



F. CONSTRUCTIONS EN BOIS

Cette annexe traite des constructions en bois.

F.1 Conditions et domaine d'application

Outre les exigences du *DTR C 2.4.6 "Règles de conception et de calcul des structures en bois"*, les constructions en bois, situées en zones sismiques (zones I à VI), doivent obéir aux exigences du présent document technique réglementaire.

Les types de constructions visées sont précisées en § F.3.1.

Les éléments en bois peuvent être combinés à des éléments de construction en maçonnerie, en béton ou en acier dans le cadre de systèmes de contreventements mixtes.

F.2 Matériaux

F.2.1 Le bois

Pour les propriétés, les caractéristiques géométriques, les valeurs caractéristiques des résistances et les modules d'élasticité des différents types de bois, il y a lieu de se reporter au « *DTR C 2.4.6* ».

Les défauts localisés dans les éléments en bois (exemple : les noeuds) affectent sa résistance et sa rigidité. Il est donc nécessaire d'utiliser des pièces, en bois de bonne qualité, pour les éléments les plus sollicités.

F.2.2 L'acier

Les propriétés des pièces en acier, utilisées dans les assemblages pour les constructions en bois, obéissent aux règles de conception et de calcul « *DTR C 2.4.6* ».

F.3 Règles générales de conception

En zone sismique, les limitations du nombre de niveaux ou de hauteur maximale autorisés, par le présent document technique réglementaire, sont précisées en § 3.5. Dans la construction en bois, une attention particulière est à donner à la sécurité incendie (court-circuit, feu de cuisine, etc).

F.3.1 Principe de dimensionnement

Les bâtiments en bois, résistant aux séismes, doivent être dimensionnés en suivant l'un des principes suivants :

- a) **comportement de structure faiblement dissipatif** : consoles, poutres, arcs avec deux ou trois assemblages brochées et treillis assemblés par connecteurs (systèmes 18 et 19, cf. § 3.5).
- b) **comportement de structure dissipatif** : voiles en ossature et diaphragmes collés assemblés entre eux par clous et boulons; treillis avec assemblage broché et boulonné, ossatures avec remplissage non porteur ; portique hyperstatique avec assemblages boulonnés et brochés, treillis avec assemblages cloués (systèmes 20 et 21, cf. § 3.5).

Dans le cas d'un comportement dissipatif, on prend en compte la capacité, de parties de la structure (zones dissipatives), à résister aux actions sismiques au-delà de leur domaine élastique. Ces structures doivent satisfaire à des exigences particulières, concernant un ou plusieurs des aspects suivants : type de structure, type et capacité de rotation ductile des assemblages :

- Les zones dissipatives doivent être situées dans les assemblages et les connexions, alors que les éléments en bois doivent être considérés comme ayant un comportement élastique.
- Les propriétés des zones dissipatives sont déterminées par des essais, effectués, soit sur des assemblages isolés, soit sur des structures entières ou des parties de structure, conformément aux documents techniques réglementaires en vigueur.

Dans le cas d'un comportement faiblement dissipatif, les effets des actions sont calculés, sur la base d'une analyse élastique globale, sans tenir compte du comportement non linéaire du matériau. La résistance des éléments et des assemblages est calculée conformément au "DTR C 2.4.6" sans exigence supplémentaire.

F.3.2 Propriétés des zones dissipatives

1. Pour le cas de structure dissipatif, les dispositions suivantes s'appliquent :
 - a) seuls les matériaux et les connecteurs mécaniques assurant un comportement approprié à la fatigue oligo-cyclique peuvent être utilisés dans les assemblages, considérés comme des zones dissipatives. Les zones dissipatives doivent pouvoir subir une déformation plastique, sous au moins trois cycles complets avec inversion de sens accomplis avec un rapport de ductilité statique de 4 (rapport entre la déformation ultime et la déformation à la limite d'élasticité, évaluées par des essais quasi-statiques), sans que la réduction de leur résistance ne dépasse 20 %.
 - b) les assemblages collés (bois sur bois, ou bois sur métal) doivent être considérés comme des zones non dissipatives ;
 - c) les assemblages de charpentier (assemblages traditionnels où les efforts sont transmis par l'intermédiaire de surfaces de contact et sans connecteurs mécaniques : par exemple, embrèvement, tenon, joint à mi-bois, etc.) peuvent être utilisés uniquement s'ils présentent une capacité suffisante de dissipation d'énergie, sans comporter de risque de rupture fragile en cisaillement ou en traction perpendiculaire au fil du bois. Leur utilisation doit être subordonnée à des résultats d'essai appropriés.
2. L'épaisseur des panneaux en bois lamellé-croisé et en bois lamellé- ne doit pas être inférieure à 60 mm.
3. Pour les panneaux de voiles travaillant comme des murs de contreventement ou des diaphragmes, l'alinéa F3.1 (a) est considéré comme satisfait si les conditions suivantes sont respectées :

- a) Les panneaux de particules ont une épaisseur d'au moins 12 mm et doivent avoir une densité caractéristique d'au moins 550 kg/m³
 - b) Les panneaux en contreplaqué ont une épaisseur d'au moins 9 mm, comportant au moins 5 couches et doivent avoir une densité caractéristique d'au moins 450 kg/m³.
 - c) Les panneaux de fibres ont une épaisseur d'au moins 12 mm et doivent avoir une densité caractéristique d'au moins 550 kg/m³.
 - d) Les panneaux de fibres de gypse ont une épaisseur d'au moins 12 mm et doivent avoir une densité caractéristique d'au moins 1 000 kg/m³.
 - e) Les panneaux de bois massif comportant au moins 3 couches et doivent avoir une densité caractéristique d'au moins 400 kg/m³.
4. L'assemblage en acier, dans les treillis et entre le matériau du voile travaillant et l'ossature en bois, pour les structures dissipatives, doit être vérifiée par des essais cycliques sur la combinaison appropriée des parties assemblées et des connecteurs.
5. L'alinéa F 3.2(a) est considéré comme satisfait dans les zones dissipatives de tous les types de structures si les dispositions suivantes sont respectées :
- a) Dans les assemblages bois-bois brochés, boulonnés et cloués et dans les assemblages bois-métal, l'épaisseur minimale des éléments assemblés est de (10.d), et le diamètre d du connecteur ne dépassant pas 12 mm ;
 - b) Dans les murs de contreventement et les diaphragmes, le matériau de panneau est à base de bois et son épaisseur minimale est de (4.d), le diamètre d du clou ne dépassant pas 3.1 mm.

F.3.3 Contreventement

- a) **Dans le cas de contreventement vertical**, le nombre de dispositifs de stabilité doit être supérieur ou égal à deux, dans la même direction. Les palées, de deux côtés parallèles, doivent avoir une rigidité identique ou voisine.
- b) **Dans le cas de contreventement horizontal**, les planchers et les toitures doivent former des diaphragmes rigides.
- c) **Les fondations** doivent être en béton armé, suffisamment lourdes et rigides pour lester la construction et limiter les tassements différentiels.

F.4 Coefficient de comportement

Le coefficient de comportement des différentes structures en bois est donné au § 3.5 du présent document technique réglementaire.

Pour les structures ayant des propriétés différentes et indépendantes dans les deux directions horizontales, le coefficient, R , à utiliser pour le calcul des effets de l'action sismique, dans chacune de ces directions, doit correspondre aux propriétés de la structure dans la direction considérée. Les coefficients à utiliser dans les deux directions peuvent être différents.

Lorsque le contreventement, dans un même plan, est constitué par des systèmes différents composés de matériaux différents (cf. Figure (F.1)), le coefficient de comportement, R , est déterminé par la formule suivante :

$$\frac{1}{R} = \sqrt{\frac{\sum (\frac{V_i}{R_i})^2}{\sum V_i^2}} \quad (\text{F.1})$$

Où :

- V_i désigne l'effort tranchant équilibré par un système de contreventement,
- R_i est le coefficient de comportement qui lui correspond.

Lorsque le contreventement entre deux niveaux consécutifs est constitué par des systèmes de matériaux différents (cf. Figure (F.2)), le coefficient de comportement R à considérer pour l'ensemble de la structure est le plus petit des coefficients de comportement.

Figure F.1: Exemple de systèmes contreventements différents (en plan)

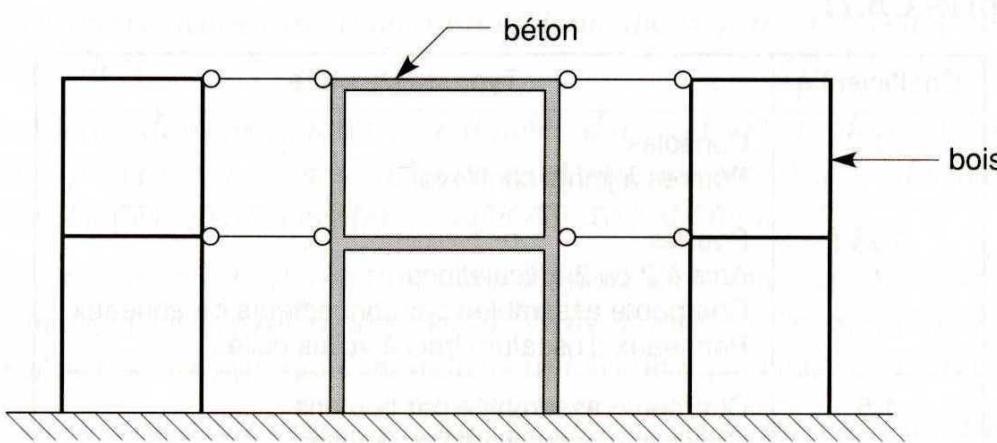
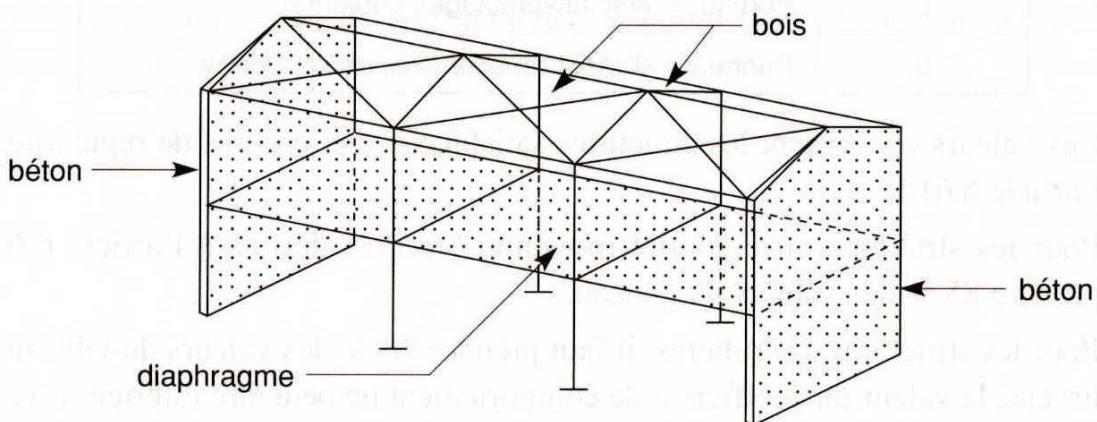


Figure F.2: Exemple contreventements différents (en élévation)



F.5 Coefficient d'amortissement

Les valeurs des coefficients d'amortissement, selon le type de contreventement, sont donnés comme suit :

- 7%-10% pour une structure en bois, avec contreventement équivalent à une ossature
- 15% pour une structure en bois, avec contreventement équivalent à des voiles

F.6 Analyse de la structure

1. Le glissement des assemblages de la structure doit être pris en compte dans l'analyse.
2. La valeur du module, E_0 , sous charges instantanées (supérieure de 10 % à la valeur prise pour le court terme) doit être utilisée.
3. Les planchers diaphragmes et toitures en bois peuvent être considérés comme rigides, dans le modèle de structure, sans autre vérification si les deux conditions suivantes sont vérifiées :
 - a) les règles de détail données en § F.8 pour les diaphragmes horizontaux sont appliquées ;
 - b) leurs ouvertures n'affectent pas sensiblement la rigidité globale dans le plan du plancher :
 - Le rapport entre les dimensions maximales dans les deux directions principales ne dépasse pas 2.0.
 - Ouvertures compactes de moins de 10 % de la surface de plancher qui ne sont pas situées le long du périmètre.
4. Diaphragmes de plancher et de toiture composites bois-béton peuvent être considérés comme rigide dans le plan si les deux conditions a) à b) sont satisfaites :
 - a) Leurs ouvertures n'affectent pas, de manière significative, la rigidité globale dans le plan des planchers :
 - un plancher avec forme compacte et un rapport entre les dimensions maximales dans les deux directions principales ne dépasse pas 2.0.
 - des ouvertures compactes de moins de 20 % de la surface au sol.
 - b) Le revêtement en béton doit avoir une épaisseur d'au moins 50 mm et doit être relié à tous les éléments primaires.

F.7 Règles de détail pour les assemblages

1. Les éléments comprimés et leurs assemblages (par exemple, assemblages de charpentier) qui peuvent subir des ruptures, sous l'effet des déformations dues à l'inversion des efforts, doivent être conçus de telle sorte qu'ils ne puissent pas se séparer et qu'ils restent dans leur position d'origine.
2. Les boulons et les broches doivent être serrés et les trous ajustés. Des boulons ou des broches de diamètres ($d > 16$ mm) ne doivent pas être utilisés pour les assemblages bois-bois et bois-métal, sauf s'ils sont associés à des connecteurs en bois.
3. Les broches, les clous lisses et les crampons ne doivent généralement pas être utilisés sans disposition complémentaire s'opposant à leur arrachement.
4. En cas de traction perpendiculaire au fil du bois, il convient d'adopter des dispositions complémentaires afin d'éviter le fendage (par exemple, plaques métalliques clouées ou plaques de recouvrement clouées).

F.8 Règles de détail pour les diaphragmes horizontaux

1. Pour les diaphragmes horizontaux soumis aux actions sismiques, le "DTR C 2.4.6" s'applique, avec les modifications suivantes :
 - le coefficient de majoration de 1.2 pour la résistance des connecteurs aux bords des plaques ne doit pas être utilisé ;

- lorsque les plaques sont en quinconce, le coefficient de majoration de 1.5, pour l'espacement des clous le long des bords des panneaux discontinus, ne doit pas être utilisé;
 - la répartition des efforts tranchants dans les diaphragmes doit être évaluée en prenant en compte la position en plan des éléments verticaux résistant aux forces latérales.
2. Tous les bords des panneaux de voile travaillant, qui ne sont pas fixés sur des éléments structuraux, doivent être supportés et fixés par des entretoises transversales placées entre les poutres en bois. Des entretoises doivent, également, être prévus dans les diaphragmes horizontaux, au-dessus des éléments verticaux résistant aux forces latérales (par exemple, les murs).
 3. La continuité des poutres, en incluant les chevêtres, doit être assurée dans les zones où les diaphragmes sont perturbés par des trémies.
 4. En l'absence d'entretoises de même hauteur que les poutres, il convient que le rapport hauteur/largeur (h/b) des poutres en bois, soit inférieur à 4.

F.9 Contrôle du dimensionnement et de l'exécution

Les éléments structuraux suivants doivent être identifiés sur les plans de projet et il doit être prévu des spécifications de contrôle particulier d'exécution pour :

- les tiges d'ancrage et tous les assemblages avec les éléments de fondation ;
- les entretoises diagonales tendues en acier utilisées pour le contreventement ;
- les assemblages entre les diaphragmes horizontaux et les éléments verticaux de contreventement ;
- les assemblages entre les panneaux travaillant et l'ossature en bois dans les diaphragmes horizontaux et verticaux.

Le contrôle de l'exécution doit particulièrement porter sur les propriétés des matériaux et sur la précision de l'exécution.