



A DIV BOIS

# GUIDE

POUR LE TRAITEMENT DES POINTS SINGULIERS  
ET DES INTERFACES ENTRE ELEMENTS DE  
CONSTRUCTION DANS LES BÂTIMENTS BOIS  
VIS-A-VIS DU RISQUE INCENDIE

## **AVERTISSEMENT**

Cette publication vise à mettre à disposition des acteurs de la construction les résultats d'études menées dans le cadre des travaux de la Commission Technique d'ADIVbois.

ADIVbois ne saurait être tenu pour responsable des omissions, inexactitudes ou erreurs que pourrait contenir cette publication et qui résulteraient de la retranscription de ces études, réalisées sous la responsabilité de leurs auteurs respectifs, et auxquelles le lecteur est invité à se référer directement.

ADIVbois souligne également que les éléments et recommandations retranscrites dans le présent ouvrage présentent un caractère informatif et ne sauraient en aucun cas se substituer, même pour partie, aux études techniques et juridiques, tant au stade de la conception que de l'exécution, qui incombent à chaque acteur de la construction dans le cadre des projets auxquels il pourra être amené à participer.

### **Droits d'auteur - copyright ©**

L'ensemble de ce document relève de la législation française et internationale sur le droit d'auteur et la propriété intellectuelle. Tous les droits de reproduction sont réservés, y compris pour les documents téléchargeables et les représentations iconographiques et photographiques.

La reproduction de tout ou partie de ce document, y compris sur un support électronique quel qu'il soit est formellement interdite sauf autorisation expresse d'ADIVbois, du Codifab et des réalisateurs de l'étude.

## PRÉAMBULE

Depuis 2016, l'Association pour le Développement des Immeubles à Vivre Bois porte un projet innovant reposant sur des immeubles bois de moyenne et grande hauteur, qui se distinguent par des solutions structurelles bois et des aménagements intérieurs faisant appel au bois.

Ce projet innovant va de pair avec un important travail collectif (études, benchmark, prototypages) visant à accompagner la réalisation d'immeubles démonstrateurs.

La Commission Technique d'ADIVbois a lancé, depuis 2016, un nombre conséquent de travaux dans le cadre d'ateliers thématiques (structure, incendie, acoustique, enveloppe, environnement...) et d'études afin d'accompagner la conception et la réalisation des Immeubles à Vivre Bois. L'objectif de ces travaux est de favoriser la levée de freins technico-réglementaires et d'être partagés avec la collectivité.

Le présent document s'inscrit dans cette démarche.

Ce document a été financé par l'association ADIVbois et par le CODIFAB. Il a été réalisé par le groupement réunissant le CSTB, Efectis, FCBA et IBC avec les contributions des membres de l'atelier Incendie d'ADIVbois.

# GUIDE POUR LE TRAITEMENT DES POINTS SINGULIERS ET DES INTERFACES ENTRE ELEMENTS DE CONSTRUCTION DANS LES BÂTIMENTS BOIS VIS-A-VIS DU RISQUE INCENDIE

## SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION .....	5
	Statut de ce guide	
	Références	
	Objectifs de ce guide	
2.	GÉNÉRALITÉS : LE FEU ET L'INCENDIE .....	8
	Le départ de feu	
	Le développement de l'incendie réel dans un local	
	La fonction de compartimentage	
	Les modèles de feux dans un compartiment	
	Les effluents du feu	
	Le feu sans flammes	
	Les températures atteintes dans un incendie	
	Les transformations subies par les matériaux au cours de l'incendie	
	La pyrolyse du bois	
	Prévenir la propagation de l'incendie	
	Les modes de prévention et de protection	
	L'extinction de l'incendie	
3.	LE COMPORTEMENT AU FEU DES CONSTRUCTIONS EN BOIS .....	23
	Le comportement au feu : réaction et résistance	
	La réaction au feu des produits à base de bois	
	La réaction au feu des produits à base de bois ignifugés	
	La résistance au feu des éléments de construction en bois	
	Les parois d'une construction en bois	
	Les écrans de protection thermique	
	Les assemblages	
4.	LE TRAITEMENT DES DETAILS CONSTRUCTIFS.....	40
	Les principes fondamentaux de conception	
	Rappel réglementaire	
	Les interfaces, les raccords et les interstices	
	Les cavités	
	Le traitement des interfaces	
	Le traitement des raccords	
	Le traitement des cavités	
	Le traitement des points singuliers	
	Le traitement des percements	
	Le traitement des incorporations	
	La méthode « AJT » (Angle – Joint – Trou)	

## 1. INTRODUCTION

Depuis quelques années, la construction en bois d'immeubles de plus en plus hauts se développe rapidement en France et dans le monde.

Les exigences appliquées en France à tous les bâtiments en matière de protection incendie doivent permettre d'atteindre les objectifs fixés par la réglementation, à savoir :

- éviter l'éclosion d'un incendie,
- garantir la sécurité des personnes dans le bâtiment affecté par l'incendie et à proximité et permettre leur évacuation en toute sécurité,
- permettre une intervention efficace des secours en sécurité,
- empêcher la propagation de l'incendie aux locaux et bâtiments voisins.

Le présent guide technique se focalise sur le traitement du dernier objectif fondamental, à savoir empêcher la propagation intérieure de l'incendie, du compartiment où le feu a pris naissance vers les autres compartiments de la construction, dans le cas particulier d'un bâtiment en bois.

Il constitue une aide à la conception et à la réalisation des dispositions constructives à mettre en œuvre pour maîtriser la propagation de l'incendie d'un compartiment à l'autre par les jonctions entre éléments de construction et à l'intérieur même des complexes de parois : murs de façade et de refend, planchers et toitures.

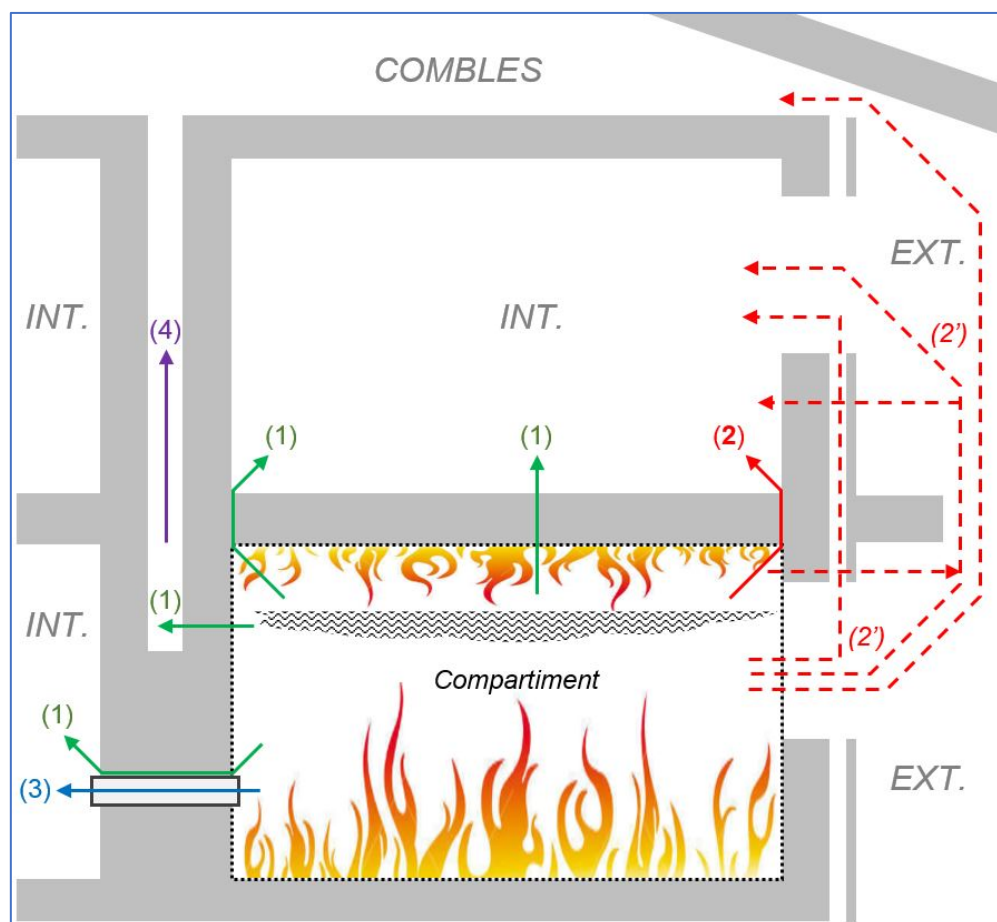


Figure 1 : Repérage des propagations intérieures et extérieures : traits fillés hors périmètre du guide

Les propagations intérieures comprises dans le périmètre de ce guide sont :

- les propagations au travers des complexes de parois (1),
- les propagations entre nez de plancher et façade (2),
- les propagations au travers des équipements techniques (3),
- les propagations au travers des cavités communicantes (4).

Les propagations extérieures (2') sont hors périmètre de ce guide (Cf. IT249 et autres textes pour traiter celles-ci).

## **STATUT DE CE GUIDE**

Le présent document n'a de portée ni réglementaire ni normative.

A la date de sa publication, il n'est reconnu ni par les bureaux de contrôle technique (COPREC), ni par les assureurs.

En conséquence, ses utilisateurs prendront soin de l'exploiter comme un guide technique à vocation pédagogique qui propose aux concepteurs et aux constructeurs, des exemples de traitement des situations de risque, présumés satisfaisants, éprouvés, simples à mettre en œuvre et faciles à contrôler.

Ces exemples et les schémas qui les illustrent n'ont pas de caractère exhaustif ou limitatif, d'autres détails satisfaisants peuvent être élaborés qui ne figurent pas dans ce guide.

**En fonction de nouveaux résultats de travaux de recherche, d'études ou d'essais ou à venir ainsi que d'évolutions législatives et réglementaires impactant la sécurité incendie dans les constructions en bois, des versions ultérieures de ce guide pourront être publiées.**

## **RÉFÉRENCES**

Ce guide s'appuie en particulier sur les documents suivants :

- l'Annexe Nationale de l'Eurocode 5, partie feu, NF EN 1995-1-2 NA consolidée (version 2019) ;
- le Guide technique européen «Fire safety in timber buildings » (2010);
- le Guide du CSTB « Bois construction et propagation du feu par les façades » en application de l'Instruction Technique n° 249 version 2010 (version 2.0 du 29 mars 2019) ayant le statut d'appréciation de laboratoire ;
- la documentation Lignum protection incendie – 4.2 Raccords des éléments de construction résistant au feu (2018).

## **OBJECTIF DE CE GUIDE**

L'objectif de ce guide est de permettre à son utilisateur (architecte, ingénieur, dessinateur, entrepreneur) d'être le plus autonome possible – en conception comme à l'exécution – dans une démarche d'amélioration de la qualité du bâtiment qu'il conçoit ou qu'il construit vis-à-vis de la propagation d'un éventuel incendie – sous la forme d'un feu avec flammes vives ou d'un « feu couvant », de fumées, voire de matériaux incandescents – dans le cas particulier des parois délimitant et partageant une construction en bois.

Comme tous les bâtiments, les constructions en bois doivent satisfaire aux exigences réglementaires en vigueur concernant la sécurité incendie, mais elles ont la particularité d'être principalement constituées de matériaux combustibles et construites par assemblage, empilement et juxtaposition d'éléments de construction dont les points singuliers, les interfaces et les raccords constituent des zones sensibles présentant des risques potentiels significatifs de propagation du feu.

Le présent guide se focalise sur la sécurisation de ces zones tout en cherchant à permettre au lecteur d'avoir une vision aussi claire que possible de ce qu'est réellement un incendie, des phénomènes physiques qui y sont à l'œuvre, pour en percevoir les dangers potentiels. L'utilisateur pourra ainsi mieux appréhender les mesures à mettre en œuvre pour en réduire les conséquences, en ayant compris que la réalité d'un incendie ne pourra jamais être entièrement résolue par les seules dispositions descriptives réglementaires.

Le concepteur sera ainsi mieux informé pour concevoir les dispositions constructives les plus pertinentes pour répondre efficacement aux enjeux de la sécurité incendie dans les constructions en bois.

L'entrepreneur et les compagnons qui réalisent les ouvrages sont eux aussi concernés : c'est de la bonne exécution des travaux que dépend le niveau de performance qui sera atteint, il est donc essentiel qu'ils aient la meilleure compréhension possible des objectifs poursuivis et de la manière de les atteindre.

## 2. GÉNÉRALITÉS : LE FEU ET L'INCENDIE

### LE DÉPART DE FEU

De nombreuses causes peuvent être à l'origine de la naissance d'un incendie. Il faut la présence de matériaux combustibles, plus ou moins facilement inflammables et une source de chaleur.

Les sources de chaleur peuvent être d'origine humaine (malveillance, négligence, non-respect des règles), énergétique (présence d'aménagements, d'installations, d'équipements inhérents à l'exploitation et à l'usage du bâtiment) ou naturelle (climatique, bactériologique, ...).

Les sources de chaleur rencontrées le plus fréquemment à l'origine d'un départ d'incendie dans un bâtiment sont de nature :

- thermique : création d'une zone anormalement chaude par la combustion d'un objet (cigarette, bougie, surface combustible mise en contact avec un appareil de chauffage, etc ...),
- électrique, électrostatique ou mécanique : apparition d'un arc électrique ou d'un échauffement consécutif à une surcharge électrique due à des travaux ou à une installation défectueuse, ou bien étincelle par frottement,
- chimique : réaction chimique exothermique due à la présence de produits inflammables.

### LE DÉVELOPPEMENT DE L'INCENDIE RÉEL DANS UN LOCAL

Le combustible – selon sa nature, sa quantité et sa disposition dans le local – et la ventilation (apport en air frais) sont les principaux facteurs contrôlant le développement d'un foyer d'incendie. En fonction des combustibles présents, de leur agencement, de la géométrie et de la ventilation du local, il est possible d'observer différentes évolutions du feu conduisant chacune à des phénomènes particuliers comme l'illustre la figure ci-dessous.

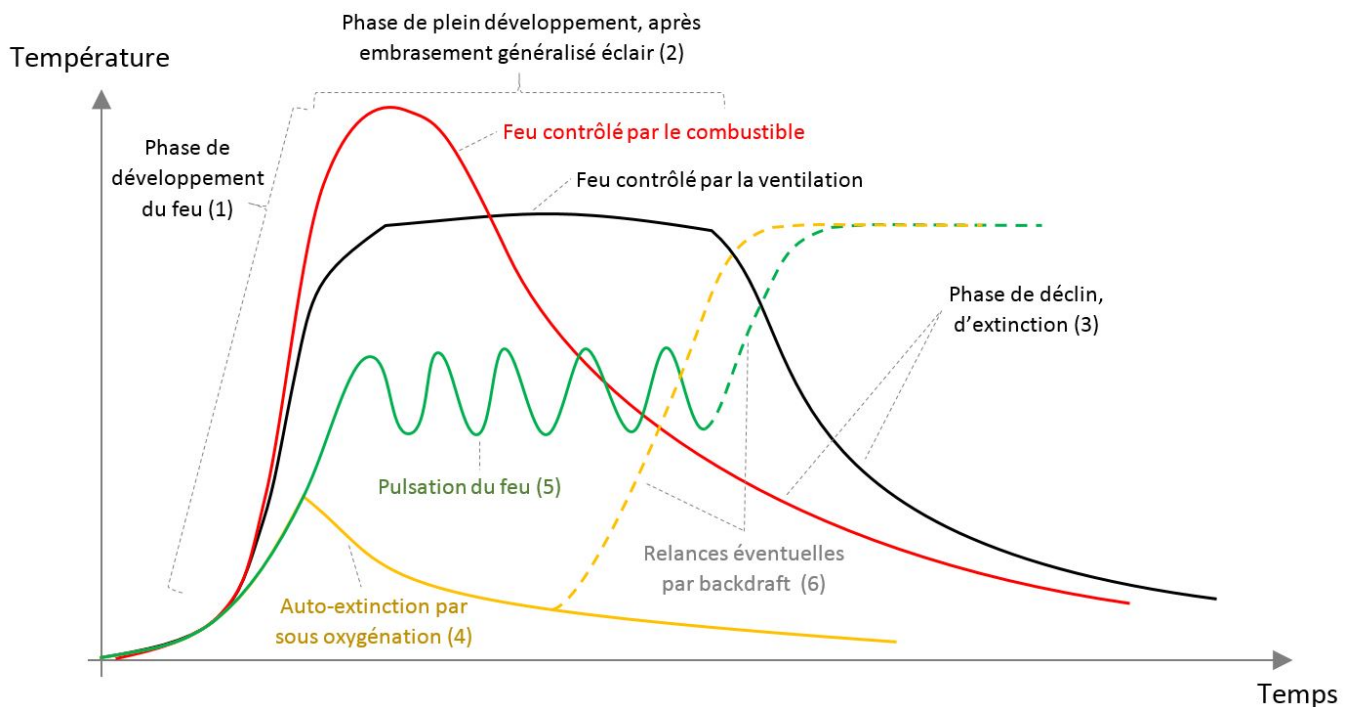


Figure 2 : Évolutions types de la température moyenne d'un local en situation d'incendie réel



Lorsque le local est suffisamment ventilé ou que la quantité de combustible est faible, on observe une montée en puissance du feu liée à la combustion de proche en proche des éléments inflammables présents dans le local en feu (1). La cinétique de développement du feu est liée à la nature des matériaux combustibles présents et à celle de ceux qui constituent l'enveloppe du local. On parle alors de feu contrôlé par le combustible.

Si tous les combustibles présents sont mis en combustion, on observe alors une généralisation (flash-over ou embrasement généralisé) (2), puis une extinction par épuisement du combustible (3).

Lorsque les locaux sont insuffisamment ventilés ou en présence d'une quantité de combustible très importante, le développement de l'incendie est contrôlé par l'apport d'air frais. La quantité d'oxygène présente dans le local n'est pas suffisante pour que la totalité des gaz de pyrolyse produits puisse brûler dans le local. On parle alors de feu sous-ventilé.

En milieu confiné, c'est-à-dire sous très faible apport d'air, le comportement du feu devient relativement complexe.

Plusieurs situations peuvent être observées :

- La combustion devient très difficile pour une concentration en oxygène inférieure à 12%. On a alors une extinction du foyer (4).
- L'air frais de l'extérieur peut aussi être entraîné à l'intérieur du local par les ouvertures disponibles. Cet apport d'oxygène permet une reprise de la combustion générant une augmentation de la température et donc une dilatation des gaz. La pression dans le local remonte alors entraînant une expulsion de fumées vers l'extérieur qui provoque une raréfaction de l'oxygène disponible. La combustion diminue alors entraînant une baisse de la pression qui permet à l'air frais de pénétrer à nouveau dans le local. Le processus se répétant consécutivement, cela conduit à un phénomène de pulsation du feu (5).
- Pendant la phase d'auto-extinction ou celle de pulsation, un apport d'air frais massif et brutal conduit à retrouver une situation en apport d'oxygène favorable à la combustion qui peut provoquer soit un retour de flammes (backdraft), soit un embrasement généralisé (6).

### **FOCUS : LE FLASH-OVER ET LE BACKDRAFT**

Dans certaines situations particulières d'incendie, de dangereux phénomènes de propagation rapide du feu dans les locaux et les dégagements peuvent se produire.

Embrasement généralisé (en anglais : flash-over) : il s'agit d'un événement soudain – très fréquent – avec un passage brusque à l'état de combustion généralisée des matériaux combustibles dans un espace fermé en un temps très court. Les matériaux, préchauffés par convection et par rayonnement d'une couche supérieure de gaz chauds, s'embrasent dès que le flux thermique incident sur les matériaux combustibles est suffisant pour conduire à leur inflammation (généralement de l'ordre de 20 à 25 kW/m<sup>2</sup>). La puissance thermique dégagée est alors très importante. Ce phénomène n'est pas lié qu'à charge combustible, mais également au volume du local sinistré et à la nature de ses parements : plus le local est petit et plus la surface de revêtements intérieurs combustibles est importante, plus l'apparition du flash-over est rapide.

Retour de flammes (en anglais : backdraught) : En situation d'incendie, on parle de backdraught (GB) ou de backdraft (USA) lorsque des gaz de pyrolyse produits par un incendie sous-ventilé, qui ne peuvent brûler par manque d'oxygène, sont confrontés à un apport d'air frais massif et brutal (ouverture d'une porte, bris d'un vitrage, effondrement d'une cloison, ...) ce qui conduit à retrouver une situation d'apport d'oxygène favorable à la combustion créant un embrasement soudain de ces gaz de pyrolyse. La vitesse de propagation de la flamme étant très rapide (subsonique), il peut être accompagné d'un phénomène de déflagration.

## **LA FONCTION DE COMPARTIMENTAGE**

La réglementation française en matière de sécurité incendie impose d'une manière générale qu'un incendie qui se déclare dans un local ou un ensemble de locaux ne puisse pas se propager aux autres locaux du bâtiment, ni aux bâtiments voisins.

Cette fonction dite « de compartimentage » est remplie par la distribution intérieure du bâtiment qui peut être obtenue de plusieurs façons – soit par un cloisonnement traditionnel, soit par la création de secteurs, soit par la création de compartiments – auxquelles sont associées des modalités spécifiques de desserte des bâtiments pour les moyens de secours.

La définition du cloisonnement, du secteur ou du compartiment, à l'intérieur duquel l'incendie doit rester confiné, varie suivant les typologies de bâtiments. Ainsi dans les habitations, le compartiment est constitué par le logement lui-même et non chacune de ses pièces.

Les parois des cloisonnements, des secteurs ou des compartiments sont affectées de degrés coupe-feu (REI pour les parois porteuses, EI pour les parois non porteuses) qui varient suivant la typologie du bâtiment mais aussi de sa hauteur.

Cette fonction de compartimentage est précisée dans les paragraphes suivants.

### **Objectifs du compartimentage**

Le compartimentage est l'ensemble des mesures constructives qu'il y a lieu de prendre pour lutter contre la propagation de l'incendie en créant des obstacles à cette propagation. Ces obstacles, verticaux ou horizontaux, en empêchant ou en ralentissant l'incendie, vont permettre :

- d'assurer ou au moins de faciliter l'évacuation rapide des personnes vers l'extérieur ou vers les lieux de recueil par des zones ou passages protégés ;
- de limiter le plus possible le volume des zones présentant des risques particuliers pour les personnes ou pour les biens ;
- de faciliter l'intervention des secours extérieurs en leur permettant d'accéder au siège du sinistre ;
- de limiter l'ampleur des dégâts sur les biens.

Cet objectif s'applique d'un bâtiment à un autre bâtiment mitoyen et à l'intérieur d'un même bâtiment. Dans la mesure du possible, le compartimentage, comme la plupart des mesures de protection contre l'incendie, doit être conçu dès l'avant-projet de construction, de façon à ce qu'il coïncide avec des découpages logiques de l'activité et des services et que les équipements et les aménagements s'y intègrent judicieusement.

La fonction de compartimentage peut s'appliquer :

- à un local, dont toutes les parois et issues devront satisfaire à des critères définis de résistance au feu ;
- à un ensemble de locaux dont les « frontières » seules devront satisfaire à ces critères ; cet ensemble formant un secteur ou un « compartiment » à l'intérieur duquel des exigences de résistance au feu des parois verticales ne seront pas (ou peu) imposées ; la surface d'un secteur ou d'un compartiment est limitée par la réglementation en fonction du type d'occupation ;
- aux circulations ou « dégagements » horizontaux, qui devront présenter des parois et des issues ayant un certain niveau de résistance au feu (dégagements encloués), et être limités en longueur par des recoupements au moyen de portes résistant au feu ;
- aux cages d'escaliers et d'ascenseurs, dont les parois et les blocs-portes résistants au feu contribueront à les « encloués » ;
- aux combles, aux plenums et aux vides, qui devront être « recoupés » par des éléments résistants au feu au droit des frontières des secteurs ou des compartiments ;

- aux gaines, conduits et autres éléments traversant les parois, les planchers et plafonds, afin que leur passage n'altère pas l'efficacité de la fonction de compartimentage, et qui doivent être traités au moyen de calfeutrements, volets et clapets restituant le degré de résistance au feu des parois traversées ;
- aux parois séparant deux bâtiments contigus ou deux parties de bâtiments.

Le compartimentage peut donc présenter des « points faibles » que constituent toutes les ouvertures qui y sont pratiquées et les solutions de continuité mises en œuvre : portes, baies, passages de gaines techniques, faux-plafonds, jonctions entre murs et éléments de toiture, partie basse des cloisons... Autant d'éléments qui peuvent éloigner le compartimentage de son objectif idéal qui est de circonscrire le feu dans la zone où il a pris naissance. C'est la raison pour laquelle la réglementation associe toujours les mesures relatives aux parois, plafonds, planchers à des mesures complémentaires concernant les ouvertures et les traversées.

Les mesures de cloisonnement ou de compartimentage imposées par le législateur diffèrent suivant l'importance du bâtiment, le type d'occupation, la nature de l'activité. La notion même de compartimentage est différente suivant qu'il s'agit d'un immeuble de grande hauteur ou d'un établissement recevant du public.

### **Principes du compartimentage**

Les principes du cloisonnement ou du compartimentage découlent naturellement des objectifs visés. Les obstacles dressés pour contenir le feu ont un degré de résistance qui est fonction du type de feu prévisible, du risque encouru par les occupants et les biens, du temps nécessaire à l'intervention des secours et à l'évacuation, etc. En pratique, ce degré de résistance est imposé par la réglementation.

Lorsque l'utilisation d'un matériau de base seul ne suffit pas à conférer à l'élément le degré de résistance au feu requis, on lui adjoint des matériaux de protection rapportés. La performance de résistance au feu doit alors être prouvée dans les conditions fixées par l'arrêté du 22 mars 2004 modifié. Dans tous les cas, les performances d'une paroi sont données en fonction de sa hauteur en relation avec son épaisseur et sa conception.

Les problèmes ne se posent pas tant pour les parois, dont la réalisation répond généralement aux critères demandés, que pour les organes de fermeture (portes, fenêtres, trappes, etc ...) qui doivent conserver une bonne fonctionnalité et supporter un nombre important de manœuvres.

Tous les dispositifs susceptibles d'altérer la résistance au feu des éléments de cloisonnement ou de compartimentage doivent être conçus de manière à limiter au maximum cette éventualité :

- les portes ne sont pas considérées seules, mais dans leur ensemble dormant-vantail, les « blocs-portes », y compris leurs préconisations de mise en œuvre ;
- les portes résistantes au feu doivent être munies de « ferme-porte » destinés à les ramener automatiquement à leur position de fermeture après le passage des personnes ;
- les portes qui doivent rester ouvertes pour les besoins de l'exploitation doivent se fermer automatiquement en cas d'incendie.

Toutefois, le degré de résistance au feu imposé par la réglementation pour les blocs-portes est en général inférieur à celui exigé pour les parois dans lesquelles elles s'insèrent. Ceci prend implicitement en compte le fait que les ouvertures, dégagées par vocation pour le passage des personnes, sont moins fortement exposées aux effets directs d'un incendie car éloignées de la charge calorifique.

Par ailleurs, les conditions de montage des éléments résistants au feu et des éléments qui les traversent influencent considérablement la qualité du compartimentage : une porte coupe-feu doit rester parfaitement solidaire de la paroi dans laquelle elle est insérée pendant toute sa durée de résistance au feu, les jonctions des parois avec les plafonds et les planchers doivent être traitées à l'aide de joints isolants, les passages de gaines et conduits doivent être soigneusement calfeutrés conformément aux spécifications du procès-verbal d'essais, etc. De nombreux matériaux sont aptes à restituer l'intégrité d'une paroi résistante au feu : plâtre, enduits, mastics d'enrobage, laine de roche, béton cellulaire, sacs coupe-feu, presse-étoupe, manchons métalliques pour canalisations plastiques ...

Source : *Traité Pratique de Sécurité Incendie – Livre 3 : Réglementation et dispositions constructives – Centre National de Prévention et de Protection – Mise à jour du 15 janvier 2007.*

### LES MODELES DE FEUX DANS UN COMPARTIMENT

Pour réaliser des essais réels et des simulations numériques, les acteurs (BET , laboratoires, SDIS...) ont besoin de disposer de modèles de feu reconnus et adaptés à des études qui doivent « anticiper » une situation demeurant, par nature, accidentelle.

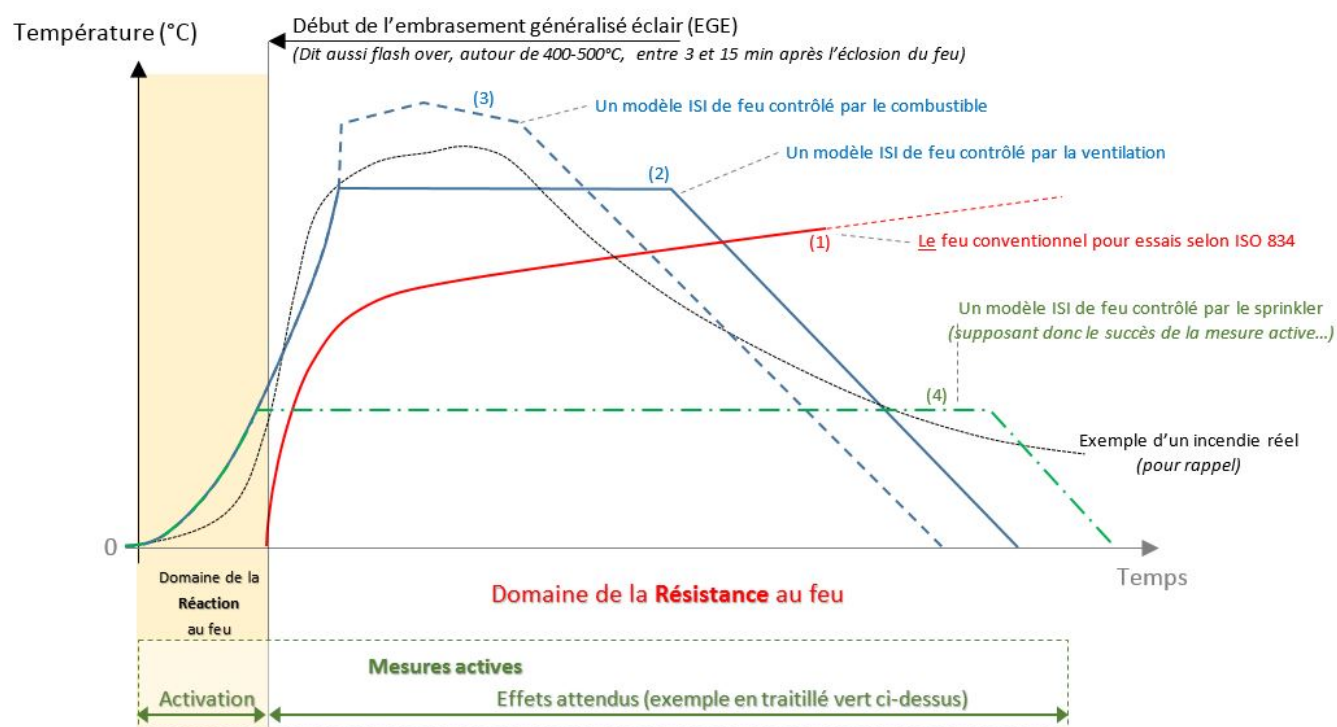


Figure 3 : Modèles d'évolution du feu dans un local en situation normalisée ou simulée

Par exemple, dans le cadre d'essais qui visent à évaluer la résistance au feu (REI) d'un élément de construction, les laboratoires utilisent une courbe de « feu conventionnel » ou « feu normalisé », c'est la courbe rouge (1) du schéma ci-dessus correspondant au modèle de la norme ISO 834. L'usage d'une telle courbe normalisée permet de disposer de résultats comparables entre des éléments de construction différents, et d'établir des règles de moyens dans une approche dite « descriptive ».

Autre exemple : pour mener une étude de type ISI (Ingénierie de la Sécurité Incendie) dans une approche dite « performancielle », les ingénieurs doivent disposer de modèles adaptés aux calculs numériques et représentatifs des scénarios retenus, ce sont par exemple les courbes bleues (2), (3) et verte (4) du schéma ci-dessus.

Il convient de retenir que seuls les laboratoires agréés en résistance au feu et les BET spécialisés sont en mesure d'exploiter concrètement ces modèles. Les acteurs – dont notamment les commissions de sécurité – devant à minima s'accorder sur les scénarios retenus, l'objectif est ici que ces acteurs reconnaissent et comprennent les modèles afférents partagés.

## LES EFFLUENTS DU FEU

La pyrolyse est le premier stade de la décomposition d'un composé organique par la chaleur pour obtenir d'autres produits qu'il ne contenait pas. Elle produit notamment des gaz inflammables qui sous l'action d'une flamme ou par un apport suffisant d'énergie peuvent s'enflammer. La pyrolyse peut avoir lieu en l'absence d'oxygène.

La combustion est une réaction chimique d'oxydoréduction entre un combustible (les gaz de pyrolyse) et un comburant (l'oxygène de l'air). C'est une réaction généralement fortement exothermique, autonome, susceptible de s'accélérer brutalement, qui peut être accompagnée d'émissions de rayonnements. Selon les conditions, le dégagement de chaleur de la réaction de combustion peut conduire à une expansion rapide du milieu réactionnel ou à une forte augmentation de pression.

Les effluents du feu sont l'ensemble des gaz, fumées et aérosols, y compris les particules en suspension, dégagés à des températures diverses, le plus souvent élevées, par la pyrolyse ou par la combustion.

## LE FEU SANS FLAMMES

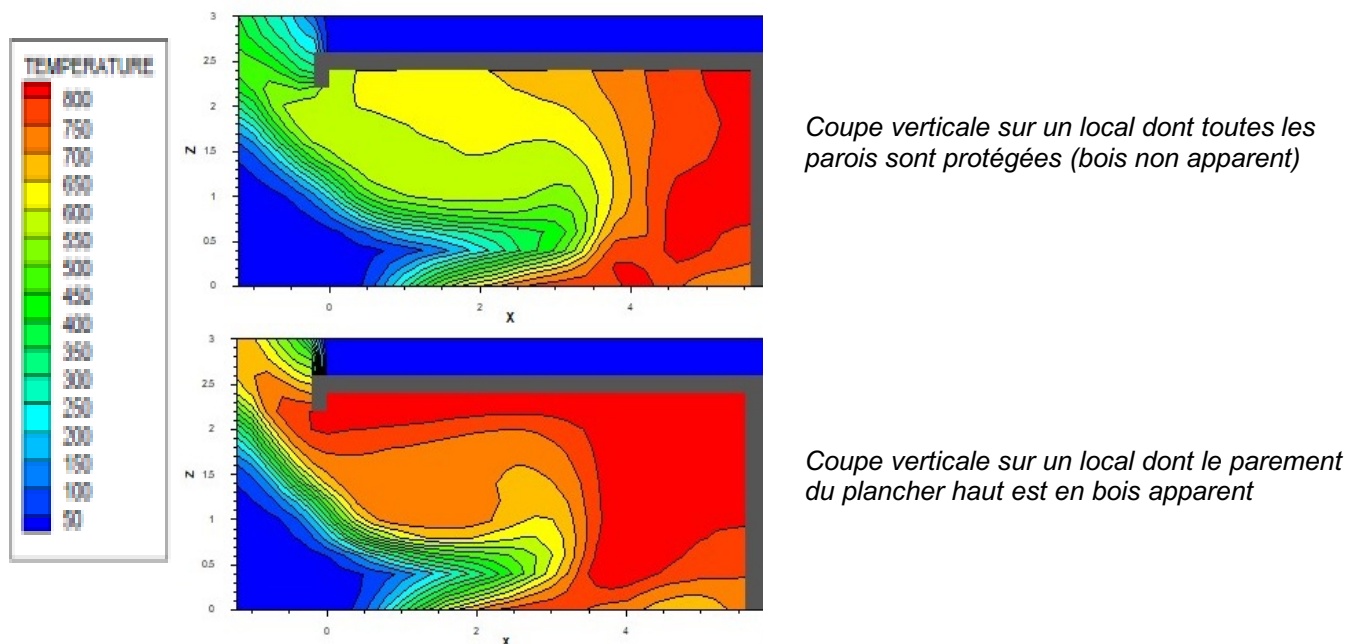
- L'**incandescence** est un mode de combustion de certains matériaux, dont le bois, où une réaction très exothermique et sans flamme se produit à la surface du matériau carbonisé (le charbon de bois) qui, porté à haute température, émet un rayonnement visible (en anglais : glowing combustion).
- La combustion lente d'un matériau ou **feu couvant**, sans flamme ni émission visible, est généralement révélée par une élévation de la température ou par une émission de fumée. Il se caractérise par la décomposition du matériau considéré, un fort dégagement de fumée puis par une incandescence locale due à la réaction entre le résidu solide et l'oxygène de l'air (en anglais : smouldering). Les conditions qui conduisent à un feu couvant sont celles où un matériau susceptible d'être oxydé est mis en présence d'un environnement où la chaleur générée par l'oxydation est contenue par un milieu à faible potentiel de perte de chaleur.

## LES TEMPÉRATURES ATTEINTES DANS UN INCENDIE

Lorsque qu'un incendie se développe dans une pièce, les températures atteintes ne sont pas réparties de façon homogène aux différents points du local, cela dépend bien sûr de la répartition de la charge incendiée mais aussi de la nature des matériaux qui la composent.

En fonction de ces paramètres, les amplitudes de températures peuvent être très importantes. Elles sont couramment de plusieurs centaines de degrés – entre 50 et plus de 800°C – les températures les plus élevées étant généralement à proximité du plafond, elles peuvent atteindre plus de 1 000°C en phase de feu pleinement développé.

L'illustration ci-dessous montre la différence des températures atteintes lorsque que toutes les parois du local sont protégées par des écrans de protection thermique – de type plaques de plâtre – ou lorsqu'elles comportent du bois apparent en murs et/ou en plafond.



**Figure 4 : Températures atteintes dans un local lors d'un incendie**

Lorsque l'incendie a consommé tout l'oxygène présent dans le local, les gaz imbrûlés produits s'échappent par les ouvertures – notamment les menuiseries extérieures dont les vitrages se sont brisés sous l'effet de la chaleur – et s'embrasent en retrouvant l'oxygène nécessaire à leur combustion.

Le panache de flammes ainsi créé participe alors à la propagation de l'incendie par les façades, il est nettement différencié selon qu'aucune, une ou deux parois verticales comportent du bois apparent contribuant au développement du feu comme le montrent les illustrations ci-dessous qui présentent les champs thermiques de ces trois configurations.

La configuration qui présente le plus grand nombre de parements combustibles (à droite) produit la plus grande quantité de gaz imbrûlés qui s'échappent à l'extérieur.



**Figure 5 : Panache de flammes extérieur en fonction du nombre de parois en bois exposées au feu**

## **FOCUS : LES MODES DE DIFFUSION DE LA CHALEUR**

Conduction : chaleur transmise par contact

La chaleur se transmet dans un matériau d'une région de température élevée vers une région de température plus basse, tous les matériaux conducteurs de chaleur impactés par l'incendie sont concernés, principalement les produits métalliques : profils et ferrures en acier, tuyauteries, éléments en aluminium mais également le béton, les briques, etc ... La vitesse de propagation dépend des caractéristiques physiques du matériau : conductivité, humidité, masse volumique, épaisseur ...

Rayonnement : chaleur transmise par rayonnement

Le flux thermique émis par les gaz chauds de l'incendie provoque l'élévation de la température des matériaux environnants, ce qui peut conduire à ce qu'ils s'enflamment spontanément lorsque leur température d'auto-inflammation est atteinte.

Remarque : Dans certaines configurations, le flux thermique émis par le rayonnement d'une paroi échauffée – par exemple, dans les circulations verticales (escaliers) et horizontales (dégagements, couloirs) – peut ralentir, voire interdire, l'intervention des secours et l'évacuation des personnes.

Convection : chaleur transmise par circulation d'air chaud

Les effluents générés par l'incendie, contenant des gaz chauds souvent toxiques, se diffusent dans tous les espaces et cavités qui leur sont accessibles, leur énergie est transmise aux matériaux environnants et fait monter leur température.

Projection : chaleur transmise par déplacement d'objets

Le déplacement d'objets enflammés par courants d'air, projection (explosion) ou épandage – particules incandescentes, produits chimiques, brandons, papiers, liquides, etc – contribue à la propagation du feu.

## **LES TRANSFORMATIONS SUBIES PAR LES MATÉRIAUX AU COURS DE L'INCENDIE**

Au cours d'un incendie, les matériaux subissent des transformations en fonction de la température à laquelle ils sont portés : combustion, perte de résistance, destruction, fusion, désagrégation, ...

Les températures indiquées dans les paragraphes ci-dessous sont des ordres de grandeur approximatifs destinés à permettre la comparaison avec les températures atteintes dans un local lors d'un incendie.

- Le bois

Le bois est très peu conducteur de la chaleur, sa température de surface s'élève très rapidement jusqu'au point d'inflammation situé généralement vers 250/300°C.

Sa vitesse de combustion usuelle dépend de l'essence de bois et de sa densité. Selon l'EN 1995-1-2, elle est d'environ 0,55 mm/minute pour les feuillus autres que le hêtre (de masse volumique  $\geq 450 \text{ kg/m}^3$ ), de 0,7 mm/minute pour le bois lamellé-collé résineux et de 0,8 mm/minute pour les résineux massifs, mais elle peut atteindre le double après que le bois ait été chauffé derrière un écran de protection thermique et que celui-ci ne joue plus son rôle (par exemple : chute des plaques de plâtre).

La couche de charbon produite par la combustion du bois est un bon isolant thermique qui ralentit l'élévation de température à l'intérieur du bois. La couche sous-jacente, peu épaisse, perd progressivement ses caractéristiques mécaniques à mesure qu'elle s'échauffe tandis que le reste de la pièce bois reste à une température « normale ».

- L'acier

L'acier ne brûle pas et en situation d'incendie, il ne dégage pas de fumée ni de chaleur. Par contre, l'acier est un bon conducteur de la chaleur et, à des températures que l'on peut rencontrer dans les incendies, il commence à perdre de sa rigidité dès 100°C et de sa résistance à partir de 400°C. Il se dilate fortement sous l'effet de la chaleur ce qui peut entraîner des désordres dans la répartition des charges dans une structure.

Lorsqu'il est intégré dans des structures, il peut transférer de la chaleur vers des matériaux voisins. Les structures mixtes bois-acier peuvent atteindre de longues durées de stabilité selon la qualité de la protection apportée par le bois.

- Le verre

Le verre ne supporte pas les montées rapides en température, il se dilate rapidement et il ne supporte pas non plus les gradients de températures à sa surface (de 30 à 150°C selon les qualités). En situation d'incendie, un vitrage simple recuit se brise plus ou moins rapidement selon ses caractéristiques dès qu'il est exposé à un flux thermique supérieur à 9 kW/m<sup>2</sup>, sauf s'il a été traité spécifiquement pour résister à la chaleur.

- L'aluminium

Résistant, léger, peu corrodable, l'aluminium est un très bon conducteur de la chaleur, il perd rapidement ces propriétés physico-mécaniques autour de 350°C et il fond vers 660°C. En situation d'incendie, les menuiseries et les volets roulants en aluminium sont rapidement dégradés.

- Le polychlorure de vinyle (PVC)

Le PVC fond vers 135°C mais il perd sa rigidité et dégage des gaz toxiques et polluants dès 50-60°C. En situation d'incendie, les menuiseries, les volets roulants et autres produits en PVC sont très rapidement dégradés, les ouvrants et les dormant des menuiseries se soudent, fondent, puis disparaissent.

- Le plâtre

Le plâtre est un matériau incombustible, classé A1. Au cours d'un incendie, la vaporisation de l'eau contenue dans le plâtre absorbe une certaine quantité de chaleur ce qui retarde sa montée en température. Au cours d'un incendie, le plâtre ne libère pas de produits toxiques, mais seulement de la vapeur d'eau.

Le plâtre est un mauvais [conducteur de la chaleur](#) et donc un bon [isolant thermique](#). Cette propriété est due à sa structure poreuse qui résulte de l'évaporation de l'eau lors du séchage.

Les plaques de plâtre standard courantes (composées de plâtre à l'état brut maintenu entre deux feuilles de carton) sont classées A2, s1-d0. Elles sont utilisées pour la réalisation de cloisons, de contre-cloisons, de plafonds ou de planchers. Cependant, la performance de ces ouvrages ne dépend pas seulement de la plaque utilisée mais aussi des caractéristiques et du comportement des différents composants du système (plaques, ossatures, calfeutrements, joints) et du type de montage.

Certaines plaques en [silicate de calcium](#) offrent des performances vis-à-vis du feu plus élevées que les plaques de plâtre standard. Elles sont utilisées notamment pour la réalisation de parois de gaines techniques.

Les performances de ces ouvrages sont propres à chaque industriel, il convient donc de se référer aux procès-verbaux d'essais des fabricants.

- Le béton armé

Les bâtiments constitués d'une structure en béton armé ont un bon comportement au feu. Ceci est lié au fait que le béton a une conductivité thermique relativement faible et une capacité d'absorption de la chaleur élevée. Ces caractéristiques du béton permettent de définir l'enrobage des armatures nécessaire pour que des éléments de structure tels que les poutres, les planchers, etc..., dimensionnés selon la norme NF EN 1992-1-2, assurent la durée de résistance au feu requise.



Il existe plusieurs types de béton dont les compositions sont plus ou moins denses et plus au moins sensibles à l'éclatement et/ou l'écaillage en situation d'incendie. Certains bétons de haute performance (BHP) ont un mauvais comportement au feu, car le risque d'éclatement de ce type de béton en situation d'incendie est très élevé. C'est pour cette raison que, pour éviter ce phénomène, des composants spéciaux, tels que des fibres de propylène, sont insérées dans la composition des BHP.

En cas d'éclatement et/ou d'écaillage du béton, les armatures sont moins bien protégées, leur échauffement est alors plus rapide et la stabilité au feu du bâtiment, ou d'un élément de construction, localement ou en totalité (cela dépend de la conception de la structure), peut être mise en cause prématurément avant la fin de la durée de résistance au feu requise.

Cependant, comme pour les autres types de structure, les structures en béton peuvent être protégées par des écrans de protection thermique de diverses natures (plaques de plâtre, flocages, etc ...) pour augmenter leur durée de résistance au feu ou pour éviter les phénomènes d'éclatement et/ou d'écaillage.

Il est important de tenir compte de ces particularités pour la conception d'éléments mixtes bois-béton.

## LA PYROLYSE DU BOIS

Le bois est un matériau combustible, c'est-à-dire qu'il subit une dégradation thermique suite à une agression thermique et oxydante (en présence d'oxygène qui joue le rôle de comburant). Sa structure et ses propriétés thermo-physiques et mécaniques peuvent être affectées par cette dégradation thermique.

Le bois a une caractéristique particulière qui le distingue des autres matériaux de construction : pierre, béton, brique, acier, aluminium, verre. Lorsqu'il est soumis à une élévation progressive de température, il subit plusieurs phases de transformation :

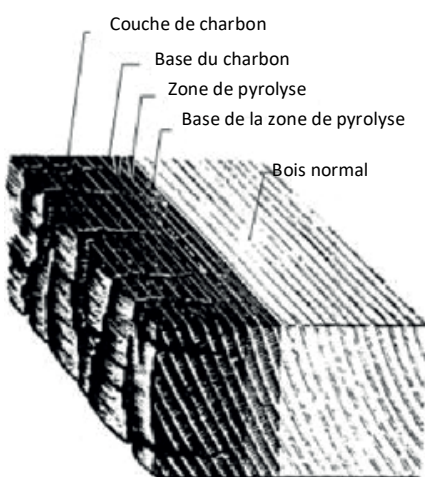


Figure 6 : La carbonisation du bois

- **la phase de séchage** – entre 40/50 et 100/120 °C – pendant laquelle l'eau encore contenue dans le bois s'évapore. Pendant cette étape, le bois ne produit ni flamme, ni chaleur, au contraire il consomme de l'énergie et il perd déjà entre 35 et 75 % de sa performance mécanique (Annexe B de l'EN 1995-1-2),
- **la phase de pyrolyse faible** – entre 100/120 et 250/300 °C – pendant laquelle le bois commence sa décomposition. Cette première phase de pyrolyse demeure lente, endothermique et peu émissive de composés gazeux. A la fin de cette phase, le bois a terminé de perdre 100% de ses performances mécaniques.
- **la phase de pyrolyse de carbonisation** – entre 250/300 et 800 °C – pendant laquelle les composés gazeux contenus dans le bois s'en échappent et s'enflamment, le bois se met à carboniser à la vitesse de 0,7 à 0,8 mm/minute, cette étape produit 70 % de la chaleur contenue dans le bois. Elle peut avoir lieu en milieu appauvri en oxygène (par exemple derrière une plaque de protection thermique adhérente).
- **la phase d'oxydation** – entre 800 et 1100 °C – pendant laquelle le bois entre en incandescence, produit des braises et dégage une forte chaleur (30 % de l'énergie contenue dans le bois).

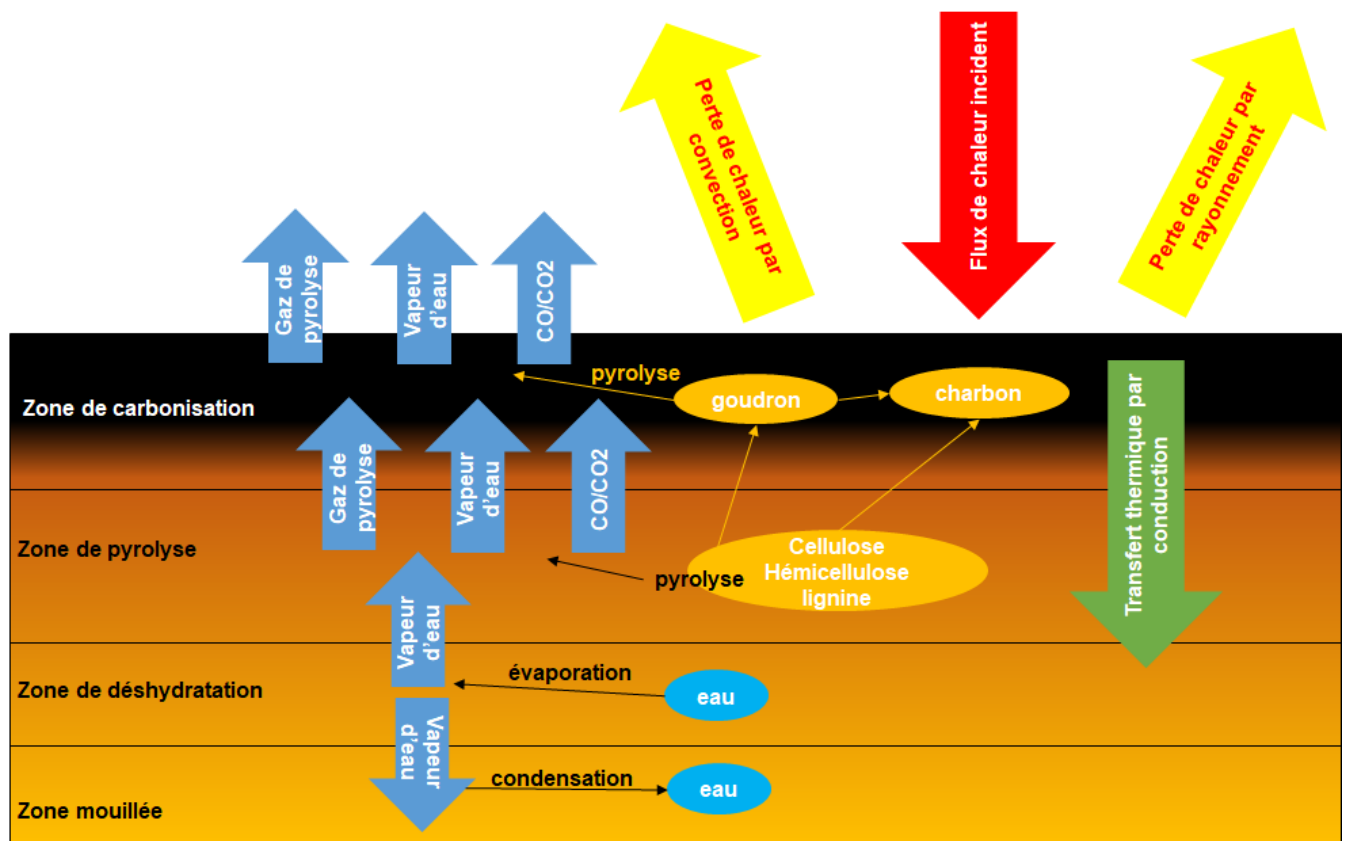


Figure 7 : Processus physico-chimique lors de la combustion du bois

La température d'auto-inflammation est celle à partir de laquelle la combustion s'amorce spontanément en l'absence d'apport de point chaud (flamme pilote) et sous atmosphère normale. Pour le bois, cette température varie de 200°C à 600°C car elle dépend des propriétés de l'échantillon exposé (teneur en eau, masse volumique,...)

Le point d'inflammation est la température pour laquelle la combustion une fois amorcée peut continuer, elle dépend de la durée d'exposition du bois à la chaleur. Généralement, le bois s'enflamme à une température située entre 250 et 300 °C.

L'auto-extinction est l'arrêt naturel et non provoqué de la combustion du bois avec flammes (combustion vive) ou sans flammes (incandescence) alors qu'il reste encore du combustible faute d'apport d'énergie extérieure ou de capacité de la combustion à s'auto-entretenir.

## PRÉVENIR LA PROPAGATION DE L'INCENDIE

En présence d'un foyer d'incendie, les matériaux combustibles composant les éléments ou les sous-éléments de construction qui sont impactés par l'élévation de la température ambiante s'échauffent, ils subissent graduellement les effets de la pyrolyse et s'enflamment, plus ou moins facilement en fonction de leur composition et de la quantité d'oxygène qui les environne.

Les effluents produits par la combustion – fumées et gaz chauds – qui sont émis sont susceptibles de se diffuser par les interstices existants entre ou dans les éléments de construction et par ceux qui peuvent apparaître suite à la dégradation de certains composants (voir le paragraphe ci-dessus : Les transformations subies par les matériaux au cours de l'incendie). Ils peuvent ainsi se propager très facilement dans les cavités et les vides de construction.

La chaleur se diffuse par conduction, rayonnement, convection ou projection (voir le focus ci-dessus : les modes de diffusion de la chaleur), elle peut ainsi propager l'incendie dans la construction. L'incendie peut aussi parfois se propager par la projection de particules enflammées, par la chute de matériaux enflammés ou la fonte de matériaux fusibles.

Dans un tel contexte, lorsque les températures s'élèvent à l'intérieur d'une paroi sous l'action du flux thermique généré par l'incendie, la présence d'isolants thermiques, par le fait qu'ils ralentissent fortement les transferts thermiques, contribue au maintien de températures élevées dans cette paroi pendant des durées qui peuvent parfois être longues.

Ces conditions favorisent le risque de démarrage et de développement de la pyrolyse des matériaux combustibles présents à l'intérieur de la paroi ou bien de leur dégradation, voire de leur effondrement (par exemple : la laine de verre). Elles peuvent aussi conduire à la chute des écrans de protection thermique qui ne sont plus maintenus en place sur leurs supports par leurs moyens de fixation au-delà de la durée prévue par leur PV de résistance au feu en raison des modifications physiques qui les affectent sous l'effet de la chaleur (par exemple : le séchage des plaques de plâtre qui entraîne la désagrégation de ce matériau).

Des phénomènes de combustion lente, non visibles et difficiles à détecter, peuvent se déclencher dans certaines zones chaudes mais pauvres en oxygène : ce sont les « feux couvants ». Ils peuvent se développer pendant plusieurs heures sans être repérés.

Dans certaines configurations, l'aspersion avec les moyens d'extinction, même prolongée, ne parvient pas à atteindre des zones masquées où peuvent se développer des incandescences.

Ces situations représentent un risque potentiel très important de reprise de l'incendie longtemps après qu'il a été considéré comme éteint.

Ce contexte spécifique exige donc la mise en œuvre de dispositions constructives particulières pour répondre aux exigences fondamentales de la sécurité incendie. Il s'agit principalement de faire en sorte que les jonctions entre sous-éléments et éléments de construction soient étanches, non seulement aux flammes, mais surtout aux gaz chauds pendant toute la durée requise pour la résistance au feu de la construction.

## **LES MODES DE PRÉVENTION ET DE PROTECTION**

Les principaux objectifs de sécurité sous-jacents aux réglementations en matière de sécurité incendie dans les bâtiments sont :

- sauver les vies des occupants et préserver celles des forces de secours,
- préserver les bâtiments voisins,
- préserver l'environnement.

Pour atteindre ces objectifs, la conception et l'exécution des constructions doivent permettre :

- d'éviter l'éclosion d'un incendie,
- de limiter la propagation du feu, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur du bâtiment,
- d'assurer la sécurité des occupants,
- de faciliter l'intervention des secours et assurer leur sécurité.

Des exigences fonctionnelles sont associées à ces objectifs de sécurité qui se traduisent par des dispositions à mettre en œuvre en termes de réaction au feu, système de sécurité incendie (SSI), compartimentage et stabilité structurale, désenfumage, moyens d'évacuation et de secours, dont

l'efficacité doit permettre de satisfaire des critères de performance en termes de températures atteintes, de flux thermiques, de doses toxiques, d'opacité des fumées...

Le tableau suivant présente de manière synthétique – et non exhaustive – les actions à entreprendre, les exigences fonctionnelles et les moyens à mettre en œuvre associés afin d'assurer à une construction un niveau de sécurité satisfaisant en cas d'incendie.

<b>Actions</b>	<b>Exigences</b>	<b>Moyens mis en œuvre</b>
<b>Prévenir</b>	Maitriser le risque de départ de feu	Conception « sécuritaire » des équipements techniques respectant les règles de sécurité réglementaires : installations électriques et de gaz combustible... Mise en œuvre de revêtements des parois verticales et en plafond de matériaux présentant un degré de réaction au feu adapté.
	Mettre en place les équipements de mise en sécurité de manière préventive et en assurer la maintenance	Equipements de désenfumage naturel et mécanique. Equipements de détection, d'alarme et de commande automatique des équipements de mise en sécurité. Colonnes sèches ou humides, extincteurs
	Concevoir des réseaux non propagateurs de l'incendie	Gaines techniques, cheminements des réseaux équipés de dispositifs d'obturation. Utilisation systématique de matériaux non propagateurs de la flamme.
	Sensibiliser et former les occupants aux attitudes de sécurité	Sensibiliser les occupants à l'importance de l'entretien des équipements techniques et les former aux premiers réflexes de sécurité face à un début d'incendie.
<b>Intervenir</b>	Accessibilité des secours	Maintenir des voies d'accès adaptées aux engins de secours tout au long de la vie du bâtiment. Permettre l'accès des secours dans les locaux par l'extérieur par des engins ou moyens adaptés.
	Déploiement des moyens d'intervention	Mettre à disposition des secours des hydrants présentant un débit et une durée de fonctionnement adaptés. Maintenir en état les moyens préventifs mis en place.
	Mise en sécurité ou évacuation des occupants	Créer des volumes confinés et sécurisés : logements, compartiments, zones de mise en sécurité, espaces d'attentes dédiés. Désenfumer les circulations d'accès, les grands locaux, les escaliers.
<b>Contrôler</b>	Stabilité au feu des structures	Résistance au feu intrinsèque des structures. Protections complémentaires par plaques, projections.
	Eviter la propagation vers les tiers	Renforcer les parois horizontales d'isolement. Empêcher la propagation verticale par les façades. Créer des parois verticales résistantes au feu. Maîtriser le rayonnement thermique induit par l'inflammation des façades
	Maintenir le foyer dans une zone confinée, contenir les effluents : fumées, gaz chauds	Résistance au feu des parois horizontales et verticales : logements, compartiments, zones de mise en sécurité, espaces d'attentes dédiés. Conception des ouvrages adaptée : pas de vides de construction, limitation des effets de tirages thermiques dans les vides. Maitrise par les acteurs professionnels des phénomènes physiques : flash-over, explosion de fumées, smouldering combustion
	Efficacité de l'intervention des services de secours	Connaissance des techniques de construction par les acteurs des services d'intervention. Techniques et moyens d'intervention adaptés.

**Tableau 1**

## L'EXTINCTION DE L'INCENDIE

Lorsqu'un incendie se déclare dans un bâtiment, les premiers avertis sont le plus souvent ses occupants ou les voisins. Ils peuvent intervenir pour tenter de l'éteindre s'il n'est pas déjà trop développé en utilisant des extincteurs éventuellement présents sur place ou d'autres moyens improvisés (couvertures ...) et en appelant les services de secours.

- L'intervention des pompiers

Les pompiers sont dotés de nombreux équipements pour attaquer un incendie et le circonscire. La réglementation concernant la sécurité incendie en tient compte pour établir la nature des exigences à respecter.

C'est en particulier le cas de la classification des habitations (en 4 familles) et des ERP selon la hauteur du dernier niveau accessible par les engins de secours depuis la voie «échelle» qui dépend des moyens mis en œuvre. Ainsi les échelles coulissantes dont disposent les camions standards des services de secours permettent d'accéder jusqu'à **8 mètres** de haut tandis que les grandes échelles sur camions dédiés permettent de monter jusqu'à **28 mètres**. Des systèmes de bras élévateurs articulés (BEA) permettent d'accéder à de plus grandes hauteurs (jusqu'à 46 mètres), mais ils ne sont pas disponibles sur tout le territoire français.

On considère donc qu'au-delà de 28 mètres, les services de secours ne peuvent accéder aux locaux que par les circulations verticales (escaliers) et horizontales (dégagements) qu'il est donc impératif de «sanctuariser» en prenant toutes les dispositions constructives nécessaires pour qu'elles restent accessibles à toutes les personnes, notamment en cas d'évacuation. L'incendie ne doit pas s'y propager et il faut les mettre autant que possible à l'abri des fumées et les désenfumer efficacement.

L'usage des ascenseurs pendant un incendie est interdit (sauf pour les sapeurs-pompiers dans les IGH) au cas où ils seraient affectés par une panne d'électricité.

- Les installations d'extinction automatique à eau

Certains bâtiments sont équipés d'un Système Fixe d'Extinction Automatique à Eau (SFEAE) de type «sprinkleur» ou brouillard d'eau. Son déclenchement est automatique ce qui le rend donc opérationnel jour et nuit dès la détection d'un foyer d'incendie. Ce système permet de déclencher immédiatement une alarme lors de sa mise en fonctionnement et d'éteindre l'incendie à ses débuts ou au moins de contrôler son développement.

Très utilisé dans certains pays, notamment dans les immeubles multi-étages en bois, ce système est en France réservé pour le moment à certains ERP, IGH et ICPE.

- La détection des points chauds par caméra thermique

Lorsqu'un incendie est circonscrit, que tous les foyers semblent avoir été éteints et que les dégarnissages nécessaires ont été effectués, les sapeurs-pompiers procèdent avec des caméras thermiques à des opérations systématiques de détection d'éventuels points chauds révélateurs de potentiels «feux couvants» à l'intérieur des parois.

Les parois des constructions contemporaines qui comportent de plus en plus de matériaux isolants rendent cette technique moins fiable, certains points chauds risquant d'être «masqués» par les isolants intacts.

Dans un proche avenir, la mise en place de capteurs thermiques reliés par wifi à la GTB dans des zones appropriées de la construction pourrait être un moyen de disposer, en usage courant comme en situation d'incendie, de dispositifs fiables de détection d'élévations anormales de température.

- La stabilité «infinie»

Compte-tenu de leur difficulté d'accès, les IGH doivent être conçus pour avoir une stabilité infinie, c'est-à-dire qu'ils doivent rester stables jusqu'à la fin de la combustion de tous les produits et matériaux combustibles disponibles sans qu'il y ait intervention des moyens de secours.

Il ne s'agit pas d'une exigence réglementaire, mais de l'objectif à atteindre par la mise en œuvre de l'Ingénierie de la Sécurité Incendie (ISI).

Pour rappel, l'article GH 16 de l'arrêté du 30 décembre 2011 portant règlement de sécurité pour la construction des IGH limite la charge calorifique des éléments de construction (hors revêtements des parois horizontales et latérales, hors masse combustible de la façade, hors matériaux classés A1 ou A2) qui doit être inférieure, en moyenne et par compartiment, à 255 MJ/m<sup>2</sup> de surface hors œuvre nette, ce qui correspond à 2 m<sup>3</sup> de bois (de masse volumique égale à 450 kg/m<sup>3</sup> et pour une chaleur de combustion effective de 14 MJ/kg) pour 50 m<sup>2</sup> de SHON. Cette quantité de bois est nettement insuffisante pour construire une structure porteuse.

### 3. LE COMPORTEMENT AU FEU DES CONSTRUCTIONS EN BOIS

#### COMPORTEMENT AU FEU : RÉACTION ET RÉSISTANCE

Le comportement au feu d'un bâtiment est toujours apprécié à partir de deux critères principaux : la réaction au feu des matériaux et des produits et la résistance au feu des éléments de construction.

La réaction au feu caractérise la contribution qu'un matériau ou un produit peut apporter, par sa propre décomposition, au développement d'un feu et à la vitesse à laquelle la combustion au feu se développe. C'est l'ensemble des phénomènes qui se manifestent à partir d'une élévation de température, générés par un foyer de puissance déterminée, et qui peuvent aboutir à la désagrégation d'un matériau. Ces phénomènes sont le ramollissement, la carbonisation, la pyrolyse ou la combustion, l'émission de fumées, gaz et suies, la production éventuelle de gouttes ou de débris enflammés.

La résistance au feu caractérise la capacité d'un élément de construction ou d'une paroi à assurer sa fonction en situation d'incendie. Cette fonction peut concerner la stabilité au feu de la structure porteuse du bâtiment dans lequel il est mis en œuvre et/ou dans la fonction de compartimentage pendant la durée d'incendie conventionnel requise par la réglementation applicable à ce bâtiment.

Il convient de recroiser ces définitions avec le paragraphe précédent sur les modèles de feux, et de retenir les associations représentées ci-après :

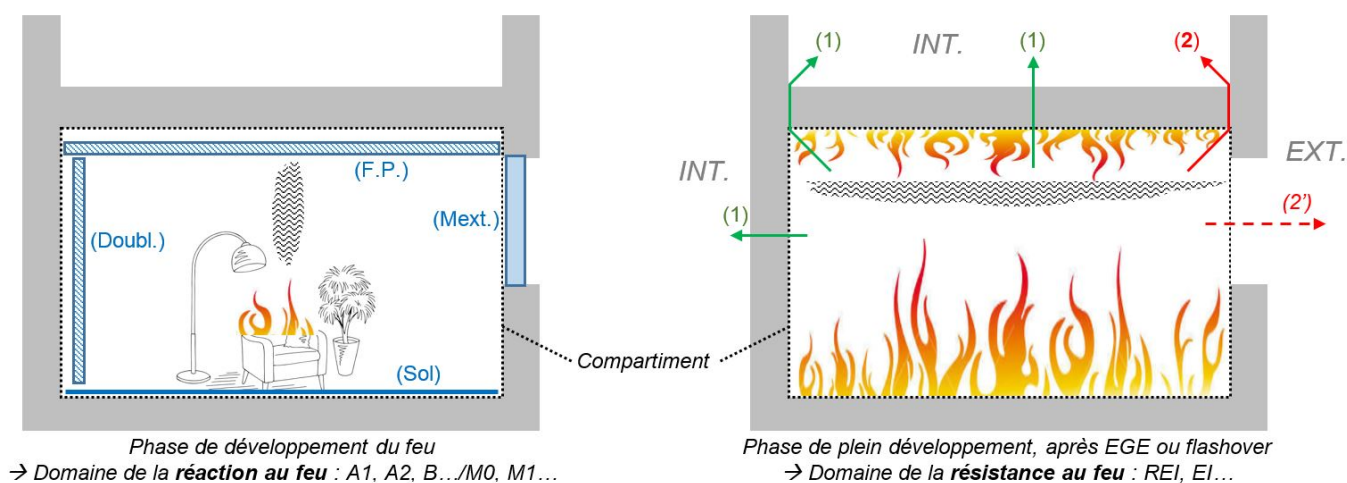


Figure 8 : Réaction au feu et Résistance au feu

Cette illustration permet d'attirer l'attention sur les 3 points suivants :

- Lors de la phase de développement du feu, certains produits peuvent répondre aux exigences de contribution au développement (réaction au feu adaptée), mais, ne bénéficier d'aucune résistance au feu. Autrement dit, une fois franchi l'EGE (Embrasement Généralisé Eclair ou flash-over) c'est-à-dire dans la phase de plein développement du feu, ces produits doivent être considérés comme « inexistant » ou « disparus ». Pour un revêtement de sol (Sol dans le schéma), cela ne prête pas à conséquence. Pour une menuiserie extérieure (Mext. dans le schéma), son éventuelle disparition est systématiquement prise en compte par les règles afférentes (IT 249...). Par contre, pour des complexes comme les doublages et faux-plafonds (Doubl. et F.P. dans le schéma), cette « disparition » rend directement accessible (donc apparent) au feu des produits et complexes qui ne l'étaient pas en situation d'exploitation normale. Cette « disparition » des produits non résistants au feu est à garder en tête dans l'application des règles et méthodes

déclinées dans la suite du guide. Bien entendu, si les doublages ou faux plafonds en question bénéficient d'une preuve de résistance au feu suffisante, remplissant ainsi la fonction d'écran de protection thermique, ce « gommage » n'a plus lieu d'être.

- Pour rappel, la transmission éventuelle de l'incendie par les baies (repérée par 2' dans le schéma) est hors périmètre de ce guide. La propagation au travers de la jonction plancher-façade (repérée par 2 dans le schéma), bien que traitée dans les règles relatives à la propagation du feu en façade (IT 249...), reste dans le périmètre de ce guide. En effet, cette propagation fait intervenir une communication intérieur-intérieur des flammes et fumées, qui reste dans la cible des traitements proposés pour les « interstices », « jonctions » et « cavités » du guide.
- Pour finir, comme il est rappelé au paragraphe 4.2.2 de la norme NF EN 520+A1 de novembre 2009, la résistance au feu caractérise le comportement d'un système d'éléments de construction assemblés ou d'un élément de construction seul et non le comportement d'un matériau. En effet, comme l'illustre le schéma, la réaction au feu intéresse les « surfaces » directement « attaquées » lors de la phase de développement, alors que la résistance au feu intéresse la traversée du complexe entier. Ainsi, et conformément à la norme NF EN 13501-2 de juillet 2016, ces systèmes assemblés sont dénommés « élément de construction » dans les paragraphes afférents de ce guide.

## **LA RÉACTION AU FEU DES PRODUITS À BASE DE BOIS**

Les essais de réaction au feu permettent d'effectuer une évaluation conventionnelle des matériaux relative à leur contribution au développement d'un incendie dans sa phase de démarrage. Cette évaluation passe par la détermination de la propension d'un matériau ou d'un produit à s'enflammer, à brûler avec plus ou moins de vigueur, à dégager plus ou moins d'énergie et de fumées, voire des gouttes, et à propager la flamme à sa surface.

On effectue les classements de réaction au feu à l'aide de critères ou d'indices qui permettent de hiérarchiser le niveau de performance du matériau ou du produit soumis à des essais conçus à cet effet (essai à la petite flamme, essai SBI (Single Burning Item), essai au panneau radiant (pour les revêtements de sol), vérification de l'effet gouttant.

Les modalités de pose des produits de construction peuvent avoir un impact sur le résultat du comportement en réaction au feu exprimé en Euroclasse. Par exemple, dans le cas de produit en bois ou à base de bois d'épaisseur inférieure à 18 mm, le comportement au feu du support (incombustible ou non) sur lequel est posé le produit peut avoir un effet déclassant. La présence d'éléments ajourés ou posés à claire-voie peut avoir également un effet déclassant.

La décision européenne 2000/147/CE de février 2000 a introduit la notion d'Euroclasse qui classe les produits ou familles de produits en sept classes de réaction au feu de A à F. Un indice "fl" (pour "floor") est ajouté quand il s'agit d'un revêtement de sol. Deux autres classements supplémentaires permettent de définir la production de fumée (s) et la production de gouttelettes ou de particules enflammées (d).



## Réaction au feu : Euroclasses

La sécurité en cas d'incendie est une des exigences essentielles de la Directive Produits de Construction (89/106/CEE) qui oblige les états membres à harmoniser leurs systèmes d'essais et de classement de réaction au feu (décision 94/611/CEE).

Les réglementations incendie nationales seront transposées avec le nouveau référentiel européen de classement de réaction au feu : les EUROCLASSES.

CLASSE	Contribution énergétique à la propagation d'un incendie	classification complémentaire		
		Production de fumée		Chute de gouttes et débris enflammés
A1	Incombustible	-	-	-
A2	Pratiquement incombustible	S1	Faible production de fumée	d0 pas de gouttelettes/particules enflammées
B	Résiste à une attaque prolongée des flammes et d'un objet isolé ardent tout en limitant la propagation de la flamme	S2	production moyenne de fumée	d1 gouttelettes/particules enflammées persistant moins de 10 s
C	Résiste à une attaque brève des flammes et d'un objet isolé ardent tout en limitant la propagation de la flamme			
D	Résiste à une attaque brève de petites flammes tout en limitant la propagation de la flamme et d'un objet isolé ardent	S3	production importante de fumée	d2 gouttelettes/particules enflammées persistant plus de 10 s
E	Résiste à une attaque brève de petites flammes en limitant la propagation de la flamme	Pas testé		Sans indication ou d2
F	Aucune performance déterminée			

Tableau 2 : Définition des Euroclasses

**IMPORTANT :** Le règlement délégué UE 2016/364 de juillet 2015 a modifié la définition de la classe F qui couvre maintenant tous les produits qui n'atteignent pas au moins les caractéristiques de réaction au feu de la classe E.

La sollicitation des éléments en bois ou des panneaux à base de bois, quelle que soit leur épaisseur, par un feu suffisamment sévère conduit inévitablement à l'inflammation de leur surface. Le bois ou les panneaux à base de bois sont classés conventionnellement D-s2,d0 (anciennement M3) selon les différentes normes harmonisées publiées.

Néanmoins la performance de réaction au feu du bois est amoindrie dans les certaines conditions particulières :

- Masse volumique faible, par exemple < 390 kg/m<sup>3</sup> pour les bois massifs
- Profils et états de surface présentant des arêtes, des angles aigus ou des aspérités favorables à l'accrochage de la flamme
- Montage avec lame d'air ouverte sur un support combustible
- Exposition de longue durée dans des climats secs où l'humidité d'équilibre du bois est inférieure à 10%.
- Montage ajouré ou à claire-voie
- Epaisseurs nominale et minimale faibles

**Note 1 :** Pour conserver le classement conventionnel D-s2,d0, l'épaisseur minimale d'un bardage bois monté sur une lame d'air ventilée doit être égale ou supérieure à 14 mm en tout point et à 21 mm en épaisseur nominale (voir figure ci-dessous).

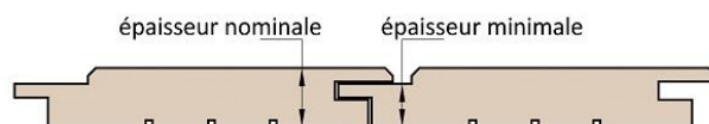


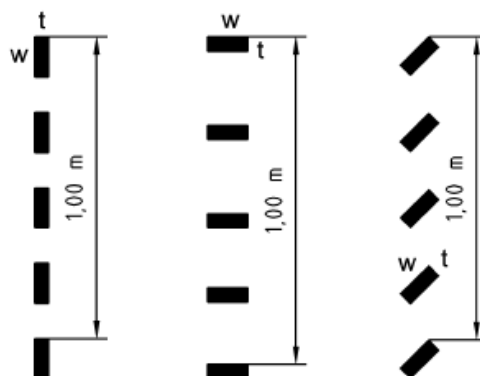
Figure 9 : Epaisseur nominale et épaisseur minimale d'une lame de bardage

A contrario certaines essences comme le mélèze (Rapport d'essai Iрабоis renouvelé en 2019), ayant une masse volumique > 620 kg/m<sup>3</sup> peuvent, dans certaines configurations de montage et de profils des lames de bardage, obtenir un classement C-s2,d0, voire C-s1,d0 (M2).

Dans tous les cas, il est indispensable de recourir à un traitement par ignifugation validé par un PV d'essai pour obtenir des éléments en bois classés B-s2,d0.

Le classement « a priori » de l'arrêté du 21 novembre 2002 concernant les éléments d'aménagement en bois ou matériaux dérivés du bois n'est pas applicable aux bardages en bois mis en œuvre avec une lame d'air. La performance de réaction au feu des bardages avec lame d'air doit être évaluée par des essais spécifiques.

Note 2 : Pour conserver le classement conventionnel D-s2,d0, les pièces de bois rectangulaires, avec ou sans angles arrondis, montées à claire-voie horizontalement ou verticalement, doivent être mises en œuvre en respectant les dispositions de la norme NF EN 14915 de novembre 2006 ci-dessous :



Surface maximale exposée de l'élément de lamelle :  $2n(t + w) + a \leq 1,10$

où :

$n$  est le nombre de pièces de bois, par mètre ;

$t$  est l'épaisseur de chaque pièce de bois, en mètres ;

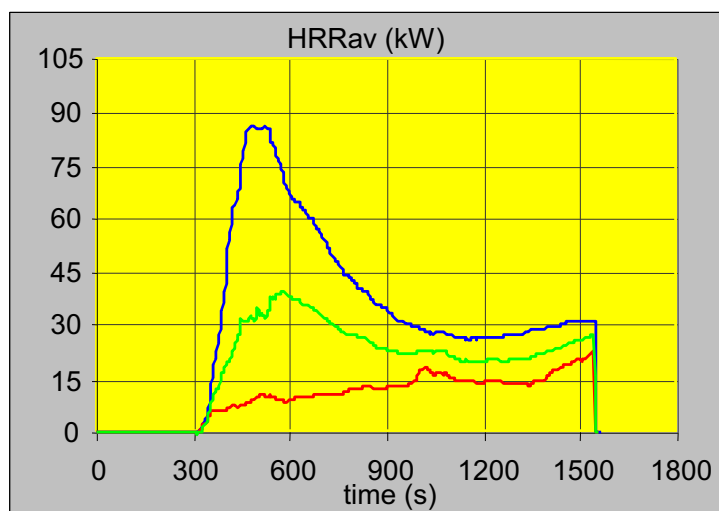
$w$  est la largeur de chaque pièce de bois, en mètres ;

$a$  est la surface exposée du cadre support en bois (s'il existe), en m<sup>2</sup>, par m<sup>2</sup> de l'élément de lamelle en bois.

## LA RÉACTION AU FEU DES PRODUITS À BASE DE BOIS IGNIFUGÉS

L'ignifugation permet d'atteindre des niveaux de performance en réaction au feu C-s2,d0 et même B-s1,d0. La figure ci-dessous illustre le débit calorifique émis par des éprouvettes lors d'un essai normalisé européen SBI pour des panneaux à base de bois sous différentes conditions.

Le bois ignifugé apporte, lors des 10 premières minutes de l'essai, un débit calorifique de 10 kW au maximum pour un produit classé B, de 30 à 40 kW pour un produit classé C, alors qu'il peut apporter 60 à 80 kW pour un produit classé D.



**Courbe bleue (Euroclasse D) HRR :**  
Débit calorifique d'un panneau standard

**Courbe verte (Euroclasse C) HRR :**  
Débit calorifique d'un panneau ignifugé avec un placage bois

**Courbe rouge (Euroclasse B) HRR :**  
Débit calorifique d'un panneau ignifugé

Figure 10 : Réaction au feu de panneaux à base de bois selon leur niveau d'ignifugation

Le classement B du bois ignifugé permet de retarder le flash-over dans un local (qui dépend aussi de la réaction au feu du mobilier contenu dans ce local).

L'ignifugation du bois peut être réalisée essentiellement par deux procédés qui permettent d'obtenir des produits classés C-s2,d0 ou B-s1,d0 :

- Imprégnation des produits ignifuges par autoclave
- Application en surface d'une ou plusieurs couches de systèmes intumescents

La norme européenne NF EN 16755 permet de mesurer et d'assurer la pérennité de la durabilité dans le temps de l'ignifugation des bois ignifugés, que ce soit pour un usage intérieur, intérieur humide ou extérieur.

## LA RÉSISTANCE AU FEU DES ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION EN BOIS

Rappel : La résistance au feu est la capacité d'un élément de construction à jouer le rôle qui lui est dévolu, en situation d'incendie pendant un temps donné.

L'arrêté du 22 mars 2004 définit une méthodologie harmonisée selon la norme européenne EN 13501 pour le classement de résistance au feu des produits et des éléments de construction.

Le système de classification français Stable au feu (SF), Pare flammes (PF) et Coupe-Feu (CF) a été remplacé par les critères européens de classification R (Résistance mécanique), E (Étanchéité aux gaz chauds et aux flammes), I (Isolation thermique) et W (Limitation du rayonnement thermique).

Pour un élément de construction, le terme « résistance au feu » inclut un ou plusieurs des trois critères suivants : la résistance mécanique ou stabilité (R), l'isolation thermique (I) et l'étanchéité aux flammes et gaz chauds (E).

Le classement en résistance au feu s'exprime en « degré » (ou en « classe ») en fonction du temps pendant lequel l'élément satisfait aux différents critères de classement : R30, E30, I30, EI120, REI60 (le nombre représente la durée de la résistance au feu en minutes). Les durées de résistance au feu à satisfaire sont prescrites dans les documents réglementaires en fonction du type du bâtiment considéré.

Les durées de résistance au feu conventionnelles sont déterminées en référence à l'incendie conventionnel défini par les normes NF ISO 834-1 ou NF EN 1363-1.

Quatre catégories de produits ou d'éléments de construction sont concernées par le classement en résistance au feu :

- éléments de structure porteuse : parois, planchers, toitures, poteaux, poutres ;
- éléments de compartimentage de second œuvre non porteurs : cloisons, portes, vitrages, verrières ;
- éléments de protection passive et de calfeutrement : flocages, plaques, joints, produits de rebouchage, etc ... (ces produits n'ont pas de classement de résistance au feu propre, mais en association avec des éléments de construction) ;
- équipements : ventilateurs, clapets, conduits, exutoires, trappes.

Un élément de construction peut avoir à satisfaire un ou plusieurs de ces critères en fonction de son rôle dans la construction, par exemple :

- les poteaux et les poutres d'une structure porteuse doivent satisfaire le critère R (R30, R60, R90 ...)
- les parois et les planchers porteurs doivent satisfaire les trois critères REI (REI30, REI60, REI90...)
- les cloisons non porteuses et les blocs-portes doivent satisfaire, soit le critère d'étanchéité seul (E30, E60, E90 ...), soit les critères d'étanchéité et de l'isolation combinés (EI30, EI60, EI90 ...).

Le critère relatif au rayonnement transmis (W) peut être également demandé pour des éléments de construction tels que les verrières ou les cloisons vitrées. Ce critère signifie que l'élément de construction considéré ne laisse pas passer ou n'émet pas de rayonnement thermique supérieur à 15 kW/m<sup>2</sup> pendant une durée donnée. Par exemple, une cloison vitrée doit satisfaire soit le critère de rayonnement seul (W30, W60, W90 ...), soit les critères d'étanchéité et de rayonnement combinés (EW30, EW 60, EW90 ...).

Les textes suivant sont applicables :

- les règles des Eurocodes, dont la norme NF EN 1995 1-2 et son annexe nationale NA pour le bois ;
- les appréciations de laboratoire, notamment celles établies à l'appui de documents ETE ;
- les rapports d'essais réalisés par des organismes européens accrédités sur la base de procédures européennes harmonisées. Les résultats des essais constituent des données certifiées mentionnées dans les DoP spécifiques aux éléments de construction, en particulier les vitesses de carbonisation peuvent être des données certifiées transmises par les fabricants ;
- les avis de chantier ou avis sur études établis par des laboratoires agréés en l'absence d'essais justificatifs correspondant aux éléments concernés et faisant appel à l'interprétation des données existantes.

La norme NF EN 1995-1-2 traite essentiellement du calcul de la résistance au feu des éléments de construction dans leur fonction de résistance mécanique (R) mais également dans son annexe E de l'approche forfaitaire de la justification du critère EI associé à la fonction séparative.

Cette norme propose une méthode dite « de la section réduite efficace » pour le calcul de la stabilité au feu (R) des éléments de structures en bois. Pour la détermination de la section réduite efficace, il est indispensable de connaître la vitesse de carbonisation de l'élément en bois (en fonction de l'essence de bois). Cette vitesse dépend également des conditions dans lesquelles l'élément en bois se situe, élément protégé ou non protégé et du type de protection. La section réduite efficace est calculée en supprimant de la section initiale l'épaisseur carbonisée et une épaisseur supplémentaire qui prend en compte la perte de la résistance de l'élément par

l'échauffement du bois entre 20°C et 300°C. Lorsque la section réduite efficace a été calculée, la vérification de la résistance de la section se fait selon les modalités décrites dans l'EN1995-1-1.

Concernant les parois et les planchers constitués de panneaux en bois lamellé-croisé (CLT), l'étanchéité aux effluents du feu doit être justifiée par des PV d'essais de résistance au feu. La perte d'isolation thermique pour ces éléments porteurs ne demande aucune vérification car, avant que ce critère soit affecté, l'élément de construction en CLT a perdu soit son étanchéité, soit même sa stabilité.

Concernant les durées de résistance au feu des portes, clapets, trappes, ventilateurs, toitures, vitrages, verrières, calfeutrements, conduits et exutoires, elles doivent être déterminées par des essais de résistance au feu selon les méthodes officielles appropriées.

Concernant les cloisons et les planchers avec des structures bois, protégés par différents types d'écrans de protection thermique (plaques de plâtre, bois, ...), leurs durées de résistance au feu R et I peuvent être déterminées soit par des essais de résistance au feu, soit par des calculs selon la méthode d'addition des composants (voir l'Annexe Nationale EC5-1.2 et le guide « Fire safety in Timber buildings »).

Ces documents de référence permettent de définir par des calculs l'instant du démarrage de la carbonisation des éléments de structure bois protégés par des écrans de protection thermique, l'instant de la chute de quelques types d'écrans et l'instant de la perte de l'isolation thermique de l'ensemble étudié (cloison ou plancher).

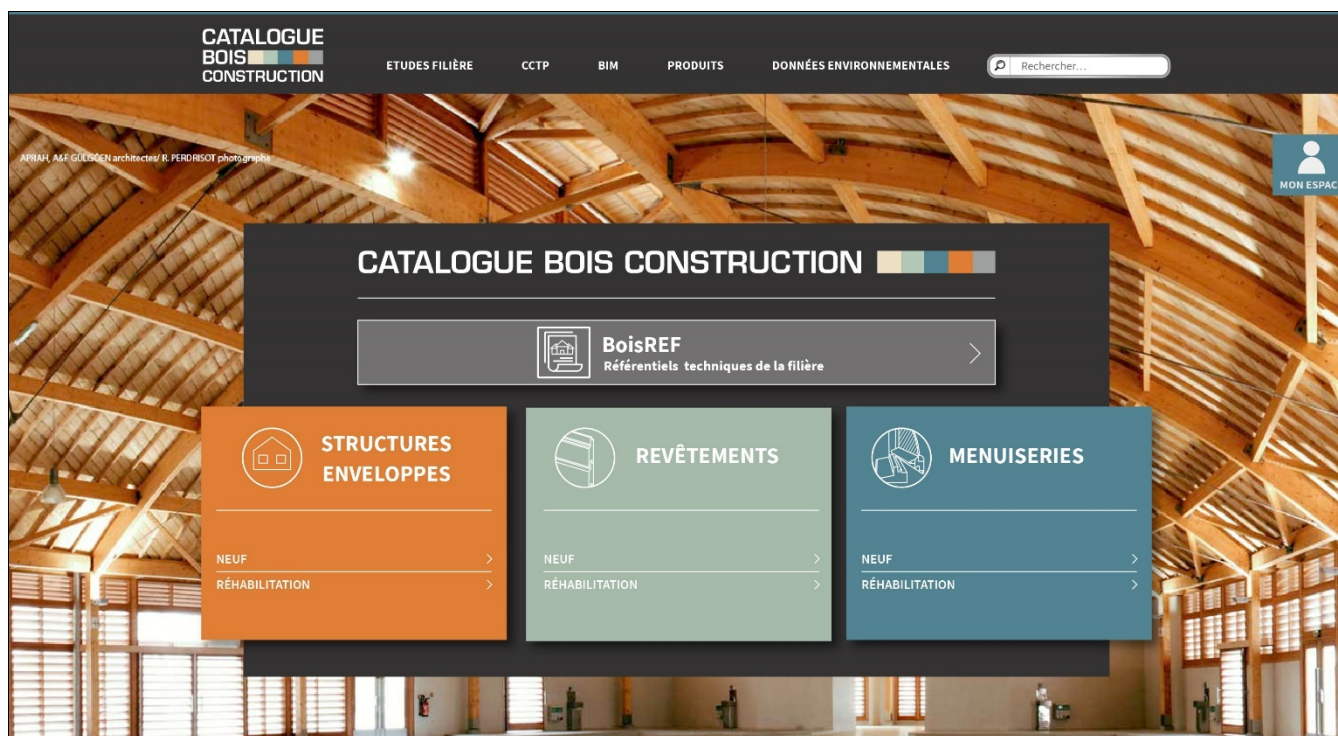
Concernant la contribution à la résistance au feu apportée par des matériaux de protection en général, elle est déterminée par des essais de résistance au feu conformes à la norme NF EN 13381-7. En fait, la tenue mécanique des écrans de protection thermique en situation d'incendie ne peut être définie qu'expérimentalement, en revanche, l'épaisseur du produit appliqué peut être définie par des calculs si ses propriétés thermo-physiques sont connues.

## **LES PAROIS D'UNE CONSTRUCTION EN BOIS**

Les parois des constructions en bois – murs, planchers, toitures – ont la caractéristique particulière d'être composées par la juxtaposition ou la superposition de plusieurs couches de produits et de matériaux de natures différentes (ossature bois, isolant, pare-pluie, pare-vapeur, plaques de plâtre, ...) ayant des fonctions très diverses : porteuse, isolation thermique, isolation et correction acoustique, étanchéité à l'eau, étanchéité à l'air, régulation des transferts de vapeur d'eau, protection thermique, parement intérieur, parement extérieur, etc ...

Le risque, en situation d'incendie, est que les effluents émis – fumées et gaz chauds – se diffusent à l'intérieur des parois par les interstices existants entre les produits et/ou les éléments de construction ou ceux qui peuvent apparaître suite à la déformation, la combustion ou la fusion de certains éléments (éléments en métal ou en PVC, petits éléments en bois) et ainsi se propager dans les cavités et les vides de construction.

Le site internet [www.catalogue-construction-bois.fr](http://www.catalogue-construction-bois.fr) présente une grande variété de ces compositions de parois.



Le Catalogue Construction Bois décrit des solutions constructives en bois permettant de réaliser tout type de bâtiment en bois (bureaux, logements, établissements recevant du public...) en neuf et réhabilitation.

On y trouve un grand nombre de détails techniques de parois bois (murs, planchers, toitures), des valeurs de caractéristiques techniques (feu, thermique, acoustique) correspondantes mais aussi un grand nombre de fiches FDES ou DEP de la filière bois ainsi que des aides à la rédaction de pièces marché (CCTP, rappels normatifs et réglementaires).

Élaboré dans le cadre du Plan Bois 3, la filière bois a développé un nouvel outil pour l'ingénierie bois construction, dénommé BoisREF afin de faciliter l'identification de tous les référentiels concernant la construction bois et leurs champs d'application.

Ce guide des référentiels techniques est structuré par parties d'ouvrages selon les DTU : plancher, mur, charpente, parement et menuiserie.

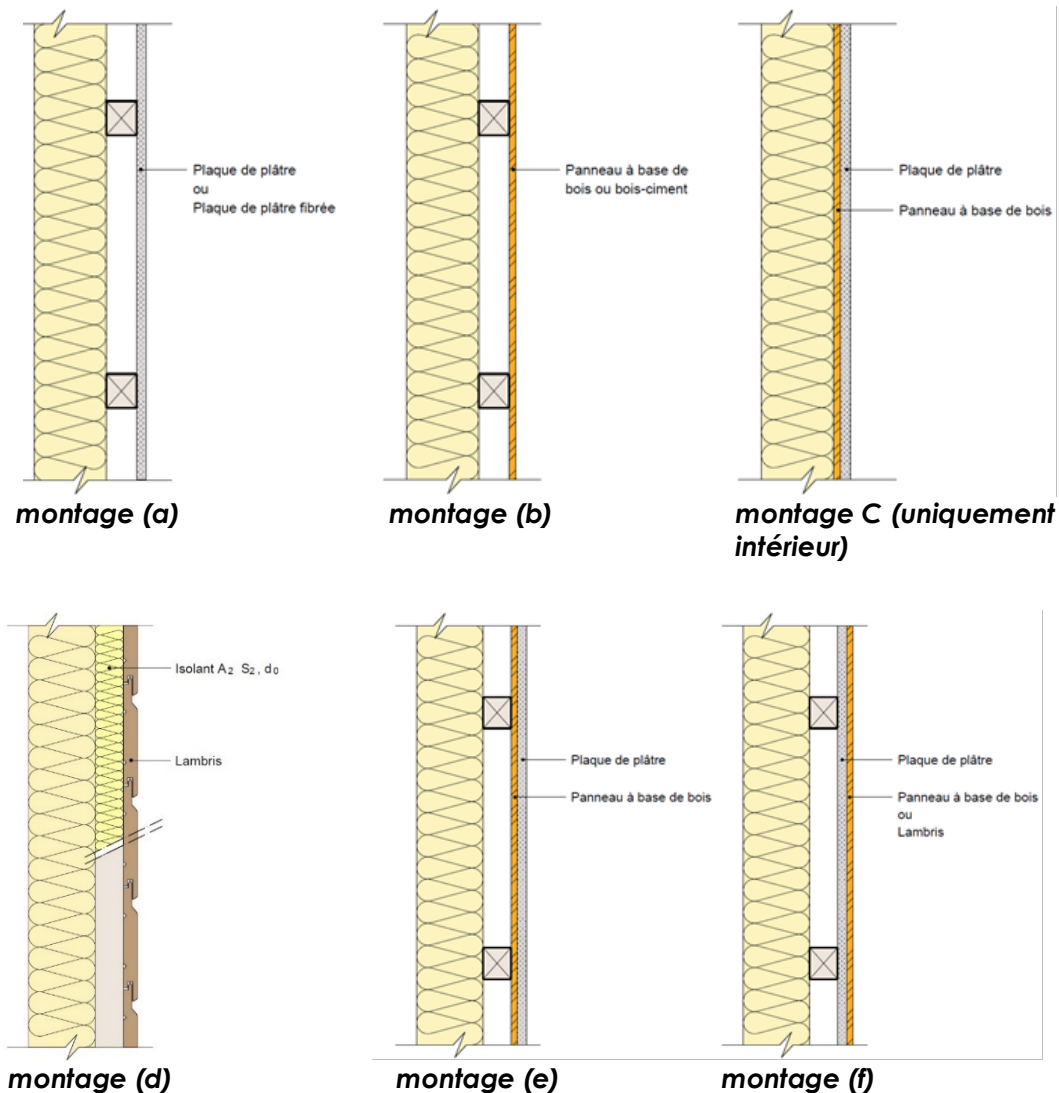
Il est remis à jour régulièrement, la date de la dernière mise à jour est indiquée sur la couverture du guide et sur chacune des fiches.

## **LES ÉCRANS DE PROTECTION THERMIQUE**

Des essais de laboratoire ont été réalisés dans le cadre des Plans Bois 1 et 2, valorisés dans la nouvelle version (2019) de l'Annexe Nationale de l'Eurocode 5 – Partie feu, pour constituer des solutions d'écrans de protection thermique permettant de satisfaire aux exigences réglementaires pour des durées de 15, 30 et 60 minutes pour des feux venant de l'intérieur (parois) ou du dessous (planchers) du côté de l'écran de protection thermique.

Selon ce document, l'écran de protection thermique qui protège la structure porteuse d'une paroi verticale ou horizontale vis-à-vis de l'incendie peut être constitué de plaques de plâtre, de panneaux à base de bois ou d'une combinaison des deux.

Plusieurs types de montage sont proposés sur tasseaux bois (aussi réalisables sur rails métalliques) :



**Légende :**

- (a) Plaque de plâtre ou plaque plâtre fibrée**
- (b) Panneau à base de bois ou bois-ciment**
- (c) Panneau à base de bois + plaque de plâtre fixés directement sur l'ossature**
- (d) Lambris + isolant A2-s2, d0**
- (e) Panneau à base de bois + plaque de plâtre**
- (f) Plaque de plâtre + panneau à base de bois ou lambris**

Figure 11 : Exemples de montages de parements pour les murs extérieurs et intérieurs

Cette norme (NF EN 1995-1-2 NA consolidée) décrit les spécifications techniques que doivent respecter les matériaux écrans de protection thermique (masse surfacique) ainsi que les modalités de leur mise en œuvre (entraxe des supports, espacement des fixations).

Masses surfaciques :

- Plaque de plâtre BA13 de type A, d'épaisseur 12,5 mm : 8,5 kg/m<sup>2</sup>
- Plaque de plâtre BA13 hydrofugée de type H1, d'épaisseur 12,5 mm : 10 kg/m<sup>2</sup>
- Plaque de plâtre BA13 de type F, d'épaisseur 12,5 mm : 10 kg/m<sup>2</sup>
- Plaque de plâtre BA13 de type F, d'épaisseur 15 mm : 12 kg/m<sup>2</sup>
- Plaque de plâtre BA18 de type A, d'épaisseur 18 mm : 14,4 kg/m<sup>2</sup>

### Entraxe des supports :

Pour les plaques de 1200 mm de large, l'entraxe des montants bois ou métalliques est fixé à 600 mm maximum. L'isolant fait également 600 mm de large maximum. Les rails et les montants de rive sont fixés au pas de 500 mm maximum.

Pour les plaques de 900 mm de large, l'entraxe des montants bois ou métalliques est fixé à 450 mm maximum. L'isolant fait également 450 mm de large maximum. Les rails et les montants de rive sont fixés au pas de 500 mm maximum.

Les rails et les montants de rive sont fixés au pas de 500 mm maximum.

Les conditions de jointoiement des parements sont définies dans les normes NF DTU 25.41 et NF DTU 36.2.

Les durées de résistance au feu pour les types de mise en œuvre cités ci-dessus sont données dans les tableaux 3 à 5 ci-dessous :

Exigences	Panneaux de protection (épaisseur minimale)
<b>REI 15 ou EI 15</b>	1 plaque de plâtre BA 13 type A (12,5 mm) – montage (a)
	1 plaque de plâtre armée de fibres (12,5 mm) – montage (a)
	1 panneau à base de bois, ignifugé ou pas ( $\geq 16$ mm) – montage (b)
	1 panneau de particules liées au ciment (12 mm) – montage (b)
	Lambris bois d'épaisseur minimale en tout point de 15 mm (posé sur un support ou une paroi de classe au moins A2-s2, d0) – montage (d)
<b>REI 30 ou EI 30</b>	2 plaques de plâtre BA 13 type A (2 x 12,5 mm) – montage (a)
	1 plaque de plâtre BA 18 (18 mm) – montage (a)
	1 plaque de plâtre BA 15 type F (15 mm) – montage (a)
	1 plaque de plâtre BA 13 type A (12,5 mm) + 1 panneau à base de bois (montages c, e ou f) dont l'épaisseur est fonction de la mise en œuvre dans la cavité, entre les 2 parements et les montants, de l'isolant thermique suivant : - soit un isolant du type laine de roche de masse volumique $\geq 40$ kg/m <sup>3</sup> avec un panneau à base de bois d'épaisseur $\geq 18,0$ mm - soit un isolant conforme au paragraphe A.3.6 de la norme NF EN 1995-1-2 NA consolidée avec un panneau à base de bois d'épaisseur $\geq 20$ mm
	1 panneau à base de bois, ignifugé ou pas ( $\geq 25$ mm) – montage (b) l'isolant mis en œuvre dans la cavité entre les deux parements et les montants doit être du type laine de roche de masse volumique $\geq 40$ kg/m <sup>3</sup>
<b>REI 60 ou EI 60</b>	2 plaques de plâtre BA 18 (18 mm) – montage (a)
	2 plaques de plâtre BA 15 type F (15 mm) – montage (a)

Tableau 3 : Dispositions constructives de parements de murs porteurs ou non, intérieurs et extérieurs

Exigences	Panneaux de protection (épaisseur minimale)
<b>EI 30</b>	1 plaque de plâtre BA 13 type A (12,5 mm) + 1 panneau à base de bois ( $\geq 12$ mm) montage (c, e ou f)
<b>EI 60</b>	1 plaque de plâtre BA 13 type A (12,5 mm) + 1 plaque de plâtre BA 18 (18 mm) ou 2 plaques de plâtre BA 13 type F (12,5 mm) – montage (a)

Tableau 4 : Dispositions constructives de parements de murs non porteurs uniquement intérieurs et extérieurs



Exigences	Panneaux de protection (épaisseur)
<b>REI 15</b>	1 plaque de plâtre BA 13 type A (12,5 mm)
	1 plaque de plâtre BA 13 type A (12,5 mm) + 1 panneau à base de bois/lambris ( $\geq 15$ mm)
	1 panneau à base de bois, ignifugé ou pas ( $\geq 19$ mm)
	1 plaque de plâtre armée de fibres (12,5 mm)
<b>REI 30</b>	2 plaques de plâtre BA 13 type A (2 x 12,5 mm)
	1 plaque de plâtre BA 18 (18 mm)
	1 plaque de plâtre BA 15 type F (15 mm)
	1 panneau à base de bois, ignifugé ou pas ( $\geq 25$ mm) l'isolant mis en œuvre dans la cavité entre les deux parements et les montants doit être du type laine de roche d'une masse volumique $\geq 40$ kg/m <sup>3</sup>
<b>REI 60</b>	2 plaques de plâtre BA 18 (2 x 18 mm) La première peau est fixée au pas de 300 mm, la seconde peau est posée à joints croisés et fixée au pas de 150 mm
	3 plaques de plâtre BA 15 type F (3 x 15 mm)

**Tableau 5 : Dispositions constructives d'écrans pour planchers porteurs**

Ces solutions sont applicables à tous les recouvrements intérieurs et aux toitures terrasses accessibles.

En complément des tableaux ci-dessus, des études menées par le CSTB et le FCBA ont montré que la **performance REI 90 est obtenue avec 2 plaques BA25 de classe A1**, en parois verticales et horizontales.

L'Annexe B de la nouvelle version (2019) de l'Annexe Nationale de l'Eurocode 5 – Partie feu permet de déterminer à la fois par le calcul l'instant du début de la carbonisation au dos de l'écran de protection thermique et l'instant de la sa chute dans des configurations verticales et horizontales pour différents types ou combinaisons de plaques de plâtre. Des essais ont montré une très bonne corrélation entre les résultats de ces calculs et les résultats expérimentaux correspondants.

#### **Espacement des fixations :**

Les fixations doivent être réalisées avec des vis en acier dont la longueur est égale à l'épaisseur de la plaque de plâtre – ou des plaques de plâtre assemblées – à fixer augmentée, selon les prescriptions du DTU 25-41 « Ouvrages en plaques de plâtre », d'au moins 20 mm dans les ossatures bois et d'au moins 10 mm dans les rails métalliques :

- Pour un écran à couche unique : 300 mm pour les parois verticales et 250 mm pour les plafonds
- Pour un écran à double couches : 600 mm pour la première couche pour les parois verticales et les plafonds, la deuxième couche étant posée à joints croisés avec un espacement des fixations de 300 mm pour les parois verticales et 250 mm pour les plafonds

#### **Encastrement de boîtiers électriques**

Toutes les solutions décrites dans les tableaux 3 à 5 ci-dessus maintiennent leurs performances de résistance au feu avec la mise en œuvre de boîtes d'encastrement des organes électriques à condition que la dimension de l'encastrement ne dépasse pas 100 cm<sup>2</sup> pour les constructions où

l'exigence réglementaire est de 30 minutes ou plus et 120 cm<sup>2</sup> pour les constructions où l'exigence réglementaire est de 15 minutes.

Pour les constructions où l'exigence réglementaire est supérieure à 30 minutes, les boîtes d'encastrement standard peuvent être utilisées à condition que leur profondeur maximale soit de 40 mm et qu'elles soient protégées par l'un des dispositifs suivants :

- soit par un panneau de laine de roche de masse volumique nominale minimum de 70 kg/m<sup>3</sup>, d'épaisseur 45 mm, comprimé dans l'épaisseur de la lame d'air, avec des dimensions minimales de 400 mm x 400 mm, centré sur la réservation, d'une épaisseur minimale de 5 mm après compression
- soit par un remplissage à refus avec un mortier adhésif minéral réalisé au niveau de la couronne extérieure de la boîte d'encastrement.

### **Produits isolants**

Les isolants thermiques qui peuvent être utilisés dans les solutions décrites dans les tableaux 3 à 5 ci-dessus sont les suivants (sauf indications contraires dans les tableaux) :

- *laine de verre en panneaux ou en vrac et de masse volumique minimale 15 kg/m<sup>3</sup>*
- *laine de roche en panneaux ou en vrac et de masse volumique minimale 26 kg/m<sup>3</sup>*
- *fibre de bois d'euroclasse E au minimum et de masse volumique minimale 50 kg/m<sup>3</sup>*
- *ouate de cellulose d'euroclasse D au minimum et de masse volumique minimale 50 kg/m<sup>3</sup>*
- *laine de chanvre ou de lin, d'euroclasse E au minimum et de masse volumique minimale 30 kg/m<sup>3</sup>*
- *tout autre isolant thermique sous Avis Technique ou Document Technique d'Application visant favorablement la mise en œuvre entre éléments de structure en bois*

Les isolants type ouate de cellulose, laine de chanvre ou de lin doivent également être impérativement sous ATec.

Les isolants utilisés en parois verticales sont au moins semi-rigides au sens de l'annexe 3 du NF DTU 25.41.

Autres écrans de protection thermique proposés **pour un feu venant de l'extérieur** par le Guide du CSTB « Bois construction et propagation du feu par les façades » version 2.0 du 29 mars 2019

Pour satisfaire à l'exigence E o->i 30 d'un panneau à ossature en bois ou d'un panneau contrecollé ou contrecloué, l'écran de protection thermique séparant le panneau de la lame d'air ventilée du bardage peut être constitué au choix :

- d'une plaque de plâtre hydrofuge de type H1 BA18 conforme à la norme NF EN 520+A1 si la durée de stabilité au feu de la structure exigée par le règlement de sécurité incendie est supérieure à 60 minutes ou d'une plaque de plâtre hydrofuge de type H1 BA13 si cette durée est inférieure ou égale à 60 minutes ;
- d'une plaque de plâtre renforcée de fibres de cellulose d'épaisseur nominale minimale 12.5 mm a minima A2-s3, d0 et de type GF-W1 ou GF-W2, conforme à la norme EN 15283-2, quel que soit la durée de stabilité au feu de la structure exigée par le règlement de sécurité incendie ;
- d'un panneau de contreplaqué ignifugé selon la norme NF EN 636-3 et de classe B-s3, d0 d'une épaisseur nominale minimale de 15 mm. Ce panneau de contreplaqué ignifugé peut être utilisé dans les deux cas suivants : pour le cas des façades porteuses si la durée de stabilité au feu de la structure exigée par le règlement de sécurité incendie est inférieure ou égale à 30 minutes ou pour le cas des façades non-porteuses si la durée de stabilité au feu de la structure est inférieure ou égale à 60 minutes;
- d'un panneau de particules liées au ciment conforme à la norme NF EN 634-2 d'épaisseur nominale minimale de 12 mm et de classe B-s3, d0. Ce panneau de particules liées au ciment peut être utilisé dans les deux cas suivants : pour le cas des façades porteuses si la durée de

stabilité au feu de la structure exigée par le règlement de sécurité incendie est inférieure ou égale à 30 minutes ou pour le cas des façades non-porteuses si la durée de stabilité au feu de la structure est inférieure ou égale à 60 minutes ;

- de laine de roche d'épaisseur nominale comprise entre 60 mm et 100 mm, de masse volumique déclarée supérieure ou égale à 70 kg/m<sup>3</sup>, mise en œuvre entre des contre-ossatures bois massif ou Bois Massif Abouté (BMA) de section variant de 36x60 mm à 45x100 mm, d'entraxe 600 mm en pose horizontale conformément aux prescriptions du NF DTU 31.2 ou du PR NF DTU 31.4 version du 11 juillet 2016 ou à défaut aux recommandations professionnelles RAGE : façades ossatures bois non porteuse, juillet 2013 ;
- ou de tout autre type de plaque rigide dont la performance de réaction au feu est a minima de classe A2-s3, d0 et justifiant d'un procès-verbal (PV) de classement de résistance au feu EI30 ou un rapport de classement (annexé à l'attestation de conformité du marquage CE).

### **Le classement K des revêtements**

Le terme « revêtement » se réfère à la partie la plus extérieure des éléments de construction verticaux (par exemple, murs, cloisons et murs extérieurs) et à la partie la plus basse des éléments horizontaux ou en pente (par exemple, planchers, toitures et plafonds).

La capacité de protection contre l'incendie K est l'aptitude d'un revêtement à protéger les matériaux se trouvant derrière lui contre l'inflammation, la carbonisation et autres dommages pendant une durée spécifiée, elle est définie par la norme EN 13501-2 [3.11].

Ces classes de protection sont déterminées par des essais de résistance au feu selon la norme EN 14135 [3.9].

Le paramètre de classement principal est la température atteinte derrière le revêtement après différents intervalles de temps (10, 30 et 60 minutes). La température moyenne mesurée sur le côté non exposé du revêtement ne doit pas dépasser la température initiale de plus de 250°C, elle ne doit pas dépasser en tout point de la surface non exposée la température initiale de plus de 270°C.

Classe	Type de matériau protégé	Température au dos du revêtement	Absence d'effondrement du revêtement	Absence de carbonisation du matériau protégé	Durée de protection en minutes
K <sub>1</sub> 10	Matériau de faible densité	< 250°C	x	x	10
K <sub>2</sub> 10	Matériau standard	< 250°C	x	x	10
K <sub>2</sub> 30	Matériau standard	< 250°C	x	x	30
K <sub>2</sub> 60	Matériau standard	< 250°C	x	x	60

**Tableau 6 : Classes de protection au feu des revêtements (Source : Fire Safety in Timber Buildings)**

NOTE : Des exigences de réaction au feu peuvent également s'appliquer aux produits constituant le revêtement.

### **LES ASSEMBLAGES**

Par leur complexité géométrique et matérielle, les assemblages constituent des zones de discontinuité dont le comportement au feu est le plus difficile à prévoir, leur conception doit requérir la plus grande attention.

Les principes généraux de justification de la durée de résistance au feu des assemblages bois avec ou sans platines métalliques sont décrits dans la norme NF EN 1995-1.2 et son annexe nationale.

Elles concernent les assemblages bois-bois et bois-métal, réalisés au moyen d'organes métalliques de type tige au sens de la norme NF EN 14952-1 (pointes, tirefonds, broches, boulons) et de renforcements locaux tels que les anneaux et les connecteurs à dents caractérisés par la norme NF EN 912.

Ce guide attire l'attention sur les traitements des interstices subsistant entre les éléments de charpente assemblés qui peuvent jouer un rôle très important sur la durée de résistance au feu des assemblages bois et sur l'éventualité de la propagation des fumées et des gaz chauds, via ces interstices, lorsque l'assemblage délimite deux compartiments.

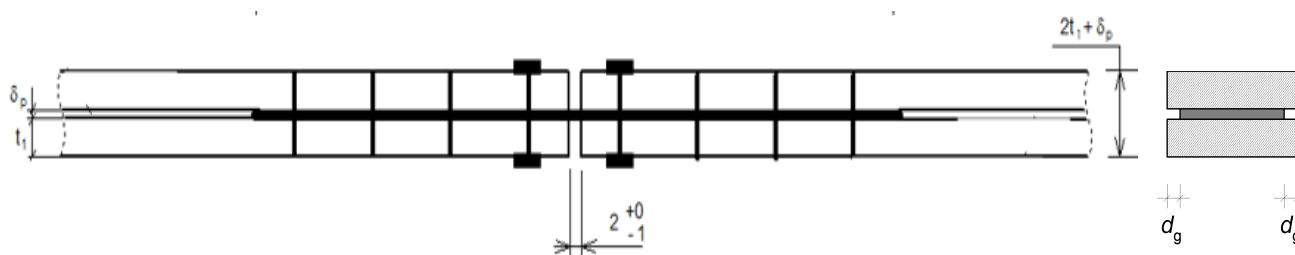
La figure 12 ci-dessous représente un type d'assemblage bois-acier-bois. Pour ces assemblages, les platines métalliques peuvent être mises en œuvre sans protection latérale lorsque l'épaisseur des platines n'est pas supérieure à 3 mm et lorsque la largeur des éléments en bois permet un interstice  $d_g$  de :

- 20 mm au minimum pour une durée d'exposition de 30 minutes,
- 60 mm pour une durée d'exposition de 60 minutes

Pour les assemblages avec des platines métalliques d'épaisseurs supérieures à 3 mm, les interstices  $d_g$  doivent être remplis afin de protéger la plaque métallique d'un échauffement très rapide.

De plus, le vide subsistant en fond d'entaille entre la platine métallique et le bois doit être complètement rempli, quelle que soit l'épaisseur de la platine. Ceci afin d'éviter la carbonisation du bois à l'intérieur de l'assemblage qui pourrait conduire à un feu couvant et/ou à une éventuelle propagation des fumées et des gaz chauds dans le compartiment juxtaposé au compartiment sinistré.

Le jeu entre les éléments en bois assemblés par une platine métallique ne doit pas dépasser 2 mm. Ceci afin que la partie de la platine métallique exposée au feu entre les pièces de bois assemblées ne soit pas rapidement affectée par l'échauffement et perde sa résistance.

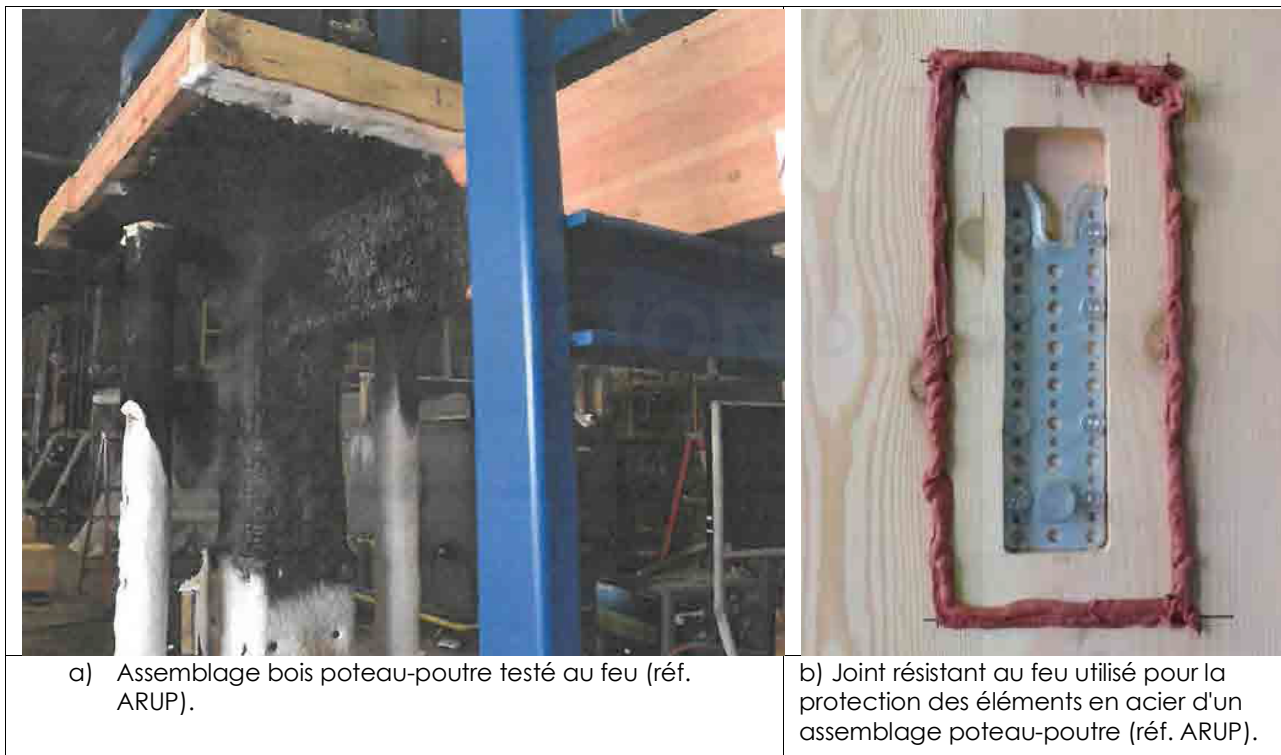


**Figure 12 : Interstices d'un assemblage bois-acier-bois.**

La meilleure solution pour augmenter la durée de résistance au feu des assemblages bois-métal est de bien dimensionner les épaisseurs des éléments latéraux  $t_1$  et de protéger les organes métalliques de l'assemblage.

D'une manière générale, selon l'Eurocode EN 1995-1-2, les joints entre les pièces assemblées dont la largeur est supérieure à 2 mm ne sont pas autorisés sans protection.

A titre d'exemple, les figures 13 et 14 montrent des assemblages bois constitués de connecteurs en acier fortement protégés testés au feu par la société ARUP en situation d'un incendie conventionnel. Afin de protéger les organes de l'assemblage contre l'échauffement dû au transfert thermique et au passage des gaz chauds entre les deux éléments (poutre et poteau), un joint résistant au feu tel que montré sur la figure 13-b a été mis en œuvre.



**Figure 13 : Assemblage avec des sabots métalliques protégés**

Les photos suivantes montrent l'assemblage poteau-poutre avant l'essai au feu, elles montrent clairement que le joint est bien écrasé entre les deux éléments et qu'il a protégé les organes en acier pendant l'essai.



**Figure 14 : Assemblage poteau-poutre en bois avant et après un essai de résistance au feu (réf. ARUP)**

Les photos ci-dessous montrent les dispositions de protection au feu prises au niveau des joints d'assemblages de la structure poteaux-poutres de l'immeuble Mjøstårnet (18 étages – 85 mètres) à Brumunddal en Norvège :

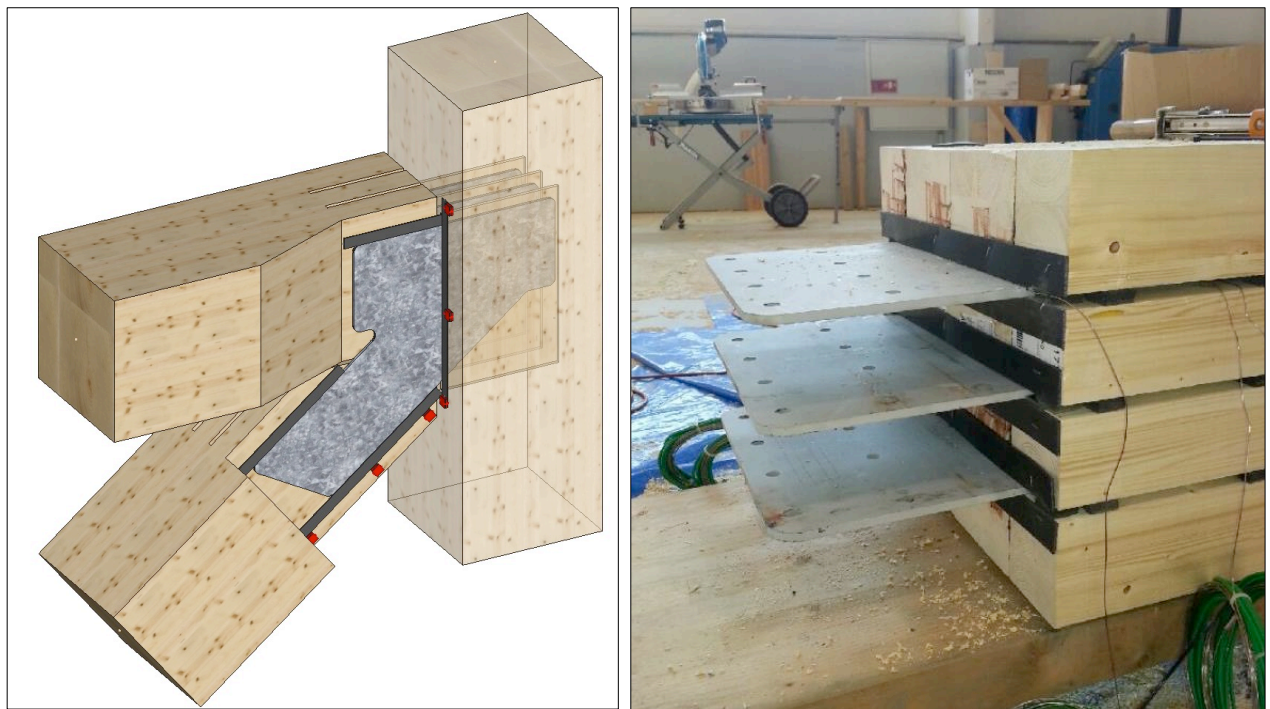


Figure 15 : Des bandes intumescentes de 2,5 mm d'épaisseur entourent les tôles, leur épaisseur est de 50 mm lorsque leur température atteint 150°C



Figure 16 : Les joints dans lesquels les bandes intumescentes sont insérées sont fermés soit par un mastic synthétique soit par des planchettes en bois

### **Modes de preuve pour l'estimation de la durée de résistance au feu des assemblages bois**

Les modes de preuve acceptés pour définir la durée de la résistance au feu des assemblages bois sont définis dans l'arrêté relatif à la résistance au feu du 22 mars 2004 et ses annexes, modifié par l'arrêté du 14 mars 2011 ; à savoir :

- essai conventionnel donnant lieu à un domaine d'application directe, conformément à l'annexe 1 ;
- méthode de calcul et règle de dimensionnement, selon l'annexe 2 ;
- référence à un procédé de fabrication ou de construction approuvé, dont la liste figure en annexe 3 ;
- appréciation de laboratoire agréé, établie selon l'annexe 4.

A titre d'exemple, la validation expérimentale de la durée de résistance au feu d'assemblages avec des boîtiers et des étriers métalliques testés selon l'annexe 1 de l'arrêté du 22 mars 2014 (voir les photos de la figure 17) donne les résultats suivants :

- pour les assemblages non protégés avec des boîtiers, d'épaisseur de 2 mm et 4 mm, les durées de résistance au feu, pour des niveaux de chargement de 10 % **de  $R_{moy}$**  et 30 % **de  $R_{moy}$** , ont été respectivement de l'ordre de 30 minutes et de 20 minutes 5 [1] <sup>[1]</sup>;
- pour les assemblages non protégés avec des étriers, d'épaisseur de 2 mm et 4 mm, les durées de résistance au feu, pour des niveaux de chargement de 10 % **de  $R_{moy}$**  et 30 % **de  $R_{moy}$** , ont été respectivement de l'ordre de 30 minutes et de 15 minutes [1].

où :

**$R_{moy}$**  est la valeur moyenne de la résistance à la rupture de l'assemblage définie par au moins trois essais à froid pour chaque type d'assemblage.

---

<sup>[1]</sup> RACHER P., LAPLANCHE K. and DHIMA D. and JOYEUX D.: "Fire resistance of joist hangers", Proceedings of International Symposium on Advanced Timber and timber-Composite Elements for Buildings, Design, Construction, Manufacturing and Fire Safety, p. 233-242, COST E29, 27-29 October 2004, Florence, Italy.

## 4. LE TRAITEMENT DES DETAILS CONSTRUCTIFS

L'ambition de ce chapitre est de proposer aux concepteurs et aux constructeurs quelques exemples de traitement des situations de risque par des conceptions éprouvées, simples à mettre en œuvre, faciles à contrôler et présumées satisfaisantes.

Ces exemples n'ont pas de caractère exhaustif ou limitatif, d'autres détails satisfaisants peuvent être élaborés en fonction des situations spécifiques rencontrées dans une construction.

Remarque importante : Les détails proposés dans les paragraphes suivants doivent impérativement être adaptés par le concepteur pour que le degré coupe-feu (EI ou REI) des éléments de construction représentés corresponde aux exigences réglementaires applicables au projet étudié.

### LES INTERFACES, LES RACCORDS ET LES INTERSTICES

La juxtaposition ou la superposition de matériaux, de sous-éléments ou d'éléments de construction pour constituer des structures porteuses et des parois dans un bâtiment en bois génèrent une grande quantité de zones de jonction de configurations très variées.

Ces zones de jonction peuvent être distinguées en deux grandes catégories :

- les **interfaces** sont les zones de jonction entre deux ou plusieurs éléments de construction, généralement de fonctions différentes, par exemple : mur / plancher, mur / toiture, mur / menuiserie, plancher / cloison, etc ...

Par extension, l'interface est aussi la jonction entre un élément de construction et un élément technique qui le traverse comme une gaine technique, par exemple, ou qui lui est incorporé, comme un boîtier électrique, par exemple.

- les **raccords** sont les zones de jonction entre sous-éléments unitaires constituant un élément de construction, par exemple : assemblages de structure, panneaux à ossature en bois, composants en bois massif cloué, en bois lamellé-collé (BLC), en bois contrecollé (CLT), caissons préfabriqués, panneaux dérivés du bois, plaques de plâtre, etc ...

Bien qu'elles soient le plus souvent exécutées conformément aux règles de l'art et aux normes en vigueur, les zones de jonction entre éléments ou sous-éléments de construction, que ce soient des interfaces ou des raccords, peuvent présenter de nombreux interstices liés à la nature même des éléments jointifs (fentes) et/ou consécutives à toutes sortes de défauts potentiels provenant :

- des imprécisions de la taille des bois ou du découpage des panneaux
- des approximations de mise en œuvre (espacements irréguliers, faux-équerrages, faux-aplombs, ...)
- des dégradations subies au cours des manutentions (chocs, humidification, ...)
- du mauvais vieillissement de certains matériaux ou produits (fentes, fissures, déformations, décollements, ...)

L'importance d'une réelle efficacité de l'étanchéité aux flammes, aux fumées et aux gaz chauds est telle, du point de vue de la sécurité incendie, que la conception des détails de jonction doit permettre qu'ils soient exécutés le plus facilement possible, que leur bonne exécution puisse être contrôlée et que leur pérennité soit assurée.

L'obtention du résultat est tributaire de la succession des choix qui sont faits au cours des phases successives du processus d'élaboration (APS, APD, PRO, EXE) des dispositions constructives qui sont préconisées :

- choix des systèmes constructifs
- choix des matériaux et produits de construction



- allotissement
- dispositions de mise en œuvre
- modalités de contrôle de la bonne exécution des travaux

La démarche de validation des dispositions constructives retenues pour l'obtention des performances requises pour assurer la sécurité de la construction projetée vis-à-vis du risque incendie doit être poursuivie jusqu'aux études de synthèse et la coordination des travaux. Elle doit être répercutée dans la maquette numérique BIM du projet.

## LES CAVITÉS

Le principe constructif consistant à juxtaposer ou superposer des matériaux en plaques, en panneaux, en films, pour constituer des sous-éléments ou des éléments de construction, eux-mêmes assemblés pour constituer un bâtiment, génère la création de vides constructifs dont la position, les dimensions et les usages peuvent être très variés.

On peut en distinguer plusieurs sortes :

- les alvéoles de caissons préfabriqués (en paroi, plancher ou toiture) vides ou partiellement remplies d'isolant
- les vides techniques ménagés dans les doublages intérieurs pour faire passer des réseaux de diverses natures (électricité, informatique, chauffage, plomberie, ventilation, ...)
- les espaces ménagés entre les parois séparatives entre locaux pour obtenir l'isolement acoustique requis
- les plénums ménagés en plafond pour accueillir divers appareillages (VMC, gaines de ventilation, ...)
- les vides résiduels suite au montage des éléments préfabriqués
- dans certains cas, les vides consécutifs au tassement des matériaux d'isolation

Ces cavités sont des zones potentielles de circulation des effluents de l'incendie, fumées et gaz chauds, qui peuvent alors s'insinuer par des interstices dans des zones inaccessibles où il sera impossible d'éteindre, ou même de détecter, d'éventuelles combustions lentes (feux couvants) sans procéder à des destructions systématiques.

Par ailleurs, comme illustré par le schéma ci-après, il convient de distinguer les cavités dites « enfermées » des cavités dites « communicantes » entre compartiments éloignés (espaces ménagés entre parois séparatives, vides résiduels, etc ...).

Si l'on considère l'exemple du risque de propagation (1c) à travers un plancher, la performance REI requise pour la cavité « enfermée » dans le complexe de plancher doit être assurée non seulement entre les deux compartiments adjacents mais aussi sur toute la périphérie de la cavité.

Il est aussi indispensable de se préoccuper de la propagation (4) à l'intérieur de la cavité « communicante ». Ce qui pourrait être considéré comme une redondance superflue, supposant l'échec de la performance REI des parois de la cavité, doit cependant être envisagé car l'occurrence d'une telle défaillance n'est jamais nulle : défaut d'exécution, altération de la résistance par des travaux inadaptés pendant l'exploitation de l'ouvrage, vieillissement prématuré de certains jointoiements ou matériaux, etc ...

Les retours d'expérience de ce type de situation montrent qu'elles conduisent généralement à une propagation de l'incendie extrêmement rapide, généralisée à l'ensemble du bâtiment, alors qu'une intervention efficace des pompiers est pratiquement impossible dans ces cavités.

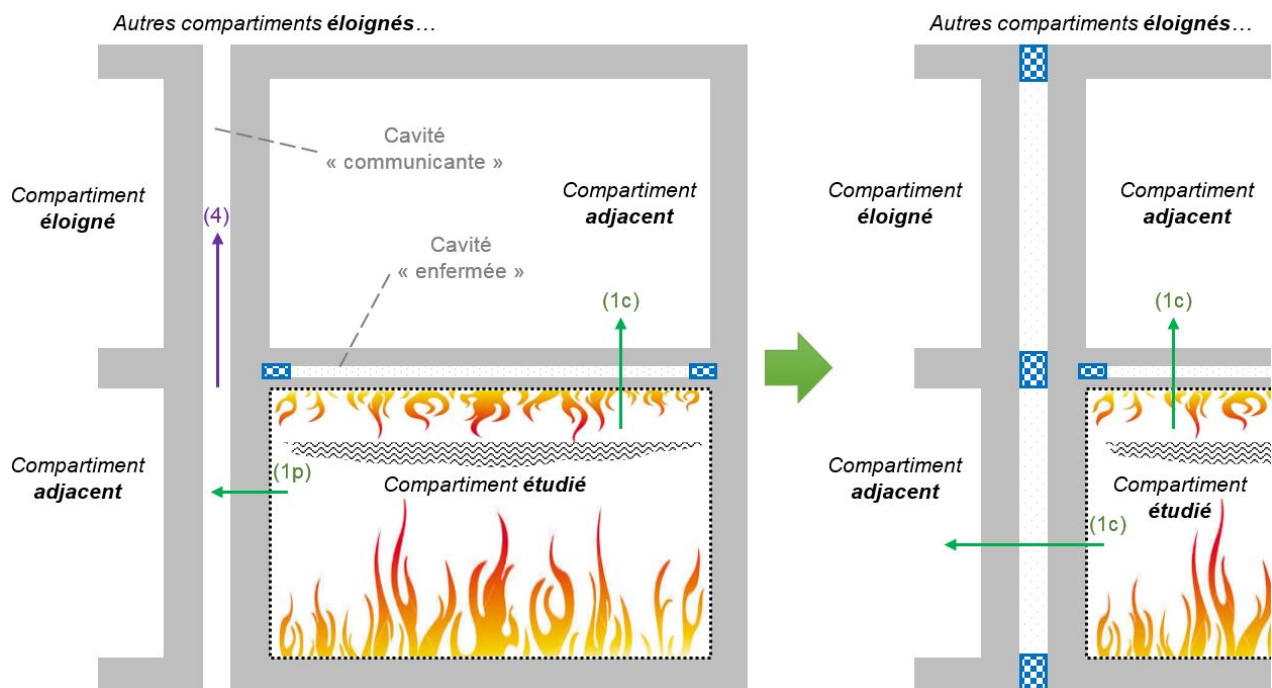


Fig. 17 : Limitation de la propagation du feu dans les cavités « communicantes »

### LES PRINCIPES FONDAMENTAUX DE CONCEPTION

Pour atteindre les objectifs de sécurité recherchés en situation d'incendie, quelques principes fondamentaux de conception doivent être observés :

- les éléments de construction formant compartiment coupe-feu (REI ou EI) doivent être reliés entre eux par des raccords présentant le même degré de résistance au feu que les éléments raccordés ;
- les zones de jonction entre les éléments de construction formant compartiment coupe-feu et l'enveloppe du bâtiment doivent être conçues de manière à être étanches aux flammes, aux fumées et aux gaz chauds pendant toute la durée de résistance au feu requise ;
- les jonctions entre éléments de construction porteurs doivent présenter la même durée de résistance au feu que la structure elle-même ;
- il convient de tenir compte des phénomènes de retrait / gonflement du bois consécutifs aux variations hygrométriques éventuelles et de déformation des éléments de construction porteurs sous l'effet de l'application des charges dans sur le long terme.

### IMPORTANT : RAPPEL RÉGLEMENTAIRE

Les illustrations des paragraphes ci-dessous contiennent des représentations d'isolants thermiques et d'écran de protection dont la nature – réaction au feu des isolants, réaction au feu et résistance au feu des écrans – et les modalités de mise en œuvre doivent être déterminées en application des textes réglementaires applicables au type de construction et/ou au type de local dans lequel ils sont utilisés.

Outre l'Annexe Nationale de l'Eurocode 5 Partie feu NF EN 1995-1-2 (version 2019) déjà citée, il doit être fait référence aux documents suivants :

- l'Arrêté du 31 janvier 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation modifié par les arrêtés du 7 août 2019 et du 13 novembre 2019 qui renvoie, lorsque que chacun

des éléments constitutifs du système de façade – qui comprend les couches successives de matériaux du nu extérieur jusqu'au nu intérieur de la façade, équipements, matériaux intermédiaires et structure porteuse compris – n'est pas classé au moins A2-s3, d0, à des systèmes de façade dont l'efficacité vis-à-vis des objectifs généraux de sécurité incendie définis dans son article 11 a été démontrée via une appréciation de laboratoire ;

- le Guide du CSTB « Bois construction et propagation du feu par les façades » en application de l'Instruction Technique n° 249 version 2010 – version 2.0 du 29 mars 2019 – ayant le statut d'appréciation de laboratoire (donc applicable dans le cadre de l'arrêté du 31 janvier 1986 susnommé) en rappelant que les dispositions présentées dans ce guide ont été validées par une série d'essais LEPIR 2 dans un contexte où la contre-cloison intérieure ou le plafond jouent à eux seuls le rôle de résistance au feu, sans participation de la structure bois. Ces dispositions ne s'appliquent donc pas aux constructions dont les parois extérieures et les planchers sont en CLT (Cross Laminated Timber) apparent en parement intérieur et en plafond ;

- le « Guide de l'isolation par l'intérieur des habitations du point de vue des risques en cas d'incendie » (CSTB – version 2016) auquel se réfèrent l'arrêté du 31 janvier 1986 modifié (article 13) et l'arrêté du 5 août 1992 modifié pris en application du code du travail (article 9.VI) qui indique notamment :

*« Dans les bâtiments d'habitation, le principe de non aggravation du feu du fait de la présence d'une isolation par l'intérieur repose sur la règle générale suivante : les isolants, autres que ceux classés A1 ou A2-s1, d0, sont recouverts par un écran protecteur à inertie thermique significative. Ecran protecteur s'entend ici par opposition à revêtement mince à fonction décorative appelé à être renouvelé. En tel cas, le choix du nouveau revêtement est laissé à l'occupant du logement. Ce principe général de protection des isolants est le fil directeur du présent guide. Il vise tous les produits isolants destinés à un usage intérieur, tant dans les logements que dans les dégagements communs des bâtiments d'habitation collectifs. »*

*« Le comportement en tant qu'écran protecteur – non mise à nu rapide de l'isolant, évitement des dégagements des gaz de pyrolyse – des solutions constructives est apprécié en utilisant le programme thermique normalisé (EN 1363-1) :*

- *pour toute orientation de paroi pendant 15 min pour les bâtiments de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> famille ;*
- *pour les parois verticales et les sols pendant 15 min pour les bâtiments de 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> famille ;*
- *pour les plafonds ou sous-face de planchers pendant 30 min pour les bâtiments de 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> famille à l'exception des plafonds du dernier niveau ;*
- *pendant 15 min pour les plafonds situés au dernier niveau des bâtiments de 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> famille. »*

*« A la jonction entre les parois horizontales et verticales, le dispositif d'isolation ne doit pas affaiblir les caractéristiques de résistance au feu et de non transmission du feu exigées pour les parois séparatives et les façades. En l'absence de justifications particulières adaptées aux situations, la continuité des isolants combustibles doit être interrompue à ces jonctions. »*

*« En situation d'incendie, les jointoiements contribuent, avec la nature et l'épaisseur de l'écran, à la réalisation de la performance de protection pendant la durée spécifiée (15 ou 30 minutes). »*

*« Les joints doivent répondre, en partie courante ou en périphérie de l'écran, à l'une au moins des conditions ci-après :*

- *être situés au droit d'un élément d'ossature, principal ou secondaire, sur lequel les éléments d'écran juxtaposés sont fixés mécaniquement ;*
- *être équipés d'un profil métallique, en bois ou en dérivé du bois, apparent, masqué ou encastré ;*
- *être assemblés par emboîtement, embrèvement, feuillure ou par rainure et languette ;*

- être garnis d'une matière incombustible, ou intumescente, ou d'une colle (enduit seul ou enduit plus bande, mortier, mastic, ou équivalent) ;

*Un garnissage par un matériau organique alvéolaire thermodurcissable est autorisé en pied de paroi ».*

- le « Guide d'emploi des isolants combustibles dans les Etablissements Recevant du Public » annexé à l'arrêté du 6 octobre 2004 modifié auquel il est fait référence dans l'article AM 8 de l'arrêté du 25 juin 1980 modifié relatif au règlement de sécurité dans les ERP.

## **LE TRAITEMENT DES INTERFACES**

Pour obtenir l'efficacité recherchée dans la lutte contre la diffusion des flammes, des fumées mais surtout des gaz chauds dans les parois, il est nécessaire de prévoir des dispositions constructives renforcées ou redondantes par rapport aux prescriptions des normes et des règles de l'art pour tenir compte des risques de dégradations (le plus souvent accidentelles et non repérées) de certains éléments ou sous-éléments de construction au cours de l'exploitation du bâtiment ou bien au cours de l'incendie lui-même.

Pour être efficaces, ces dispositions constructives « complémentaires » doivent être faciles à réaliser, aisément contrôlables et leur coût ne doit pas altérer la compétitivité économique des choix techniques adoptés.

Remarque 1 : Dans les détails proposés ci-après, les cloisons de doublage des parois extérieures et des parois de refend sont systématiquement représentées avec un montage sur une ossature métallique indépendante, plus efficace sur le plan de l'isolement acoustique que le montage sur tasseaux bois horizontaux fixés sur l'ossature des panneaux porteurs (à ossature en bois ou en CLT) qui reste cependant possible.

Remarque 2 : Dans les détails proposés ci-après, les éléments en laine minérale préconisés pour réaliser les calfeutrements sont spécifiés en laine de roche, beaucoup plus stable que la laine de verre qui a une forte propension à se déliter dans le temps et sous l'effet de la chaleur (vers 580°C).

Remarque 3 : D'autres produits de calfeutrement de performance équivalente, justifiée par des essais de résistance au feu, peuvent être utilisés – voir le site du Groupement Technique Français contre l'Incendie (GTFI).

**Exemple 1 :** Interface entre une structure porteuse intégrée dans une paroi séparative et un plancher

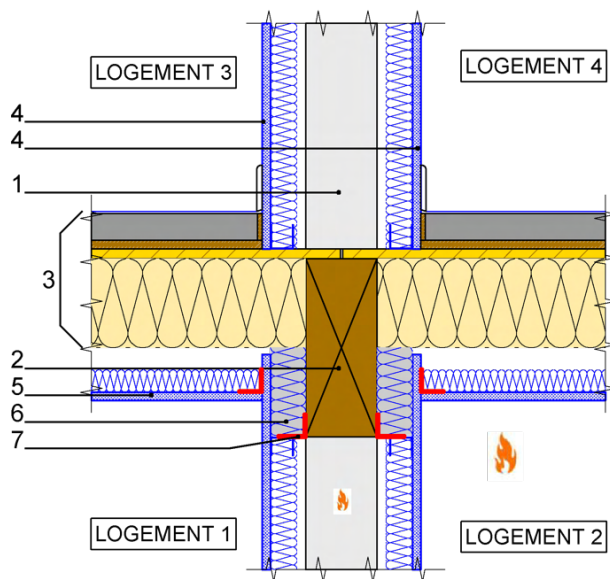


Figure 18

Au lot structure-enveloppe bois :

- 1: Structure porteuse poteau-poutre
- 2: Poutre de plancher
- 3: Complexe de plancher

Au lot second oeuvre (en bleu) :

- 4: Cloison REI ou EI selon exigence réglementaire
- 5: Plafond REI ou EI selon exigence réglementaire, raccordé à la cloison par cornière acier 6/10e selon DTU 25.41
- 6: Laine de roche de masse volumique >40 kg/m<sup>3</sup> compressée à 75% fixée mécaniquement
- 7: Cornière acier 6/10e continue

Les écrans doivent assurer seuls la protection thermique de la structure, la redondance évoquée ci-dessus peut être obtenue par les dispositions constructives suivantes (ou toutes autres dispositions d'effet équivalent) :

- la jonction entre les écrans de protection thermique verticaux et horizontaux doit être renforcée par une cornière en acier galvanisé 6/10<sup>e</sup> selon les prescriptions du DTU 25.41 (Plaques de plâtre) ;
- des bandes continues de laine de roche (de masse volumique supérieure à 40 kg/m<sup>3</sup>) doivent être disposées de part et d'autre de la poutre porteuse, comprimées et fixées mécaniquement, afin d'empêcher la diffusion des effluents du feu (fumées et gaz chauds) dans les cavités du plancher en cas de propagation accidentelle de l'incendie à l'intérieur de la paroi inférieure ;
- l'épaisseur de la laine de roche doit être ramenée à 75 % environ de son épaisseur nominale (par exemple : épaisseur de 60 mm compressée à 45 mm) afin d'absorber les variations de position des éléments de construction les uns par rapport aux autres, inévitables sur le chantier.

**Exemple 2 :** Interface entre une paroi séparative et une toiture (ici toiture froide isolée)

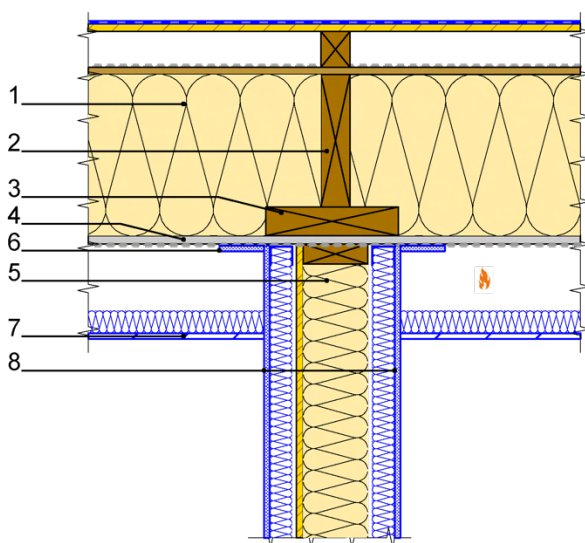


Figure 19

Au lot structure-enveloppe bois :

- 1: Caisson de toiture préfabriqué (porté par refend)
- 2: Entretoise de fractionnement contribuant au compartimentage -> fixation renforcée
- 3: Pièce structurelle support de fixation des contrecloisons
- 4: Ecran de protection thermique si exigence réglementaire
- 5: Paroi de refend

Au lot second oeuvre (en bleu) :

- 6: Talonnette pour renforcement de jonction
- 7: Faux plafond non coupe feu pour intégration d'appareillage dans le plénum
- 8: Doublage REI ou EI selon exigence réglementaire

Lorsqu'une performance de résistance au feu est requise, les jonctions entre écrans de protection thermique verticaux et horizontaux doivent être complétées par l'ajout d'une cornière en acier galvanisé 6/10<sup>e</sup>, d'une bande d'écran de protection thermique de renfort (talonnnette) ou toute autre disposition d'effet équivalent.

L'élément structural (2) du caisson de toiture et le tasseau qui lui est superposé, situés au-dessus de la cloison, ont un rôle primordial pour empêcher la propagation latérale des effluents du feu. Il importe donc que le contact entre les parements et ces éléments soit renforcé en resserrant l'entraxe des moyens de fixation (pointes annelées ou crantées, vis).

**Exemple 3 : Interfaces au niveau des appuis des éléments structuraux**

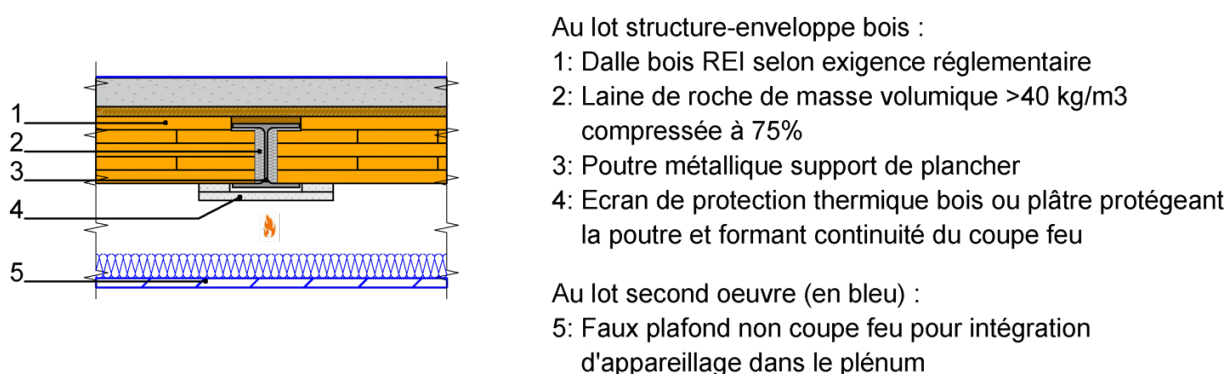


Figure 20

L'espace qui subsiste entre le chant des panneaux CLT et l'âme de la poutre métallique porteuse doit être calfeutré avec de la laine de roche (de masse volumique supérieure à 40 kg/m<sup>3</sup>, comprimée à 75 %) afin d'y empêcher la circulation des fumées et gaz chauds provenant des jonctions longitudinales entre panneaux CLT (voir figure 22).

La semelle inférieure du profilé métallique doit être protégée par un matériau de protection thermique (plâtre ou bois) qui confère à ce profilé la même performance R que le plancher lui-même et qui permette que sa température n'excède pas 250°C car, le métal étant très conducteur, il peut propager des températures conduisant à l'inflammation des pièces de bois qu'il supporte.

La largeur du recouvrement latéral de la protection de la semelle de la poutre métallique est déterminée en fonction de la résistance au feu R requise. Elle doit être de 1 mm par minute plus 10 mm, soit 40 mm pour R 30, 70 mm pour R 60, 100 mm pour R 90.

## LE TRAITEMENT DES RACCORDS

Il s'agit, dans toutes les zones de jonction entre éléments de construction, de définir la position des raccords entre matériaux, la nature des joints de calfeutrement, leur mode d'application en fonction de la largeur du raccord.

### **Exemple 4 :** Entre éléments préfabriqués de paroi, de plancher ou de toiture

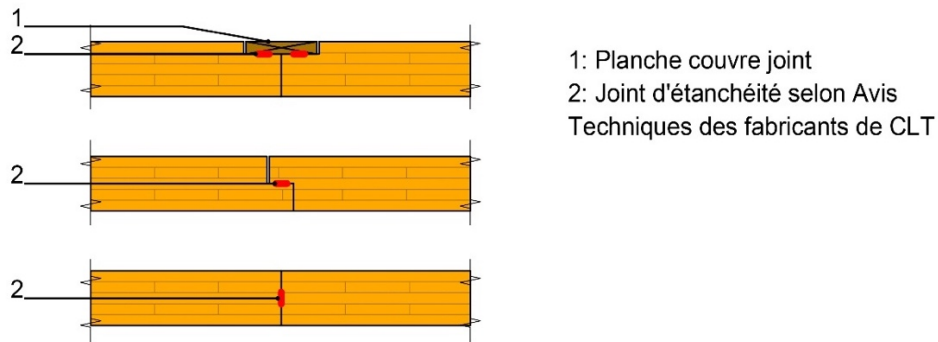


Figure 21

Les joints longitudinaux doivent être garnis de joints d'étanchéité ou de cordons coupe-feu en conformité avec les Avis Techniques des fabricants de panneaux CLT.

Remarque : Dans ce cas, les joints en mousse polyuréthane expansée doivent être évités en raison de leur mauvaise performance acoustique.

Le calfeutrement des joints longitudinaux entre éléments qui permet de d'obtenir la performance E requise de l'ensemble de la paroi doit impérativement être complété par le traitement des extrémités de ces joints par la mise œuvre de bandes continues de laine de roche (de masse volumique supérieure à 40 kg/m<sup>3</sup>, comprimée à 75 %) – ou toute autre disposition à effet équivalent – pour que la continuité de la performance E soit totale comme le montre l'illustration ci-dessous.

Ces dispositions doivent bénéficier d'un PV de résistance au feu ou être justifiée par un laboratoire agréé en résistance au feu.

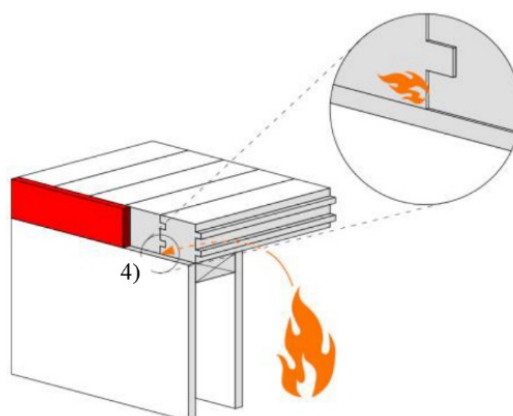
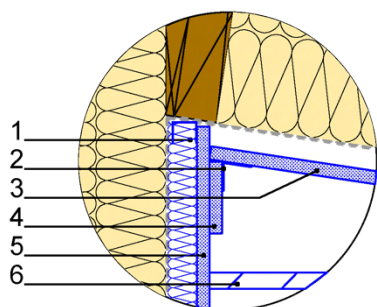


Figure 22 (Source : Fire safety in Timber buildings)

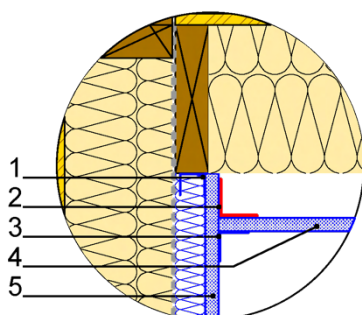
### Exemple 5 : Entre panneaux ou entre plaques formant écrans de protection thermique

Lorsque le jeu à la jonction des plaques de plâtre est supérieur à 4 mm, il doit être impérativement être rempli avec un mastic de jointoiement approprié.



- 1: Rail support de doublage
- 2: Jointoiement selon DTU 25.41 et DTU 36.2
- 3: Plafond REI ou EI contribuant à l'exigence réglementaire
- 4: Talonnette pour renfort de jonction
- 5: Doublage REI ou EI selon exigence réglementaire
- 6: Faux plafond non coupe feu pour intégration d'appareillage dans le plénum

Figure 23



- 1: Rail support de doublage
- 2: Cornière acier 6/10e continue pour renfort de jonction selon DTU 25.41
- 3: Jointoiement selon DTU 25.41 et DTU 36.2
- 4: Plafond REI ou EI si exigence réglementaire
- 5: Doublage REI ou EI selon exigence réglementaire

Figure 24

Compte-tenu de l'importance revêtue par la qualité de l'exécution des jointoiements entre plaques et des défauts potentiels déjà évoqués, les jonctions d'angle doivent être renforcées par la mise œuvre d'une talonnette de protection thermique de renfort (figure 23), d'une cornière continue en acier galvanisé 6/10<sup>e</sup> (figure 24) ou de toute autre disposition d'effet équivalent.

Pour assurer la protection des isolants combustibles, la performance EI 30 des écrans de protection en plaques de plâtre requise pour les plafonds des habitations de 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> familles et les ERP de stabilité ½ heure et au-delà peut être obtenue notamment avec une plaque de plâtre BA18 ou avec une plaque de plâtre BA15 type F.

Le pas des fixations des plaques de plâtre sur les fourrures doit être inférieur ou égal à 250 mm et les fourrures doivent être espacées de 600 mm au plus.



## LE TRAITEMENT DES CAVITÉS

### Exemple 6 : Remplissage total des vides techniques

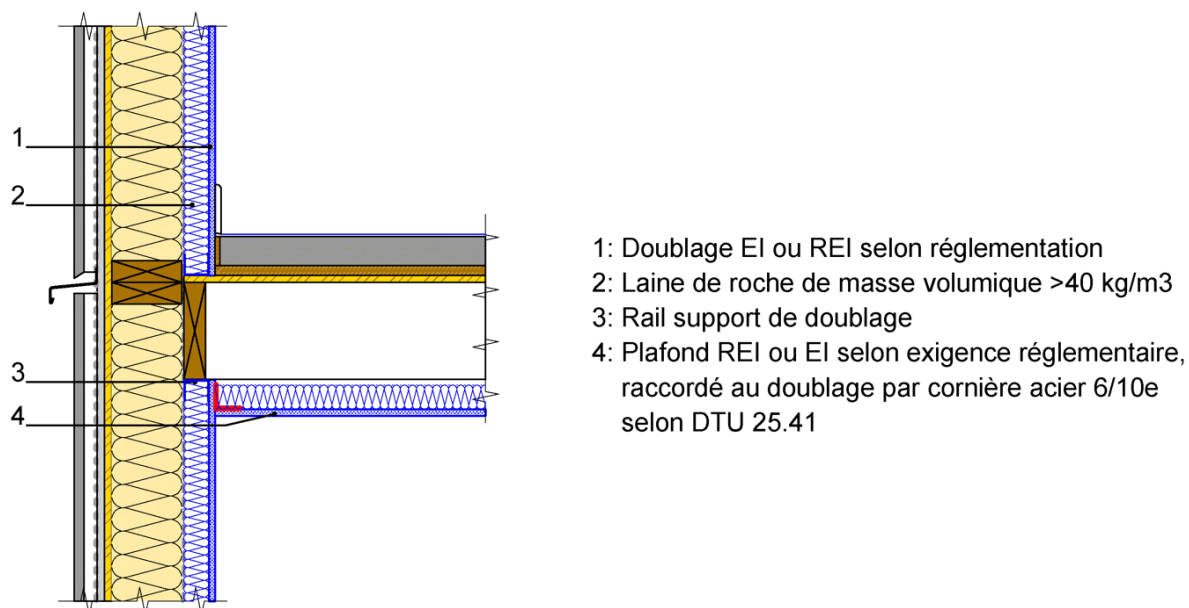


Figure 25 : Exemple de paroi REI 30 (ref : Annexe Nationale de l'Eurocode 5 – Partie feu – Tableau A.1)

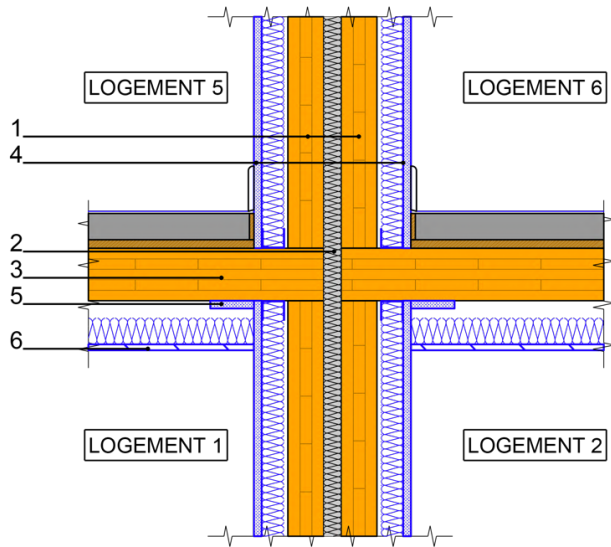
Afin d'empêcher la propagation des fumées et des gaz chauds infiltrés accidentellement dans les vides techniques verticaux, il est indispensable de remplir le vide compris entre le panneau ossature bois (ou CLT) et l'écran de protection thermique (simple ou composé) avec un isolant thermique fibreux classé A2-s2, d0 (de type laine de roche de masse volumique supérieure à 40 kg/m<sup>3</sup>). Il est nécessaire que le vide soit complètement rempli, particulièrement en partie haute pour empêcher la diffusion des fumées et des gaz chauds dans le plénum du plancher.

L'amélioration de la durée de résistance au feu de la paroi obtenue peut se calculer selon les indications de l'annexe B de l'Annexe Nationale de l'Eurocode 5 – Partie feu, elle dépend de la masse volumique et de l'épaisseur de la couche de laine de roche mise en œuvre (elle est de l'ordre de 5 à 10 minutes). De plus, cet ajout améliore la performance d'isolation thermique de la paroi.

### Exemple 7 : Remplissage partiel des vides techniques

Pour empêcher la diffusion des fumées et gaz chauds, les espaces ménagés entre des parois séparatives entre locaux doivent être recouverts par des bandes continues, de 30 cm de large minimum, en laine de roche de masse volumique supérieure à 40 kg/m<sup>3</sup> compressée à 75 % (par exemple : épaisseur de 40 mm compressée à 30 mm) fixées mécaniquement.

Propriétés du matériau de recouvrement : laine de roche de masse volumique > 40 kg/m<sup>3</sup> compressée à 75% et fixée mécaniquement, température de fusion > 1100°C, ou tout autre produit de calfeutrement de performance équivalente justifiée par des essais de résistance au feu.



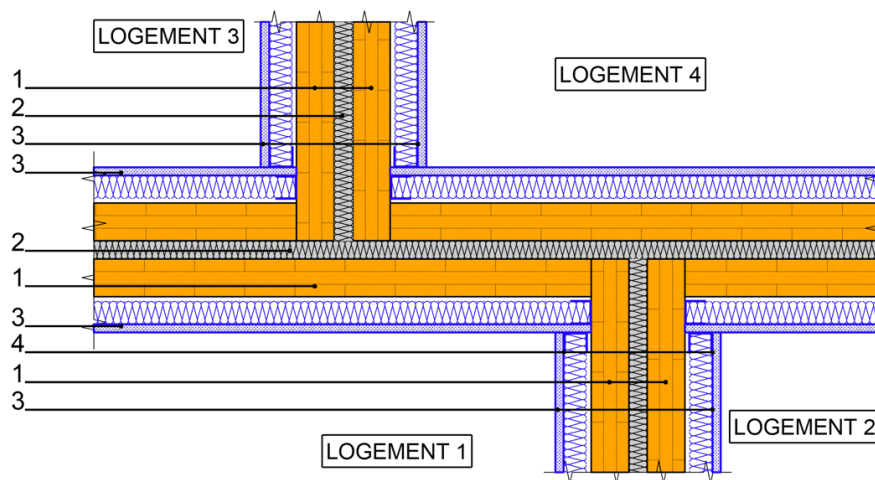
Au lot structure-enveloppe bois :

- 1: Panneau bois massif en paroi mitoyenne
- 2: Laine de roche continue de masse volumique >40 kg/m<sup>3</sup>
- 3: Dalle bois REI selon exigence réglementaire

Au lot second oeuvre (en bleu) :

- 4: Doublage EI ou REI selon réglementation
- 5: Talonnette pour renforcement de jonction
- 6: Faux plafond non coupe feu pour intégration d'appareillage dans le plénum

Figure 26 : Parois séparatives entre logements (compartiments) – Coupe verticale



Au lot structure-enveloppe bois :

- 1: Panneau bois massif en paroi mitoyenne
- 2: Laine de roche continue de masse volumique >40 kg/m<sup>3</sup>

Au lot second oeuvre (en bleu) :

- 3: Doublage REI ou EI selon exigence réglementaire
- 4: Ossature métallique selon DTU 25.41

Figure 27 : Parois séparatives entre logements (compartiments) – Coupe horizontale

## LE TRAITEMENT DES ZONES SENSIBLES

Les zones que l'on peut qualifier de « sensibles » sont celles qui présentent une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- être situées dans les parties des locaux où les températures sont les plus élevées qui sont celles qui font obstacle à la circulation des flammes, des fumées et des gaz chauds (plafonds, débords de toitures, ...), ou bien celles où ces effluents s'évacuent vers l'extérieur, notamment les linteaux de menuiseries extérieures (voir le paragraphe « les températures atteintes dans un incendie ») ;
- les zones où des équipements rapportés (stores, volets roulants, orifices de ventilation, ...) qui pourraient être considérés comme des obstacles efficaces contre la propagation de l'incendie à l'intérieur des parois alors qu'ils ne le sont pas, soit parce qu'ils seront très rapidement dégradés en présence de températures élevées (PVC et aluminium), soit parce que la réalisation de l'étanchéité aux flammes, aux fumées et aux gaz chauds à leur interface avec la paroi s'avère très complexe à réaliser.

### Exemple 8 : Linteaux de menuiseries extérieures (avec stores, volets roulants, etc ...)

Après la destruction du vitrage sous l'effet de la chaleur dégagée par l'incendie, les menuiseries, les stores ou les volets roulants, lorsqu'ils sont en aluminium ou en PVC, fondent rapidement dès que la température au niveau du linteau dépasse leurs températures de fusion (respectivement 660°C et 135°C).

Nota : En présence de double ou triple vitrage, les menuiseries en PVC peuvent être détruites avant que le vitrage ne soit lui-même détruit, entraînant sa chute, ce qui représente un grave danger.

L'étanchéité aux gaz et aux flammes doit donc être assurée sur le pourtour complet de l'embrasure, avant la pose des menuiseries et des volets roulants, par la continuité de l'écran de protection thermique entre l'intérieur et l'extérieur de la paroi.

Lorsque l'Instruction Technique n°249 s'applique, les embrasures doivent être traitées selon les prescriptions du Guide du CSTB « Bois construction et propagation du feu par les façades » version 2.0 du 29 mars 2019

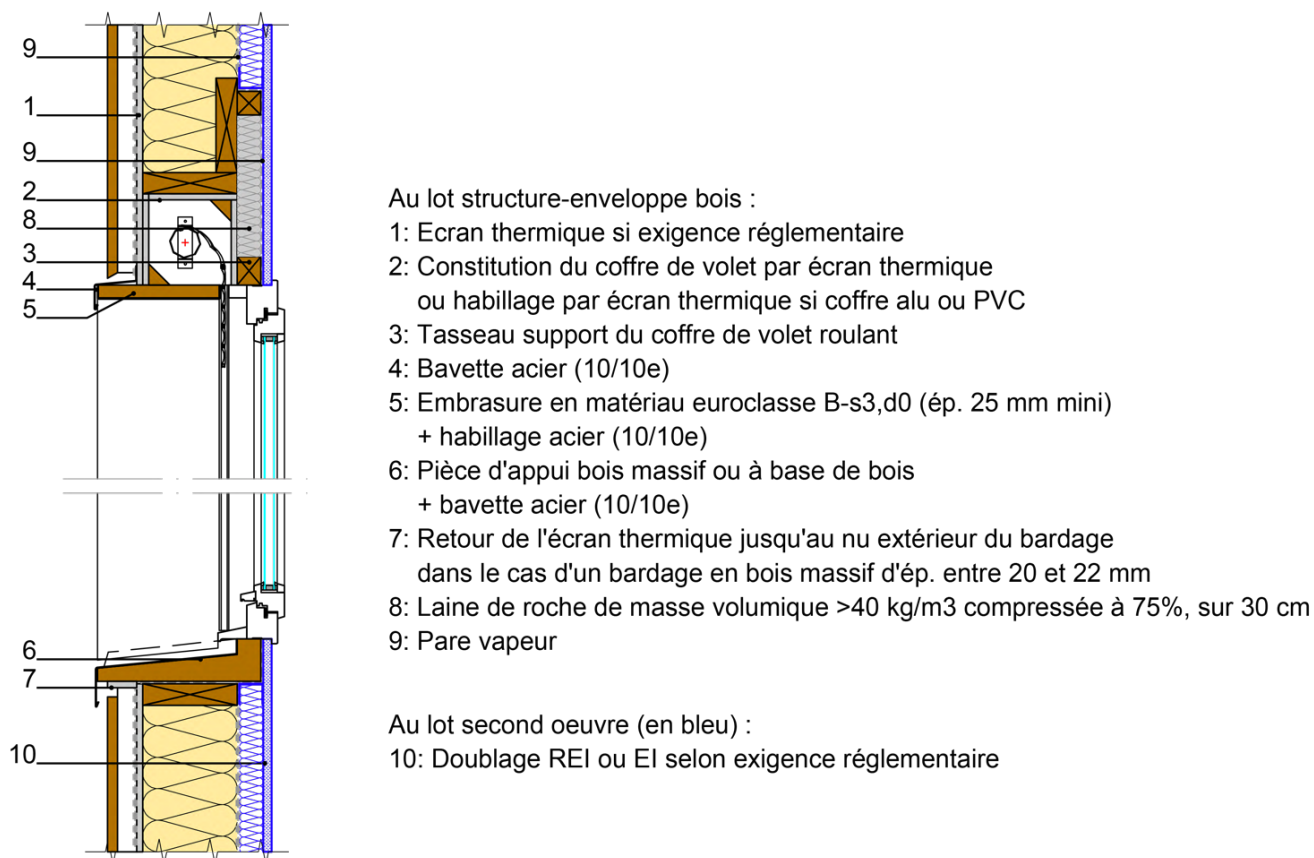


Figure 28 : Menuiserie extérieure avec volet roulant - Coupe verticale

### Exemple 9 : Durabilité des déflecteurs de flammes en bois

La pièce de bois formant déflecteur de flammes à chaque niveau de la façade, mise en œuvre conformément aux prescriptions du Guide du CSTB « Bois construction et propagation du feu par les façades » version 2.0 du 29 mars 2019, doit être protégée contre des fuites d'eau qui pourraient apparaître au niveau des raccords longitudinaux des bavettes métalliques de protection (même en présence d'éclisses) par un retour du pare-pluie de la partie supérieure de la façade jusqu'à la

rive extérieure de la pièce de bois. Ce retour de pare-pluie doit être supporté par une planche délardée selon une pente de 10 %.

Dans le cas d'un bardage en bois massif d'épaisseur comprise entre 20 et 22 mm, l'écran thermique extérieur doit se retourner en sous-face du déflecteur jusqu'à l'aplomb du nu extérieur du bardage.

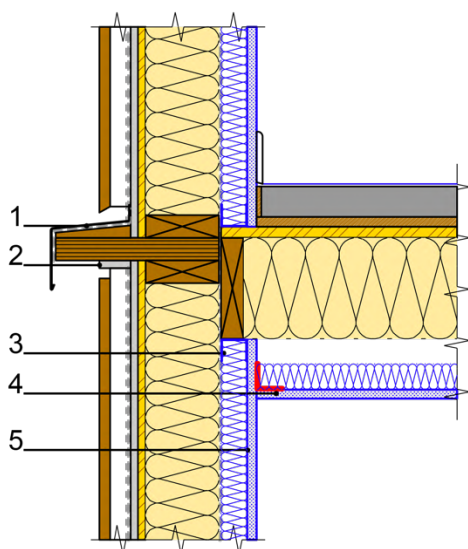


Figure 29

Au lot structure-enveloppe bois :

- 1: Déflecteur de flamme en recouvrement de bardage ventilé :
  - déflecteur en bois massif ou à base de bois Euroclasse B-s3,d0 (ép. 45 mm mini)
  - bavette métallique (10/10e) en capotage sur pièce délardée
  - pare-pluie recouvrant le déflecteur
- 2: Retour de l'écran thermique jusqu'au nu extérieur du bardage dans le cas d'un bardage en bois massif d'ép. entre 20 et 22 mm

Au lot second oeuvre (en bleu) :

- 3: Rail support de doublage
- 4: Plafond REI ou EI selon exigence réglementaire, raccordé au doublage par cornière acier 6/10e
- 5: Doublage REI ou EI selon exigence réglementaire

### Exemple 10 : Interfaces entre mur porteur (ou non), caisson de toiture isolé et avant-toit non isolé

La jonction entre la paroi verticale, la toiture isolée et l'avant-toit doit être traitée par un retour de l'écran de protection thermique sous l'avant-toit de manière à empêcher un feu venant de l'extérieur, sous l'avant-toit, de se propager dans le caisson d'avant-toit et dans la toiture.

Le point le plus sensible est la jonction d'angle rentrant entre le parement extérieur du panneau vertical et la sous-face de l'avant-toit qui doit être protégé par une cornière filante en acier galvanisé 15/10<sup>e</sup>.

Le vide intérieur du caisson d'avant-toit filant le long de la façade doit impérativement être recoupé, a minima, au droit de chaque compartiment (logement) de même que le plénum du plafond et que la lame d'air de ventilation de la partie supérieure de la toiture. Les dispositions constructives mises en œuvre pour réaliser ces recouvrements doivent avoir la même résistance au feu que celle de la paroi séparative à laquelle elles correspondent.

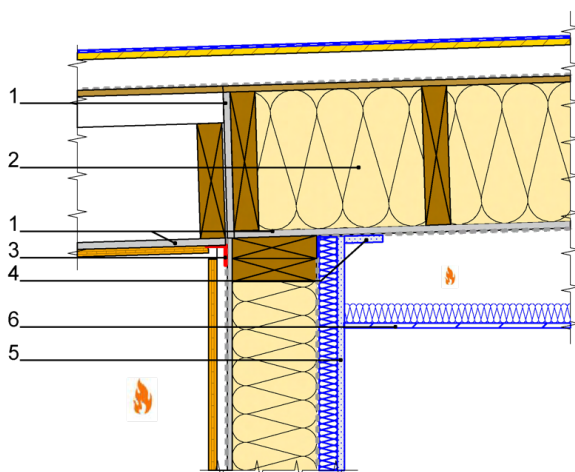


Figure 30 : Cas d'une toiture froide isolée

Au lot structure-enveloppe bois :

- 1: Ecran de protection thermique si exigence réglementaire avec retour vertical
- 2: Caisson de toiture isolé
- 3: Cornière en acier galvanisé 15/10e formant déflecteur de flammes

Au lot second oeuvre (en bleu) :

- 4: Talonnette de renforcement de jonction
- 5: Doublage EI ou REI selon réglementation
- 6: Faux plafond non coupe feu pour intégration d'appareillage dans le plénum

## LE TRAITEMENT DES PERCEMENTS

Les dispositifs mis en œuvre pour assurer la continuité de la performance coupe-feu des éléments de construction (plancher, paroi) traversés par des équipements techniques (réseaux électriques, tuyaux, canalisations, gaines ...) doivent être conçus de manière à permettre les déformations admissibles sous charges de ces éléments.

### Exemple 11 : Passage de gaines électriques, canalisations, etc ... (petites sections)

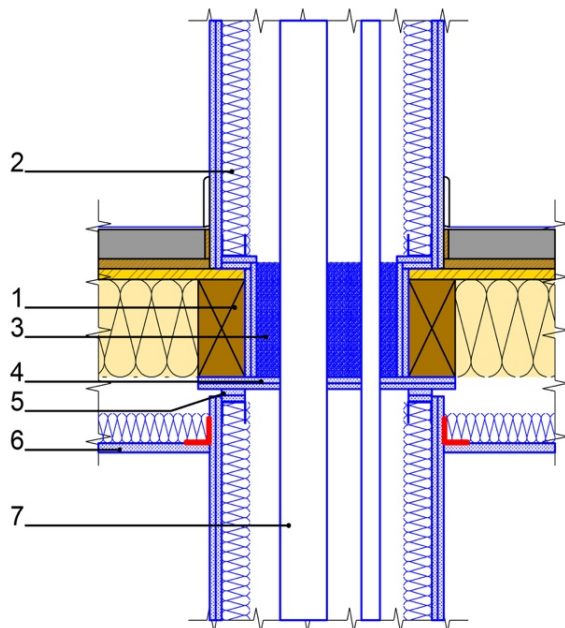


Figure 31

Au lot structure-enveloppe bois :

1: Chevêtre de plancher

Au lot second oeuvre (en bleu) :

2: Gaine coupe feu si exigence réglementaire

3: Calfeutrement coupe feu selon exigence réglementaire

4: Fond de coffrage en plaques en plâtre

5: Dispositif permettant la déformation du plancher

6: Plafond REI ou EI selon exigence réglementaire, raccordé à la gaine par cornière acier 6/10e

7: Tuyau de canalisation, gaine électrique, etc

### Exemple 12 : Passage de conduits de fumée, gaines techniques, gaines de ventilation, etc ... (grosses sections)

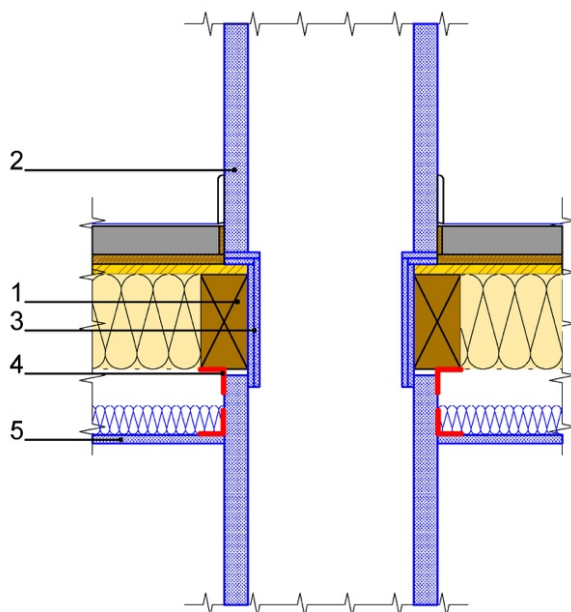


Figure 32

Au lot structure-enveloppe bois :

1: Chevêtre de plancher

Au lot second oeuvre (en bleu) :

2: Gaine coupe feu silicate de calcium

3: Protection au feu du chevêtre selon exigence réglementaire

4: Dispositif de maintien permettant la déformation du plancher

5: Plafond REI ou EI selon exigence réglementaire, raccordé à la gaine par cornière acier 6/10e

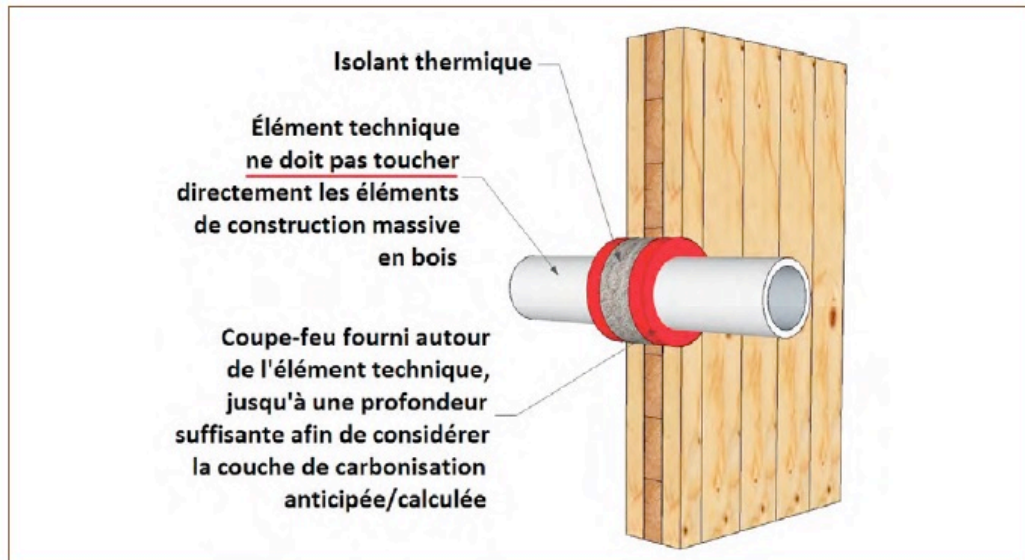


Figure 33 : Protection d'une traversée de paroi verticale (Source : Bâtiments de construction massive en bois d'au plus 12 étages – Directives et guide explicatif – Gouvernement du Québec – 2015)

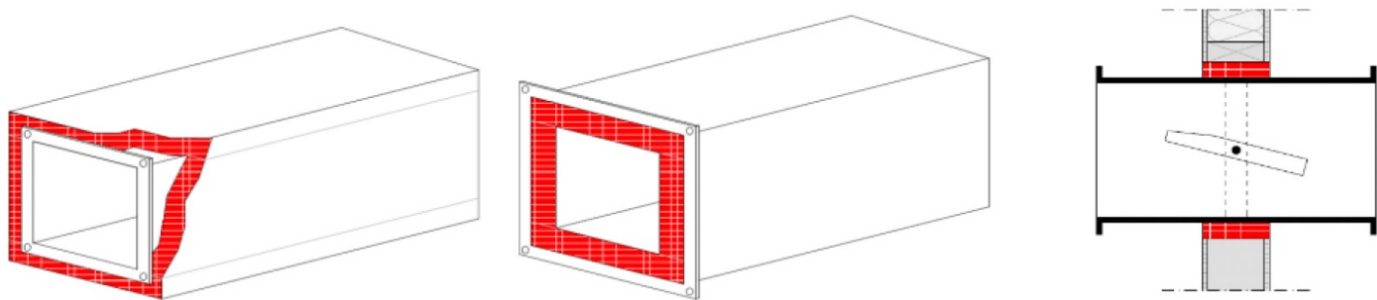


Figure 34 : (Source : Fire safety in Timber buildings)

## LE TRAITEMENT DES INCORPORATIONS

### Exemple 13 : Boîtes et tableaux électriques

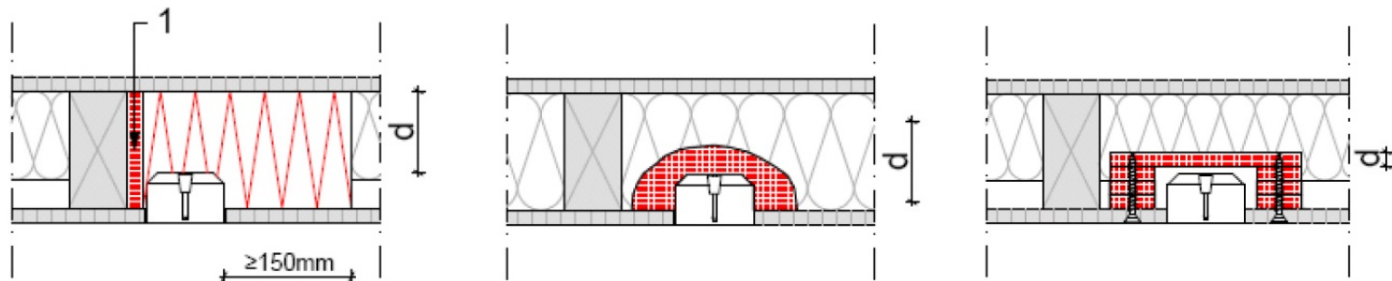


Figure 35 : (Source : Fire safety in Timber buildings)

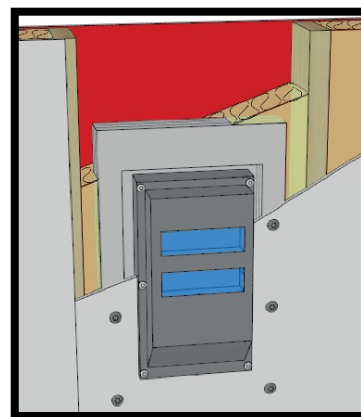
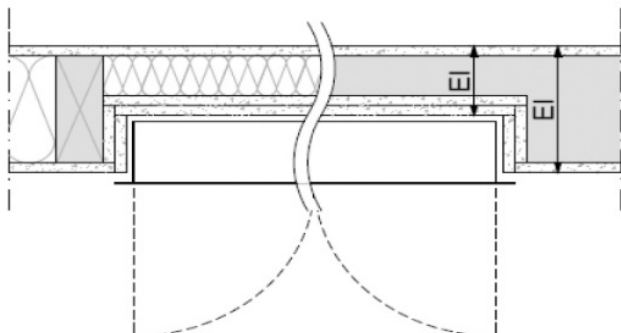


Figure 36 : (Source : Fire safety in Timber buildings)

### LA MÉTHODE « AJT » (ANGLE – JOINT – TROU)

La démarche d'analyse systématique du projet de construction en bois du point de vue de la sécurité incendie au niveau des jonctions entre éléments de construction préconisée dans le présent guide se matérialise par le repérage sur les plans et détails généraux, ou bien sur des plans et détails spécifiques, de toutes les situations de risque potentielles et l'indication des dispositions constructives correspondantes à mettre en œuvre.

Les situations de risque de propagation de l'incendie dans les parois sont le plus souvent en corrélation avec les défauts de continuité des écrans de protection thermique et la présence de cavités.

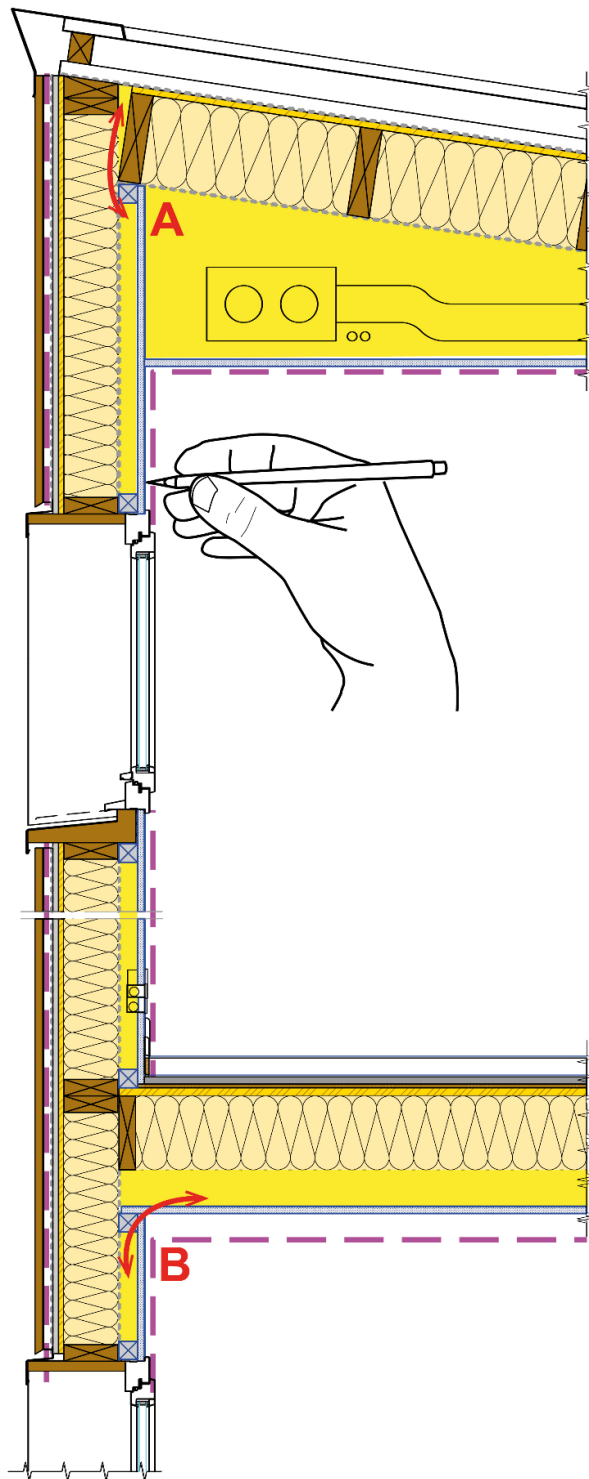
La méthode « AJT » est une méthode graphique très simple qui permet de repérer systématiquement, lorsqu'elle est appliquée avec attention, les situations de risque que représentent les **angles** entre deux parois, les **joints** entre matériaux et les **trous** nécessaires pour l'insertion de réseaux et d'appareillages.

Le dessin « AJT » correspond à un niveau d'élaboration et de détail de niveau « EXE ». Cette étape résulte de l'intégration d'une somme de problématiques très diverses (solidité, isolation thermique, acoustique, aspect, prix, etc ...) qui amène à une proposition technique donnée dont on doit vérifier qu'elle répond aussi aux exigences de la sécurité incendie.

Cette méthode consiste à parcourir « le crayon à la main » la périphérie complète de chaque compartiment, en plan et en coupe, de manière à repérer toutes les discontinuités (angles rentrants ou sortants, joints de toutes natures, percements et pénétrations) qui peuvent altérer sa performance d'étanchéité aux flammes, aux fumées et aux gaz chauds et d'y apporter des améliorations constructives robustes et efficaces.

L'application systématique de cette méthode sur chaque projet conduit le concepteur à développer une « culture constructive » relative aux « détails de sécurité incendie » qui doit lui permettre de concevoir des projets dont le niveau de performance vis-à-vis du risque incendie est élevé.

## Exemple 14 :



### LÉGENDE

- Cavités non protégées
- Écran thermique
- Écran thermique après application du guide

A : Risques liés aux vides de mise en oeuvre et aux appareillages dans les plenums

B : risque lié aux communications entre cavités

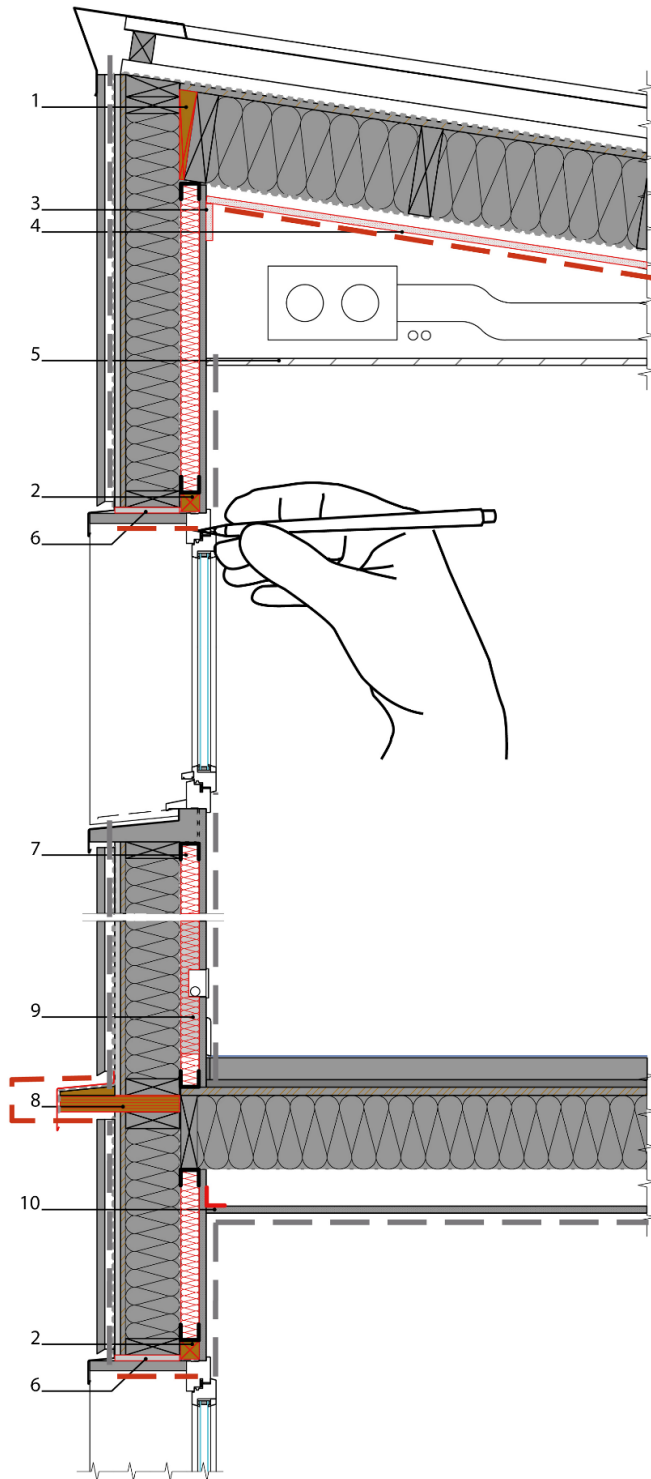
Figure 37 : Conception initiale à risque

### DIAGNOSTIC

Le parcours avec le crayon (ou la souris !) de la ligne (trait fillé mauve) représentant l'écran de protection thermique permet dans ce cas d'identifier plusieurs problématiques :

- le vide triangulaire situé près du faîtage à la jonction du caisson de toiture avec la façade, présente un risque de diffusion des effluents de l'incendie dans la lame d'air de la couverture en bac acier (situation A) ;
- la présence d'équipements techniques (ventilation, par exemple) dans le plénum du plafond formant écran de protection thermique de la toiture induit qu'il sera traversé par des gaines à plusieurs endroits ;
- l'absence d'isolant thermique dans la contre-cloison de la façade constitue un risque important de diffusion rapide des flammes, des fumées et des gaz chauds dans cet espace ainsi que dans le plénum du plancher intermédiaire (situation B) ;
- l'absence d'écran de protection thermique sur la largeur du linteau de la menuiserie, zone très fortement sollicitée (plus de 800°C) en situation d'incendie alors que la traverse haute de la menuiserie – si elle est en aluminium ou en PVC – aura fondu en quelques minutes, donnant accès aux flammes, fumées et gaz chauds à l'intérieur de la paroi ;
- l'absence de recouvrement de la lame d'air de ventilation du bardage extérieur au droit du plancher.





Au lot structure-enveloppe bois :

- 1: Remplissage du vide par pièce de bois adaptée
- 2: Tasseau formant protection au feu de l'ossature métallique du doublage
- 6: Retour de l'écran de protection thermique en embrasure
- 8: Déflecteur de flamme + bavette métallique (10/10e)

Au lot second oeuvre :

- 3: Renforcement de jonction selon DTU 25.41 pour EI>30
- 4: Plafond coupe feu en rampant au-dessus des équipements techniques
- 5: Faux plafond non coupe feu
- 7: Laine de roche de masse volumique >40 kg/m<sup>3</sup>
- 9: Boîtier électrique protégé par de la laine de roche, 400 mm x 400 mm mini, de masse volumique >70 kg/m<sup>3</sup>, d'épaisseur 45 mm, comprimée dans l'épaisseur de la lame d'air
- 10: Plafond coupe feu raccordé au doublage par cornière acier 15/10e selon DTU 25.41 pour EI>30

**Figure 38 : Conception améliorée par application de la méthode AJT**

### AMELIORATIONS

La vérification avec le crayon (ou la souris !) de la continuité de l'écran de protection thermique (trait tillé rouge) permet de s'assurer que toutes les problématiques diagnostiquées ont été résolues :

- le vide triangulaire situé près du faîtage à la jonction du caisson de toiture avec la façade est rempli au moyen d'une pièce bois continue de section adaptée ;
- l'écran de protection thermique du complexe de toiture est placé au-dessus des équipements techniques installés dans le plenum, ainsi il ne risque plus d'être traversé par des gaines de ventilation ou autres, sa jonction avec la contre-cloison est renforcée lorsque l'exigence de résistance au feu est EI 30 ;
- le vide technique de la contre-cloison est rempli avec un isolant thermique approprié ;
- au droit des boîtiers électriques, cet isolant doit être en laine de roche posée en conformité avec les prescriptions de l'Annexe Nationale de l'Eurocode 5 – Partie feu ;
- le linteau de la menuiserie (ainsi que les jambages latéraux) est protégé par un retour de l'écran de protection thermique extérieur et l'embrasure est traitée conformément aux prescriptions du Guide « Façades » du CSTB, lorsque celui-ci est applicable ;
- la lame d'air de ventilation du bardage extérieur est recoupée au droit du plancher par un dispositif conforme aux prescriptions du Guide « Façades » du CSTB, lorsque celui-ci est applicable ;
- la jonction d'angle de la contre-cloison avec l'écran de protection thermique en sous-face du plancher est renforcée lorsque l'exigence de résistance au feu est EI 30.

## Exemple 15 :

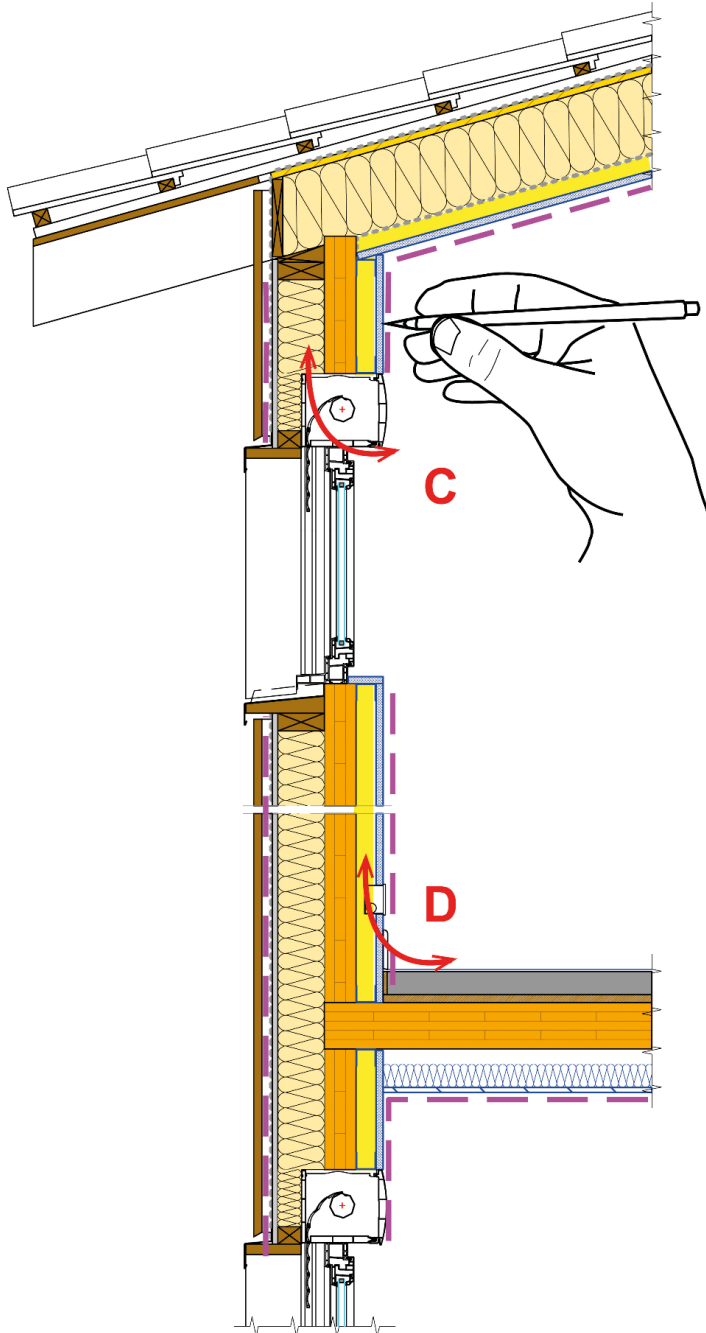


Figure 49 : Conception initiale à risque

### DIAGNOSTIC

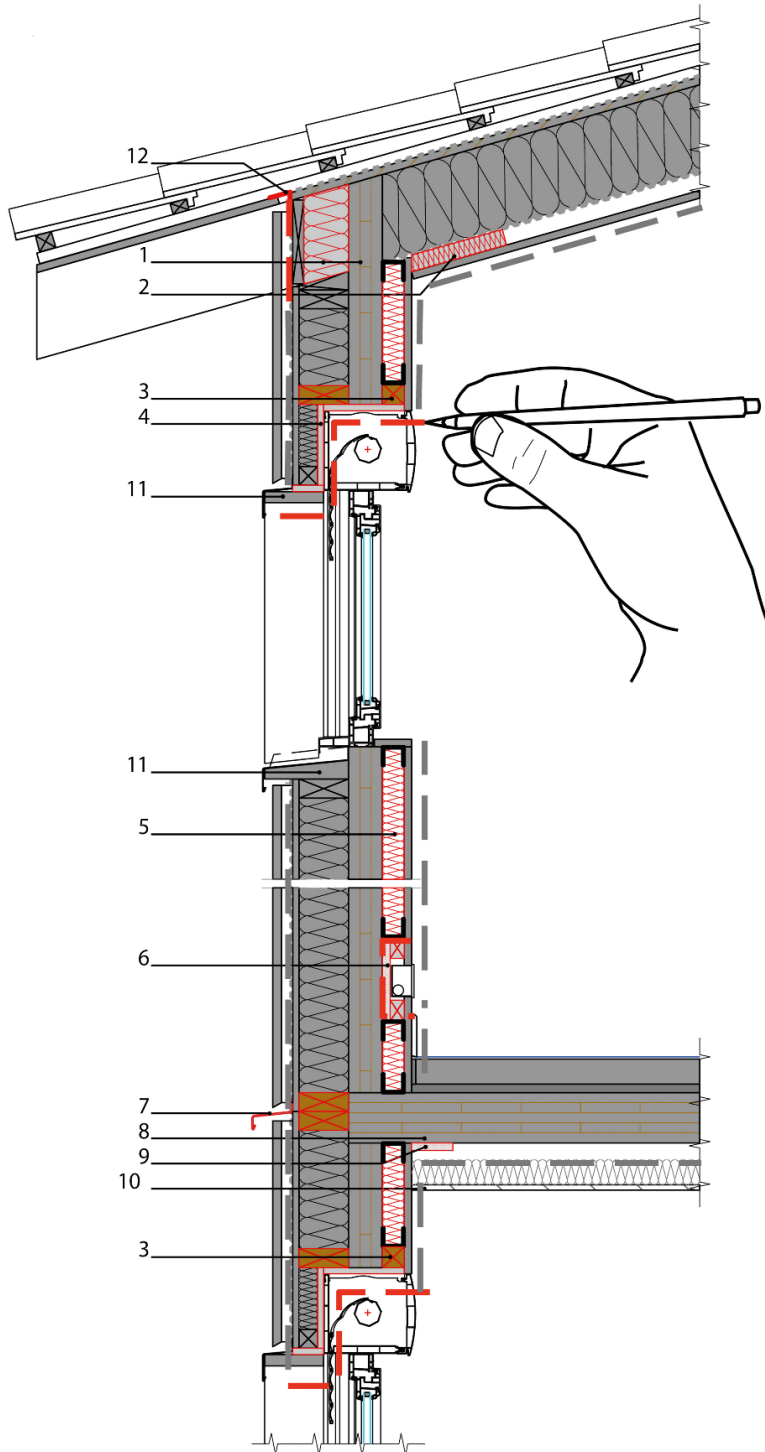
Le parcours avec le crayon (ou la souris !) de la ligne (trait tillé mauve) représentant l'écran de protection thermique permet dans ce cas d'identifier plusieurs problématiques :

- l'espace situé entre les chevrons de toiture et contenant l'isolation thermique n'est obturé en bas de pente que par des entretoises de faible épaisseur dont l'étanchéité aux effluents du feu est incertaine ;
- en situation d'incendie, les coffres de volets roulants sont portés à haute température (plus de 800°C), ils fondent très rapidement lorsqu'ils sont en PVC ou en aluminium ce qui permet la diffusion des effluents du feu dans la paroi (situation C) ;
- l'absence d'isolant thermique dans la contre-cloison de la façade et dans le vide technique en sous-face de la toiture qui constitue un risque important de diffusion rapide des flammes, des fumées et des gaz chauds dans ces espaces ;
- les boîtiers électriques insérés dans la contre-cloison de la façade qui ne sont pas calfeutrés (situation D) ;
- l'absence de recouvrement de la lame d'air de ventilation du bardage extérieur au droit du plancher ;

### LÉGENDE

- Cavités non protégées
- Écran thermique
- - - Écran thermique après application du guide
- D : Risque lié aux réseaux électriques
- C : Risque lié à la fonte du volet roulant

**Figure 40 : Conception améliorée par application de la méthode AJT**



### AMELIORATIONS

La vérification avec le crayon (ou la souris !) de la continuité de l'écran de protection thermique (trait fillé rouge) permet de s'assurer que toutes les problématiques diagnostiquées ont été résolues :

- les chevrons de toiture sont insérés dans des encoches ménagées en partie haute du panneau CLT de façade qui est protégé sur sa face extérieure par de la laine de roche comprimée maintenue par des entretoises ;
- la jonction des entretoises de bas de pente avec l'habillage de l'avant-toit est renforcée par une cornière métallique ;
- lorsque l'exigence de résistance au feu est EI 30, le vide technique en sous-face de la toiture est rempli en partie basse par de la laine de roche comprimée sur 30 cm de large
- le vide technique de la contre-cloison est rempli avec un isolant thermique approprié ;
- la continuité de l'écran de protection thermique dans l'embrasure de la menuiserie entre l'intérieur et l'extérieur de la façade est complétée avant la pose du coffre de volet roulant ;
- les boîtiers et les câbles électriques sont posés dans des goulottes coupe-feu posées selon les prescriptions du guide « Fire Safety in Timber Buildings » lorsque l'exigence de résistance au feu est EI 30 ;
- la lame d'air de ventilation du bardage extérieur est recoupée au droit du plancher par un dispositif conforme aux prescriptions du Guide « Façades » du CSTB, lorsque celui-ci est applicable ;
- la jonction d'angle de la contre-cloison avec la sous-face du plancher CLT est renforcée lorsque l'exigence de résistance au feu est EI 30.

Au lot structure-enveloppe bois :

- 1: Panneau CLT avec encoches ou entretoises (ép. suivant CF)  
+ laine de roche de masse volumique >40 kg/m<sup>3</sup> compressée à 75%
- 3: Tasseau formant protection au feu de l'ossature métallique du doublage
- 4: Retour de l'écran de protection thermique en embrasure et sous coffre volet
- 7: Déflecteur de flammes en acier (15/10e)
- 8: Dalle bois REI selon exigence réglementaire
- 11: Traitement embrasures selon guide façade CSTB mars 2019 (lorsque celui-ci est applicable)
- 12: Cornière en acier galvanisé 15/10e formant déflecteur de flammes

Au lot second oeuvre :

- 2: Laine de roche de masse volumique >40 kg/m<sup>3</sup> compressée à 75%, sur 30 cm
- 5: Laine de roche de masse volumique >40 kg/m<sup>3</sup>
- 6: Goulotte technique CF dans doublage si exigence réglementaire EI>30
- 9: Renforcement de jonction selon DTU 25.41 pour EI>30
- 10: Faux plafond non coupe feu



A D I V B O I S

[www.aktivbois.org](http://www.aktivbois.org)