer les classements de résistance au feu de degrés supérieurs à ½ h pour des plafonds essayés sous solives acier et couverture de dalles de béton cellulaire ou sous plénum dit "infini", ainsi que pour les plafonds ayant échoué à l'essai d'indémontabilité quel que soit les résultats obtenus à l'issue de l'essai conventionnel.

L'essai peut ne pas être exigé dans le cas suivant :

- Pour les plafonds non démontables et à forte inertie thermique - par exemple constitués de plaques de plâtre d'épaisseur au moins égale à 35 mm - les laboratoires agréés peuvent supprimer cet essai de vérification sous incendie naturel par bûchers de bois. Une condition est pour cela nécessaire, la satisfaction à la formule suivante, proposée pour les plaques constitutives : $\sqrt{\rho \cdot \lambda \cdot c} > 550$ unités S.I. à 20 °C.

Les essais sont menés sur des plafonds de 3 x 3,7 m minimum. Ils sont installés sous un plancher constitué d'une structure métallique composée de solives en acier dont le facteur de massivité est inférieur ou égal à 250 m⁻¹, et d'une couverture en dalles de béton cellulaire, e=100 mm.

Le programme thermique suivi est celui d'un incendie par bûchers de bois et à développement naturel provoqué par la combustion d'une charge calorifique.

Cette charge calorifique correspond à celle issue de 39 kg de bois par m² au sol, uniformément répartie en plusieurs bûchers de lattes de pin des Landes de 660 x 660 mm de surface au sol. Les lattes (660x70x23 mm - Lxlxe) sont disposées en quinconce et espacées les unes des autres d'une largeur de latte.

L'allumage de cette charge s'effectue par l'apport de papier disposé entre les tas de bois et de 3 litres de fioul domestique répandus sur le combustible afin d'arriver rapidement, après avoir créé plusieurs brûlots, à l'embrassement généralisé.

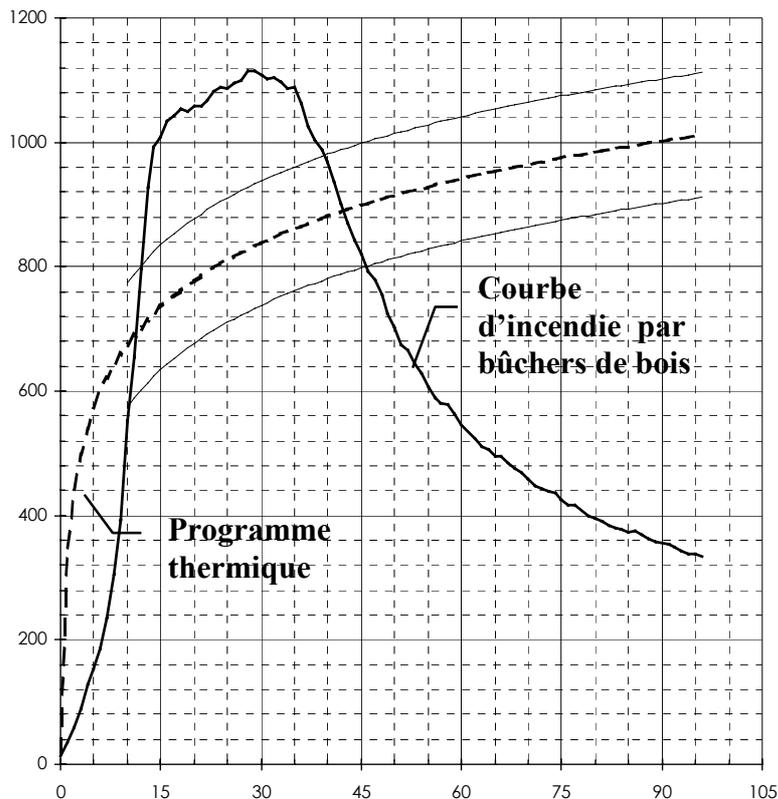


Schéma 6 : Comparatif entre la température du four selon la courbe conventionnelle et un exemple de température par bûcher de bois



Photo 6 : Test d'un plafond pendant un essai d'incendie naturel.

Résultats :

Le comportement du plafond est satisfaisant lorsqu'à la fin de l'essai tous les éléments constitutifs sont en place sans laisser entre-eux d'ouverture sensible. L'ouverture sensible s'entend comme résultant du choc thermique, et ne concerne pas celle résultant de l'atteinte des températures critiques des différents constituants du plafond.

La chute d'un ou plusieurs panneaux de plafond peut être admise en fin d'essai lorsque cette chute intervient dans la zone de décroissance de la température ambiante dans le four.

Dans ce cas, les deux conditions suivantes doivent être respectées :

1. Température du four inférieure à :
 - 300 °C dans le cas de protection de structure bois
 - 450 °C dans le cas de protection de structure acier
 - 500 °C dans le cas de protection de structure béton.
2. Flèche de plancher stabilisée ou en régression (tangente nulle).

CONDITIONS DE VALIDITÉ DES CLASSEMENTS STABLE AU FEU ET COUPE-FEU

Quelque soit la nature du plancher support type sous lequel est installé le plafond suspendu testé, les limites de validité de classements sont les suivantes :

- Les hauteurs de plénum doivent être égales ou supérieures à celle testée.
- Les ossatures, plaques de plafond, accessoires et isolants sont ceux décrits dans le procès-verbal, et de mêmes dimensions. Les éléments qui ne figurent pas dans le procès-verbal ne doivent pas être installés. Aucun changement ou ajout ou suppression d'isolant n'est possible.
- Les plafonds suspendus ne peuvent être installés avec des pentes supérieures à 7°, sauf si un essai spécifique de résistance au feu a été effectué, ou si cette disposition a été validée par une extension de classement délivrée par le laboratoire.
- Les équipements intégrés dans le plafond (éclairage, ventilation, sonorisation) ne peuvent être installés que si le procès-verbal décrit leur montage.
- Les plafonds et leur ossature ne doivent supporter aucune autre charge que leur poids propre. Les équipements divers non intégrés au montage d'essai (éclairages, ventilation, pancarte, etc) peuvent être accrochés à la structure principale ou secondaire du bâtiment à l'aide de suspentes passant au travers du plafond avec un minimum de jeu. La structure secondaire doit alors être vérifiée à chaud, par essai ou par calcul selon les normes en vigueur.
- Si le procès-verbal décrit des plaques de plafond à bords feuillurés, en appui sur l'ossature apparente, les conclusions sont transposables aux plaques à bords droits, de mêmes dimension, épaisseur et qualité, à condition que la largeur d'appui soit la même. Les accessoires rendant le plafond indémontable devront être du même type et de dimensions adaptées.
- Toute autre modification doit être validée par une "Extension de classement".

ÉTUDE DES AVIS DE CHANTIER

Les industriels sollicitent de plus en plus souvent les laboratoires de résistance au feu pour faire valider des modifications de montage sur les concepts testés à l'origine.

L'établissement, par le Laboratoire, d'extensions de classements ou d'avis de chantier a pour but d'attester que les performances d'un élément ne sont pas modifiées du fait d'aménagements particuliers.

Par opposition à une extension de classement, l'avis de chantier a un caractère ponctuel et ne traite que du chantier concerné.

L'industriel doit fournir au laboratoire qui traite le dossier un maximum d'informations sur le chantier :

- Plans précis des modifications apportées par rapport à l'élément testé
- Plans d'ensemble pour vérifier les interactions possibles entre différents éléments
- Surface installée
- Adresse du chantier
- Procès-verbaux des essais de référence.

A l'aide de ces renseignements, et sur la base des essais de résistance au feu, le Laboratoire étudie les modifications et les interactions des différents éléments sur le comportement au feu du plafond avant de se prononcer sur les performances à assurer.

Dans le cas où la demande d'un industriel ne peut aboutir, il y aura lieu de recourir éventuellement à un essai complémentaire.

Devant une demande récurrente - pour plusieurs chantiers différents - de modifications identiques de l'élément testé, le CTICM peut préconiser la réalisation d'un nouvel essai réglementaire pour couvrir ces modifications.

EXPÉRIENCE DU CTICM

Depuis de nombreuses années, le CTICM a testé tous types de plafonds.

Il a également participé à plusieurs projets concluants dans le cadre de l'accord FRANCO-BELGE (Accord signé entre le Ministère de l'Intérieur français et le Ministère des Communications et de l'Infrastructure belge) en réalisant des essais de plafonds de différents types.

Les plafonds doivent répondre aux conditions des méthodes d'essais françaises et belges en matière de résistance au feu, afin que les industriels puissent les commercialiser dans les deux pays.

La méthode enveloppe définie correspond à l'essai européen de plafond sous solives acier et couverture de dalles de béton cellulaire ou plancher bois (prENV 13381-1). En effet, cette méthode d'essai permet de satisfaire les exigences des méthodologies françaises et belges.

Avec l'application prochaine des normes européennes, le CTICM a renforcé ses moyens d'essai en construisant un nouveau four spécialement adapté pour les essais de plafonds en particulier. Ce nouvel équipement lui a offert une plus grande flexibilité par rapport à la demande d'essais.

Le CTICM a également développé des outils de recherche pour les Industriels, tels que, des caissons d'essai de dimensions réduites permettant à l'industriel de vérifier les performances de leurs plafonds avant de réaliser un essai réglementaire de 3x3,7 m au minimum.

Ces caissons sont également utilisés pour vérifier des modifications spécifiques dans le cas d'avis de chantier, ou pour vérifier dans le temps les performances et la régularité de la production de l'industriel (ex : panneaux de plafond).

Toutes ces démarches ont permis au CTICM de s'impliquer dans le domaine de la résistance au feu et d'accompagner les industriels dans l'innovation de leurs produits et dans la recherche de concepts de plus en plus performants.