



Re-conception Bois-feu

Alexandre Deux, Clémence Kirtz

► To cite this version:

Alexandre Deux, Clémence Kirtz. Re-conception Bois-feu. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2012. hal-01873228

HAL Id: hal-01873228

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01873228>

Submitted on 13 Sep 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

**Rapport de
Projet de fin d'études
- PROMO 2012 -**

RE-CONCEPTION BOIS-FEU



**DEUX Alexandre
KIRTZ Clémence
2011/2012**

**Enseignant(s) responsable(s) :
BREVART Romain (Critt bois)
OUDJENE Marc (ENSTIB)**

AVANT PROPOS

Avant toute chose nous tenons à remercier Romain BREVART du Critt bois qui nous a été d'une aide inestimable durant toute la durée de ce projet. En effet, ses grandes connaissances sur le sujet nous ont été très profitables et il s'est toujours montré disponible à notre égard. De plus, nous nous devons aussi de remercier le Critt bois pour l'achat de documents qui nous ont été indispensables pour le bon déroulement de notre étude. Enfin, nous tenons aussi à remercier Marc OUDJENE notre enseignant encadrant pour ce projet de fin d'études.

La construction bois est un atout majeur pour l'avenir de la planète. En effet, avec les problèmes environnementaux que le monde rencontre actuellement il est temps de trouver des solutions durables pour la sauvegarde de notre environnement.

Par conséquent, de plus en plus de solutions techniques sont trouvées afin de développer d'avantage la construction bois dans tous les domaines du bâtiment et de la construction.

Néanmoins, la réglementation bois – feu en France pour les bâtiments multi-étages représente un frein majeur pour la construction bois. De plus, on observe des divergences de réglementations avec les autres pays européens et mondiaux.

Il est donc temps de comprendre quelle est l'origine de ces divergences et envisager une uniformisation de ces réglementations afin de promouvoir encore plus la construction bois.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
- PARTIE 1 - ANALYSE DES LEGISLATIONS ET REGLEMENTATIONS EUROPEENNES.....	3
1. PREAMBULE.....	3
2. FRANCE.....	6
2.1. <i>Législation-réglementation.</i>	6
2.1.1. <i>Législation.</i>	6
2.1.2. <i>Réglementation.</i>	7
2.2. <i>Méthodes de justification.</i>	11
2.2.1. <i>Méthodes simplifiées.</i>	14
2.2.2. <i>Méthodes de calcul avancées.</i>	15
2.2.1. <i>Récapitulatif des méthodes de justification.</i>	16
2.3. <i>Application-contrôle.</i>	16
2.3.1. <i>Contrôle du respect des règles de construction (CRC).</i>	16
2.3.2. <i>Fonctionnement du CRC.</i>	17
2.3.3. <i>Eurocode 1.</i>	20
3. GRANDE-BRETAGNE.....	21
3.1. <i>Législation-réglementation.</i>	21
3.2. <i>Application-contrôle.</i>	22
4. ALLEMAGNE.....	22
4.1. <i>Législation-réglementation.</i>	22
4.2. <i>Application-contrôle.</i>	22
5. PAYS-BAS.....	23
5.1. <i>Législation-réglementation.</i>	23
5.2. <i>Application-contrôle.</i>	23
6. AUTRES.....	24
6.1. <i>Canada.</i>	24
6.2. <i>Suisse.</i>	25
- PARTIE 2 - COMPARAISON DES TEXTES.....	26
1. REGLEMENTATION.....	26
2. CLASSIFICATION ET EXIGENCES DES BATIMENTS.....	27
2.1. <i>Classification des bâtiments.</i>	27
2.2. <i>Exigences des bâtiments.</i>	29
3. JUSTIFICATION.....	30
4. AUTRES ELEMENTS DE COMPARAISON.....	31
5. ANALYSES ET SYNTHESE.....	32
- PARTIE 3 - ETAT DE LA RECHERCHE SUR LA CONSTRUCTION BOIS ET LA SECURITE INCENDIE	33
1. MATERIAU BOIS.....	33
2. COLLAGE DU BOIS.....	34
3. ASSEMBLAGES.....	35
3.1. <i>Systèmes de mur.</i>	36
3.2. <i>Planchers.</i>	38
4. PROJETS EMBLEMATIQUES.....	38

SOMMAIRE

4.1. <i>En France</i>	38
4.2. <i>En Europe</i>	41
4.2.1. R+8 à Londres en KLH.....	41
4.2.2. R+6 en plein cœur de Berlin.....	42
4.2.3. R+8 en Suède.....	43
4.3. <i>R+5 au Canada</i>	44
- PARTIE 4 - PISTES DE TRAVAIL PROMETTEUSES	45
1. POUR L'INDUSTRIE.....	45
1.1. <i>Technique</i>	45
1.2. <i>Réglementaire</i>	46
2. POUR LA RECHERCHE.....	47
CONCLUSION.....	50
BIBLIOGRAPHIE	51
ANNEXES.....	55
RESUME	59
ABSTRACT	59

INTRODUCTION

Notre projet a débuté par un lourd travail de recherche de documents. Cette recherche s'est avérée assez aisée pour la France. Néanmoins dès lors qu'il s'agit de trouver des informations sur les autres pays nos recherches se sont compliquées. De plus, devant la multitude de documents que nous sommes parvenus à rassembler il nous a fallu très vite organiser notre base de données afin de nous y retrouver. Les annexes nationales de l'Eurocode 5 partie 1-2 de la Grande Bretagne et de l'Allemagne ont été achetées par le Critt afin de nous permettre de continuer notre travail.

Dans un monde de la construction dominé par le béton, le bois peine à faire sa place. Néanmoins, le bois est un matériau novateur dans le domaine de la construction en particulier. En effet, un tiers du territoire français est boisé et 60% de l'exploitation forestière française est utilisée à des fins de matériau de construction. De plus, cette ressource s'étend chaque année de l'ordre de près de 85 millions de m³ par an en France.

Malgré toutes les qualités du matériau bois dans la construction, on ne le retrouve encore que trop peu dans les matériaux utilisés. Cela peut s'expliquer par des raisons historiques, culturelles et politiques.

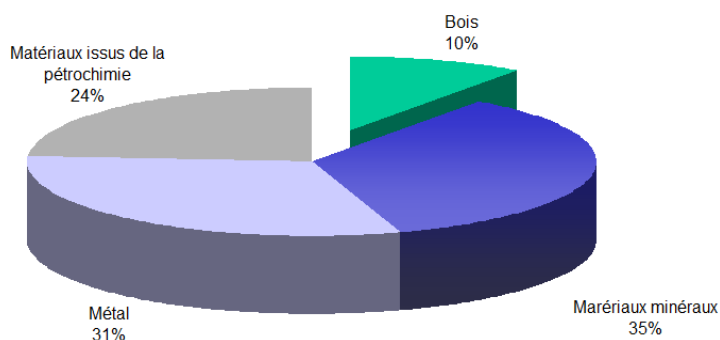


Figure 1 : Part du bois dans les matériaux de construction en France. Source ADEME 1993

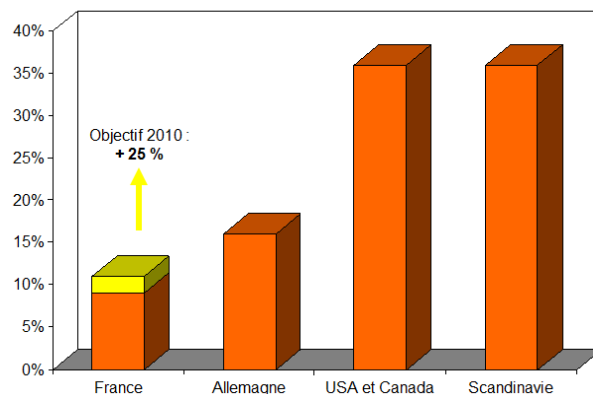


Figure 2 : Part du bois dans les matériaux de construction en France. Source ADEME 1993

Culturellement, la France a longtemps été dominée par le travail de la pierre, désormais la France souffre d'un lobby du béton dans la mesure où les grands groupes français leader des marchés sont détenus par des « bétoneux ». En 1993, la France en accord avec le protocole de Kyoto et de l'accord de la charte cadre bois construction environnement s'engage dans la lutte contre l'accroissement de l'effet de serre et ont ainsi amené l'Etat à prendre en compte cette analyse et proposer un objectif :

Augmenter de 25% la part du bois dans la construction, soit passer de 10% à 12,5% d'ici 2010 (voir Figure 1)

INTRODUCTION

Il apparaît ici clairement que la France est en retard face aux autres pays. Il aura fallut sept ans à la France pour passer du 10 à 12,5% d'utilisation du bois dans la construction, de plus, par manque de source cette part de 12,5% ne s'avère même pas vérifiée. On constate que depuis bien des années les pays nord américains et scandinaves sont proches de 40% d'utilisation du matériau bois. Il convient alors de se demander d'où provient cet immense écart.

La construction bois en France a du mal à s'imposer. Le CSTB écrit dans l'un de ses rapports (*DEVELOPPEMENT DE L'USAGE DU BOIS DANS LA CONSTRUCTION*) que : « les projets de plus de 4 niveaux sont difficiles à faire émerger ». Il faut d'après eux formaliser « des règles optimisées ». De plus, la construction bois s'est vue fermer le marché des charpentes industrielles en cas de présence d'un silo. La norme exige que ces bâtiments soient composés de matériaux non combustibles, ce qui est un « non-sens ». Enfin la réglementation française et le nouveau code de calcul européen au feu sont en contradiction car la France ne considère que le feu intérieur alors que l'Eurocode nous donne une justification combinée au feu intérieur et extérieur. Cette différence entre les réglementations va poser des problèmes de compétitivité envers les autres matériaux lors de l'application des Eurocodes. L'ensemble de ces problèmes sont des freins majeurs pour le développement de la construction bois.

La forte utilisation du bois dans les pays scandinaves est aussi due à une politique couteuse mais protectrice qui consiste à dimensionner les bâtiments bois avec des exigences bien plus élevées que pour le béton. Cela entraîne un surdimensionnement mais en contrepartie cette démarche permet de palier aux idées reçues concernant la construction bois et le feu. Cette politique sécuritaire est aussi appliquée en partie en Allemagne. Nous verrons cela plus en détail dans la - PARTIE 2 - comparaison des textes.

Comme on peut clairement le comprendre sur la Figure 2, les grands acteurs de la construction bois sont les pays scandinaves et nord américains, auxquels on ajoutera l'Allemagne et la Grande-Bretagne au niveau européen. C'est pourquoi on se concentrera sur ces pays afin de comparer le paysage réglementaire et normatif de la France avec ceux-ci dans le but de comprendre quelles sont les raisons de ces différences notables entre pays.

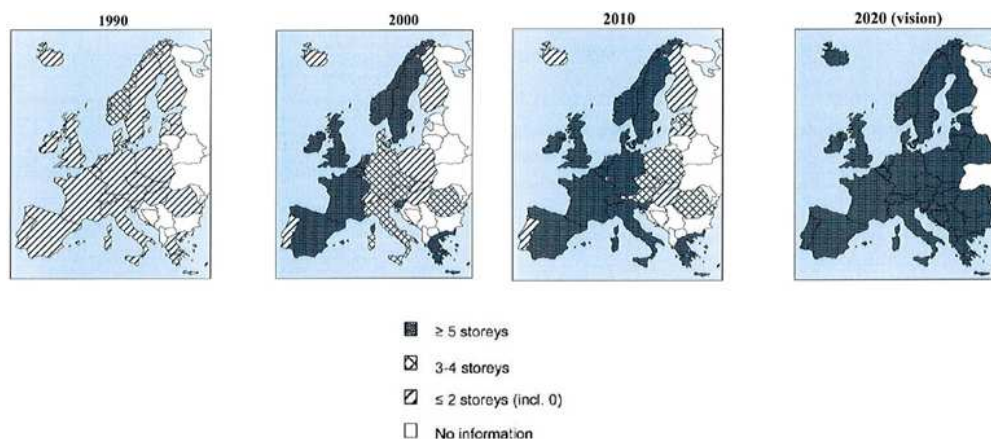


Figure 3 : Evolution des bâtiments multi-étages en Europe. Source : CSTB, Stéphane HAMEURY.

- PARTIE 1 - ANALYSE DES LEGISLATIONS ET REGLEMENTATIONS EUROPEENNES

1. PREAMBULE.

L'évolution d'un feu dans un local et dans un bâtiment est liée à un ensemble de phénomènes complexes qui font intervenir, en plus des caractéristiques du foyer initial d'incendie lui-même (mobilier, etc.), les caractéristiques des matériaux et éléments de construction impliqués dans le sinistre.

Dans une première phase, le foyer initial étant supposé se trouver au voisinage d'une paroi, celle-ci peut contribuer au développement du feu par sa composition, et tout d'abord par celle de son revêtement. Outre la propagation en surface qui peut être favorisée, un rayonnement de cette paroi sur les autres parois du local peut se produire et conduire ainsi à un embrasement plus important. Dans cette première phase, c'est donc essentiellement la combustibilité et l'inflammabilité des matériaux composant les parois du local qui vont intervenir. Cette notion est appelée **la réaction au feu**.

Dans une seconde phase, le feu étant développé dans le local, les parois délimitant celui-ci ont une durée limitée pendant laquelle ils continuent à assurer leurs fonctions : cette notion est appelée **la résistance au feu**.

Ces deux notions sont utilisées par les pouvoirs publics dans les textes réglementaires fixant les exigences sur les ouvrages.

-Réaction au feu : aptitude d'un produit de construction à contribuer au feu.

-Résistance au feu : temps pendant lequel l'élément de construction assure sa fonction lorsque le feu est développé.

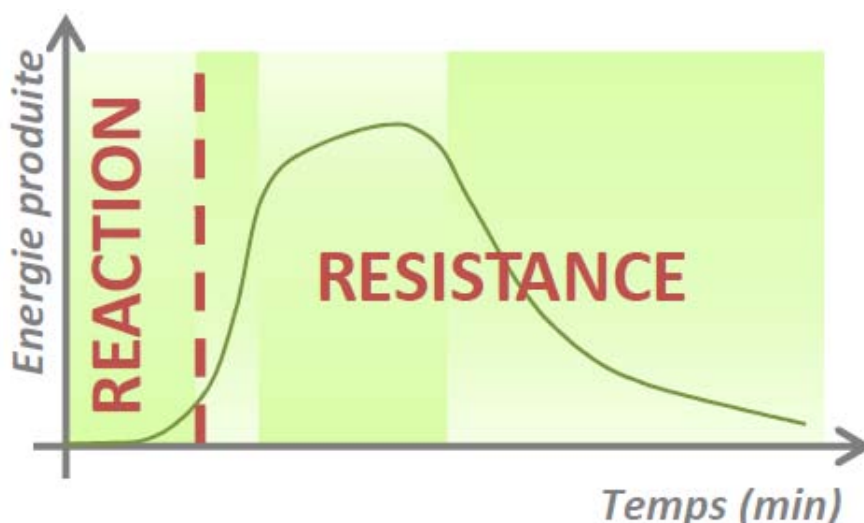


Figure 4 : Graphique de réaction-résistance – Source : ATBE
Romain BREVART CritBois

• **Critères de réaction au feu :**

-**Classement M** : Classement français : Les produits sont classés M0, M1, M2, M3, M4 ; de manière constante en fonction de leur combustibilité.

Classement français de réaction au feu	
M0	Incombustible
M1	Non inflammable
M2	Difficilement inflammable
M3	Moyennement inflammable
M4	Facilement inflammable

Tableau 1 : Classement français de réaction au feu.

-**Euroclasses** : Classement européen :le classement européen introduit 3 critères pour caractériser la réaction au feu des matériaux de construction. Pour leur combustibilité, les produits sont classés A1 (incombustible), A2, B, C, D, E (très combustible) et F (non classé). Ils sont également classés en fonction du dégagement de fumée (s0, s1, s2) et de la fusibilité (d0, d1, d2) (capacité du matériau à propager le feu.

Dégagement de fumée		Fusibilité	
s1	Pas de fumée	d0	Pas de gouttes
s2	Fumée	d1	Gouttelettes
s3	production importante	d2	Nombreuses gouttes

Tableau 2 : Classement européen de réaction au feu.

Aujourd'hui les deux systèmes de classement français et européen coexistent. Dans le temps, le classement européen va se substituer au classement conventionnel français. Il existe des tableaux de correspondance entre les anciens classements M français et les Euroclasses.

Réglementation européenne NF EN 13051-1			Réglementation française
A1			Incombustible
A2	s1	d0	M0
A2	s1	d1	M1
A2	s2	d0	
	s3	d1	
B	s1	d0	
	s2	d1	
	s3		M2
C	s1	d0	
	s2	d1	
	s3		M3
D	s1	d0	

Tableau 3 : Tableau de correspondance réglementation française et européenne.

- **Critères de résistance au feu :**

- **Classement SF-PF-CF :** Classement français

- On distingue trois critères de résistance au feu, exprimés en fraction d'heure :

- **la stabilité au feu (SF) :** durée pendant laquelle l'élément résiste mécaniquement

- **le degré pare-flamme (PF) :** durée pendant laquelle l'élément reste étanche aux flammes, aux gaz et aux fumées

- **le degré coupe-feu (CF) :** durée pendant laquelle l'élément assure une isolation thermique suffisante pour ne pas échauffer la face non exposée au foyer.

Le degré de résistance s'exprime par un temps compris en ¼ d'heure et 6 heures. Les exigences de stabilité au feu sont différentes selon le type de bâtiment.

Néanmoins les critères français ne sont plus valables.

- **Classement européen :** les critères européens concernant la résistance au feu ont été transcrits dans la législation française par l'arrêté du 22 mars 2004 (JO du 01-04-2004).

Une période transitoire de 7 ans a été tolérée sauf si le marquage CE du produit est déjà en vigueur.

L'arrêté prend en compte les critères de performance fixés par la norme européenne NF EN 13501 parties 2, 3 et 4. Et la mesure des durées de résistance est désormais indiquée en minutes et non en heures.

Ainsi SF devient R (résistance), PF devient E (étanchéité au feu) et CF devient (R)EI (isolation thermique).

Réglementation française	Réglementation européenne
SF 1/2h	R 30
PF 1/4h	E 15
CF 1h	(R)EI 60

Tableau 4 : Tableau de correspondance réglementation française et européenne.



Figure 5 : Illustrations REI. Source : ATBE Romain Brévart (Crittbois)

2. FRANCE.

2.1. Législation-réglementation.

2.1.1. Législation.

Suivant le type de bâtiment considéré, plusieurs textes législatifs sont à considérer pour respecter la réglementation.

- Textes de référence

- **Code de la construction et de l'habitation**
- **Code de l'urbanisme**
- **Code du travail**
- **Code de l'environnement**

-Les exigences de sécurité incendie sont fonction de la destination des ouvrages :

Protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation

- classification : arrêté du 31 janvier 1986, modifié le 18 Août 1986 (voir Annexe 1)
- arrêté du 21 novembre 2002, portant sur la classification des matériaux de construction et d'aménagement selon leur réaction au feu et définition des méthodes d'essais
- arrêté du 22 mars 2004 relatif à la détermination du degré de résistance au feu des éléments de construction.

Règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les ERP

- petits établissements recevant du public (ERP) - (5ème famille) : arrêté du 22 juin 1990. (voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, Annexe 3, Annexe 4, Annexe 5)
- grands établissements recevant du public (ERP) : arrêté du 25 juin 1980.

Bâtiments industriels ou tertiaires

- Code du travail
- arrêté du 5 août 1992
- Décrets ICPE

Immeubles de grande hauteur (IGH)

- arrêté du 18 octobre 1977. (voir Annexe 6)

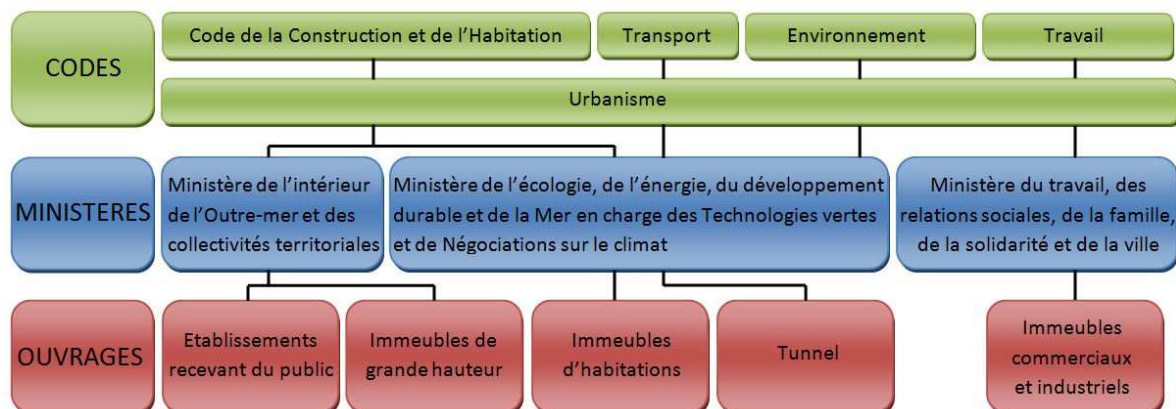


Figure 6 : Récapitulatif des codes et ministères concernés selon le type d'ouvrage

2.1.2. Réglementation.

En matière de réglementation, on constate que quelques documents et ouvrages font office de base à toutes les règles qui en découlent. On y retrouve :

- Les règles Bois Feu 88 (DTU)
- Les Eurocodes 0, 1 et 5 ainsi que leurs annexes nationales
- Les instructions techniques

Le DTU bois feu sera à terme supprimé. Il existe l'Eurocode 5 partie 1-2 dédiée au calcul des structures bois au feu. Cet outil normatif traite du comportement des structures de charpente et des parois composites (verticales et horizontales).

D.T.U. : Règles bois feu 88

Ce document technique unifié a été rédigé dans le but de mettre en place une méthode de justification par le calcul de la résistance au feu des structures en bois.

Ce document repose sur des bases scientifiques provenant :

- Rapport EUR 9485 (1985) de la Commission des Communautés Européennes : « Détermination du comportement au feu des éléments de construction en bois et des panneaux dérivés du bois ».
- Essais ou travaux de recherche, effectués par des laboratoires agréés : CSTB et CTICM.
- Travaux de recherche réalisés en commun dans les laboratoires du feu du CSTB et FCBA, avec le concours des professionnels du bois et des matériaux qui lui sont associés.

Ces travaux ont porté d'une part sur l'évaluation du comportement au feu du bois et de ses dérivés, mais aussi sur la protection que pouvaient leur apporter certains matériaux. D'autre part, sur des associations et combinaisons de matériaux usuels permettant d'arriver à des solutions garantissant aux ouvrages une résistance au feu convenable.

Dans cette optique on retrouve dans le DTU une classification des matériaux usuels de la construction bois et par la suite un rapport sur l'évolution des caractéristiques physiques du bois, de ses dérivés et des autres matériaux qui lui sont associés, en fonction de la température dans un local en feu. Egalement intégré le principe de calcul des charpentes en bois en cas d'incendie suivi des ouvrages ou parties d'ouvrages avec cavité, murs ou planchers, ne nécessitant pas de calculs spécifiques de résistance au feu.

Néanmoins, les valeurs tabulées du DTU vont être, à terme, remplacées par des règles de calcul EC5-1-2, ce qui laissera plus de liberté au concepteur quant au choix des matériaux.

Eurocodes.

Nous nous intéresserons ici plus particulièrement aux Eurocodes traitant des situations d'incendie et aux annexes nationales qui lui sont rattachées.

L'Eurocode 1 est divisé en six parties distinctes. Ces six parties définissent chacune une catégorie d'actions sur les structures. Ainsi la NF 1991-1-2 traite de l'action sur les structures exposées au feu.

L'Eurocode 5 est divisé en deux parties distinctes. L'une (NF EN 1995-1-1) traitant de la conception et du calcul des structures en bois, l'autre (NF EN 1995-1-2) traitant de la conception et du calcul des structures en bois en situation d'incendie. L'Eurocode 5-1-2 :

- Ne traite que des méthodes de protection passive au feu
- S'applique aux structures de bâtiment pour lesquelles certaines fonctions à remplir sont exigées en situation d'incendie :
 - Prévention d'effondrement prématuré de la structure (R),
 - Limitation de propagation du feu au-delà de la zone désignée (I, E, EI...)
 - Donne des principes et des règles d'application pour le calcul des structures
 - S'applique aux structures ou aux parties de celles-ci qui sont comprises dans le domaine d'application d'EN 1995-1-1 et sont calculées en conséquence.

Pour chaque partie d'Eurocode, une Annexe Nationale permet à chaque nation de préciser certaines parties de ces textes.

Concernant la partie 1-2 de l'Eurocode 1, les éléments qui peuvent être précisés par l'annexe nationale relative sont : les conditions d'emploi des diverses approches, le caractère normatif ou informatif des annexes A à G, mais Guide pour la détermination de la charge calorifique et de ses conditions de combustion

Concernant la partie 1-2 de l'Eurocode 5, les éléments qui peuvent être précisés par l'annexe nationale relative sont : le caractère normatif ou informatif des annexes A à F, mais aussi les valeurs des différents coefficients et facteurs (Coefficients partiels pour les matériaux, Coefficients partiels pour les matériaux, facteur de réduction pour une combinaison d'actions)

Instructions techniques.

Instruction technique n° 249 : Règle C+D

Cette instruction technique est réglementaire au sens où elle est prévue par la circulaire du 3 mars 1982, modifiée par l'arrêté du 24 mai 2010.

Les solutions constructives prévues dans cette instruction font référence aux notions suivantes:

- règle dite du C + D ;
- limitation de la masse combustible mobilisable ;
- comportement au feu des éléments et produits de construction ;
- étanchéité aux jonctions façade-planchers

Cette règle permet de prendre des dispositions vis-à-vis de la propagation verticale du feu au(x) niveau(x) supérieur(s) ou adjacents par les façades.

Principe : Toutes dispositions doivent être prises pour éviter le passage rapide des flammes ou des gaz chauds d'un étage à l'autre par la jonction façade-plancher, mais aussi par l'extérieur

via les menuiseries. Cette condition est réputée satisfaite lorsque cette jonction est réalisée conformément aux solutions techniques décrites dans l'instruction technique relative aux façades. Sinon, l'efficacité de ces dispositions doit être démontrée par un essai ou un visa façade.

C : exprimé en mètres, étant la distance verticale entre le haut d'une baie et le bas de la baie qui lui est superposée lorsque la façade est en maçonnerie traditionnelle, ou la valeur de l'indice caractéristique des panneaux de façade vitrés déterminées par essai ;

D : exprimée en mètres, étant la distance horizontale entre le plan des vitres et le nu de la plus grande saillie de l'obstacle résistant au feu qui sépare les murs ou les panneaux situés de part et d'autre du plancher.

M : exprimé en MJ/m², étant la masse combustible mobilisable de la façade, à l'exclusion des menuiseries, fermetures et garde-corps, rapportée au mètre carré de façade, baies comprises.

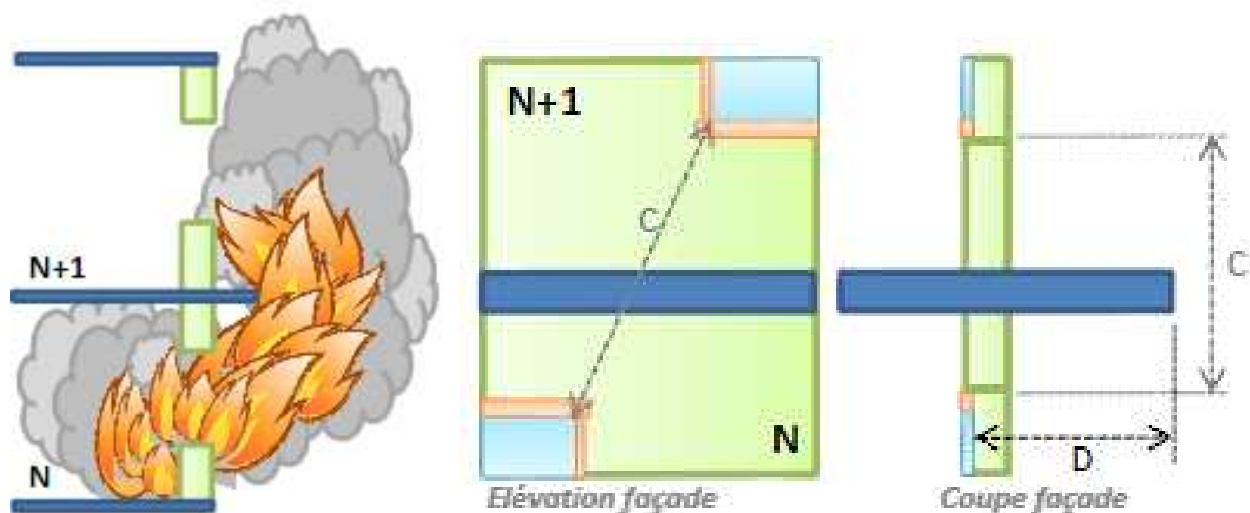


Figure 7 : Instruction technique n°249. Source : ATBE Romain Brévart (Crittbois)

L'instruction technique n°249 apparaît comme un frein à la construction bois dans la mesure où si la configuration dans laquelle se trouve l'ouvrage n'est pas similaire aux situations décrites dans l'instruction il devient complexe de justifier nos solutions techniques.

- Solutions constructives :

Des dispositions doivent être prises visant à éviter le passage des flammes ou des gaz chauds par la jonction façade-planchers pendant au moins 15 minutes.

Cette exigence est obtenue :

- Soit par la réalisation des dispositions identiques à celles associées à la règle du C+D
- Soit, par la mise en œuvre, entre le nez de plancher et la façade, d'un calfeutrement continu sur la longueur de la façade.

Dans l'instruction technique n° 249, des solutions techniques sont données pour :

- conception et mise en œuvre des façades légères simple peau en bois :
- façades rideaux

- façades semi-rideaux
- variantes d'isolation

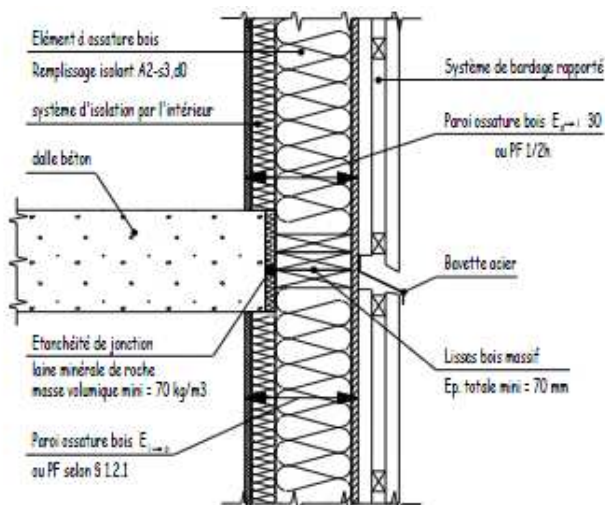


Figure 17 : jonction de murs à ossature bois en nez de dalle béton

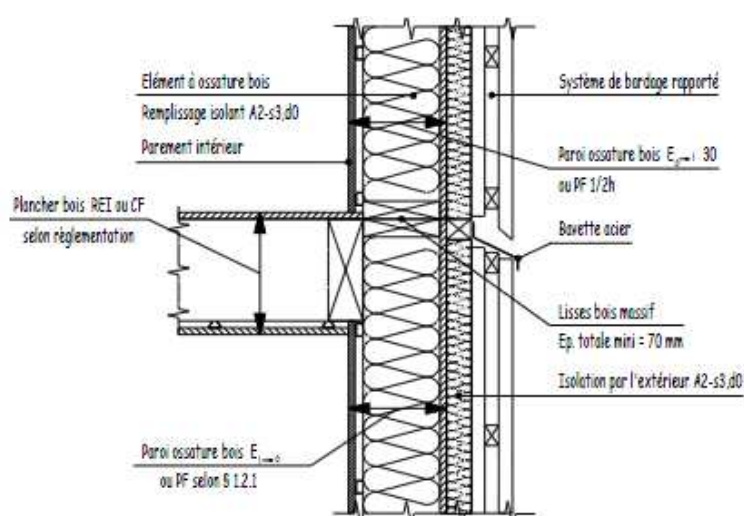


Figure 18 : jonction de murs à ossature bois devant plancher bois

Figure 8 : Solutions constructives pour les façades rideaux(1) et (2).
Source : Instruction technique n°249

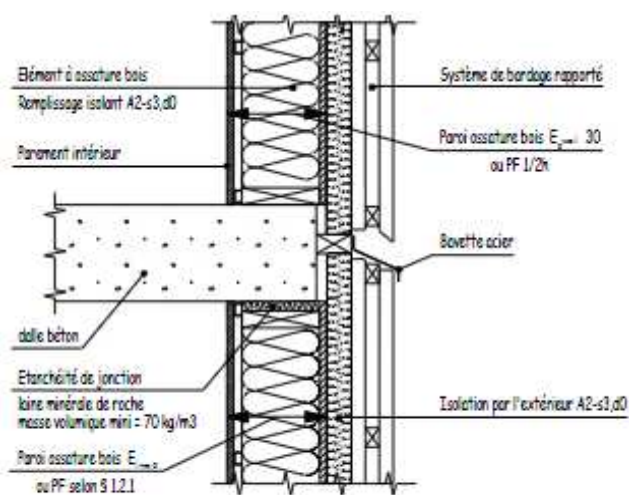


Figure 19 : jonction de murs à ossature bois entre dalles béton

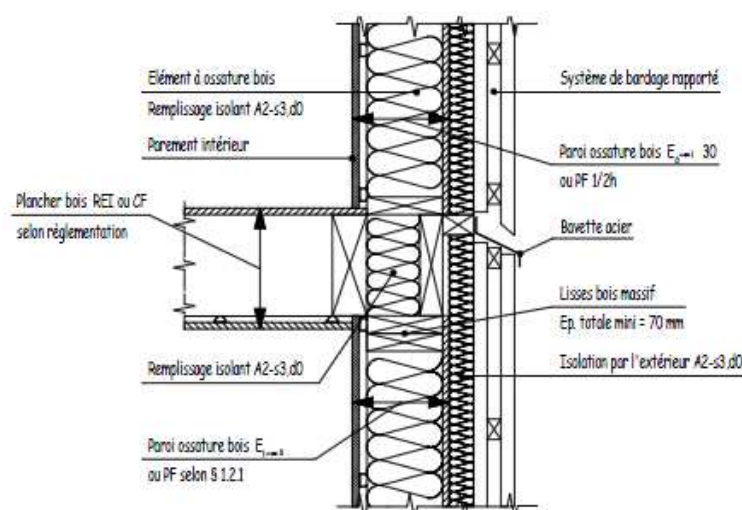


Figure 20 : jonction de murs à ossature bois entre planchers bois

Figure 9 : Solutions constructives pour les façades semi-rideaux (3) et (4).
Source : Instruction technique n°249

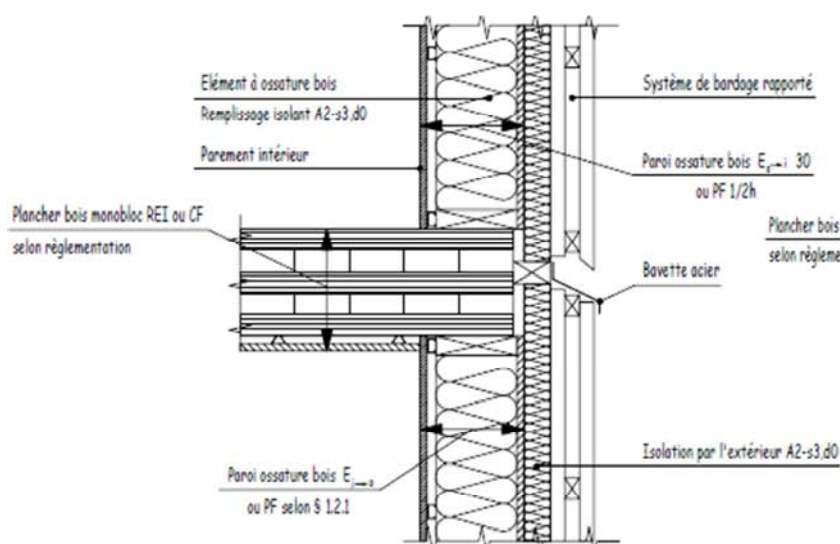


Figure 21 : jonction de murs à ossature bois entre planchers bois monobloc

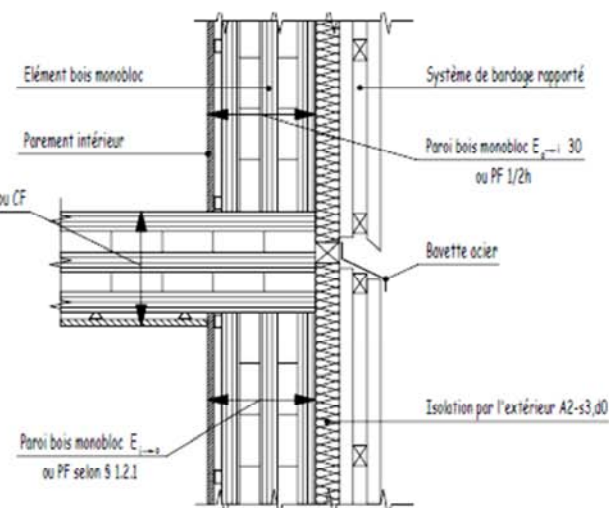


Figure 22 : jonction d'éléments bois monobloc entre planchers bois monobloc

Figure 10 : Solutions constructives pour les façades semi-rideaux (5) et (6).

Source : Instruction technique n°249

Type de façade	Plancher/Façade	Ossature bois	Bois monobloc
Façades rideaux	Béton	1	-
	Bois léger	2	-
	Bois monobloc	-	-
Façades semi-rideaux	Béton	3	-
	Bois léger	4	-
	Bois monobloc	5	6

Tableau 5 : Récapitulatif des solutions constructives présentes dans l'IT249.

2.2. Méthodes de justification.

L'approche de sécurité incendie contenue dans les parties « feu » des Eurocodes entre dans le cadre de la réglementation française dans ce domaine. Ainsi les conditions d'emploi des différents modèles de calcul, que ce soit pour la quantification de l'action thermique ou pour la réponse mécanique des structures, sont encadrés par un arrêté émanant du ministère de l'intérieur.

Dans ce contexte réglementaire, on distingue :

Deux niveaux d'approche possibles pour les actions thermiques :

-les incendies nominaux, qui sont définis à priori et qui forment le fondement des exigences descriptives définies par les réglementations propres à chaque famille de bâtiments et d'ouvrages (feu iso).

-les scénarios d'incendie réel qui doivent être estimés en fonction de l'activité spécifique exercée dans un bâtiment ou un ouvrage particulier (feu naturel).

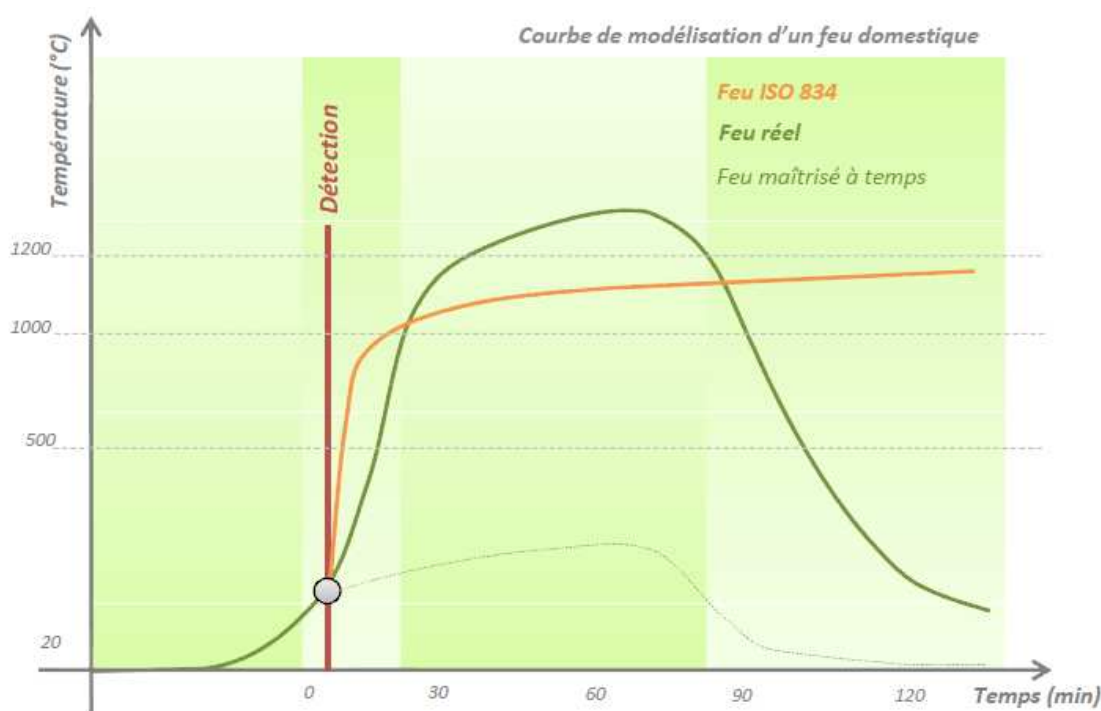


Figure 11 : Courbes de modélisation des différents feux. Source : ATBE Romain Brévart (Crittbois)

Trois niveaux d'approche possibles pour les modèles de vérification du comportement au feu des structures :

-les valeurs tabulées, où la durée de résistance au feu d'un élément structural est donnée en fonction de ses dimensions géométriques, pour quelques niveaux de chargement

-les méthodes de calcul simplifiées faisant appel à des formules analytiques de résolution aisée.

-les méthodes de calcul avancées, permettant, par exemple, de prendre en compte l'interaction des éléments avec l'ensemble de la structure et d'intégrer plus précisément les effets des actions thermiques (pour ce qui concerne le bois).

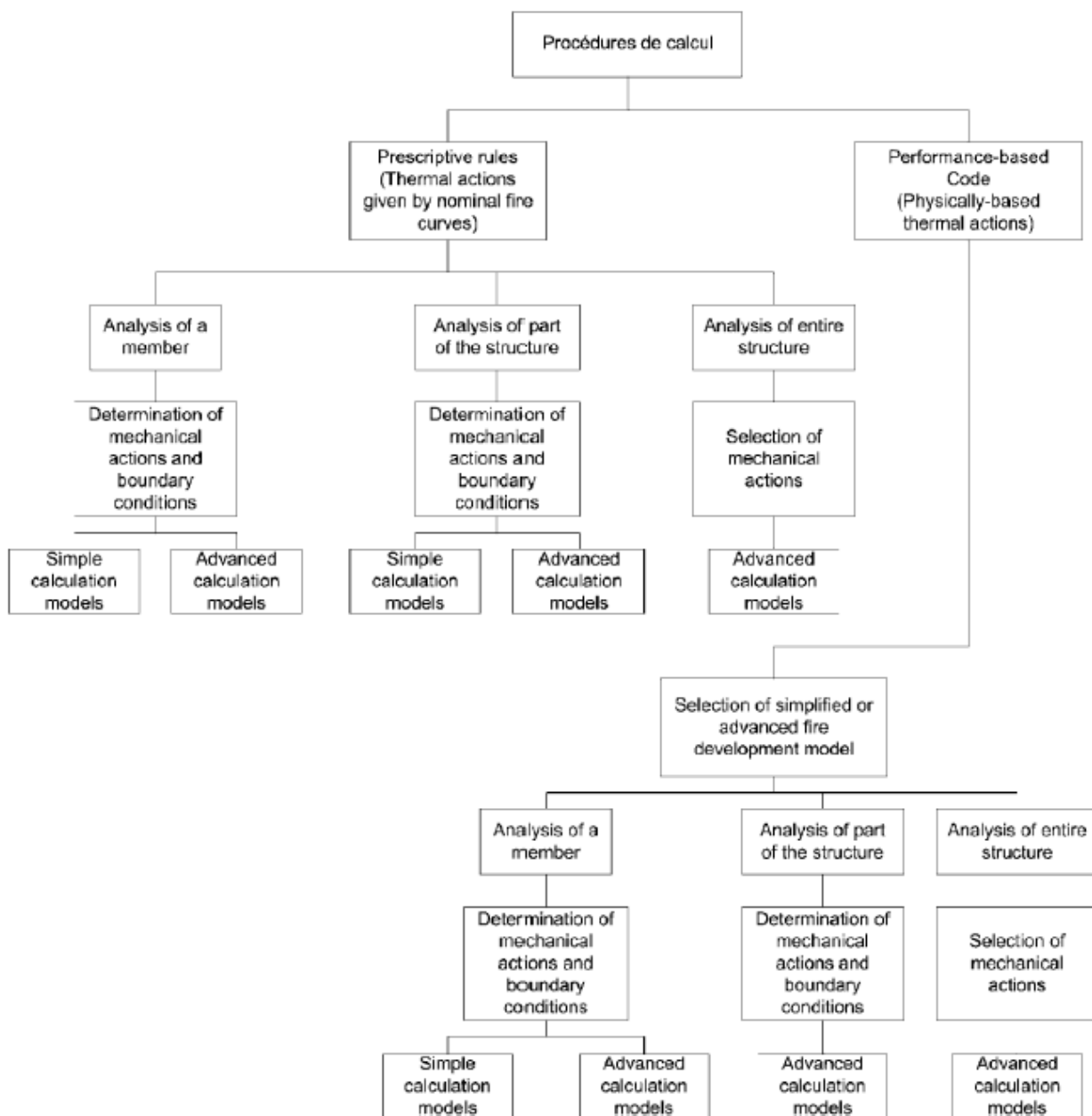


Figure 12 : Procédures de calcul. Source :Eurocode 5

2.2.1. Méthodes simplifiées.

Les paramètres principaux influençant la vitesse de combustion sont ; la masse volumique de l'essence de bois considéré, le facteur de massivité (section/périmètre) de la section, l'intensité du feu au moment de la rupture de la protection. La vitesse de combustion diminue lorsque la masse volumique augmente et le facteur de massivité diminue.

	β_0 mm/min	β_n mm/min
a) Résineux et hêtre		
Bois lamellé collé avec une masse volumique caractéristique $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
Bois massif avec une masse volumique caractéristique $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,8
b) Bois feuillu		
Feuillu massif ou lamellé collé avec une masse volumique caractéristique $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
Feuillu massif ou lamellé collé avec une masse volumique caractéristique $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,50	0,55
c) LVL avec une masse volumique caractéristique $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
d) Panneaux		
Panneautage bois	0,9 ^{a)}	—
Contreplaqué	1,0 ^{a)}	—
Panneaux à base de bois autres que contreplaqué	0,9 ^{a)}	—
<i>a) Les valeurs s'appliquent pour une masse volumique caractéristique de 450 kg/m^3 et une épaisseur de panneau de 20 mm ou plus, voir 3.4.2(8) pour d'autres valeurs d'épaisseur et de masse volumique.</i>		

Tableau 6 : Valeurs de calcul des vitesses de combustion β_0 et β_n pour divers matériaux de construction. Source : Eurocode 5 partie 1-2

- Méthode de la section réduite : (voir Annexe 7)

Elle consiste à calculer la section efficace en diminuant la section initiale de la profondeur de carbonisation efficace. La section efficace étant obtenue à partir de la section résiduelle par soustraction des parties de la section dont on considère qu'elles n'ont ni rigidité, ni résistance.

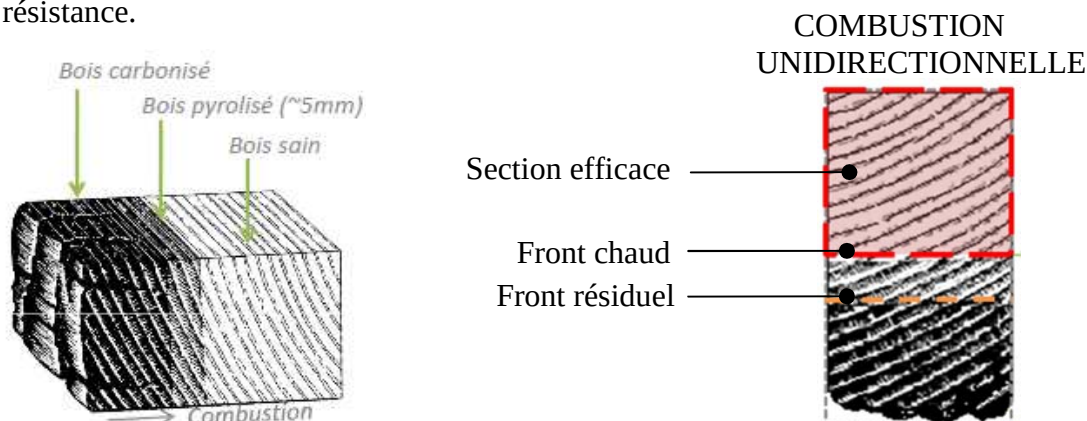


Figure 13 : Combustion unidirectionnelle d'une section de bois.

- Méthode des propriétés réduites : (voir Annexe 8)

Elle s'applique aux sections rectangulaires de bois résineux exposés au feu sur trois voire quatre côtés et aux sections rondes exposées selon tout leur périmètre. Elle consiste, en plus du calcul de la profondeur de carbonisation, en l'application de différents $k_{mod, fi}$ selon les propriétés (flexion, traction, compression) et selon le rapport périmètre / section résiduelle.

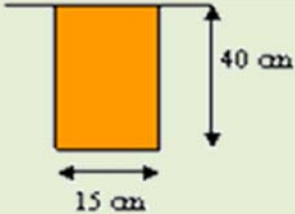
Justification d'une section de lamellé-collé pour un feu de 1/2h	
	Hypothèses : Bois lamellé-collé à base de résineux C24 Durée d'exposition au feu 30 min Exposition au feu 3 faces
Méthode de la section réduite	Méthode des propriétés réduites
Vitesse de combustion fictive : $\beta_n = 0,7 \text{ mm/min}$	Vitesse de combustion de base : $\beta_0 = 0,65 \text{ mm/min}$
$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0 = \beta_{n,t} + k_0 \cdot d_0$ $d_{ef} = (0,7 \times 30) + (1,7) = 28 \text{ mm}$	$d_{char,0} = \beta_0 \cdot t$ $d_{char,0} = 0,65 \times 30 = 19,5 \text{ mm}$
Facteur de modification $k_{mod,fi} = 1$	Facteur de modification $k_{mod,fi} = 0,896$
Section efficace = 37,2cm x 9,4cm	Section résiduelle = 38,05cm x 11,1 cm
Contrainte de calcul en flexion au feu : $f_{m,d,fi} = 20,87 \text{ MPa}$	Contrainte de calcul en flexion au feu : $f_{m,d,fi} = 18,70 \text{ MPa}$
Moment résistant de calcul au feu (30min) : $M_{d,fi} = 45,24 \text{ kN/m}$	Moment résistant de calcul au feu (30min) : $M_{d,fi} = 50,09 \text{ kN/m}$

Tableau 7 : Tableau comparatif des deux méthodes. Source : CSTB Stéphane HAMEURY

En comparaison, les deux méthodes donnent des résultats de mêmes ordres de grandeur, la méthode de la section efficace restant défavorable pour le matériau bois, donc "sécuritaire".

2.2.2. Méthodes de calcul avancées.

«Les méthodes de calcul avancées » sont explicitées dans l'annexe B de l'Eurocode 5 partie 1-2.

Les méthodes de calcul avancées peuvent être utilisées pour les éléments isolés, pour une partie de la structure ou pour une structure complète.

Les méthodes de calcul avancées peuvent être appliquées pour :

- La détermination de la profondeur de carbonisation
- L'évolution thermique au sein des éléments structuraux
- L'évaluation du comportement mécanique de tout ou partie de la structure

2.2.1. Récapitulatif des méthodes de justification.

	FEU ISO				FEU NATUREL
Calcul/Essai	Calcul			Essai	Calcul
Méthodes	Méthodes simplifiées		Méthodes avancées	-	Méthodes avancées
	Section réduite	Propriétés réduites		-	
Support	§4.2.2	§4.2.3	Annexe B	Normes d'essais	Annexes A et B
Vitesse de combustion	β_n	β_0	Modèles thermomécanique		β_{par}

Tableau 8 : Récapitulatif des méthodes de justification

β_0 : valeur de calcul de la vitesse de combustion de base pour une carbonisation unidimensionnelle sous situation de feu standard.

β_n : valeur de calcul de la vitesse de combustion fictive sous situation de feu standard.

β_{par} : valeur de calcul de la vitesse de combustion au cours de la phase de réchauffement d'une courbe de feu paramétrique.

2.3. Application-contrôle.

2.3.1. Contrôle du respect des règles de construction (CRC).

Chacun des acteurs de la construction, de la commande à la réalisation d'un bâtiment, en passant par sa conception, est concerné et responsable de la qualité de la construction : le maître d'ouvrage, à l'origine du projet ; le maître d'œuvre, concevant le bâtiment ; l'entrepreneur, réalisant les travaux ; le contrôleur technique, vérifiant certaines dispositions ; l'assureur, proposant une protection adaptée ; l'industriel, fabriquant les produits de construction, etc.

Tout au long du processus de construction, différents dispositifs de vérification de la bonne application des règles de construction sont prévus :

- les vérifications contractuelles réalisées à l'initiative du maître d'ouvrage, qui peut en particulier missionner un contrôleur technique au-delà des obligations réglementaires ;
- les vérifications prévues dans le cadre des démarches qualité (autocontrôle, audit...) propres aux certifications ou aux procédures internes que peuvent avoir mis en place les différents acteurs de la construction ;
- les contrôles prévus par la réglementation réalisés par des organismes sous agrément de l'administration, comme le contrôle technique obligatoire pour certaines constructions, les certificats de conformité Consuel et Qualigaz ou les attestations de conformité réglementaire (par exemple en matière d'accessibilité) ;
- les contrôles régaliens réalisés par l'administration (État ou collectivités publiques), constitués d'une part par le contrôle du respect des règles de construction (CRC), et d'autre part par les dispositifs spécifiques aux établissements recevant du public et aux immeubles de grande hauteur.

2.3.2. Fonctionnement du CRC.

L'organisation des contrôles au niveau institutionnel

Au niveau de l'administration centrale, la direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature (DGALN) veille aux conditions de mise en œuvre et à l'efficacité des politiques techniques, notamment à travers le pilotage national du contrôle du respect des règles de construction.

Au niveau local, les directions régionales de l'équipement (DRE(AL)) définissent la politique régionale de la qualité de la construction, les directions départementales de l'équipement (DDE(A)/DDT) organisent les contrôles et les centres d'études techniques de l'équipement (CETE) en sont la plupart du temps les opérateurs techniques.

Un contrôle jusqu'à 3 ans après l'achèvement des travaux

L'administration peut exercer un droit de visite et de communication des documents techniques pendant les travaux et jusqu'à 3 ans après leur achèvement (articles L. 151-1 du code de la construction et de l'habitation et L. 461-1 du code de l'urbanisme).

L'article L. 152-1 du code de la construction et de l'habitation précise en outre que les infractions aux règles de construction font l'objet de procès-verbaux dressés par les contrôleurs.

Les quatre grandes étapes du contrôle du respect des règles de construction :

1	La procédure administrative en amont	Une fois les opérations à contrôler sélectionnées par la DDE(A)/DDT, le maître d'ouvrage est informé du contrôle dont il va faire l'objet. Un dossier de plans d'architecte et de documents techniques lui est alors demandé, lequel est ensuite examiné par le contrôleur.
2	L'intervention in situ du contrôleur	Le maître d'ouvrage est convié à assister à la visite de contrôle. Il facilite l'accès aux locaux concernés, y compris des logements, et peut, s'il le souhaite, être accompagné d'autres personnes (architecte, contrôleur technique, syndic...). La durée de la visite in situ varie entre une demi-journée et une journée, suivant l'importance de l'opération et la nature du contrôle.
3	Le rapport du contrôleur	À l'issue de la visite, le contrôleur établit un rapport de visite, et, le cas échéant, un procès-verbal de constat d'infraction, celui-ci pouvant être accompagné d'une note explicative.
4	Les suites juridiques si infraction	En cas de non-conformité, la DDE(A)/DDT prend en charge le suivi du dossier, notamment auprès du procureur de la République, lequel décidera des suites juridiques.

Figure 14 : Etapes du contrôle du respect des règles de construction. Source : Ministère du logement.

ERP

Dossier permettant de vérifier la conformité d'un ERP avec les règles de sécurité :

La vérification de la conformité d'un ERP avec les règles de sécurité comprend deux étapes :

- l'examen d'un dossier réunissant tous les documents relatifs aux dispositions prises pour assurer la sécurité, l'évacuation, l'emplacement de divers équipements à risques, au moment des permis de construire,
- des vérifications ont ensuite lieu directement dans l'établissement, notamment par la commission consultative départementale de sécurité et d'accessibilité.

Mesures d'exécution et de contrôle :

Ces mesures sont assurées par le maire, le représentant de l'Etat dans le département et la commission de sécurité.

Le contrôle

La vérification et le contrôle du respect de la réglementation interviennent au cours de la construction ou des travaux d'aménagement, avant l'ouverture au public des établissements, en cas de réouverture si l'établissement a été fermé plus de 10 mois et au cours de l'exploitation.

Le contrôle est organisé de 2 façons :

- par les constructeurs, installateurs et exploitants, qui font vérifier périodiquement l'établissement par des organismes ou des personnes agréés
- par l'administration ou par les commissions de sécurité. Ce qui ne dégage pas les constructeurs, installateurs et exploitants de la responsabilité qui leur incombe.

Ainsi, les établissements font l'objet de visites périodiques de contrôle, avant l'ouverture et pendant l'exploitation, par la commission consultative départementale de sécurité et d'accessibilité.

Ces visites ont pour but de s'assurer du respect de la réglementation, mais aussi de suggérer des améliorations et des modifications.

Par ailleurs, les services de police et de gendarmerie peuvent également vérifier la régularité de la situation administrative de l'établissement et relever des infractions aux règles de sécurité

La commission de sécurité

La commission de sécurité est une instance qui possède des compétences particulières en matière de sécurité et dont le rôle est de fournir une aide technique à l'administration.

Cette commission est organisée de la façon suivante :

- au niveau central : elle est composée de représentants de différents ministères et de personnes compétentes dans divers domaines. Elle donne son avis sur toutes les questions relatives à la protection contre l'incendie et les risques de panique dans les ERP et elle est consultée sur les projets de modification du règlement de sécurité,

- au niveau départemental : elle examine les plans et effectue des visites à l'ouverture des établissements, puis de manière régulière et éventuellement inopinée, ainsi qu'après des travaux importants, afin de rendre un avis favorable ou défavorable à l'ouverture du site. L'autorisation d'ouvrir un site est donnée par le maire par arrêté municipal. La décision de fermer un établissement peut être prise par le maire par arrêté municipal, ou éventuellement par le préfet par arrêté préfectoral, dans le cas où le maire refuse la fermeture malgré une mise en demeure. En cas de manquement à des points de sécurité qui ne peuvent être corrigés, la commission peut proposer des mesures de sécurité complémentaires pour compenser la situation (par exemple augmenter les issues de secours, mise en place de détecteurs d'incendie...)

Sanctions administratives

Lorsque les établissements exploités ne respectent pas les diverses règles relatives à la sécurité, le maire ou le représentant de l'Etat dans le département, peut ordonner leur fermeture.

La décision est prise par arrêté, après avis de la commission consultative départementale de sécurité et d'accessibilité.

HABITATIONS NEUVES

A la différence des ERP (Etablissements Recevant du Public), il n'y a pas de visite périodique pour contrôler la conformité du bâtiment à la réglementation. En revanche, dans le cadre du Contrôle du respect des Règles de Construction (CRC), un contrôle peut être réalisé concernant la sécurité incendie, dans un délai de trois ans après la déclaration d'achèvement des travaux de construction.

2.3.3. Eurocode 1.

Dans l'Eurocode 1 : Actions sur les structures partie 1-2 : Actions sur les structures exposées au feu, se trouve un tableau récapitulatif des conditions d'emploi des différentes approches et ce conformément à l'arrêté du 22 mars 2004.

<i>Approche pour action thermique</i>	<i>Approche pour vérification du comportement au feu</i>	<i>Utilisation par les bureaux d'études</i>	<i>Obligation d'accord sur les scénarios d'incendie par la Commission de Sécurité</i>	<i>Obligation d'avis sur études par un laboratoire agréé par le ministère de l'Intérieur</i>
<i>a</i>	<i>1*</i>	<i>OUI</i>	<i>—</i>	<i>NON</i>
	<i>2**</i>	<i>OUI</i>	<i>—</i>	<i>NON</i>
	<i>3</i>	<i>OUI</i>	<i>—</i>	<i>OUI</i>
<i>b</i>	<i>1***</i>	<i>—</i>	<i>—</i>	<i>—</i>
	<i>2****</i>	<i>OUI</i>	<i>OUI</i>	<i>OUI</i>
	<i>3</i>	<i>OUI</i>	<i>OUI</i>	<i>OUI</i>
<i>* Uniquement pour la courbe température-temps normalisée.</i> <i>** Cette méthode est applicable à une exposition à la courbe température-temps normalisée et à toute autre courbe nominales température-temps.</i> <i>*** Non applicable.</i> <i>**** Uniquement applicable à quelques cas identifiés dans les parties d'Eurocode concernées.</i>				

Tableau 9 : Conditions d'emploi des deux approches (a et b). Source annexe nationale EUROCODE 1 partie 1-2.

Niveaux d'approche pour les actions thermiques :

- a.** les incendies nominaux, qui sont définis a priori et qui forment le fondement des exigences descriptives définies par les réglementations propres à chaque famille de bâtiments ou d'ouvrages (feu iso).
- b.** les scénarios d'incendie réel qui doivent être estimés en fonction de l'activité spécifique exercée dans un bâtiment ou un ouvrage particulier (feu réel).

Niveaux d'approche possibles pour les modèles de vérification du comportement au feu des structures :

- 1.** les valeurs tabulées, où la durée de résistance au feu d'un élément structural est donné en fonction de ses dimensions géométriques, pour quelques niveaux de changement.
- 2.** les méthodes de calcul simplifiées faisant appel à des formules analytiques de résolution aisée (méthode de la section réduite et méthode des propriétés réduites).
- 3.** les méthodes de calcul dites avancées, permettant, par exemple, de prendre en compte l'interaction des éléments avec l'ensemble de la structure.

Action thermique	Vérification comportement	Utilisation B.E.	Visa scénario	Visa études
Feu ISO	Valeurs tabulées	Oui	-	Non
	Méthodes simplifiées	Oui	-	Non
	Méthodes avancées	Oui	-	Oui
Feu réel	Méthodes simplifiées	Oui	Oui	Oui
	Méthodes avancées	Oui	Oui	Oui

Tableau 10 : Récapitulatif des conditions d'emploi selon le feu considéré.

On constate donc que dans le cas d'un feu iso (a), l'obligation d'avis sur études par un laboratoire agréé par le ministère de l'intérieur est obligatoire uniquement dans le cas des méthodes de calcul avancées. De plus, toujours dans ce cas, l'utilisation par les bureaux d'étude est toujours obligatoire quelque soit la méthode de calcul adoptée.

3. GRANDE-BRETAGNE.

3.1. Législation-réglementation.

La Grande-Bretagne en tant que pays européen justifie ses calculs de résistance au feu des structures bois à l'Eurocode 5 partie 1-2 et son annexe nationale BS EN 1995-1-2/NA.

D'un point de vue législatif, tous les pays du Royaume-Unis n'ont pas les mêmes lois. En effet, l'Irlande du Nord et l'Ecosse possèdent des législations différentes de celle de l'Angleterre et du Pays de Galles. Elles sont établies par les différents gouvernements.

L'Angleterre et le Pays de Galles ont donc une législation commune et celle qui s'applique actuellement est «*The Building Regulations 2000 Statutory Instruments 2000* ». Elle est accompagnée de «*the Approved document B* » qui explicite les méthodes de mise en œuvre de ces lois.

Depuis 2009, le Pays de Galles a souhaité établir sa propre législation vis-à-vis des constructions de manière à développer les habitations à faible consommation d'énergie. Il s'est donc détaché de l'Angleterre le 1^{er} janvier 2012. Ce pays a conservé la même législation que l'Angleterre mais ils l'adaptent suivant leur volonté politique depuis le jour de la transition.

La législation en application en Irlande du Nord est «*the Building Regulations (Northern Ireland) 2000* ». Il existe en complément une série d'instruction technique ressemblant au document anglais «*Approved document B* ».

Celle de l'Ecosse est «*The Building (Scotland) Act 2003* ». Elle possède deux manuels techniques : un pour les bâtiments résidentiels et un autre pour les bâtiments non résidentiels. Ils jouent le même rôle que «*The Approved document B* ».

3.2. Application-contrôle.

Voici l'organigramme des organismes de la législation concernant la sécurité incendie



Figure 15 : Organigramme des organismes de la législation incendie en Grande-Bretagne.

4. ALLEMAGNE.

4.1. Législation-réglementation.

L'Allemagne en tant que pays européen justifie ses calculs de résistance au feu des structures bois à l'Eurocode 5 partie 1-2 et son annexe nationale DIN EN 1995-1-2/NA.

L'Allemagne a souhaité donner du pouvoir aux autorités locales et donc certains points de la sécurité incendie allemande sont laissés à l'appréciation de chaque régions (elles sont au nombre de 16 et s'appellent « *Laender* »). La législation de base de l'Allemagne se nomme « *Musterbauordnung* ». Elle est une ligne directrice pour guider les régions pour former leurs réglementations appelées « *Landesbauordnung* ». La particularité de la législation allemande est que les personnes doivent pouvoir être sauvés mais aussi les animaux qui sont dans le bâtiment en feu.

4.2. Application-contrôle.

Voici l'organisation de la législation allemande :

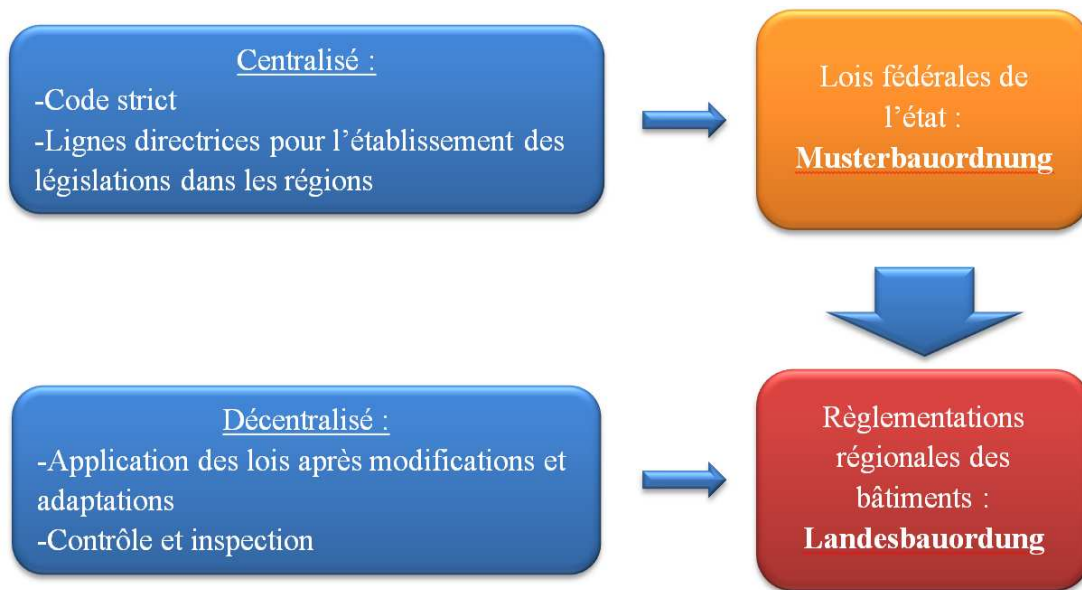


Figure 16 : Organigramme des organismes de la législation incendie en Allemagne.

5. PAYS-BAS.

5.1. Législation-réglementation.

Les Pays-Bas sont une monarchie constitutionnelle et ont une législation de type système de droit civil. Il y a trois niveaux de réglementation : l'état, les provinces et les municipalités. C'est à partir des Eurocodes qu'a été construite la législation néerlandaise. Les lois par rapport au feu sont fixées au niveau national.

La particularité des Pays-Bas est que le futur propriétaire discute avec sa compagnie d'assurance et le service de lutte contre l'incendie afin de se mettre d'accord sur les sécurités incendies à mettre en place en fonction de la volonté du propriétaire. Cette démarche est unique en Europe et renverse, en quelque sorte, le processus. C'est-à-dire que le propriétaire possède un réel droit de décision sur la protection active du bâtiment qui va être réalisé en tant que sécurité incendie et les autres parties proposent et vérifient que la construction respectera la législation.

5.2. Application-contrôle.

Voici l'organigramme de la législation néerlandaise ainsi que sa façon particulière de procéder.

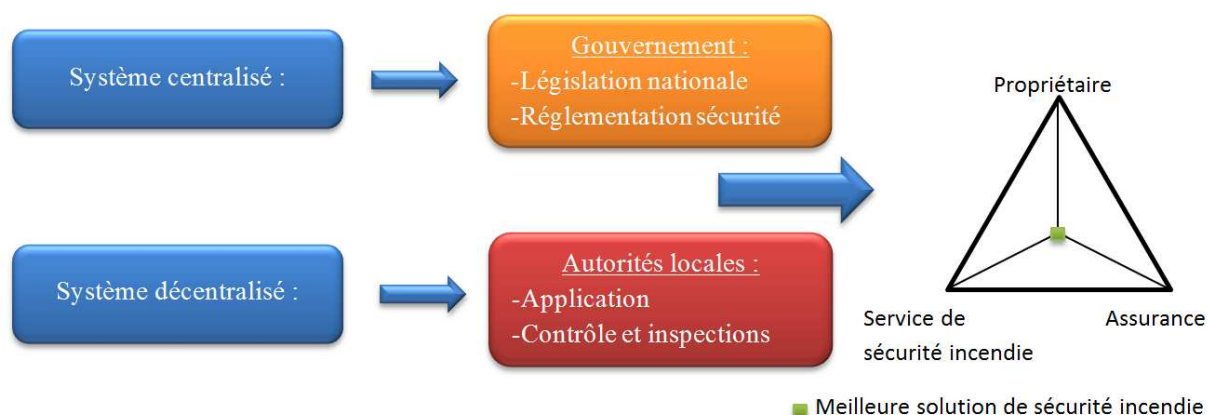


Figure 17 : Organigramme des organismes de la législation incendie au Pays-Bas.

6. AUTRES.

6.1. Canada.

Le Code national de prévention des incendies est rédigé par des commissions désignées par le Conseil National de Recherche Canada. Chaque province vient ensuite soit prendre tel quel les lois soit les adapte pour rédiger une législation et la faire appliquer.

Les principaux organismes de normalisation dans le domaine de l'incendie sont l'Association canadienne de normalisation (ACNOR), les Laboratoires des assureurs du Canada (Underwriters Laboratories of Canada, ULC) et l'Association canadienne du gaz (ACG). Ils sont chargés de rédiger les normes voulues par les provinces.

Pour ce qui est de l'application de ces normes dans les provinces, les codes de prévention des incendies sont généralement administrés par les services d'incendie. Chaque province possède un commissaire des incendies dont le bureau porte généralement la responsabilité de l'application et de l'administration des lois sur la prévention des incendies. En ce qui concerne l'application des règlements de prévention des incendies, le service municipal des incendies agit comme représentant du commissaire des incendies. Les responsabilités des services du bâtiment et des incendies varient d'une province à l'autre, mais en principe les deux services coopèrent dans les domaines d'intérêt commun.

6.2. Suisse.

La Suisse est réglementée par les normes SIA (Société suisse des Ingénieurs et Architectes).

Au niveau cantonal, on retrouve les normes AEAI (Association des Etablissements cantonaux d'Assurance Incendie) (Norme de protection incendie). Les prescriptions de protection incendie visent à protéger les personnes, les animaux, et les biens contre les dangers et les effets des incendies et des explosions.

Ces prescriptions s'appliquent aux bâtiments, ouvrages et installations à construire, ainsi que, par analogie aux constructions mobilières.

Les prescriptions de protection incendie se composent :

- a. de la norme de protection incendie
- b. des directives de protection incendie
- c. des exigences et méthodes d'essai

Pour l'application, l'AEAI publie des notes explicatives de protection incendie ainsi que des aides de travail.

- PARTIE 2 - COMPARAISON DES TEXTES

La comparaison entre les législations des différents pays européens vis-à-vis de la protection incendie peut parfois être difficile à réaliser. En effet, ces différents pays n'utilisent pas forcément les mêmes exigences, critères ou classifications.

Cependant, les bases de classification peuvent présenter des similitudes : fonction, typologie et taille des bâtiments. Les exigences en fonction des pays sont très différentes vis-à-vis des habitations.

1. REGLEMENTATION.

Ces réglementations sont essentiellement dues aux différentes philosophies de pays. Chacun a adapté l'Eurocode en fonction de son Histoire et des grands incendies qui marqués les marqué les esprits et donné une plus ou moins bonne réputation au bois.

Pour aider à la compréhension de l'ensemble des règles et à la classification des bâtiments, les anglais et les écossais possèdent un document complet sur la construction par rapport au feu qui s'intitule «*Approved Document B: Fire Safety*». Ce document peut être utilisé comme un outil de base qui peut être compris par les architectes avec peu de documents supplémentaires ou sans avoir recours à un spécialiste. Il vient en complément des Eurocodes. Cet outil explicitant tous les éléments à prendre en compte de façon claire et précise n'a pas son équivalent dans les autres pays. Il décrit explicitement les exigences requises en fonction de ses classes. En revanche, les classes de bâtiments sont générales et de ce fait, on peut les trouver dans le document dénommé «*Approved Document A: Structure* ».

La Finlande possède un outil de la sorte. Il s'agit du «*Decree of the Ministry of the Environment on fire safety of building* ». Ce décret concernant la réglementation bois feu est particulièrement explicite et permet une meilleure compréhension des différentes classes et des exigences. En effet, un tel document est plus que nécessaire car la classification est fonction d'une multitude de critères.

Contrairement à tous les autres pays, la Finlande, l'Angleterre et le Pays de Galles sont les seuls à posséder un gouvernement qui a réalisé un effort de clarification de sa réglementation feu.

L'Allemagne a une bonne raison à cela : toutes les règles des Eurocodes sont normatives. En effet, ce pays étant à l'origine des Eurocodes, il semble normal qu'il impose ces règles comme normatives. Elle n'a donc pas besoin de document particulier.

La France possède une grand Histoire et de ce fait a une grande connaissance dans le domaine du feu. Elle a anciennement développée le « DTU Bois-Feu 88 » qui était à la pointe pour l'époque. Notre pays est particulièrement accroché à cette norme concernant le dimensionnement au feu des constructions bois. Aujourd'hui, ce DTU permet de dimensionner bon nombre de constructions mais est limité par rapport au dimensionnement

des nouveaux types de structures. La France possède, aujourd'hui, une réglementation complexe concernant la sécurité incendie. Cela est dû au fait qu'elle est encore frileuse quant à ses connaissances dans le domaine. En effet, il existe en France un manque de réseaux de personnes ayant une connaissance poussée de la sécurité incendie dans la construction bois. Les règles des Eurocodes ne sont pas encore entièrement normatives. La réglementation française, comparée aux autres réglementations européennes, cadre assez bien les constructeurs lors du dimensionnement de bâtiments de grande hauteur. Il faut donc augmenter les connaissances que nous avons dans ce domaine pour pouvoir aider la construction bois à s'installer comme matériau de construction incontournable.

2. CLASSIFICATION ET EXIGENCES DES BATIMENTS.

2.1. Classification des bâtiments.

La classification des bâtiments peut différer d'un pays à l'autre. Néanmoins, il est possible de mettre en parallèle les différentes classifications afin de faire ressortir les similitudes qui peuvent exister.

Angleterre et Pays de Galles			
<u>class 1</u> <5m -Maison ≤ 4 étages -Entrepôt sans bâtiments autour (distance mini = 1,5 x H)	<u>class 2A</u> <18m -Maison à 5 E et mono-familiale -Hôtel, appartements, bureaux ≤ 4 E -bâtiments industriels ≤ 3 E -locaux commerciaux ≤ 3 E & ≤ 2000m² -locaux d'éducation 1 E -ERP ≤ 2 E & ≤ 2000m²	<u>class 2B</u> <30m -Hôtels, appartements et résidences entre 5 et 15 E -bâtiments d'éducation entre 2 et 15 E - locaux commerciaux entre 4 et 15 E -Hôpitaux ≤ 3 E -ERP S ≤ 2000 m²/sol et ≤ 5000 m² -parking ≤ 6 E	<u>class 3</u> >30m -Tous les bâtiments des classes 2A et 2B ne excédant les critères -ERP ≥ 5000 p -bâtiments contenant des substances dangereuses ou des processus dangereux
E = étage ; S = surface au sol totale du bâtiment ; p = personnes			

Tableau 11 : Classification analyse des bâtiments.

- PARTIE 2 - COMPARAISON DES TEXTES

Contrairement à tous les autres pays européens, la France possède une législation dédiée à l'habitation. Elle différencie trois types de bâtiments : habitations, bâtiments industriels et Etablissements recevant du public. Les anglais, quant à eux, ont choisi de classer leurs bâtiments en donnant des exigences vis-à-vis du nombre d'étages maximum et de la surface maximale par type d'utilisation (voir Tableau 11 : Classification anglaise des bâtiments.). Les allemands ont préféré trier leurs bâtiments suivant des exigences par rapport à des hauteurs maximales du palier le plus haut et par rapport à la mitoyenneté ou non des bâtiments (voir Tableau 12 : Classification allemande des bâtiments.).

Allemagne				
<u>Klasse 1</u> H ≤ 7m Séparé max 2 appt /étage	<u>Klasse 2</u> H ≤ 7m Mitoyen max 2 appt /étage	<u>Klasse 3</u> H ≤ 7m Séparé ou mitoyen	<u>Klasse 4</u> H ≤ 13m Séparé ou mitoyen S ≤ 400 m ²	<u>Klasse 5</u> H ≤ 22m Séparé ou mitoyen
H = hauteur du palier le plus haut ; S = surface de chaque partie du bâtiment ; Appt = appartement				

Tableau 12 : Classification allemande des bâtiments.

La Finlande, quant à elle, a choisi une toute autre classification qui reprend un peu toutes les classifications. En effet, les classes P1, P2, P3 sont fonctions du nombre d'étages, de hauteurs maximales, de la surface au sol et aussi du nombre de personnes maximales dans le bâtiment. Ils prennent en compte, dans un second temps, la capacité calorifique des revêtements du bâtiment, la surface maximale des compartiments, ainsi que l'utilisation prévu du bâtiment. La Finlande est donc le pays européen qui inclue le plus de critères dans sa classification. Cela permet aux finnois de posséder une multitude d'exigences différentes et donc de traiter l'ensemble des bâtiments possible.

Les classes de bâtiments sont d'ailleurs très différentes entre les différents pays européens. Les critères de classifications sont très différents comme nous venons de voir mais plus encore, les classes de chaque pays ne possèdent pas les mêmes limites. Tandis que la France a choisi une limite maximale en hauteur pour la première classe d'à peu près 6 m (un rez-de-chaussée plus un étage), le Royaume-Unis a préféré placer cette limite à 5m et l'Allemagne l'a placé à 7m. Cet exemple montre les différentes interprétations de l'Eurocode réalisées par les différents pays d'Europe.

La Belgique a préféré de ne pas réaliser sa classification suivant les fonctions des bâtiments mais seulement suivant la hauteur. Sa réglementation possède donc 4 classes : maisons mono-familiales, bâtiment bas, bâtiments moyens et bâtiments hauts. En dehors de cette particularité, la Belgique a choisi de ne pas imposer d'exigences particulières vis-à-vis des maisons mono-familiales en ce qui concerne le feu.

2.2. Exigences des bâtiments.

Dans cette partie, l'objectif est de mettre en relief les exigences de chaque pays vis-à-vis de toutes les typologies de bâtiments.

Les exigences découlant de ces classifications sont donc très différentes comme le montre le Tableau 13 : Exigences en fonction des classes et des hauteurs pour la résistance au feu.

Pour pouvoir effectuer la comparaison entre les résistances exigées dans les différents pays, on considère la hauteur d'un étage égale à 3 mètres.

Ce tableau rassemble l'ensemble des classes et des exigences des pays européens leaders dans la recherche bois feu. Il met en évidence les critères que nous avons vus précédemment.

																
	France	Allemagne	Finlande	Angleterre/ Ecosse	Belgique	Danemark										
50m	IGH		P1	P1	P1	Class 3	Bâtiments hauts	K l a s s 2	K l a s s 3							
30m	Catégorie 4		IGH	Capacité Calorique 600-1200 MJ/m²	Capacité Calorique > 1200 MJ/m²					Class 2B	Bâtiments moyens	K l a s s 2	K l a s s 3			
28m	Catégorie 3		Klasse 5	Capacité Calorique > 1200 MJ/m²	Capacité Calorique 600-1200 MJ/m²									Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1
25m																
22m		Catégorie 2				Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1						
18m	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas						Klass 1					
14m												Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1
13m		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
12m	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
10m											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
9m		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
7m	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
6m											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
5m		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
Maison mono-familiale	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	
		Klasse 4				P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1							
	Klasse 4		P2	Class 2A	Bâtiments bas					Klass 1						
											Klasse 4	P2	Class 2A	Bâtiments bas	Klass 1	

Tableau 13 : Exigences en fonction des classes et des hauteurs pour la résistance au feu

Dans ce tableau, on peut remarquer, d'après la légende, la présence d'une exigence particulière : « R30 ou R60 ». Cette exigence prend en compte le fait que le matériau soit combustible ou non. Si le matériau n'est pas combustible, les allemands exigent un temps de résistance de 30 minutes. Alors qu'un matériau combustible comme le bois devra répondre à une exigence de résistance de 60 minutes. Cela veut dire qu'une structure en bois doit tenir deux fois plus longtemps qu'une structure en béton ou en acier. Cette particularité est très défavorable pour la construction bois.

De même en Finlande, au-delà de 14 mètres, les exigences augmenteront en fonction de la capacité calorifique des matériaux de surfaces. Et de la même façon, on va jusqu'à doubler les exigences de temps de résistance pour des matériaux à forte capacité calorifique comme le bois.

On remarque que seuls certains pays possèdent des exigences spécifiques pour les bâtiments de grande hauteur (au-dessus d'une cinquantaine de mètres). Les autres pays doivent apporter des justifications particulières à chaque bâtiment. Pour cette raison, il est théoriquement plus facile de construire des bâtiments d'une hauteur supérieure à 50 mètres en France, en Angleterre, au Pays de Galles et en Belgique.

On constate aussi sur la ***Erreur ! Source du renvoi introuvable.*** que l'Allemagne possède des exigences très strictes pour la construction de ses bâtiments. En effet, les exigences sont données jusqu'à une hauteur maximale de 13 mètres. Au-delà, il faudra apporter des informations complémentaires. Puis au-dessus de 22 mètres, il n'y a plus du tout d'exigences prescrites. Il faut donc établir ses hypothèses, les justifier puis vérifier que le bâtiment répond aux critères choisis. Cette démarche est très contraignante et demande énormément d'investissement pour pouvoir aboutir à des résultats.

La Finlande possède aussi des exigences très strictes au-delà de 14 mètres. Les bâtiments de la classe P1 en fonction de leur capacité calorifique doivent répondre à des critères très élevés. Pour un bâtiment de 6 étages (soit une hauteur totale du bâtiment de 18 mètres), une construction en béton devra tenir debout pendant deux heures. Alors qu'en France, cette même construction devra tenir seulement une heure. Si ce même bâtiment est construit en bois, il devra tenir quatre heures en Finlande contre seulement une heure en France soit quatre fois moins longtemps. Ce pays, même s'il donne des exigences pour toute hauteur de bâtiment, impose des exigences tellement élevées qu'il semble dur de construire un bâtiment de grande hauteur en bois.

3. JUSTIFICATION.

Les différents pays européens se reportent à l'Eurocode 5 partie 1-2. De plus, les méthodes de calcul adoptées par ceux-ci sont stipulées dans les annexes nationales de chaque pays.

Les annexes nationales nous renseignent aussi sur le caractère normatif ou informatif des annexes A à F. Ainsi, dans le tableau ci-dessous (Tableau 2) sont répertoriés la ou les méthodes adoptées par les pays et le caractère informatif ou normatif accordé à chaque annexe de l'Eurocode.

Comparaison pays				
Pays	France	Royaume-Uni	Allemagne	Suisse
Méthode dite de la section réduite	adoptée	adoptée	adoptée	adoptée*
Méthode des propriétés réduites	exclue	exclue	adoptée	exclue
Annexe A	Informatif	Informatif	Normatif	-
Annexe B	Informatif	Informatif	Normatif	-
Annexe C	Informatif	Normatif	Normatif	-
Annexe D	Informatif	Informatif	Normatif	-
Annexe E	Informatif	Informatif	Normatif	-
Annexe F	informatif	Normatif	Normatif	-

Tableau 14 : Récapitulatif des méthodes adoptées par les différents pays

Annexe A : Exposition à un feu paramétrique

Annexe B : Méthodes de calcul avancées

Annexe C : Solives de plancher et montants de mur porteur dans des systèmes dont les cavités sont totalement remplis d'isolation

Annexe D : Carbonisation des éléments dans les systèmes de murs et planchers avec cavités de vide

Annexe E : Analyse de la fonction séparative des systèmes de mur et de plancher

Annexe F : Guide pour les utilisateurs de cette partie d'Eurocode.

4. AUTRES ELEMENTS DE COMPARAISON.

Selon les différents pays et suivant la philosophie avec laquelle ils ont établi leur réglementation bois feu, il apparaît des particularités dans les exigences vis-à-vis des constructions et de la sécurité incendie.

Des particularités apparaissent en ce qui concerne les maisons mono-familiales. L'Angleterre et le Pays de Galles sont les seuls à avoir choisi d'exiger de ces maisons une sécurité incendie particulièrement poussée. Les autres pays ne semblent pas considérer les distances minimales jusqu'à une sortie comme un élément important dans ce cas-là. De plus, l'Angleterre et le Pays de Galles, tout comme l'Allemagne, ont des exigences dans le temps d'évacuation des maisons composées d'appartements et des maisons mono-familiales. Certains pays comme la Belgique affichent explicitement leur volonté politique de ne pas contrôler l'intérieur de ces maisons. Les autres pays préfèrent limiter la combustibilité des matériaux dans les voies de sortie ou de maîtriser le dégagement de fumées.

La particularité des Pays-Bas est due à leur philosophie en ce qui concerne la sécurité incendie. Ils ont choisi de limiter la nocivité du dégagement de fumées des surfaces. Ils sont les seuls à réaliser leurs exigences vis-à-vis de ce point.

Les différentes interprétations de la norme sont la source de toutes les différences entre les pays. Un bel exemple de ces écarts est assurément par rapport au nombre de sorties d'un bâtiment. En effet, la norme européenne impose deux sorties pour tous les bâtiments. Seulement, chaque pays a choisi s'il souhaitait considérer l'intervention des secours comme

une issue de secours. Dans la réglementation française, la deuxième issue n'est obligatoire que pour des bâtiments de plus de 50 mètres. Cette hauteur correspond en fait à la taille maximale d'une échelle de pompier. La Finlande a préféré imposer une deuxième sortie pour les bâtiments d'un nombre d'étages supérieur à 8 pour des habitations ou pour une surface de moins de 300m² pour un lieu de travail.

La Finlande a choisi d'imposer la compartimentation des bâtiments en fonction du type d'utilisation et de sa classe (P1, P2 ou P3). Ces exigences sont aussi partagées par beaucoup de pays européens. L'Angleterre et le Pays de Galles font de même que la Finlande seulement leurs exigences donnent des surfaces maximales beaucoup plus grandes. Alors que la Finlande impose des compartiments maximums entre 400 et 1 600 mètres carrés, l'Angleterre et le Pays de Galles exigent des compartiments maximums entre 2 000 et 20 000 mètres carrés. La réglementation anglaise prend en compte la présence de gicleurs. S'ils sont présents, on peut avoir des compartiments de 4 000 mètres carrés pour un bâtiment de plus de 18 mètres de haut.

La France et l'Allemagne sont les seuls pays d'Europe à ne pas avoir de réglementation quant à la compartimentation de l'ensemble des bâtiments résidentiels. Ce terme n'apparaît pas dans les annexes nationales. Mais en contrepartie, ces deux pays exigent des résistances au feu pour les murs et les planchers entre les appartements.

Vis-à-vis des surfaces intérieures, l'Angleterre et le Pays de Galles sont les seuls à ne pas avoir d'exigences dans le choix de la surface supérieure des planchers et des escaliers car ils ne considèrent pas que ce soit un élément favorisant la vitesse de propagation du feu au début de l'incendie.

5. ANALYSES ET SYNTHESE.

Après ces comparaisons, on s'aperçoit que les réglementations allemandes et finlandaises sont très exigeantes en termes de durée de résistance de la structure. Alors qu'en France, les exigences sont moins élevées et donc plus faciles à mettre en place. Le problème de la construction multi étage en bois ne vient donc pas de la réglementation comme on pourrait le croire.

De plus, la France est accrochée à son ancienne réglementation « *bois feu 88* » et a décidé de ne rendre aucune des règles de l'Eurocode comme normatives dans son annexe nationale contrairement à tous les pays européens à la pointe dans le domaine de la sécurité incendie. La question à se poser maintenant est : « Cette ancienne réglementation n'est-elle pas un frein au développement des structures multi étage en bois ? »

Enfin, il est à noter que la Finlande, l'Angleterre et le Pays de Galles ont développé des documents afin de rendre facile la compréhension de leur sécurité incendie. Il faudrait peut-être que la France réalise un document de la sorte. Cela faciliterait le développement de la construction bois multi-étages en France.

- PARTIE 3 - ETAT DE LA RECHERCHE SUR LA CONSTRUCTION BOIS ET LA SECURITE INCENDIE

1. MATERIAU BOIS.

Contrairement aux idées reçues, le bois est un matériau qui brûle mal lorsqu'il est bien mis en œuvre et qui se consume lentement assurant ainsi une bonne résistance au feu.

Paradoxalement, le bois est combustible mais, il résiste au feu car sa mauvaise conductibilité thermique et sa teneur en eau lui assurent une combustion très lente. La couche carbonée qui se crée en surface ralentit la progression du feu et le caractère isolant de celle-ci permet aux parties internes de conserver une température normale et l'intégralité de leur résistance mécanique.

La perte de capacité portante d'une structure en bois est ainsi moins rapide que celle d'une structure en béton armé ou bien évidemment en acier.

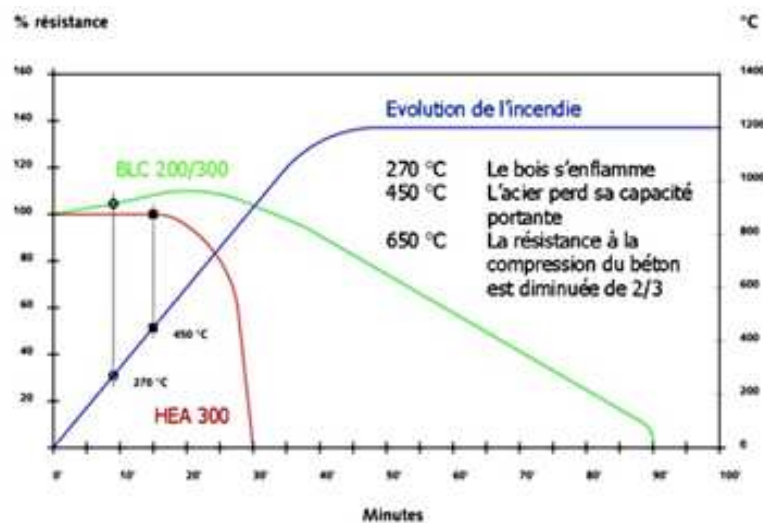


Figure 18 : Comportement du bois et de l'acier face au feu. Source :

Ce comportement permet de faire une comparaison avec l'acier, qui perd ses capacités porteuses à 450° C, ou le béton, dont la résistance à la compression est réduite de deux tiers à 650° C. La diminution de la capacité porteuse d'une structure en bois est linéaire, en fonction de la diminution de la section restante. Ce comportement est schématisé dans le graphique ci-dessus (Figure 19).

La courbe bleue décrit l'évolution de la température de l'incendie (température d'exposition des éléments de structure) qui atteint 1200° C après 40 à 50 minutes. La courbe rouge représente la diminution de la résistance d'une poutre métallique HEA 300 et la courbe verte la résistance d'une poutre en bois lamellé-collé (BLC) d'une section de 200 x 300 mm

- PARTIE 3 - ETAT DE LA RECHERCHE SUR LA CONSTRUCTION BOIS ET LA SECURITE INCENDIE

(l x h). Ce comportement linéaire du bois permet de dimensionner une poutre pour la résistance au feu de la durée souhaitée.

En effet, à l'inverse de bien d'autres matériaux de la construction, nombreuses études et essais ont démontré à quel point la température du bois sous l'action du feu a une évolution particulière. A la surface de la section, la température est élevée presque identique à celle du feu. Une fois que l'on se rapproche du cœur de la section on traverse la couche de bois carbonisé et la couche pyrolysée, dans ces couches la température décroît très rapidement quasiment divisée par 10 par rapport à celle de la surface. Enfin au cœur on retrouve une partie non affectée par le feu (section efficace) qui a une température très faible et qui n'est pas atteinte visuellement et mécaniquement.

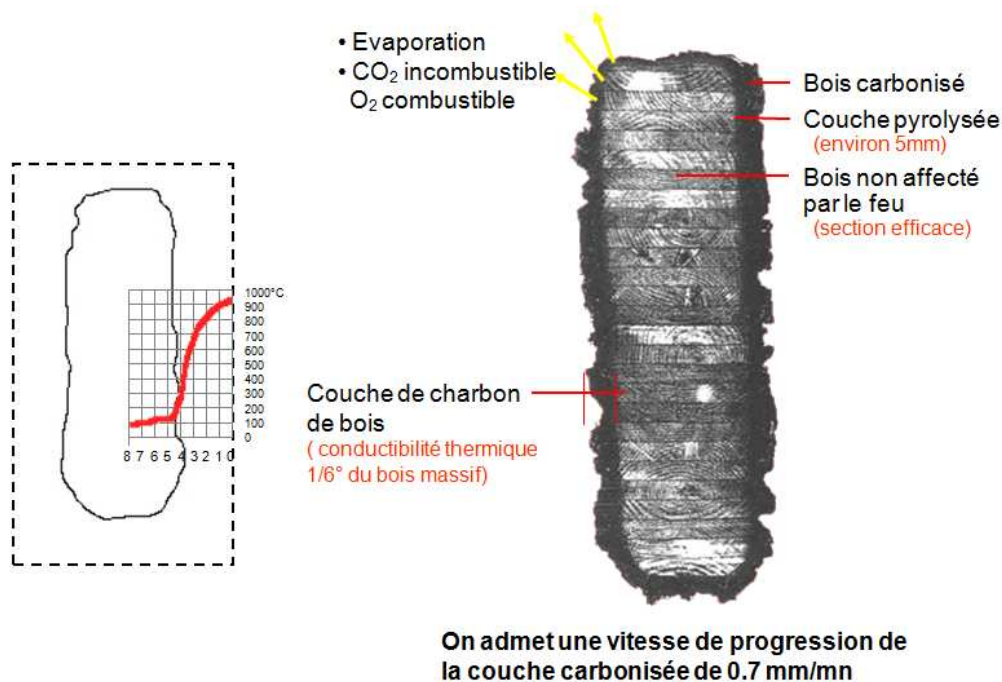


Figure 19 : Evolution de la température d'une section de lamellé-collé soumise à l'action du feu. Source : CNDB et ENSTIB

Par conséquent, on peut dire que le bois a un comportement au feu plus « sécuritaire » que d'autres matériaux de construction comme le métal par exemple. En effet, le métal ne laissera visuellement rien transparaître sous l'action du feu, il va monter rapidement en température pour finalement rompre brutalement sans que les personnes aient pu être inquiétées.

2. COLLAGE DU BOIS.

D'après l'Eurocode 5, les colles à usage structural doivent produire des assemblages d'une résistance et durabilité telles que l'intégrité du collage soit maintenue au cours de la période de résistance au feu considérée.

Pour certaines colles, la température d'adoucissement est considérablement inférieure à la température de carbonisation du bois.

- PARTIE 3 - ETAT DE LA RECHERCHE SUR LA CONSTRUCTION BOIS ET LA SECURITE INCENDIE

Pour du collage bois bois, bois panneaux et panneaux panneaux, des colles de types phénol-formaldéhyde et aminoplastique de type 1 selon EN 301 peuvent être utilisées. Pour le contreplaqué et le LVL, des colles conformes à EN 314 peuvent être utilisées.

Par contre, la norme EN 1995-1-2 ne propose pas de méthode de justification des assemblages traditionnels et des assemblages collés en situation accidentelle d'exposition au feu. Seuls les grands principes sont donnés pour les assemblages collés. §3.5 (1). Ce constat pose de sérieux problèmes pour l'évaluation en situation d'incendie des produits d'ingénierie bois intégrant des colles ne faisant pas partie de la famille chimique des colles dites « thermodurcissables » et dont le comportement au feu est très peu connu (colles pMDI, Polyuréthane, Epoxy, EPI,...)

3. ASSEMBLAGES.

Dans l'Eurocode 5 partie 1-2 on trouve l'annexe E qui traite de « l'analyse de la fonction séparative des systèmes de mur et de plancher ». En effet, il est nécessaire de connaître le chemin de transfert de chaleur dans les différentes couches qui composent les systèmes de mur et de plancher. En effet dès lors que le bois est associé à d'autres matériaux il faut alors prendre en compte tous les éléments du système afin de pouvoir établir des lois de comportement des différents matériaux mis en œuvre.

La résistance au feu d'un ouvrage (résistance R ou isolation I) peut être soit justifiée par le calcul, soit obtenue par ajout d'un parement de protection possédant un PV d'essais, soit par la combinaison des deux. Cependant, le DTU feu-bois 88 détermine un ensemble de solutions pour satisfaire aux différentes exigences demandées sans recourir à des justificatifs (PV d'essais et/ou calculs).

Le niveau de résistance au feu est déterminé conformément à l'arrêté du 22 mars 2004. Selon le type de bâtiment, les exigences de résistance au feu sont, par exemple :

- **d' 1/2 heure à plus de 2 heures** pour le degré de résistance (R) d'un poteau
- **d' 1/4 heure, 1/2 heure ou plus** pour l'étanchéité (E) d'une porte
- **d' 1/2 heure à plus de 2 heures** pour l'isolation (I) d'un mur ou d'un plancher.

Selon les contextes, les murs porteurs doivent également respecter certaines exigences de stabilité au feu et les planchers certaines exigences coupe-feu.

- PARTIE 3 - ETAT DE LA RECHERCHE SUR LA CONSTRUCTION BOIS ET LA SECURITE INCENDIE

Famille	1	2	3		4
			A	B	
Eléments porteurs verticaux	R15	R30	R60	R60	R90
Bloc portes des cages d'escaliers			E30	E30	E30
Planchers : -sous combles communicants -entre logements -sur vide sanitaire accessible	(R)EI15	(R)EI30	(R)EI60	(R)EI60	(R)EI90

Tableau 15 : Résistance au feu exigée pour les éléments présents dans les différentes familles d'habitations.

3.1. Systèmes de mur.

Le DTU bois-feu 88 fait la distinction entre les structures protégées contre le feu et celles qui ne le sont pas et définit les règles qui régissent les écrans de protection que l'on peut rajouter pour améliorer les performances des parois

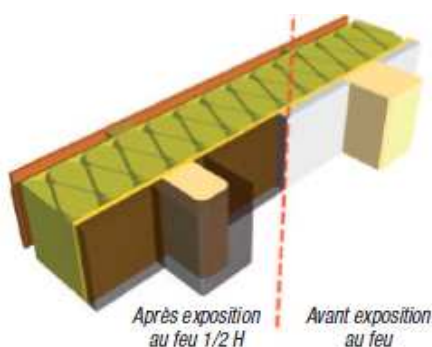


Figure 20 : Exemple d'ossature apparente. Source : CNDB « Les essentiels du bois N°4 ».

- Structure bois apparente :

La connaissance de la vitesse de progression du front de carbonisation permet de calculer les sections résiduelles des structures bois apparentes, donc exposées, continuant à être efficaces après une durée déterminée d'exposition au feu.

Montant de 100x100 mm et section résiduelle 58x79 mm après 1/2 H

Écran de protection de la palée de contreventement avec PV d'essai, exemple BA 18 pour I30

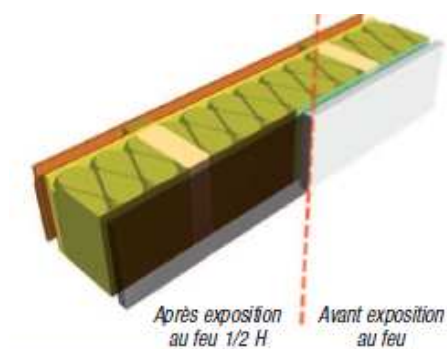


Figure 21 : Exemple d'ossature avec écran. Source : CNDB « Les essentiels du bois N°4 ».

- Structure bois avec écran :

Plusieurs types d'écran sont admissibles en tant que protection rapportée. Les plus fréquents sont les plaques de plâtre, de fibres-ciment, de bois-ciment et autres panneaux dérivés du bois et souvent associés à de la laine minérale

Ossature 40x100 mm

Écran de protection avec PV d'essai, exemple BA 18 pour I30

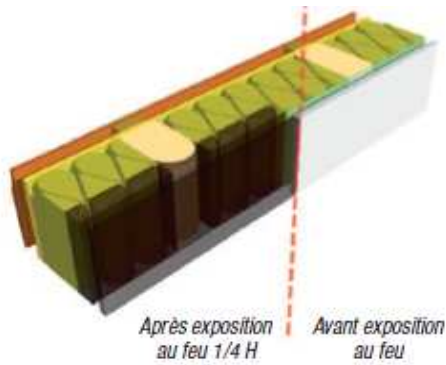


Figure 22 : Exemple d'ossature avec écran 1/4h. Source : CNDB « Les essentiels du bois N°4 ».

- *Structure bois avec écran insuffisant :*

Le DTU bois-feu 88 prévoit également la possibilité d'écrans qui n'assurent qu'une fraction de la durée de stabilité requise. Un complément est alors apporté par la structure elle-même, calculé selon les principes d'une structure bois apparente pour la durée complémentaire.

Écran de protection avec PV d'essai, exemple BA13 pour I15

Montant 60x100 mm avec largeur résiduelle de 90 mm après 1/2 H conventionnelle

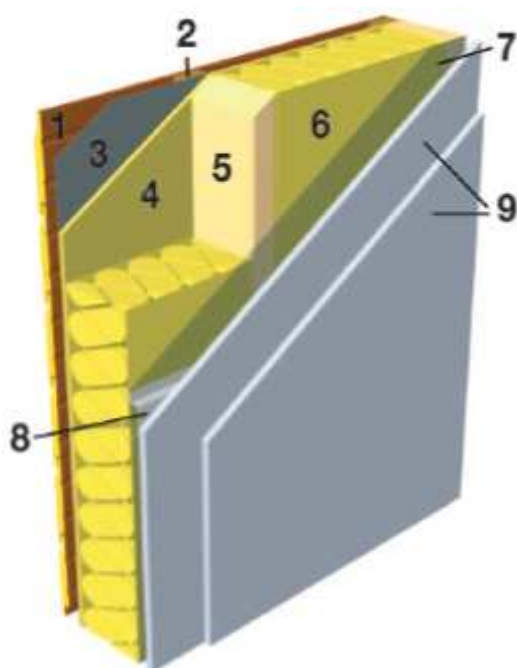


Figure 23 : Exemple de paroi verticale CF 1h. Source : CNDB « Les essentiels du bois N°4 ».

- 1- Bardage 22 mm
- 2- Lattage 22 mm
- 3- Pare-pluie
- 4- Contreventement type OSB 9 mm
- 5- Ossature bois 45x120 mm
- 6- Laine minérale 120 mm
- 7- Pare-vapeur
- 8- Profil métallique
- 9- 2 plaques de plâtres 13 mm avec PV d'essai

Pour éviter une justification de stabilité avec des sections réduites, on dispose un écran en plâtre ou en panneaux bois-ciment ou en gypse renforcé de fibres ou encore des panneaux de bois en surépaisseur : 0,7 mm d'épaisseur supplémentaire par minute de protection recherchée.

Lors d'un incendie, la stabilité des éléments de structure doit être assurée tout au long de l'évacuation des occupants du bâtiment afin de leur permettre une évacuation en toute sécurité. La résistance au feu d'une paroi dépend du type de parement utilisé. Les plaques de plâtre classiques (BA13) répondent aux exigences des bâtiments d'habitation.

3.2. Planchers.

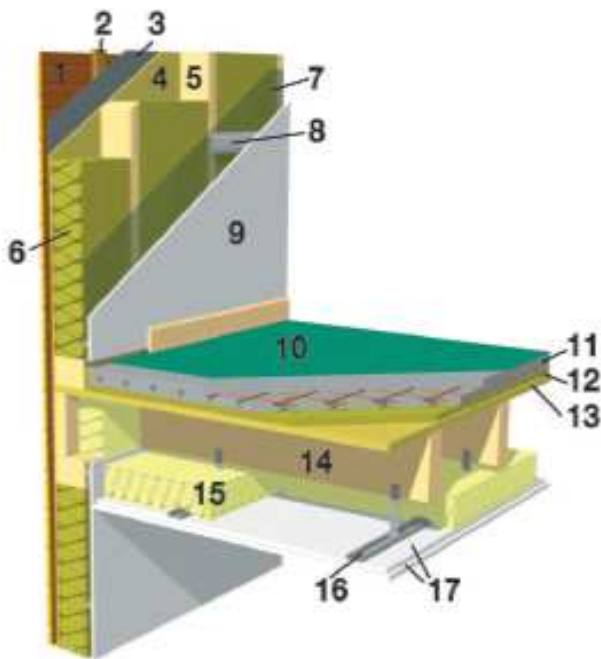


Figure 24 : Exemple de plancher est sa liaison au mur. Source : CNDB « Les essentiels du bois N°4 ».

Composition du mur :

- 1- Bardage bois horizontal 22 mm
- 2- Tasseaux 27x46 mm
- 3- Pare-pluie
- 4- Contreventement type OSB 10 mm
- 5- Ossature bois 45x120 mm
- 6- Laine minérale 120 mm
- 7- Pare-vapeur
- 8- Profil métallique
- 9- BA 13 mm

Composition du plancher :

- 10- Sol souple
- 11- Chape BA 60 mm
- 12- Résilient 20 mm
- 13- Contreventement type OSB 22 mm
- 14- Solives bois massif 75x200 mm
- 15- Laine minérale 100 mm
- 16- Profil métallique
- 17- 2 plaques de BA 13 mm

La résistance au feu des planchers est particulièrement importante pour maintenir la stabilité du bâtiment le plus longtemps possible. Au niveau du plancher intermédiaire, la lame d'air dans le mur extérieur et le mur mitoyen doit être interrompue au moyen d'un élément coupe-feu.

4. PROJETS EMBLEMATIQUES.

4.1. En France.

- **A Vertou :**

A Vertou près de Nantes, 62 logements sociaux dans un immeuble de quatre étages sont en construction.

Travaux réalisés par la société Mureko. Les murs sont composés de planches collées ou clouées entre elles en couches croisées de 3 à 13 épaisseurs.

Le cœur en bois massif du mur MHM permet d'augmenter la durée de résistance au feu. On arrive sans problème à des catégories de résistance au feu allant jusqu'à 90mn pour un panneau d'une épaisseur de 20 cm. (Certificat général de contrôle construction "protection incendie" dans le bâtiment MFPA Leipzig). L'autoprotection du bois à la combustion par le

- PARTIE 3 - ETAT DE LA RECHERCHE SUR LA CONSTRUCTION BOIS ET LA SECURITE INCENDIE



Figure 25 : Immeuble de quatre étages à Vertou.

biais du charbonnage procure au mur MHM une résistance importante. (F90-B avec une attaque unilatérale du feu selon DIN 4002-2.1977-09).

Les murs MHM en bois massif ont été soumis aux essais de résistance au feu selon EN 1365-1 réalisés au MFPA Leipzig GmbH, rapport d'essai Nr.PB III/B-03-157 (octobre 2003)

- *A Saint-Dié des Vosges :*

Cette opération est née de la volonté du maître d'ouvrage de réaliser une opération exemplaire de 30 logements à structure bois à énergie positive sur deux bâtiments. Le premier est composé de 5 niveaux, R+4 sur sous-sol semi enterré. Le deuxième est composé de 4 niveaux, R+3 sur sous-sol semi-enterré.



Figure 26 : Résidence « Les Héliades » R+3 et R+4 à Saint-Dié des Vosges

Travaux réalisés par l'entreprise Socopa. Le système constructif est assuré par des poteaux poutres et ossature bois, murs de refend et planchers en KLH. Les planchers collaborant sont en bois/béton. Les murs extérieurs ont des montants bois de 60x200 mm avec 200 mm d'isolant minéral entre les montants et 100 mm de laine de verre intérieur en couche croisée.

- PARTIE 3 - ETAT DE LA RECHERCHE SUR LA CONSTRUCTION BOIS ET LA SECURITE INCENDIE

- *A Gentilly :*

Ce bâtiment de quatre étages comporte trois appartements, du deux aux quatre pièces. Hormis la fondation soumise à des restrictions d'urbanisme, l'ensemble de l'immeuble a été réalisé en bois.

L'isolation extérieure est en fibre de bois et des panneaux d'épicéa de 20 cm d'épaisseur, non traités, et provenant de forêts allemandes gérées durablement, composent les murs (constructeur : Urban Green).



Figure 27 : Immeuble de quatre niveaux à Gentilly (Val de Marne)

Le bâtiment est construit avec des murs de bois plein de 20 cm d'épaisseur. L'isolation thermique extérieure est en fibre de bois, avec un complément de bardages et panneaux à base de fibres végétales.

Le mode de fabrication des panneaux est industrialisé : les murs et les planchers sont préfabriqués en usine et assemblés sur des chaînes de montage pour être ensuite assemblés sur site en quelques jours.

4.2. En Europe.

4.2.1. R+8 à Londres en KLH.



Figure 28 : Le Stadhaus ou « Timber tower » à Londres.

Le Stadhaus ou « Timber tower » est un bâtiment R+8 situé à Londres. Ce bâtiment réalisé en 2008-2009 a une fonction résidentielle puisqu'il possède 29 logements dans les étages et des commerces au rez de chaussée. Il est entièrement conçu en bois d'œuvre et est le plus haut immeuble de logement en bois au monde avec ses 30 mètres de hauteur.

Il a été assemblé en utilisant un système structural développé par la société KLH. Cette société met au point des panneaux « lamellés-croisés ». Les murs, les planchers mais aussi les cages d'escalier et les ascenseurs, tous les éléments porteurs sont en bois.

Les matériaux utilisés sont donc des panneaux de KLH de 13m pour les murs, les planchers, les cages d'escalier et les ascenseurs. Au niveau du système constructif tous les éléments sont porteurs et on retrouve des équerres métalliques entre les murs et le plancher.

Pour la résistance au feu qui devenait un défi de taille avec les cages d'escalier et d'ascenseur en bois, des tests détaillés ont été effectués pour démontrer la sécurité des matériaux. Les panneaux lamellés-croisés à cinq épaisseurs en bois d'œuvre, avec un fini en plâtre, permettent à la structure de conserver toute son intégrité, pendant un incendie, au moins 90 minutes

4.2.2. R+6 en plein cœur de Berlin.



Figure 29 : L'Esmarchstrasse 3 (E3) situé en plein cœur de Berlin.

L'Esmarchstrasse est un bâtiment R+6 situé en plein cœur de Berlin (Allemagne). Il a été réalisé en 2007-2008. Il a une fonction résidentielle avec des logements dans tous les étages et des commerces au rez de chaussé. Il est le bâtiment de ce type le plus haut d'Allemagne pour une hauteur de 25 mètres et il a été le premier bâtiment d'Europe à dépassé 5 étages.

Au niveau de la structure on retrouve une dalle mixte bois béton, des poteaux en bois, des murs en panneaux massif.

En Allemagne, la législation autorise depuis 2005 la construction de bâtiments en bois jusqu'à cinq étages. E3 est le premier à dépasser ces limites avec un sixième et dernier niveau à 19,40 mètres au-dessus du sol. Sa réalisation a été permise grâce à un audacieux concept de protection incendie et à une mise au point en amont avec le bureau de contrôle. La première difficulté a été le passage de la classe de bâtiment 4 à la classe 5, inaccessible pour la construction en bois puisqu'elle repose sur des matériaux ininflammables. Le problème est ici résolu avec les plaques de gypse-cellulose Fermacell® qui freinent l'échauffement et grâce auxquelles les parties porteuses ont vu leur résistance au feu passer de 60 à 90 minutes. Avec une chape de 10 centimètres de béton, les dalles mixtes atteignent elles aussi 90 minutes, autant que des dalles en béton armé ! Le plafond, recouvert d'une couche transparente de vernis intumescent destinée à empêcher l'embrasement, progresse d'une qualité normalement inflammable (B2) à difficilement inflammable (B1). Des détecteurs de fumée dans chaque logement et des doublages au niveau des murs séparatifs limitent d'autant la propagation de

- PARTIE 3 - ETAT DE LA RECHERCHE SUR LA CONSTRUCTION BOIS ET LA SECURITE INCENDIE

l'incendie entre logements. La solution londonienne en panneaux de bois massif cinq plis présente la même résistance, estimée à 90 minutes. En cas d'incendie, la couche carbonisée qui protège les panneaux modifie l'impact de la combustion et la ralentit. La sécurité est assurée par un système d'alarme intégré et un autre de désenfumage et de ventilation incendie. En définitive, les contrôles effectués permettent de constater que les bâtiments sont aussi résistants au feu que des structures conventionnelles en béton ou en acier.

4.2.3. R+8 en Suède.



Figure 30 : Immeubles de huit étages à VÄXJÖ (Suède)

Ce complexe de quatre immeubles de huit étages construits sur le même modèle a pour vocation d'accueillir des logements sociaux. Ce sont les quatre immeubles les plus hauts de Suède. Ce prototype de logement pour tous résume la philosophie de l'habitat dans ce pays.

Hormis le rez-de-chaussée et les fondations réalisés en béton, les planchers et les murs de refend des étages sont entièrement constitués de panneaux en bois massifs formés de plusieurs couches de pin croisées et collées. Les cages d'ascenseurs, souvent réalisées en béton armé pour améliorer la stabilité du bâtiment, ont également été construites en bois. Le système constructif utilisé est très semblable aux panneaux KLH développés ces dernières années en Autriche. Les murs sont recouverts de plaques de plâtre peintes et les sols en parquet. La façade étant enduite, la construction ne laisse pas transparaître son matériau constitutif principal. La présence de sprinklers dans toutes les pièces rappelle la nature combustible de la structure de l'immeuble.

Les immeubles de plusieurs étages en structures bois pourraient se banaliser en Suède, et ce bien au-delà des huit niveaux du Limnologen. « Nous avons choisi cette limite parce qu'elle nous paraissait la plus cohérente du point de vue de l'urbanisme et des besoins de

- PARTIE 3 - ETAT DE LA RECHERCHE SUR LA CONSTRUCTION BOIS ET LA SECURITE INCENDIE

logements dans notre commune, mais rien n'empêche d'utiliser ces systèmes constructifs pour des projets ayant un nombre d'étages supérieurs », confie Hans Andrén, qui a suivi le chantier pour la municipalité de Växjö. De fait, des immeubles de bureaux de plus de dix étages seraient en cours d'étude, et une tour de contrôle en bois a déjà été réalisée.

4.3. R+5 au Canada.



Figure 31 : Edifice fondation CSN à Québec (Canada).

L'édifice fondation CSN (entreprise d'investissement et d'épargne collective) est un bâtiment R+5 situé à Québec. Ce bâtiment construit en 2009 accueille les bureaux de Fondation CSN. Il constitue l'une des grandes premières nord américaines des bâtiments multi-étages bois. Ainsi ce bâtiment de 22,2 mètres de hauteur est le plus haut du genre en Amérique du Nord. De plus, il est doté de 8,6 mètres en sous sol car il possède trois niveaux de parking souterrains.

Les niveaux hors sol ont une structure de colonnes et poutres en bois lamellé collé. Les niveaux en sous-sol sont en construction traditionnelle avec structure de béton. Les colonnes intérieures sont formées de deux pièces assemblées en lamellé-collé NordicLam de 181x260 mm et de 181x527 mm. Les poutres principales et secondaires sont formées de deux pièces assemblées en lamellé-collé 181x527 mm. Le platelage de bois est de 89 mm d'épaisseur.

Au niveau de la protection contre l'incendie l'édifice est entièrement protégé par un système de gicleurs surdimensionnés.

- PARTIE 4 - PISTES DE TRAVAIL PROMETTEUSES

1. POUR L'INDUSTRIE.

1.1. Technique.

- *Produits ignifugeants.*

L'ignifugation (ou traitement anti-feu), par application d'un traitement ignifugeant sur les matériaux, permet d'améliorer leur comportement au feu en cas d'incendie. L'amélioration du comportement au feu est obtenue en retardant le départ de l'inflammation, en limitant la post-combustion, et en retardant la chute des propriétés mécaniques.

Les produits se présentent sous forme liquide (solution aqueuse, sans solvants), inodore et incolore ou coloré pour obtenir un effet esthétique. Le produit doit être traité sur toutes ses faces après découpe. L'application se fait par pulvérisation, trempage ou imprégnation en autoclave.

En matière de réaction au feu, un groupe européen travaille sur l'élaboration d'un protocole de vieillissement accéléré de produits ignifugeants sur supports bois afin de vérifier la résistance de ce type de produits. Il serait important pour la filière que le Ministère de l'Intérieur puisse appuyer cette démarche en reconnaissant à terme ce type de référentiel s'il aboutit.

- *Peintures et vernis intumescent.*

Les peintures intumescentes et ignifuges constituent une des méthodes de protection passive contre l'incendie pour la réaction au feu des matériaux. Ce sont des produits qui gonflent sous l'action de la chaleur pour former une mousse microporeuse appelée « meringue ». Cette mousse protège les supports des flammes, limite la propagation de l'incendie et retarde l'élévation de la température des matériaux.



Les peintures coupe-feu sont des protections certifiées et durables en intérieur, puisque les classements obtenus sont garantis par des procès-verbaux et ne sont pas limités dans le temps (sauf mentions particulières des P.V.).

Les peintures intumescentes sont des solutions esthétiques puisqu'elles proposent une finition avec un vaste choix de couleur et simples à mettre en œuvre. En réaction au feu, les produits intumescents allient la performance et l'esthétique.

Ils permettent d'améliorer la réaction au feu des matériaux au feu employés dans des ouvrages neufs comme sur des chantiers de rénovation.

1.2. Réglementaire.

En mai-juin 2010 ce sont tenus les « Perspectives bois » en Rhône-Alpes organisées par le CNDB, la FIBRA, le FFB et le région Rhône-Alpes. Ces dix réunions avaient notamment pour objectif de faire le point sur les évolutions réglementaires. Ainsi, ont été abordé les thèmes des exigences de la construction, les articles AM et la transmission entre niveaux (IT 249) et les DTU concernant le feu.

Au niveau de l'engagement de l'Etat en faveur du bois, quatre actions avaient été lancées par le MEEDM (Ministère de l'Ecologie de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer) :

- 1-identification des freins normatifs
- 2-décret d'application
- 3-label bâtiment bio-sourcés
- 4-examen des pratiques de pays adjacents

Parmi les obstacles à l'usage du bois dans la construction relevés le problème de l'incendie a été noté. Ainsi des fiches descriptives des obstacles ont été établies.

Un des objectifs est l'élaboration d'un guide technique relatif à la maîtrise de la résistance au feu des bâtiments en bois de plusieurs étages.

Lancer au CECMI (Comité d'Etudes et de Classification des Matériaux et éléments de construction par rapport au danger d'Incendie) un groupe de travail sur le thème de détection pour alléger l'exigence de résistance d'1 heure à ½ heure pour certains bâtiments.

Dans les textes concernant les ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement), veiller à ce que l'usage du bois ne soit pas pénalisé de manière injustifié.

Veiller aux révisions futures de l'arrêté du 22 mars 2001 (certaines orientations de l'EN 1995-1-2 concernant la prise en compte de feux combinés sur les deux faces dans le cadre de la justification de la résistance au feu de certaines parois du bâti).

Lancer une étude permettant de réaliser des assemblages dits traditionnels et des essais d'assemblages collés (évolution de normes).

Veiller à une meilleure prise en compte de la fonction écran des nouveaux types de panneaux massifs contrecollés ou assemblés mécaniquement (modification de l'arrêté du 6 octobre 2004, passage nominatif pour chacun des industriels en CECMI, note d'un laboratoire agréé précisant les domaines et aptitudes à l'emploi).

Lancer une campagne d'essais et d'expertise associée pour restauration des règles de moyens du DTU Bois Feu 88 (partie parois écrans) avec mise en cohérence avec les nouveaux outils d'évaluation européens.

Mais aussi de consolider le travail lié aux premières configurations (non optimisées) proposées dans la révision de l'IT 249 (façades bois). Par conséquent, la solution proposée à cela est que le gouvernement accepte le lancement d'une campagne d'essais LEPIRE 2, que les résultats soient interprétés et mis en forme de schémas de solutions constructives pour ensuite être intégrées dans l'IT 249.

Un autre objectif est de faire aboutir et valoriser en réglementation une future norme européenne en cours de conception relative à l'élaboration de protocoles d'essais de vieillissement et de classification de systèmes bois/produits ignifugeants à performance pérennes y compris en expositions extérieures (réaction au feu des bardages bois).

Une prise de conscience générale semble s'opérer, tous les acteurs de la construction bois en France commencent à comprendre que pour avancer dans la construction de bâtiments multi-étages en bois, il s'avère nécessaire de réaliser quelques modifications et évolutions des textes réglementaires.

2. POUR LA RECHERCHE.

Wood-Wisdom-Net Research project est un projet né de l'association de plusieurs chercheurs spécialisés dans la construction bois. Ainsi cette étude rassemble des membres de Suède, Finlande, Allemagne, France, Norvège, Grande-Bretagne, Autriche, Suisse et Estonie. L'objectif de leur travail commun a été de parvenir à rédiger un ouvrage nommé « Fire safety in timber buildings, technical guideline » qui a pour ambition de constituer un recueil européen en matière de sécurité incendie dans la construction bois.



Figure 33 : Logo de l'association « Wood Wisdom »



Figure 34 : Couverture du “Fire safety in timber buildings- Technical Guideline”

Le sommaire de l’ouvrage se présente comme suivant :

- Chapitre 1 : Bâtiments en bois
- Chapitre 2 : Sécurité incendie dans les bâtiments
- Chapitre 3 : Exigences européennes
- Chapitre 4 : Produits bois
- Chapitre 5 : Systèmes de séparation
- Chapitre 6 : Poutres chargées
- Chapitre 7 : Assemblages bois-bois et bois-métal
- Chapitre 8 : Installations de sécurité incendie
- Chapitre 9 : Matériaux nouveau et mise en œuvre
- Chapitre 10 : Protection active au feu
- Chapitre 11 : Performance de conception
- Chapitre 12 : Compétence de l’application et du contrôle

Le projet WoodWisdom-Net research FireInTimber a été mené de 2007 à 2010 en coopération avec quatorze partenaires dans neuf pays différents.

L’objectif clé du projet était de fournir de nouvelles possibilités pour les produits de construction en bois. De plus, l’étude et ses résultats ont pour ambition de faciliter et de parvenir à accélérer les processus d’approbation des produits bois dans la construction. Ce travail constitue aussi une base de connaissances pour promouvoir les compétences des différents corps de recherche. Par conséquent, le transfert de nouvelles connaissances améliorera la constitution de réseaux entre industriels et chercheurs.

Leur étude se base dans un premier temps sur un constat commun simple : la construction bois constitue une partie de la réponse à la question du changement climatique. En effet, l’augmentation de la mise en œuvre du bois dans la construction est un moyen d’utiliser des matériaux renouvelables et issus de la forêt. La combinaison d’une sylviculture active utilisant les déchets des arbres et l’énergie solaire peut entraîner une réduction importante du dioxyde de carbone. De plus, l’Europe est un continent plutôt boisé qui constitue déjà à lui seul une ressource non négligeable en bois.

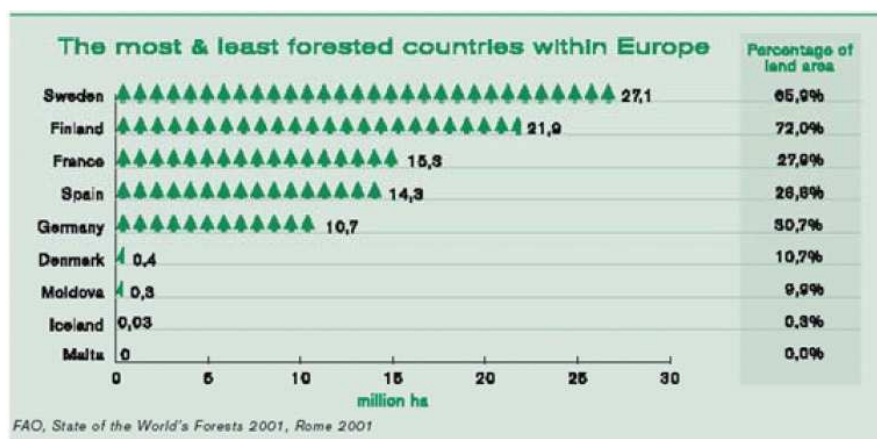


Figure 35 : Superficie forestière en Europe.

Les résultats de ce projet ont donné lieu à environ cinquante documents scientifiques, rapports et présentations à des conférences. Néanmoins le résultat principal reste le guide technique « Fire safety in timber buildings » dans la mesure où c'est vraiment le premier guide européen sur la sécurité incendie dans les bâtiments bois.

Ce « guide européen » met en avant les différences dans la construction bois des neuf pays européens. Ainsi, il ressort que de grandes disparités existent sur le nombre d'étages autorisés dans les bâtiments multi-étages en bois.



Figure 36 : Bâtiment multi-étages à Eslöv en Suède

Cet ouvrage apparaît comme un précurseur sur la question de la construction bois en Europe. Par conséquent, l'initiative de ses auteurs de le réaliser dénote bien de la nécessité de réaliser des projets comme celui-ci à l'échelle européenne. Néanmoins, il est difficile pour le moment de se procurer cet ouvrage ce qui explique la raison pour laquelle il n'a pas fait parti de nos supports de travail, seul un bref document définissant les grands axes d'études est disponible sur internet.

CONCLUSION

Ce projet permet de comprendre à quelle point la réglementation sécurité incendie a de l'importance dans la construction en général et dans la construction bois plus précisément. En effet, celle-ci de par son aspect restrictif en France semble constituer un frein à la construction de bâtiments multi-étages.

Néanmoins, une fois que l'on oppose cette réglementation française aux autres pays européens et nord-américains il apparaît que bien qu'elle paraisse restrictive elle n'est pas la source du problème français. L'étude comparative notamment ainsi que l'état de l'art des bâtiments multi-étages en Europe et en Amérique du Nord permet de mettre en avant le manque de compétences de la France en matière de sécurité incendie dans la construction bois de grande hauteur.

Ainsi, afin de faire évoluer le développement des bâtiments multi-étages en France, le monde de la construction bois se doit d'acquérir de nouvelles connaissances et de prendre exemple sur certains de nos confrères européens comme l'Allemagne qui fait preuve d'une avancée technologique notable par rapport à la France.

Dans un autre registre, cette étude nous a apporté de sérieuses notions sur le comportement du bois au feu ainsi que sur la conception au feu des bâtiments bois. En effet, nos connaissances sur ce sujet était jusqu'à présent très limité. Par conséquent, ce projet nous aura été très profitable et nous espérons voir de plus en plus de voies d'amélioration dans la mise en œuvre de bâtiments de grande hauteur en bois en France.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] *France-Sélection 2011. Règlement ERP, Règlement IGH, Bâtiments d'habitation [en ligne]*
Disponible sur <<http://www.sitesecurite.com/portail/index.asp> >
- [2] *CSTB. Ingénierie Sécurité Incendie (ISI) : prédire pour mieux sécuriser [en ligne]*
Disponible sur <<http://www.cstb.fr/actualites/webzine/thematiques/securite-incendie.html> >
- [3] *BOUSSQUET, Jean-Vincent. Résistance au feu et réglementation [en ligne]*
Disponible sur <<http://www.bois.com/professionnels/elus-collectivites/feu/resistance-au-feu-reglementation> >
- [4] *GAILLARD, Jean-Marie (FCBA). Réglementation incendie : des évolutions pour le bois*
Ouvrage mis en ligne en octobre 2010 par le FCBA
Disponible sur
<http://www.fcbainfo.fr/ihm/medias/office/Reglementation_incendie_FCBAINF_O.pdf>
- [5] *LASVIGNES, Serge. Législation française [en ligne]*
Disponible sur <<http://www.legifrance.gouv.fr/> >
- [6] *BELLI, Jean-Luc (GTFI). Réaction au feu, Résistance au feu [en ligne]*
Disponible sur <<http://www.gtfi.org/> >
- [7] *IRABOIS. Résistance au feu. [en ligne]*
Ouvrage mis en ligne en novembre 2004 par Unionbois
Disponible sur
<www.unionbois.com/docs_pdf/unionbois_resistance_au_feu.pdf >
- [8] *IRABOIS. Réaction au feu. [en ligne]*
Ouvrage mis en ligne en novembre 2004 par Unionbois
Disponible sur
<http://www.unionbois.com/docs_pdf/unionbois_reaction_au_feu_des_bois_ma_ssifs.pdf >
- [9] *CNDB. Les essentiels du bois. Construction bois et sécurité incendie. [en ligne]*
Ouvrage mis en ligne en Février 2007, n°4.
Disponible sur <www.areawood.com/documents/brochure_cndb_incendie.pdf >
- [10] *KRUPPA, J., TWILT, L., SCHLEICH, J.B. Construction Métallique. VERS UNE CONCEPTION DES OUVRAGES PAR L'INGÉNIERIE INCENDIE [en ligne].*
Ouvrage mis en ligne en 1999, n°3.

- Disponible sur < www.steelbizfrance.com/file/dwndt.ashx?idfile=16 >
- [11] *INSTRUCTION TECHNIQUE N° 249 RELATIVE AUX FACADES*
Ouvrage mis en ligne par Guards Formation, 1^{er} décembre 2006.
Disponible sur < http://www.guards-formation.com/uploads/IT_249.pdf >
- [12] *BREVART, R. Gestion de la Sécurité Incendie dans les bâtiments à structures bois.*
19 novembre 2010 à Epinal, CRITT Bois.
- [13] *Cabinet CASSO et Cie. Sécurité contre l'incendie dans les ERP.*
Technique de l'Ingénieur, Référence C3280, 10 novembre 2008.
- [14] *BRETTIN, J.-P. Sécurité contre l'incendie dans les bâtiments d'habitation.*
Technique de l'Ingénieur, Référence C3283, 10 août 2011.
- [15] *CHESNE, L., SAINRAT, A. Essais normalisés de réaction au feu.*
Technique de l'Ingénieur, Référence AM3540, 10 octobre 2005.
- [16] *GUILLAUME, E. Les outils de l'ingénierie de la sécurité incendie.*
Document LNE : G020284 / C672X01 / CEMATE/2, septembre 2006
- [17] *AFNOR. DTU règles bois feu 8.*
DTU P 92-703, février 1988
- [18] *AFNOR. Eurocode 5 : Conception et calcul des structures en bois — Partie 1-2 : Généralités — Calcul des structures au feu,*
Annexe nationale à la NF EN 1995-1-2:2005, P 21-712-1/NA, 2007
- [19] *AFNOR, Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-2 : actions générales - actions sur les structures exposées au feu,*
Eurocode 1 : actions sur les structures, P 06-112-1, Juillet 2003
- [20] *AFNOR, Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-2 : Actions générales - Actions sur les structures exposées au feu Annexe nationale à la NF EN 1991-1-2,*
Annexe nationale, P 06-112-2, Février 2007
- [21] *LAUER, H. Fire codes and structural fire protection in Germany.*
University of Applied Sciences, avril 2009
- [22] *AFNOR, DIN EN 1995-1-2/NA Nationaler Anhang –National festgelegte Parameter –Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten –Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall.*
Annexe nationale allemande, décembre 2010.
- [23] *Charlesworth Group, CIBSE Guide E.*
Fire safety engineering, 3^{ème} édition, Mai 2010
- [24] *Department of Communities and Local Government, Building Regulations and Fire Safety : Procedural Guidance.*

- NBS, 2007
- [25] Smith, D. A comparison of technical requirements in eight European countries. IBCI Building Control Conference, in Bunratty, 23 mars 2007
- [26] Department of Communities and Local Government, The approved document A : Structure.
The building regulations 2000, ed 2004.
- [27] Department of Communities and Local Government, The approved document B : The approved document A : Structure.
The building regulations 2000, ed 2007.
- [28] British Standards. UK National Annex to Eurocode 5: Design of timber structures –Part 1-2: General – Structural fire design.
Annexe nationale du Royaume-Unis, ICS 13.220.50; 91.010.30; 91.080.20, 2006
- [29] The Netherlands – Country Report. [en ligne]
Screening national building regulations – Netherlands, Y0602.01.01, 14 février 2011.
Disponible sur
< http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/construction/files/compet/national-building-regulations/prc-nl_en.pdf >
- [30] MINISTRY OF THE ENVIRONMENT, Housing and Building Department.
Decree of the Ministry of the Environment on fire safety of buildings.
THE NATIONAL BUILDING CODE OF FINLAND, 12 mars 2002.
- [31] VISSCHER, H., MEIJER, F.M., SHERIDAN, L. BUILDING RESEARCH JOURNAL. Volume 56, 2008.
FIRE SAFETY REGULATIONS FOR HOUSING IN EUROPE COMPARED
Ouvrage mis en ligne en octobre 2010 par le FCBA
Disponible sur < <http://repository.tudelft.nl/assets/uuid:ccee7405-6502-48f0-9491-52c5d2f7c652/223516.pdf> >
- [32] Mikulits, R. (Consortium of European Building Control), Building Control Systems in Europe.
Building Control Report, Issue 2, juin 2006.
- [33] VISSCHER, H., MEIJER, F.M., SHERIDAN, L. A comparison of the systems of building control in eight European countries.
Building regulations in Europe, Part I, 2002
- [34] VISSCHER, H., MEIJER, F.M., SHERIDAN, L. A comparison of technical requirements in eight European countries.
Building regulations in Europe, Part II, 2003
- [35] Direction de la Sécurité civile française. Éléments de comparaison entre les règles britanniques, danoises, françaises, italiennes, néerlandaises et allemandes de prévention incendie. [en ligne]

Ouvrage mis en ligne le 03 octobre 2008 par Portail Sécurité

Disponible sur < <http://www.portail-securite.com/assistance/pdf/dossiers/elements-de-comparaison-entre-les-regles.pdf> >

- [36] VISSCHER, H., MEIJER, F.M., SHERIDAN, L. *BUILDINGS REGULATIONS ON FIRE SAFETY IN EUROPE.*

The CIB-CTBUH International Conference on Tall Buildings, Malaisie, mai 2003

- [37] Puybaraud, M.C., Hinks, J., Barham, R. *A comparison of fire safety legislation and administration in Europe and Canada.*

COBRA 98, 1998

Disponible sur

< http://www.rics.org/site/download_feed.aspx?fileID=1822&fileExtension=PDF >

- [38] IRCC, *Performance Requirements and Acceptance Criteria for Safety in Case of Fire.*

IRCC Workshop, Vienne (Autriche), 10 octobre 2007

- [39] Kenneth Richardson, J., *Fire Loss Statistics and Regulatory Framework.*

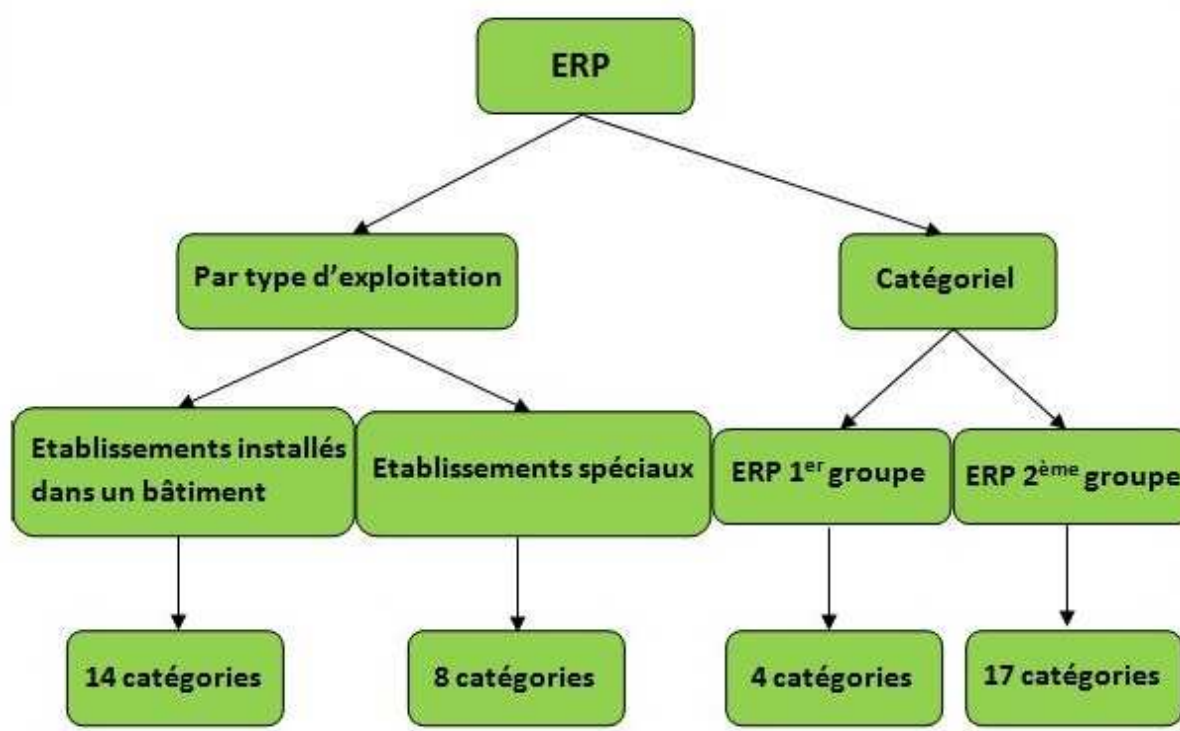
Designing for Fire Safety: The Science and its Application to Building Codes,
modifié le 4 décembre 2001.

Disponible sur < <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/ibp/irc/bsi/87-statistics.html> >

- [40] Bénichou, N., Sultan, M.A. (NRCC), *Fire resistance performance of lightweight wood-framed assemblies.*

Fire Technology, v. 36, n°3, Août 2000, pp. 184-219





Annexe 2 : Classification des ERP en France.

Etablissements installés dans un bâtiment		1
J	structures d'accueil pour personnes âgées et personnes handicapées	
L	salles d'auditions, de conférences, de réunions, de spectacles ou à usages multiples	
M	magasins de vente, centres commerciaux	
N	restaurants et débits de boissons	
O	hôtels et pensions de famille	
P	salles de danse et salles de jeux	
R	établissements d'éveil, d'enseignement, de formation, centres de vacances, centres de loisirs sans hébergement	
S	bibliothèques, centres de documentation	
T	salles d'expositions	
U	établissements de soins	
V	établissements de culte	
W	administrations, banques, bureaux	
X	établissements sportifs couverts	
Y	musées	

Annexe 3 : Catégories des ERP classés par type d'exploitation (1)

Etablissements spéciaux		2
CTS	chapiteaux, tentes et structures itinérants, ou à implantation prolongée, ou fixes	
EF	établissements flottants	
GA	gares accessibles au public	
OA	hôtels-restaurants d'altitude	
PA	établissements de plein air	
PS	parcs de stationnement couverts	
REF	refuges de montagne	
SG	structures gonflables	

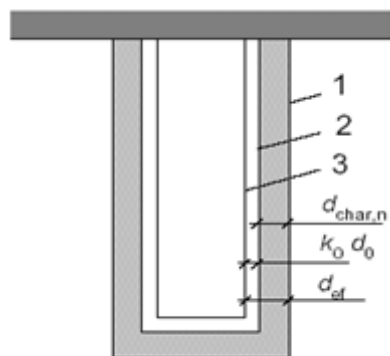
Annexe 4 : Catégories des ERP classés par type d'exploitation (2)

ERP du premier groupe		1
Catégorie 1	Q > 1500 personnes	
Catégorie 2	701 < Q < 1500 personnes	
Catégorie 3	301 < Q < 700 personnes	
Catégorie 4	Q < 300 personnes	

Annexe 5 : ERP du premier groupe

Immeubles de grande hauteur		IGH
G.H.A.	immeubles à usage d'habitation	
G.H.O.	immeubles à usage d'hôtel	
G.H.R.	immeubles à usage d'enseignement	
G.H.S.	immeubles à usage de dépôt d'archives	
G.H.T.C.	immeuble à usage de tour de contrôle	
G.H.U.	immeubles à usage sanitaire	
G.H.W. 1	immeubles à usage de bureaux, répondant aux conditions fixées par le règlement prévu à l'article R. 122-4 et dont la hauteur du plancher bas tel qu'il est défini à l'article R. 122-2 est supérieure à 28 mètres et inférieure ou égale à 50 mètres	
G.H.W. 2	immeubles à usage de bureaux dont la hauteur du plancher bas est supérieure à 50 mètres	
G.H.Z.	immeubles à usage principal d'habitation dont la hauteur du plancher bas est supérieure à 28 mètres et inférieure ou égale à 50 mètres et comportant des locaux autres que ceux à usage d'habitation ne répondant pas aux conditions d'indépendance fixées par les arrêtés prévus aux articles R. 111-13 et R. 122.4.	
I.T.G.H.	immeuble de très grande hauteur : constitue un immeuble de très grande hauteur, tout corps de bâtiment dont le plancher bas du dernier niveau est situé à plus de 200 mètres par rapport au niveau du sol le plus haut utilisable pour les engins des services publics de secours et de lutte contre l'incendie	

Annexe 6 : Classification des IGH en France.

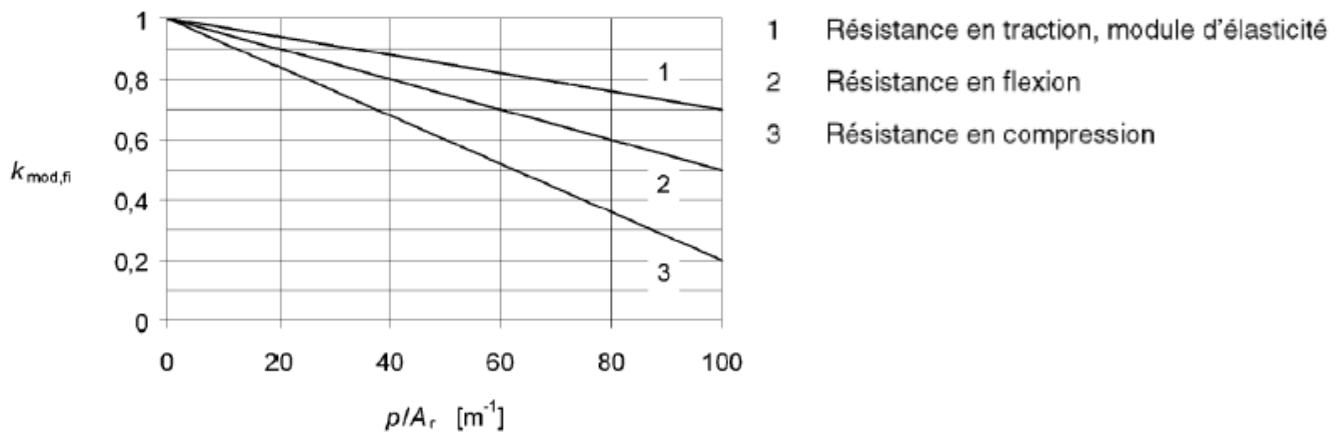


$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 d_0$$

$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

- 1 - On utilise la vitesse de combustion fictive.
 - 2 - On ne tient pas compte de l'arrondissement de la section aux angles.
 - 3 - On considère la section restante après avoir déduit :
 - la partie de section brûlée
 - la partie de section proche du front de carbonisation où l'on considère que les propriétés mécaniques sont affectées ($k_0 d_0$).
- Sur la section restante on considère que les propriétés mécaniques sont intactes (c'est-à-dire $k_{mod,fi} = 1$)

Annexe 7 : Méthode de la section réduite. Source : Eurocode 5 partie 1-2



Les règles suivantes s'appliquent aux sections rectangulaires de bois résineux exposées au feu sur trois voire quatre côtés et aux sections rondes exposées selon tout leur périmètre.

La section résiduelle est déterminée en fonction de la vitesse de combustion unidimensionnelle (β_0).

Annexe 8 : Méthode des propriétés réduites. Source : Eurocode 5 partie 1-2

RESUME

(RE) CONCEPTION BOIS-FEU

Dans un contexte environnemental difficile il est nécessaire de se tourner d'avantage vers la **construction bois**. En effet, actuellement limitée à des structures de faible hauteur, la construction bois se doit de se consacrer plus activement à des **bâtiments multi-étages**.

Néanmoins, actuellement la **conception bois-feu** représente un frein majeur au développement des constructions bois de grande hauteur. Une des causes de ce problème réside dans les écarts sensibles existants entre les **réglementations** nationales des différents pays européens et nord américains.

Dans cette optique, notre objectif est d'analyser et de comparer les contextes réglementaires et techniques liés à la **sécurité incendie** dans les **pays européens** et nord américains. Pour ce faire, il paraît essentiel de mettre en relief les exigences et les classifications liées aux multiples typologies de bâtiments existants. Dans un deuxième temps, un état de la recherche est nécessaire afin d'identifier les pistes de travail prometteuses permettant de mettre à jour les règles françaises de conception.

A terme cette étude pourrait permettre d'uniformiser les règles de conception à l'échelle européenne.

Mots clés: construction bois, bâtiments multi-étages, conception bois-feu, réglementations, sécurité incendie, pays européens.

ABSTRACT

WOOD-FIRE (RE) CONCEPTION

In a difficult environmental context, it is necessary to turn more towards **wood construction**. Indeed, construction wood currently limited to low-rise structures needs to focus more actively on **multi-storey buildings**.

However, **wood-fire conception** is now a major obstacle to the development of high-rise wood buildings. A reason for this are the substantial differences between the existing national **regulations** in different **European countries** and North America.

To this end, our goal was to analyze and compare the regulatory and technical context related to **fire safety** in Europe and North America. For this, it seems essential to highlight the requirements and classifications related to multiple types of existing buildings. Second, a state of the art survey is needed to identify promising lines of work to update the design rules in France.

Ultimately, this study could help to standardize the rules of conception at European level.

Keywords: wood construction, multi-storey buildings, wood-fire conception, regulations, fire safety, European countries.