

Eurocode 8

EN1998-1 Chapitre 8

Règles particulières aux **constructions en bois**

Le bois

Un bon matériau de structure pour construire en zone sismique

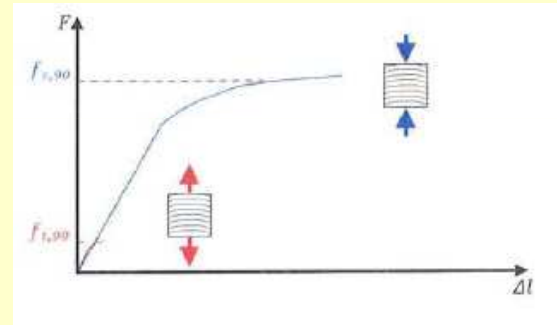
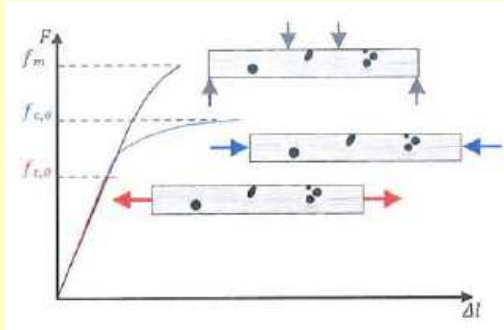
- léger => forces sismiques faibles
- bonne résistance en traction et en compression

Matériau	Résistant en	Masse Spécifique ρ Kg/m ³	Domaine des Résistances f offertes MPa	Performance f / ρ 10^{-3} MPa /(Kg/m ³)
Bois	Compression Traction	550	20 - 30	35 - 55
Acier de charpente	Compression Traction	7800	275 - 355	35 - 45
Béton	Compression	2400	25 - 80	10 - 30
	Traction	2400	2 - 3,5	0,8 - 1,5
Béton armé	Flexion	2500	10 - 25	4 - 10
Maçonnerie	Compression	2100	4 - 8	1,9 - 3,8
	Traction	2100	0,3 - 0,5	0,1 - 0,2

=> Performance similaire à l'acier

MAIS le bois est

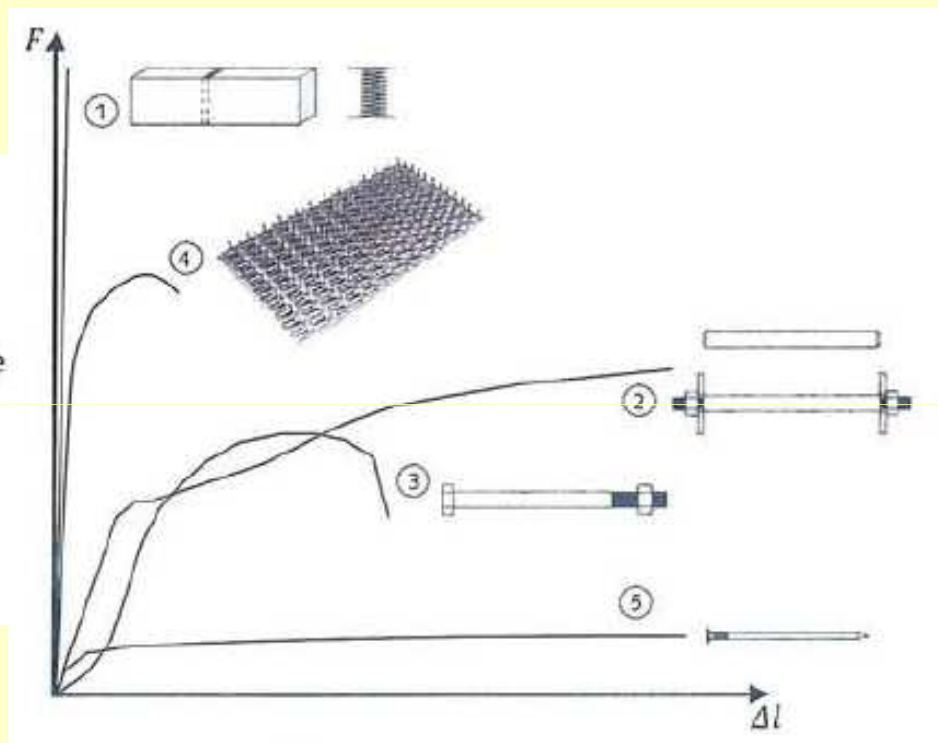
- peu ductile
- comportement linéaire élastique
- ruine fragile, au départ de défauts naturels
fragile en traction perpendiculaire aux fibres
un peu plastique en compression ppd aux fibres



⇒ **EN PROJET** Les éléments travaillent élastiquement
Dissipation d'énergie: déformations plastiques des **assemblages**

Assemblages

- ① collage
- ② broches (boulons ajustés)
 $d = 14 \text{ mm}$
- ③ boulons de charpente
 $d = 14 \text{ mm}$
- ④ plaques métalliques
à dents embouties
 10000 mm^2
- ⑤ clous $d = 4,4 \text{ mm}$



Assemblages par broches

Le comportement d'un assemblage par broche se différencie suivant sa conception:

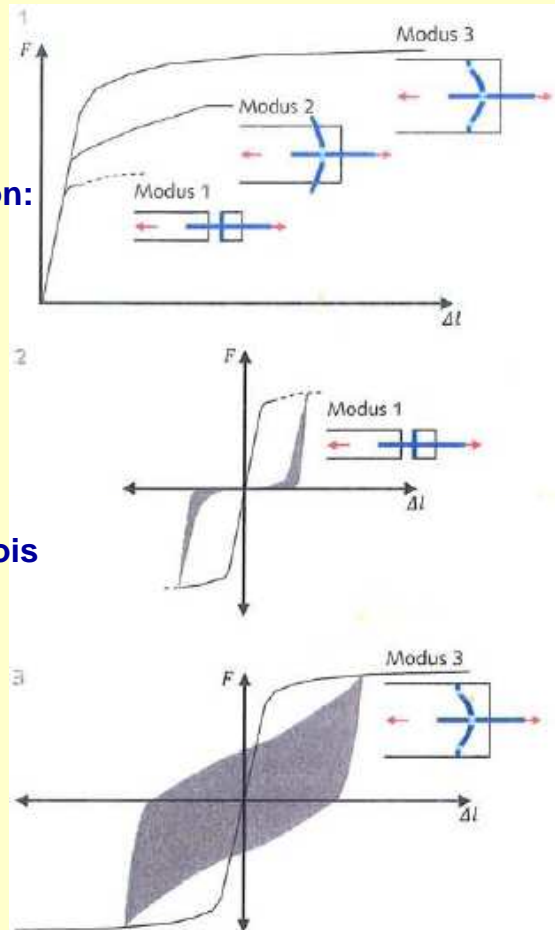
- Orientation de la sollicitation
Cisaillement meilleur que traction

- En cisaillement
Rapport diamètre/longueur de la tige

d/t faible: flexion plastique de la broche
+ écrasement local plastique du bois

d/t élevé: fissuration du bois

- Glissement relatif broche-bois
Glissement empêché: meilleure résistance
empêché: boulons d'extrémité
nervures ⇔ frottement



Eurocode 8

• Mécanismes plastiques

- Déformations des « assembleurs »
= assemblages « à tiges »: clous, agrafes, vis, goujons, boulons
- Ecrasement des fibres contre les assembleurs
mais boucles d'hysteresis minces
dégradation du bois par ovalisation des trous
- La réponse dépend de l'interaction entre ces 2 mécanismes
Paramètre: élancement du connecteur (goujons, etc...)

Détermination des propriétés: essais réalistes prEN12512

- Assemblages semi-rigides => flexibilité considérée dans l'analyse rigides => flexibilité négligeable

Classes de ductilité

- Fonction de
 - Type de structure redondance
 - Assemblages connecteurs
- DCL $q=1,5$ => EN1995-1:2004 EN1993
- DCM, DCH => EN 1998 EN1995-1-1 EN1993 acier
acier moulé

Impositions particulières pour DCM et DCH

- Assemblages collés non dissipatifs
- Assemblages dissipatifs matériaux et connecteurs adéquats
- Assemblages de charpentier
OK si non fragile Ni traction ppd, ni cisaillement
- Panneaux de particules & fibres densité $\geq 650 \text{ kg/m}^3$
épaisseur $\geq 13 \text{ mm}$
en contreplaqué épaisseur $\geq 9 \text{ mm}$
- Panneaux cloués: + dissipatifs que des contreventements par barres
Mais éviter l'extraction des clous => clous non lisses
ou règles anti - extraction

Types de structure et limites sup. de q en classes DCL, DCM et DCH

Classe de ductilité	q <i>France</i>	q <i>EC8</i>	Type de structure
Capacité dissipation énergie faible DCL	1,5	1,5	<ul style="list-style-type: none"> ● Consoles, poutres ● Arcs avec 2 ou 3 assemblages brochés ● Treillis assemblés par connecteurs
Capacité moyenne à dissiper dissipation énergie DCM	2	2	<ul style="list-style-type: none"> ● Panneaux de murs diaphragmes collés assemblés par clous & boulons peu élancés: $d \leq qcq$ $t \geq 3d$ ● Treillis avec assemblages brochés et boulonnés ● Structures mixtes: ossature bois résist. forces horiz. + remplissages non porteurs
	2,5	2,5	<ul style="list-style-type: none"> ● Portiques hyperstatiques assemblages brochés & boulonnés $\mu \geq 4$ clous ou boulons peu élancés: $d \leq quelconque$ $t \geq 8d$
Capacité élevée à dissiper dissipation énergie DCH	Non Admis	3	<ul style="list-style-type: none"> ● Panneaux de mur cloués diaphragmes collés assemblés par clous et boulons ● Treillis avec assemblages cloués
	Non Admis	4	<ul style="list-style-type: none"> ● Portiques hyperstatiques assemblages brochés & boulonnés $\mu \geq 6$ clous ou boulons « élancés »: $d \leq 12 \text{ mm}$ $t \geq 10 d$
	Admis $q = 3$ $q = 3$	5 4	<ul style="list-style-type: none"> ● Panneaux de mur cloués diaphragmes cloués assemblés par clous & boulons élancés: $d \leq 12 \text{ mm}$ $t \geq 4 d$ ● Idem, mais clous & boulons peu élancés: $d \leq qcq$ $t \geq 3 d$

Bâtiment irrégulier en élévation => $q / 1,2$

$q_{\min} = 1,5$

Qualification par essais des zones dissipatives

- Déformation plastique sous min 3 cycles en + et -
- Rapport de ductilité statique : $d_{ult}/d_y = \mu \geq 4$ DCM $R_{ult}/R_y \geq 0,80$
 $\mu \geq 6$ DCH
- Nœuds de portique: rotation plastique
- Panneaux cloués: déformation de cisaillement

Règles assurant sans essais la ductilité des assemblages

relation diamètre clous <=> épaisseur t des éléments assemblés
<=> classe de ductilité

a) Assemblages bois-bois brochés, boulonnés et cloués, assemblages bois-métal

Épaisseur t des éléments assemblés

DCH $q = 4$ clous ou boulons « élancés » $d \leq t/10$ $t \geq 10 d$
et diamètre d du connecteur $d \leq 12 \text{ mm}$

ANF: - règle pas applicable si + de 2 plans de cisaillement

- assemblages bois-métal: vérifier la capacité des plats métalliques pour éviter rupture fragile en section nette

Si diamètres quelconques des connecteurs

DCM $q = 2,5$ clous ou boulons « peu élancés » $d \leq t/8$ $t \geq 8d$

DCL $q = 1,5$ $t < 8d$ $d > t/8$ accepté

Règles assurant sans essais la ductilité des assemblages (suite)

Des relation diamètre clous <=> épaisseur t des éléments assemblés
<=> classe de ductilité DCL DCM DCH

b) Murs de contreventement & diaphragmes

matériau de panneau : à base de bois

DCH $q = 5$ épaisseur minimale t : $d \leq t/4$ $t \geq 4 d$
et diamètre d des clous $d \leq 3,1 \text{ mm}$

Si diamètres quelconque des connecteurs

DCH $q = 4$ clous ou boulons « peu élancés » $d \leq t/3$ $t \geq 3 d$

DCL $q = 2$ $t < 3d$ accepté

Règles de détail

-S'appliquent à la structure primaire

- Les zones dissipatives doivent être situées là où il n'y
ni plastification
ni flambement de barre
ni dégradations sous sollicitations cycliques

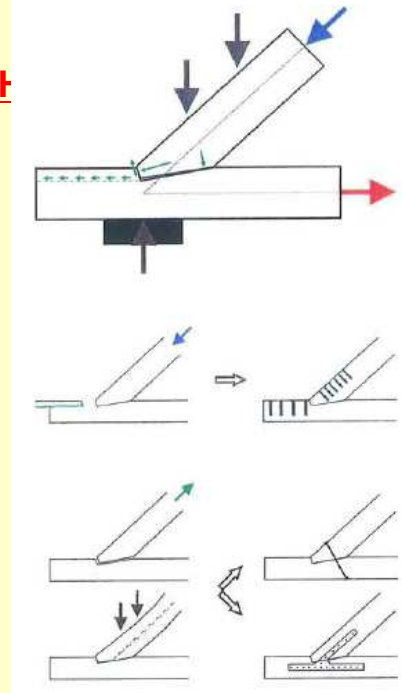
Règles de détail pour les assemblages DCM et DCI

● Éléments comprimés et leurs assemblages

Attention! Inversion des efforts

=> conçus pour ne pas se séparer

Ex : assemblages de charpentier



● Boulons et broches : serrés

Trous: ajustés

$d \leq 16$ mm dans les assemblages bois-bois
acier-bois

sauf si usage de connecteurs de type anneaux
avec dents

● Broches, clous & crampons

si lisses => prendre des disposition complémentaires anti - arrachement

● Traction perpendiculaire au fil du bois

=> dispositions anti - fendage : plaques métalliques clouées

Analyse de la structure $E = E_0$ charge instantanée

Diaphragmes

Efforts tranchants dans les diaphragmes:

évalués en considérant la position des contreventements verticaux

EN1995-1-1:2004 s'applique mais

- pas de majoration par 1,2 x résistance des connecteurs aux bords des plaques

- pas de majoration par 1,5 x espacement des clous de bords des panneaux
discontinus si plaques en quinconce

Règles pour réaliser la rigidité des diaphragmes dans leur plan.

● Bords des panneaux de voile:

fixés par des entretoises transversales entre poutres

● Aux jonctions des diaphragmes horizontaux aux contreventements: des entretoises

● Continuité des poutres, entretoises comprises, autour des trémies.

● En l'absence d'entretoises de même hauteur que les poutres:

$$[h/b]_{\text{poutres bois}} < 4$$

● Si $a_g S \geq 0,2g$ => espacement des connecteurs en zone de discontinuité réduit de 25 %

\geq espacement min de EN 1995-1:2004

● Planchers considérés comme rigides dans leur plan:

pas de changement de direction des poutres aux appuis

si des forces horizontales sont transmises aux contreventements verticaux

Vérifications de sécurité

- Résistance du bois : k_{mod} actions instantanées EN 1995-1:2004
- DCL : γ_M des combinaisons fondamentales d'actions de EN 1995
- DCM ou DCH : γ_M des combinaisons accidentelles d'actions de EN 1995
- Sur-résistance suffisante ▶ des éléments de la structure
▶ des assemblages reliés aux zones dissipatives
En particulier, sur-résistance :
 - ▶ des tirants d'ancrage et assemblages avec des supports massifs
 - ▶ des assemblages entre diaphragmes horiz. et contreventements verticaux
- Eviter la ruine par cisaillement des assemblages de charpentier
=> vérification avec un coefficient partiel supplémentaire égal à 1,3

Référence pour la conception:

Guide des dispositions constructives parasismiques des ouvrages en acier , béton, bois et maçonnerie.

AFPS. Presses des Ponts et Chaussées. 2005.

Contrôle du dimensionnement et de l'exécution

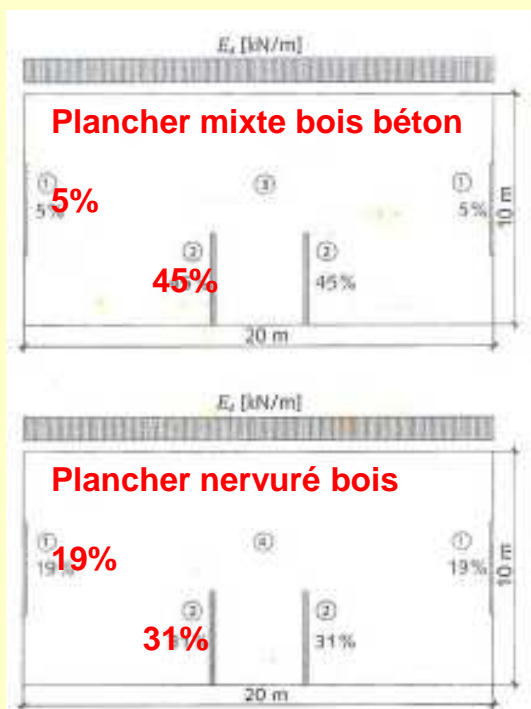
- ▶ EN 1995 s'applique
- ▶ Les éléments structuraux suivants à identifier sur les plans de projet avec des spécifications de contrôle particulier d'exécution :
 - tirants d'ancrage
 - assemblages avec les éléments de fondation,
 - entretoises diagonales tendues en acier utilisées pour le contreventement,
 - assemblages entre diaphragmes horizontaux et éléments verticaux de contreventement,
 - assemblages entre les panneaux et l'ossature en bois dans les diaphragmes horizontaux et verticaux.
- ▶ Le contrôle de l'exécution doit particulièrement porter sur
 - les propriétés des matériaux
 - la précision de l'exécution.

Quelques remarques et éléments de conception

Raideur des planchers

La raideur des planchers bois est inférieure à celle de planchers béton

La distribution des sollicitations de cisaillement est différente
pas proportionnelle aux raideurs des contreventement
plus proche de la distribution de « masses rapportées »



- ① Parois porteuses en bois panneautés multicouches
Épaisseur 140 mm (40/60/40)
Longueur 4,00 m
Hauteur 2,80 m
Module E 6280 N/mm²
Module G 500 N/mm²
- ② Parois porteuses en béton armé (fissuré)
Épaisseur 200 mm
Longueur 4,00 m
Hauteur 2,80 m
Module E 16 000 N/mm²
Module G 7500 N/mm²
- ③ Plancher mixte bois-béton
Béton de couverture 100 mm (non fissuré)
- ④ Plancher nervuré en ossature bois
Composition de la dalle avec OSB3 22 mm
Largeur de panneau 1,25 m
Assemblage des joints de panneaux avec des agrafes 1,53 × 65 mm, $a_p = 40$ mm

Raideur des planchers

La raideur des planchers bois est inférieure à celle de planchers béton

La distribution des sollicitations de cisaillement est différente
pas proportionnelle aux raideurs des contreventement
plus proche de la distribution de « masses rapportées »

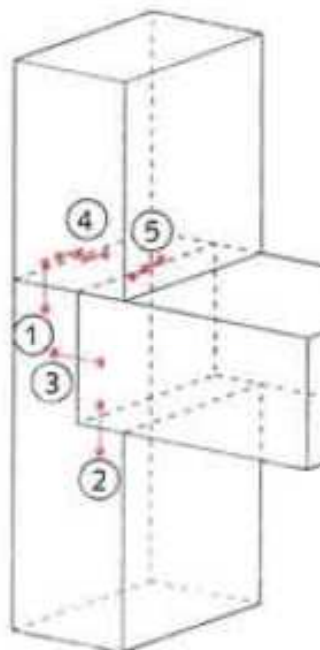
Attention au modèle numérique !

Correct: introduire la flexibilité des planchers dans leur plan

Modèle « diaphragme rigide »

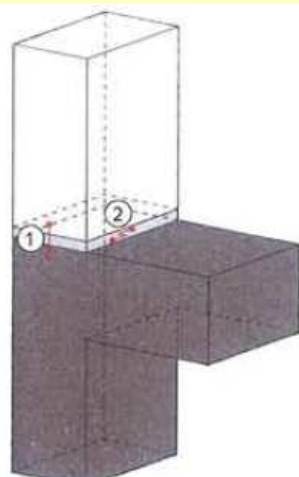
=> sous estimation des sollicitations de certains contreventement

Jonction entre étages



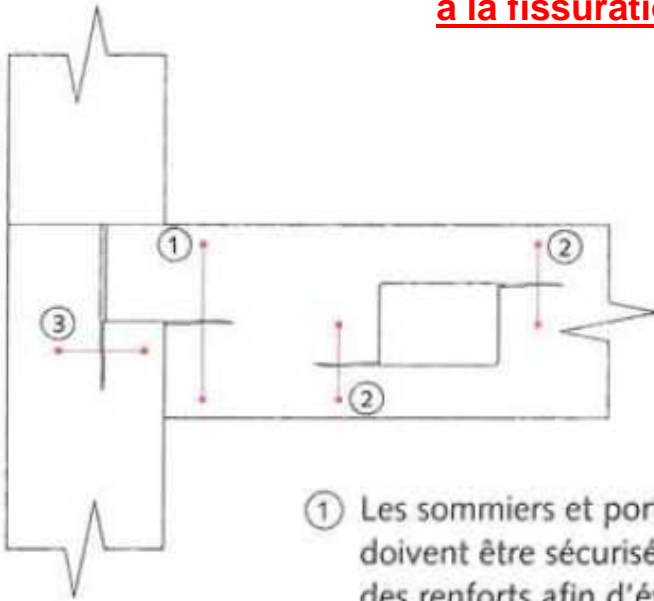
- ① À la jonction entre étages, les éléments porteurs verticaux doivent être liés ensemble de façon à ce qu'ils soient aptes à reprendre et à transmettre les efforts cycliques alternés (traction et compression) résultant d'un séisme.
- ② Il faut empêcher que les éléments porteurs horizontaux se soulèvent de leurs appuis, par un ancrage suffisant avec des moyens de liaisons adéquats.
- ③ Les éléments porteurs horizontaux doivent être ancrés horizontalement de façon à exclure un glissement hors de leurs appuis sous l'effet des efforts cycliques.
- ④ Les éléments porteurs verticaux qui participent à la stabilisation doivent être liés au cisaillement, de façon à pouvoir transmettre les efforts tranchants qui apparaissent.
- ⑤ Les éléments porteurs horizontaux doivent être liés aux verticaux de manière rigide au cisaillement, de façon à transmettre les efforts tranchants qui se développeraieent lors d'un séisme.

Ancrage à la fondation



- ① Les ancrages des éléments porteurs verticaux servant à la stabilisation horizontale de la structure porteuse doivent être dimensionnés de façon à pouvoir reprendre les efforts cycliques alternés découlant de l'accélération dans la direction horizontale.
- ② Les éléments porteurs verticaux de contreventement doivent être liés de manière rigide au cisaillement de façon à pouvoir transmettre les efforts tranchants.

Renfort des éléments porteurs sensibles à la fissuration perpendiculaire aux fibres



- ① Les sommiers et porteurs entaillés dans la zone de l'appui doivent être sécurisés contre la traction perpendiculaire par des renforts afin d'éviter une possible fissuration.
- ② Les percements proches des appuis ou dans des zones avec des sollicitations élevées d'effort tranchant doivent être assurés par des renforts.
- ③ Les poteaux entaillés sollicités en cisaillement par des actions cycliques doivent être sécurisés par des renforts.