

Chapitre 5. LA RÉSISTANCE AU FEU DANS LES EUROCODES

5.1. Introduction :

Des règles européennes, ou eurocodes correspondant aux exigences essentielles de résistance mécanique de stabilité des ouvrages et de sécurité en cas d'incendie ont été définies.

Elles ont pour objectif de fournir des bases communes de conception, de calcul et de réglementation au sein de l'Union européenne.

Les prescriptions touchant à la résistance au feu ne sont pas réunies dans un Eurocode particulier, mais sont contenues dans une partie spécifique de chacun des Eurocodes « actions » (EC1) et « matériaux » (EC2 à EC6 et EC9).

Les Eurocodes 1 à 6 et 9 comprennent chacun une partie 1.2 consacrée aux règles de calcul pour la résistance au feu des ouvrages structurels.

Les Eurocodes, au travers de la résistance que doit présenter une structure à l'incendie, ne traitent que de mesures de protection passive face à l'incendie.

Les exigences en matière de sécurité incendie demeureront une prérogative nationale, les Eurocodes pourront servir de moyen de preuve du respect des niveaux de résistance au feu exigés. C'est d'ailleurs dans ce sens que les réglementations devraient évoluer pour intégrer autant que possible les aspects de résistance au feu et sismique des Eurocodes.

5.2. Les parties « feu » des Eurocodes « matériaux »

Chacun des Eurocodes « matériaux » définit l'évolution des caractéristiques mécaniques (résistance, déformation, relation contrainte-déformation) en fonction de la température, ainsi que d'autres propriétés des matériaux (masse volumique, dilatation thermique, chaleur spécifique, conductivité thermique).

Dans les Eurocodes « matériaux », pour les trois premiers chapitres (avant ceux traitant des méthodes de calcul proprement dit) il y a eu un souci d'uniformisation des informations à apporter et des possibilités de calcul.

Ainsi, chaque partie définit les exigences fondamentales qu'une structure doit respecter, les actions et les valeurs de calcul des propriétés des matériaux (coefficients partiels de sécurité, combinaisons d'action...), ceci selon trois méthodes de justification :

- analyse globale de la structure ; - analyse de parties de la structure ; - analyse par éléments.

Les principes généraux indiquent que le calcul de la résistance au feu d'une structure peut être réalisé selon trois types de méthodes suivant les niveaux de schéma structurel :

- méthodes tabulées basées sur des données empiriques et applicables à une analyse par élément ;- méthodes de calcul simplifiées basées sur des équations prenant en compte des paramètres physiques et applicables généralement à une analyse par élément ;- méthodes de calcul avancées basées sur les équations de la physique et applicables à une analyse de la structure dans son ensemble. Les principes généraux (thermique, structurel...) servant de base au développement des méthodes avancées sont également indiqués.

Concernant les modèles de calcul avancés, seuls les principes sont donnés (calcul combinant les réponses thermique et mécanique) dans chacune des parties « feu » des Eurocodes.

Chacune des parties « feu » spécifie les différences ou les suppléments à ajouter à un dimensionnement à température normale.

5.2.1. Eurocode 1 - Partie 2-2

L'EN 1991 - Eurocode 1 - Bases du calcul et actions sur les structures - Partie 2-1 : Actions sur les structures - Actions sur les structures exposées au feu détermine les actions à considérer lorsqu'une structure est exposée accidentellement au feu.

Il traite des charges mécaniques et des charges thermiques pour le dimensionnement des structures exposées accidentellement au feu.

Afin de déterminer le choix de la combinaison des actions à prendre en compte pour le dimensionnement de la structure, un incendie est considéré dans tous les cas comme un accident.

Cette norme porte principalement sur les représentations de l'incendie au moyen des différentes courbes, dites nominales, de l'évolution de la température en fonction du temps :

- courbe normalisée, suivant l'ISO 834 (voir fiche La courbe température-temps normalisé : méthode de calcul de la résistance au feu) ;- courbe représentative du feu extérieur d'une température inférieure à 660 °C ;- courbe représentative du feu d'hydrocarbures, dont la caractéristique est une augmentation rapide de la température ; la norme prévoit également la possibilité d'une représentation plus « réaliste » de l'évolution d'un incendie (concept d'ingénierie de la sécurité incendie).

Des annexes informatives donnent :

- des modèles de l'évolution de la température. Ces modèles font usage, soit de courbes paramétriques température/temps ou de la notion de temps équivalent qui dépendent

des dimensions et du type de construction, de l'intensité du feu, de la taille des ouvertures dans le bâtiment, du facteur de ventilation..., soit de modèles numériques : modèles une zone, deux zones, feu localisé, CFD ;- les limites d'application des méthodes ;- la base de calcul pour la combinaison des actions.

5.2.2. Eurocode 2 - Partie 1-2

L'EN 1992 - Eurocode 2 - Calcul des structures en béton - Partie 1-2 : Règles générales - Calcul du comportement au feu donne les règles à considérer pour le dimensionnement au feu des constructions en béton.

Cette partie contient les différentes tables fournies avec les dimensions minimales des sections et l'enrobage nécessaire des armatures pour différents types d'éléments en béton en fonction de la résistance au feu demandée :

- poteaux ;- parois ;- éléments tendus ;- poutres ;- planchers.

Les principes des méthodes de calcul simplifiées sont commentés pour le dimensionnement au feu. Le principe général repose sur le profil de température de la section de l'élément considéré.

Conformément aux diminutions de la résistance caractéristique en compression du béton et de la résistance caractéristique de l'acier aux températures élevées, les caractéristiques mécaniques et géométriques de la section sont réduites.

À partir de ces sections réduites, on peut déterminer la résistance de l'élément au feu, pour ensuite la comparer avec la sollicitation des actions mécaniques en cas d'incendie.

La norme indique les propriétés des matériaux (béton et armature en acier) en fonction d'une élévation de température (de 0 à 1 200 °C).

5.2.3. Eurocode 3 - Partie 1-2

L'EN 1993 - Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 1-2 : Règles générales - Calcul du comportement au feu traite du calcul de structures en acier exposées accidentellement au feu. Elle identifie les différences avec le calcul à température normale et lui apporte des compléments.

L'Eurocode 3 partie 1-2 fournit les informations nécessaires à la vérification des structures à l'incendie grâce aux modèles de calculs simplifiés. Le contrôle peut se faire à deux niveaux : par rapport à la résistance ou par rapport à la température critique.

On retrouve ainsi des informations concernant :

- le calcul de la résistance des éléments tendus, comprimés, fléchis... ;- la détermination de la température critique.

L'échauffement des structures en acier non protégées et les structures en acier protégées par un matériau de protection contre le feu sont également traités.

5.2.4. Eurocode 4 - Partie 1-2

L'EN 1994 - Eurocode 4 - Calcul des structures mixtes acier-béton - Partie 1-2 : Règles générales - Calcul du comportement au feu traite du calcul de structures mixtes acier-béton exposées accidentellement au feu.

Elle décrit également l'influence de la température sur la résistance et sur les propriétés des aciers de construction, du béton normal (NC) et léger (LC) et des aciers d'armatures (les trois matériaux que l'on retrouve dans une construction mixte).

Un chapitre est consacré à la détermination de la résistance au feu, soit :

- à l'aide de tableaux de valeurs donnant directement la résistance au feu en fonction des dimensions, de la position et de l'enrobage des barres ; - à l'aide de modèles de calculs simples ou à l'aide de méthodes de calcul avancées.

Enfin, l'EN 1994-1-2 donne les dispositions constructives permettant de garantir l'efficacité de la connexion entre l'acier et le béton pour les poteaux et les poutres mixtes, aussi bien pour le dimensionnement à température normale qu'en situation d'incendie.

5.2.5. Eurocode 5 - Partie 1-2

L'EN 1995 - Eurocode 5 - Calcul des structures en bois - Partie 1-2 : Règles générales - Comportement au feu concerne le dimensionnement des structures en bois exposées accidentellement au feu.

Différentes procédures de dimensionnement à température normale sont expliquées :

- analyse des éléments par « la méthode de la section efficace ». La résistance est calculée dans l'hypothèse où les valeurs de résistance et de rigidité ne sont pas affectées par le feu, mais l'effet du feu est pris en compte en déterminant la zone qui n'apporte rien à la résistance de l'élément (zone carbonisée) ; - analyse des éléments par la « méthode de la résistance et rigidité réduites ». Les valeurs de résistance et de rigidité sont réduites dans les zones affectées par le feu ; - analyse de la structure entière ou de parties tenant compte des effets de température et d'humidité sur la résistance et la rigidité.

La norme détermine les profondeurs de carbonisation.

Par ailleurs, certaines règles plus particulières sont données concernant les poutres, les poteaux, les murs ou encore les sols, et les jonctions bois-bois ou acier-bois...

5.2.6. Eurocode 6 - Partie 1-2

L'EN 1996 - Eurocode 6 - Calcul des ouvrages en maçonnerie - Partie 1-2 : Règles générales - Calcul du comportement au feu donne les règles pour le calcul du comportement au feu pour la maçonnerie.

Cette norme donne certaines règles pour déterminer la résistance au feu d'une structure en maçonnerie. Aucune analyse complète de la résistance au feu, tenant compte du comportement de la structure entière, n'est disponible pour le moment.

On se limite aux résultats d'essais standards sur des éléments, qui expriment la durée de résistance au feu.

Les critères auxquels un mur doit répondre dépendent de sa fonction et des prescriptions nationales en rapport avec la sécurité au feu.

Les murs en maçonnerie sont classés suivant leur fonction :

- murs non chargés ou murs chargés ;- murs avec fonction séparatrice ou sans fonction séparatrice ;- murs creux.

Partant de là, les murs :

- porteurs doivent répondre au critère « R » (conserver leur capacité portante sous une certaine charge appliquée durant la période exigée de résistance au feu) ;- de séparation doivent répondre au critère « EI » (empêcher la propagation des flammes et un échauffement excessif en face non exposée pendant la période exigée de résistance au feu).

Le document fait également une distinction parmi les matériaux constituant la paroi en maçonnerie :

- briques en terre cuite ;- blocs de béton ;- béton silico-calcaire ou béton cellulaire.

Pour chaque cas, des groupes sont définis en fonction de la proportion des vides et de la masse spécifique apparente.

Des tableaux donnent l'épaisseur minimale de la maçonnerie pour des résistances au feu comprises entre 30 et 240 minutes.

5.2.7. Eurocode 9 - Partie 1-2

L'EN1999 - Eurocode 9 - Conception et dimensionnement des structures en alliages d'aluminium - Partie 1-2 : Règles générales - Calcul du comportement au feu spécifie les conditions de calcul des structures en aluminium exposées accidentellement au feu.

Le processus est équivalent à celui de l'Eurocode acier en prenant en compte les propriétés de l'aluminium.