Sommaire

[VERIFICATION AUX EUROCODES D’UNE PIECE TRAVAILLANT EN FLEXION 2](#_Toc532550354)

[1 Hypothèses de calcul 2](#_Toc532550355)

[2 Détermination des actions 3](#_Toc532550356)

[2.1 Actions provoquées par le poids de la structure. 3](#_Toc532550357)

[Etape 1 : Détermination de la bande de chargement 3](#_Toc532550358)

[Etape 2 : Transformation de la masse en charge 3](#_Toc532550359)

[Etape 3 : Détermination de la charge de structure (G) par mètre de solive 3](#_Toc532550360)

[2.2 Les charges d’exploitation. 3](#_Toc532550361)

[3 Les combinaisons d’action. 4](#_Toc532550362)

[4 Vérification à l’Etat Limite Ultime (ELU). 4](#_Toc532550363)

[4.1 La flexion 4](#_Toc532550364)

[4.1.1 Contrainte provoquée par les actions σm,d 5](#_Toc532550365)

[4.1.2 Contrainte de résistance du bois fm,d. 5](#_Toc532550366)

[4.1.3 Coefficient d’instabilité provenant du déversement kcrit 6](#_Toc532550367)

[4.1.4 Taux de travail 7](#_Toc532550368)

[4.2 Le cisaillement. 7](#_Toc532550369)

[4.2.1 Contrainte provoquée par les actions τd. 7](#_Toc532550370)

[4.2.2 Contrainte de résistance du bois fv,d. 8](#_Toc532550371)

[4.2.4 Taux de travail 8](#_Toc532550372)

[4.3 La compression sous les appuis. 8](#_Toc532550373)

[4.3.1 Contrainte provoquée par les actions, **σc,90,d**. 8](#_Toc532550374)

[4.3.2 Contrainte de résistance du bois fc,90,k. 9](#_Toc532550375)

[4.3.3 kc,90 : Coefficient permettant de majorer la contrainte de résistance 10](#_Toc532550376)

[4.3.4 Taux de travail 10](#_Toc532550377)

[5 Vérification à l’Etat Limite de Service (ELS). 10](#_Toc532550378)

[5.2 La déformation instantanée sous charge variable. 10](#_Toc532550379)

[5.3 La déformation totale. 11](#_Toc532550380)

[6 Comparaison entre les critères de dimensionnement 13](#_Toc532550381)

[En savoir plus 13](#_Toc532550382)

[TABLEAUX : Vérifications des structures en bois avec les eurocodes 14](#_Toc532550383)

[Tab. 1. Valeurs des charges d’exploitation en fonction du bâtiment 14](#_Toc532550384)

[Tab. 2. Coefficients partiels de l’action permanente pour un bâtiment courant 14](#_Toc532550385)

[Tab. 3. Coefficients statistiques en fonction des catégories de bâtiment et de l’altitude (Source : NF EN 1990) 15](#_Toc532550386)

[Tab. 4. Valeurs caractéristiques des bois massifs résineux et de peuplier 15](#_Toc532550387)

[Tab 5 : Valeur de *k*mod du bois massif, du lamellé-collé, du lamibois (LVL) et du contreplaqué (Source : NF EN 1995-1-1) 15](#_Toc532550388)

[Tab. 6. Facteur de déformation (*kdef*) selon la classe de service et l’humidité *Hbois* 16](#_Toc532550389)

[(Source : NF EN 1995-1-1) 16](#_Toc532550390)

[Tab. 7. Valeur coefficient γ*M* (Source : NF EN 1995-1-1) 16](#_Toc532550391)

[Tab. 8. Valeurs limites réglementaires des flèches (Source : NF EN 1995-1-1) 16](#_Toc532550392)

VERIFICATION AUX EUROCODES D’UNE PIECE TRAVAILLANT EN FLEXION

**ETUDE DE CAS : JUSTIFICATION D’UNE SOLIVE**

La justification d’une solive exige des vérifications à l’état limite ultime (critères de sécurité) et à l’état limite de service (critères de déformation). La première étape consiste à définir les actions, les charges de structure et les charges d’exploitation. Puis il faut déterminer les combinaisons d’actions. Elles simulent les différentes situations de charge auxquelles les solives seront soumises au cours de leur vie. A l’état limite ultime, ces combinaisons d’actions définissent la charge de calcul pour établir les contraintes de flexion, de cisaillement et de compression transversale à l’état limite ultime. A l’état limite de service, la déformation instantanée sous charges variables et la déformation totale à l’état limite de service doivent être vérifiées également.

# **1 Hypothèses de calcul**

**Exemple**



Bande de chargement

Considérons un plancher situé dans une chambre. Les éléments structuraux sont des solives de 175 x 75 mm classée C18 avec un entraxe de 46 cm reposant sur des murs espacés de 4,6 m. La longueur du repos sur le mur est de 25 mm. Elles supportent un panneau OSB de 15 mm d’épaisseur et un parquet flottant de 12 kg/m².

**Remarque : Les valeurs des charges, les caractéristiques des essences et les différents coefficients sont précisés dans les tableaux situés à la fin de ce document.**

# 2 Détermination des actions

## 2.1 Actions provoquées par le poids de la structure.

### Etape 1 : Détermination de la bande de chargement



Entraxe de 460 mm

Solive de 175 x 75 mm

OSB

Parquet

Bande de chargement de 460 mm

La solive reprend 1/2 entraxe à gauche et 1/2 entraxe à droite, soit un entraxe complet (230+230 = 460mm).

### Etape 2 : Transformation de la masse en charge

* Parquet flottant avec sous-couche : 12 kg/m²
* OSB (panneau de grande particules orientées) : 660 kg /m3
* Solives : 380 kg /m3 (voir le tableau 4).

Le calcul consiste a transformer la masse des éléments surfaciques (Parquet contrecollé et OSB) en action exprimées en kN/ m² et la masse des éléments linéique (solive) en action exprimées en kN/m. Par simplification, l’accélération terrestre « g » est pris égale à 10 m/s².

* Parquet contrecollé :, soit
* OSB (panneau de grandes particules orientées) : , soit
* Solives : , soit .

### Etape 3 : Détermination de la charge de structure (G) par mètre de solive

La charge de structure surfacique est multipliée par la bande de chargement pour obtenir une charge linéique. Le poids de la solive est ajouté.

Charges totales :

## 2.2 Les charges d’exploitation.

Le plancher est situé dans un local d’habitation. La charge d’exploitation est de 1,5 kN/m² (voir le tableau 1). La bande de chargement est de 0,46 m.

Détermination de la charge d’exploitation (Q) par mètre de solive

# 3 Les combinaisons d’action.

Cette vérification consiste à confirmer que pendant toute la durée d’exploitation du bâtiment la sécurité des personnes sera assurée. C’est la vérification à l’Etat Limite Ultime ou ELU. Les combinaisons à l’ELU concernent la résistance de la structure. Il n’y a pas de risque de soulèvement ni de risque de neige exceptionnelle (voir le tableau 2).

**Combinaisons pour la résistance de la structure avec des charges descendantes ELU (STR) :**

# 4 Vérification à l’Etat Limite Ultime (ELU).

La vérification à l’ELU consiste à vérifier la résistance en flexion au milieu de la solive, en cisaillement et en compression transversale sous les appuis.

La combinaison d’action retenue est 1,35G + 1,5 Q.

q = 1,35G + 1,5 Q = 1,239 kN/m = 1,239 N/mm

Pour obtenir les sections de calcul à 12% d’humidité du bois, il faut diminuer de 2% les dimensions commerciales. La section commerciale de 175 x 75 devient la section de calcul de 171 x 73 (valeurs arrondis).

Remarque :

- La résistance du bois diminuant lorsque le chargement est permanent (influence du kmod), la combinaison q1 deviendrait dimensionnante si G > 3,33 × Q. Dans l’exemple la structure est légère par apport à la charge d’exploitation (G = 0,22 × Q).

- 1 kN/m = 1000 N/1000 mm = 1 N/mm

## 4.1 La flexion

La contrainte de flexion provoquée par les actions doit rester inférieure à la contrainte de résistance en tenant compte du risque de déversement.

Le taux de travail est : avec :

* σm,d : Contrainte de flexion provoquée par les actions en N/mm².
* fm,d : Contrainte de résistance de flexion calculée en N/mm².
* kcrit : Coefficient d’instabilité provenant du déversement.

### 4.1.1 Contrainte provoquée par les actions σm,d

La contrainte de flexion provoquée par la charge est calculée par la formule :

Mf,y : moment de flexion maximum, pour une poutre sur deux appuis avec une charge uniformément répartie, Mf,y = qL2/8

q = 1,239 N/mm, charge linéique de poutre.

L = 4600 mm, distance entre appuis.

IG,y/V : module d’inertie, bh2/6 pour une section rectangulaire avec le repère de la figure 1.

Repère de la section adopté par l’Eurocode

z

b

y

h

Remarque : toutes les unités sont en millimètre et en Newton.

### 4.1.2 Contrainte de résistance du bois fm,d.

La contrainte de résistance du bois dépend de la contrainte caractéristique, de la classe de service (humidité du bois), de la charge de plus courte durée de la combinaison d’action, de l’effet système et du coefficient de hauteur lié à la plus grande dimension de la section.

* fm,k = 18 N/mm², contrainte caractéristique de résistance en flexion (voir le tableau 4).
* kmod = 0,8, coefficient modificatif en fonction de la charge de plus courte durée (la charge d’exploitation) et de la classe de service (voir le tableau 5).
* γM = 1,3, coefficient partiel qui tient compte de la dispersion du matériau (voir le tableau 6).
* ksys= 1,1; le coefficient d’effet système est égale à 1,1. Il apparaît lorsque plusieurs éléments porteurs de même nature et de même fonction avec un entraxe inférieur à 1,2 m (solives, charpente industrielle) sont sollicités par un même type de chargement réparti uniformément et avec un système capable (le panneau dans notre exemple) de reporter les efforts sur les pièces adjacentes.
* kh = 1 Coefficient de hauteur. Le coefficient kh est égal à 1 lorsque la hauteur de la poutre est supérieure à 150 mm.

Calcul du coefficient de hauteur pour du bois massif.

si h ≥ 150 mm Kh = 1

si h ≤ 150 mm Kh = min (1,3 ;(150/h)0,2)

Avec h la hauteur de la pièce en mm

### 4.1.3 Coefficient d’instabilité provenant du déversement kcrit

Le déversement est un flambement latéral de la membrure comprimée. Il peut apparaitre lorsque les appuis sont limités en torsion (sabots, encastrement dans un mur,…) et si l’élancement est important c'est-à-dire lorsque le rapport hauteur/ épaisseur est élevé et lorsque la membrure comprimée n’est pas maintenue. Le calcul du coefficient kcrit s’effectue à partir de la contrainte critique de flexion σm,crit et de l’élancement relatif de flexion λrel,m.

Calcul de la contrainte critique σm,crit

La contrainte critique de flexion est définie par la formule :

* E0,05 = 6 kN/mm² = 6000 N/mm², module axial au 5ième pourcentile ou caractéristique (voir le tableau 4).
* h = 171 mm, hauteur de la pièce.
* b = 73 mm, épaisseur de la pièce.
* l = 4600 mm, longueur de la pièce
* Δl = 2\*171 = 342 mm, lorsque la pièce est chargée sur sa fibre comprimée lef est augmentée de la valeur 2h. Si la pièce est chargée sur sa partie tendue lef est diminuée de 0,5h.
* klef, coefficient fonction du type d’appui et du chargement, klef = 0,9 ;

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Type d’appui | Type de chargement | Coefficient |
| Appuis simples | Charge répartie | 0,9 |
| Charge concentrée | 0,8 |
| Porte à faux | Charge répartie | 0,5 |
| Charge concentrée | 0,8 |

Calcul de l’élancement relatif de flexion λrel,m

L’élancement relatif de flexion est défini par la formule

* σm,crit = 32,5 N/mm², contrainte critique de flexion.
* fm,k = 18 N/mm², contrainte de flexion caractéristique (voir le tableau 4).

**Calcul du coefficient kcrit**

Si kcrit = 1, pas de déversement

Si kcrit = 1,56 – 0.75 λrel,m

Si kcrit = 1/ λ²rel,m

λrel,m = 0,74 donc kcrit = 1

Remarque : Si le déplacement latéral de la face comprimée est évité sur toute sa longueur (entretoises ou panneaux fixés comme un voile travaillant pour former un diaphragme), le coefficient kcrit peut être pris égal à 1.

### 4.1.4 Taux de travail

Le taux de travail est :

Le critère est vérifié.

## 4.2 Le cisaillement.

La contrainte de cisaillement provoquée par les actions doit rester inférieure à la contrainte de résistance.

Le taux de travail est : , avec :

τd : Contrainte de cisaillement provoquée par les actions en N/mm².

fv,d : Contrainte de résistance en N/mm².

### 4.2.1 Contrainte provoquée par les actions τd.

La contrainte de cisaillement provoquée par la charge est calculée par la formule :

* kf = 1,5, coefficient de forme pour une section rectangulaire.
* Fv,d : Effort tranchant en Newton. Une poutre sur deux appuis avec une charge uniformément répartie, a un effort tranchant maximum au voisinage des appuis. Il a la même valeur que la réaction d’appuis, ql/2, soit 1,239 x 4600 / 2 = 2850 N.
* hef = 171 mm, hauteur réelle exposée au cisaillement.
* b = 73 mm, épaisseur de la pièce.
* kcr = 0,67 ; coefficient tenant compte du risque de fente aux extrémités de la poutre.

**Valeur de kcr en fonction du matériau, de la section et du chargement**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Classe de service 1 | Classe de service 2 | Classe de service 3 |
| Bois massif dont une des dimensions de la section < 150 mm | 1 | 1 | 0,67 |
| Bois massif dont une des dimensions de la section > 150 mm | 0,67 | 0,67 | 0,67 |
| Bois lamellé-collé avec moins de 70% de charge permanente par rapport à la charge totale | 1 | 1 | 0,67 |
| Bois lamellé-collé avec au moins 70% de charge permanente par rapport à la charge totale | 1 | 0,67 | 0,67 |

### 4.2.2 Contrainte de résistance du bois fv,d.

La contrainte de résistance du bois dépend de la contrainte caractéristique, de la classe de service (humidité du bois) et de la charge de plus courte durée de la combinaison d’actions.

* fv,k = 3,4 N/mm², contrainte caractéristique de résistance en cisaillement (voir le tableau 4).
* kmod = 0,8, coefficient modificatif en fonction de la charge de plus courte durée (la charge d’exploitation) et de la classe de service (voir le tableau 5).
* γM = 1,3, coefficient partiel qui tient compte de la dispersion du matériau (voir le tableau 6).

### 4.2.4 Taux de travail

Le taux de travail est :

Le critère est vérifié.

## 4.3 La compression sous les appuis.

La contrainte de compression transversale provoquée par les actions doit être inférieure ou égale à la contrainte de résistance de compression transversale. Dans certains cas la contrainte de résistance peut être augmentée du coefficient kc,90.

Le taux de travail est : , avec

σc,90,d : Contrainte de compression transversale provoquée par les actions en N/mm².

fc,90,d : Contrainte de résistance en N/mm².

kc,90 : Coefficient majorant la contrainte de résistance

### 4.3.1 Contrainte provoquée par les actions, **σc,90,d**.

La contrainte de compression transversale provoquée par la charge est calculée par la formule  :

* Fc,90,d : effort de compression en Newton soit la réaction aux appuis, pour une poutre sur deux appuis avec une charge uniformément répartie,
* q = 1,239 N/mm, charge linéique de poutre.
* L = 4600 mm, distance entre appuis.
* b : 73 mm, épaisseur de la pièce.
* lef : longueur efficace de l’appui de la pièce en mm, lef = l + c1 + c2 = 25 + 0 + 25 = 50 mm.
* , et
* ,
* ,
* c1 = 0 mm, majoration en mm à gauche de l’appui de gauche (*a* sur la figure 2).
* c2 = 25 mm, majoration en mm à droite de l’appui de gauche (l1 sur les figures 1 et 2).
* l = 25mm, la longueur de l’appui en mm.
* l1 = 4600 mm, la distance entre deux charges ponctuelles.
* a = 0 mm, la distance entre l’extrémité de la poutre et une charge ponctuelle (*a* sur la figure 2).

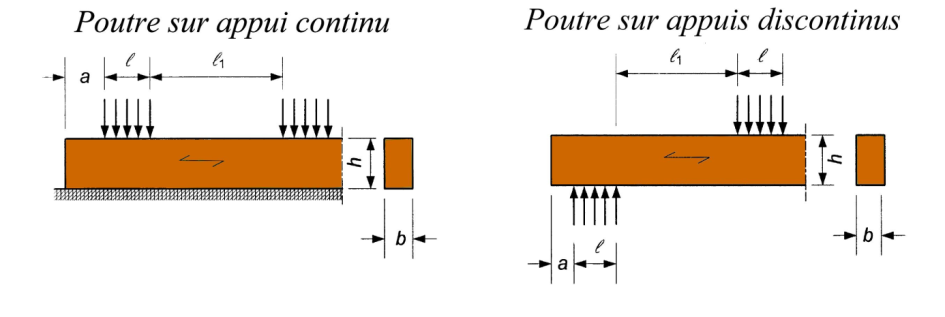
l1

l

**c1**

**c2**

**Définition des distances l, et l1 de la solive**



**Définition des distances a, l, et l1 (cas général)**

Remarque : Si vous retournez la poutre sur appuis continu (à gauche) vous obtenez une poutre sur appuis discontinue uniformément chargée.

### 4.3.2 Contrainte de résistance du bois fc,90,k.

La contrainte de résistance du bois dépend de la contrainte caractéristique, de la classe de service (humidité du bois), de la charge de plus courte durée de la combinaison d’action.

* fc,90,k = 2,2 N/mm², contrainte caractéristique en compression transversale (voir le tableau 4).
* kmod = 0,8, coefficient modificatif en fonction de la charge de plus courte durée (la charge d’exploitation) et de la classe de service (voir le tableau 5).
* γM = 1,3, coefficient partiel qui tient compte de la dispersion du matériau (voir le tableau 6).

### 4.3.3 kc,90 : Coefficient permettant de majorer la contrainte de résistance

Le tableau ci dessous précise les cas ou il est possible de majorer la contrainte de résistance. La distance l1 doit être supérieure ou égale à 2 fois la hauteur de la pièce (l1 ≥ à 2h). Soit pour notre exemple, kc,90 = 1,5.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Type d’appui | Exemple | Bois massif résineux | Bois lamellé-collé résineux |
| appuis continus | Lisse basse sur une dalle de béton | 1,25 | 1,5 |
| appuis discontinus | Poutre sur deux appuis | 1,5 | 1,75 |

### 4.3.4 Taux de travail

Le taux de travail est :

Le critère est vérifié.

# 5 Vérification à l’Etat Limite de Service (ELS).

L’état limite de service est vérifié lorsque les déformations ne dépassent pas une valeur limite réglementaire. Le comportement des planchers doit aussi être vérifié vis-à-vis des vibrations. Les vérifications à l’ELS concernent la déformation sous charge variable et la déformation totale de la solive. Le tableau 8 mentionne les valeurs limites réglementaires des flèches. Lorsqu’il n’y a pas de contreflèche, il n’ya pas lieu de vérifier la déformation Ufin.

## 5.2 La déformation instantanée sous charge variable.

La déformation instantanée sous charge variable est provoquée par les charges d’exploitation. Le taux de déformation est , avec :

* Uinst(Q) : Flèche instantanée provoquée par la charge d’exploitation.
* Winst(Q) : Flèche instantanée limite réglementaire sous charge variable.

La flèche instantanée est calculée avec la charge variable qinst(Q) = 0,69 kN/m. La solive a une charge symétrique et uniforme, la flèche est définie par la formule :

* qinst(Q) = 0,69 kN/m = 0,69 N/mm, charge linéique provoquée par les actions variables.
* L = 4600 mm, distance entre appuis.
* E0,mean = 9 kN/mm² = 9000 N/mm², module moyen axial.
* I : moment quadratique en mm4, pour une section rectangulaire sur chant, I = bh3/12
* h = 171 mm, hauteur de la pièce.
* b = 73 mm, épaisseur de la pièce.

La formule devient :

La valeur limite réglementaire Winst(Q) est définie dans le tableau 8. Elle est de L/300 = 4600/300 = 15,3 mm.

Le taux de déformation est de :

Le critère est vérifié

## 5.3 La déformation totale.

La déformation totale (Unet,fin)  est la somme de la flèche instantanée provoquée par les charges variables Uinst(Q), la flèche instantanée provoquée par les charges permanentes Uinst(G) et la flèche différée provoquée par la durée de la charge et l’humidité du bois Ucreep. Lorsqu’elle existe, Il faut retrancher la contre-flèche fabriquée Uc.

Ufin = Ufin(G) + Ufin(Q)

Unet,fin = Ufin(G) + Ufin(Q) - Uc

Avec :

* Ufin(G) = Uinst(G)(1+ kdef)
* Ufin(Q)= Uinst(Q)(1+ψ2.kdef)

Nous obtenons :

Ufin = Uinst(G)(1+ kdef) + Uinst(Q) (1+ ψ2.kdef)

Unet,fin = Uinst(G)(1+ kdef) + Uinst(Q) (1+ ψ2.kdef) - Uc

Le taux de déformation est , avec :

* Unet,fin : Flèche nette finale.
* Wnet,fin : Flèche nette finale limite réglementaire.

Calcul de Uinst(G) :

* qG= 0,151 kN/m = 0,151 N/mm, charge de calcul linéique.
* L = 4600 mm, distance entre appuis.
* E0,mean = 9 kN/mm² = 9000 N/mm², module moyen axial précisé dans le tableau 4.
* I : moment quadratique en mm4, pour une section rectangulaire sur chant, I = bh3/12
* h = 171 mm, hauteur de la pièce.
* b = 73 mm, épaisseur de la pièce.

La formule devient :

Il n’y a pas de contreflèche, Unet,fin = Ufin = Uinst(G)(1+ kdef) + Uinst(Q) (1+ ψ2.kdef), car Uc = 0

Unet,fin = 3,21(1 + 0,6) + 14,7(1 + 0,3×0,6) = 22,5mm.

Avec :

* kdef = 0,6, local chauffé, classe de service 1 (tableau 7).
* ψ2 = 0,3, habitations résidentielles, (tableau 3).

La valeur limite réglementaire Wnet,fin est définie dans le tableau 8. Elle est de L/200 = 4600/200 = 23 mm.

Le taux de déformation est de :

Le critère est vérifié

Remarque :

* La vérification vis-à-vis des vibrations pourrait conduire à augmenter la hauteur de la section pour rigidifier le plancher.
* Si il y a plusieurs actions variable, Ufin = Uinst(G)(1+ kdef) + Uinst(Q,1) (1+ ψ2,1.kdef) + Uinst(Q,2) (ψ0,2+ ψ2,2.kdef)…
* Lorsqu’il y a une contre flèche (Uc) il faut vérifier Ufin = Uinst(G)(1+ kdef) + Uinst(Q) (1+ ψ2.kdef) - Uc
* Le fluage est égal à : Ucreep = Uinst(G)(kdef) + Uinst(Q)(ψ2.kdef)
* Il est préférable de calculer flèche provoquée par l’effort tranchant si le taux de déformation dépasse 0,95 ou si les charges sont importantes et la distance entre appuis courte, c'est-à-dire l’effort tranchant important. La formule est : , avec

- Mfmax = qL2/8 (poutre sur deux appuis uniformément chargée), le moment de flexion maximum en N.mm, avec q = q(G)(1+ kdef) + q(Q) (1+ ψ2.kdef) pour tenir compte du fluage, soit :

q = 0,151(1 + 0,6) + 0,69(1 + 0,3 × 0,6) = 1,056 N/mm

- Gmean = 560 N/mm², le module de cisaillement moyen (tableau 4).

- b et h : l’épaisseur (73 mm) et la hauteur (171 mm) de la pièce en mm.

Le taux de déformation devient :

Le critère est vérifié

# 6 Comparaison entre les critères de dimensionnement

Le tableau 10 fait la synthèse des critères vérifié.

|  |  |
| --- | --- |
| Critère vérifié | Taux de travail ou de déformation |
| Contrainte de flexion (ELU) | 0,75 |
| Contrainte de cisaillement (ELU) | 0,24 |
| Contrainte de compression transversale (ELU)\* | 0,39 |
| Flèche instantanée sous charge variable (ELS) | 0,96 |
| Flèche nette finale (ELS) | 0,99 |

\* La contrainte de compression transversale est indépendante de la hauteur de la pièce. Elle dépend notamment de la longueur d’appui de la pièce sur le mur.

Le critère dimensionnant est la flèche nette finale à l’ELS.

# En savoir plus

Construction bois : l'Eurocode 5 par l'exemple - Le dimensionnement des barres et des assemblages en 30 applications. Yves Benoit – Editions Eyrolles - Collection Eurocode

Calcul des structures en bois : Guide d'application de l' Eurocodes 5 (structures bois) et de l'Eurocode 8 (séismes). Yves Benoit, Bernard Legrand, Vincent Tastet – Editions Eyrolles - Collection Eurocode

TABLEAUX : Vérifications des structures en bois avec les eurocodes

### Tab. 1. Valeurs des charges d’exploitation en fonction du bâtiment

(source : NF P 06‑111‑2/A1)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Catégorie** | **Charge uniformément répartie** ***qk*** (kN/m²) | **Charge concentrée *Qk*** (kN) |
| ***A − Logement*** |  |  |
| − Plancher | 1,5 | 2 |
| − Escalier | 2,5 | 2 |
| − Balcon | 3,5 | 2 |
| ***B − Bureau*** |  |  |
| − Bureau | 2,5 | 4 |
| ***C − Locaux publics*** |  |  |
| − C1 Locaux avec table (école, restaurant, etc.) | 2,5 | 3 |
| − C2 Locaux avec sièges fixes (théâtre, cinéma, etc.) | 4 | 4 |
| − C3 Locaux sans obstacles à la circulation (musée, salles d’exposition) | 4 | 4 |
| − C4 Locaux pour activités physiques (dancing, salles de gymnastique, etc.) | 5 | 7 |
| − C5 Locaux susceptibles d’être surpeuplés (salles de concert, terrasses, etc.) | 5 | 4,5 |
| ***D − Commerces*** |  |  |
| − D1 Commerces de détail courants | 5 | 5 |
| − D2 Grands magasins | 5 | 7 |
| ***E − Aires de stockage et locaux industriels*** |  |  |
| − E1 Surfaces de stockage (Entrepôts, bibliothèques,…) | 7,5 | 7 |
| − E2 Usage industriel | *cf*. CCTP | |
| ***H − Toitures*** |  |  |
| − Si pente ≤ 15 % + étanchéité | 0,8 (1) | 1,5 |
| − Autres toitures | 0 | 1,5 |
| ***I − Toitures accessibles*** |  | |
| − Pour les usages des catégories A à D | charges identiques à la catégorie de l’usage | |
| − Si aménagement paysager | ≥ 3 | − |
| *(1) qk sur une surface rectangulaire (A × B) de 10 m² telle que A/B ≤ 2.* | | |

Les vérifications sont effectuées avec la charge uniformément répartie qk puis avec la charge concentrée Qk..

Pour les locaux de catégories A, B, C3 et D1, la charge uniformément répartie *qk* est minorée par le coefficient α*A* =0,77 + *A*0 / *A* ≤ 1 avec *A*0 = 3,5 m² lorsque l’élément étudié reprend une surface supérieur à 15,2 m².

La charges des équipements importants sont précisés dans le cahier des clauses techniques particulières (CCTP) de l’opération de construction.

Les charges d’exploitation de la catégorie H sont des charges d’entretien ; elles ne doivent pas être cumulées avec les actions de la neige ou du vent, mais sont prises en compte lors de la vérification de la déformation à l’état limite de service.

### Tab. 2. Coefficients partiels de l’action permanente pour un bâtiment courant

(Source : NF EN 1990/NA)

|  |  |
| --- | --- |
| **Type d’action** | **Coefficient partiel** |
| ***Permanente*** : |  |
| − (STR) : γ*G*, sup | 1,35 |
| − (STR) : γ*G*, inf | 1 |
| − (EQU) : γ*G*, inf | 0,9 |
| ***Variable*** (STR) : γ*Q* | 1,5 |

### Tab. 3. Coefficients statistiques en fonction des catégories de bâtiment et de l’altitude (Source : NF EN 1990)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Action variable d’accompagnement Ψ0** | **Combinaison accidentelle (incendie) Ψ1** | **Fluage et combinaison accidentelle Ψ2** |
| ***Charges d’exploitation des bâtiments*** | | | |
| Catégorie A : Habitations résidentielles | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Catégorie B : Bureaux | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Catégorie C : Lieux de réunion | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Catégorie D : Commerce | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Catégorie E : Stockage | 1 | 0,9 | 0,8 |
| Catégorie H : Toits | 0 | 0 | 0 |
| ***Charges de neige*** | | | |
| Altitude > 1 000 m | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| Altitude ≤ 1 000 m | 0,5 | 0,3 | 0 |
| ***Action du vent*** | | | |
|  | 0,6 | 0,2 | 0 |

### Tab. 4. Valeurs caractéristiques des bois massifs résineux et de peuplier

(source : NF EN 338)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Symbole** | **Désignation** | **Unité** | **C14** | **C16** | **C18** | **C22** | **C24** | **C27** | **C30** | **C35** | **C40** |
| *fm,k* | Contrainte de flexion | N/mm² | 14 | 16 | 18 | 22 | 24 | 27 | 30 | 35 | 40 |
| *ft*,0,*k* | Contrainte de traction axiale | 8 | 10 | 11 | 13 | 14 | 16 | 18 | 21 | 24 |
| *ft*,90,*k* | Contrainte de traction perpendiculaire | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| *fc*,0,*k* | Contrainte de compression axiale | 16 | 17 | 18 | 20 | 21 | 22 | 23 | 25 | 26 |
| *fc*,90,*k* | Contrainte de compression perpendiculaire | 2,0 | 2,2 | 2,2 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 |
| *fv,k* | Contrainte de cisaillement | 3 | 3,2 | 3,4 | 3,8 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| *E*0,*mean* | Module moyen axial | kN/mm² | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 11,5 | 12 | 13 | 14 |
| *E*0,05 | Module axial au 5e pourcentile | 4,7 | 5,4 | 6,0 | 6,7 | 7,4 | 7,7 | 8,0 | 8,7 | 9,4 |
| *E*90,*mean* | Module moyen transversal | 0,23 | 0,27 | 0,30 | 0,33 | 0,37 | 0,38 | 0,40 | 0,43 | 0,47 |
| *Gmean* | Module de cisaillement | 0,44 | 0,50 | 0,56 | 0,63 | 0,69 | 0,72 | 0,75 | 0,81 | 0,88 |
| ρ*k* | Masse volumique caractéristique | kg/m³ | 290 | 310 | 320 | 340 | 350 | 370 | 380 | 400 | 420 |
| ρ*meam* | Masse volumique moyenne | 350 | 370 | 380 | 410 | 420 | 450 | 460 | 480 | 500 |

### Tab 5 : Valeur de *k*mod du bois massif, du lamellé-collé, du lamibois (LVL) et du contreplaqué (Source : NF EN 1995-1-1)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Durée de chargement | | Classe de service | | |
| Classe de durée | Exemple | 1  Hbois < 13%  (local chauffé) | 2  13%<Hbois < 20%  (sous abris) | 3  Hbois > 20 %  (extérieur) |
| permanente (>10 ans) | Charge de structure | 0,6 | 0,6 | 0,5 |
| long terme (6mois à 10 ans) | Stockage | 0,7 | 0,7 | 0,55 |
| moyen terme (1 semaine à 6mois) | Charges d’exploitation  Neige  Altitude >1000m | 0,8 | 0,8 | 0,65 |
| court terme (<1semaine) | Neige  Altitude ≤1000m | 0,9 | 0,9 | 0,7 |
| Instantanée | Vent  Situation accidentelle  Neige exceptionnelle | 1,1 | 1,1 | 0,9 |

### Tab. 6. Facteur de déformation (*kdef*) selon la classe de service et l’humidité *Hbois*

(Source : NF EN 1995-1-1)

| **Matériau** | | | **Classe de service** | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***1***  ***Hbois < 13 %*** | ***2***  ***13 % < Hbois < 20 %*** | ***3***  ***Hbois > 20 %*** |
| ***Essence*** | ***Type*** | ***Classe de service (1)*** | ***(local chauffé)*** | ***(sous abri)*** | ***(extérieur)*** |
| **Bois massif** | − | − | 0,60 | 0,80 | 2,00 |
| **Lamellé-collé** | − | − | 0,60 | 0,80 | 2,00 |
| **Lamibois (LVL)** | − | − | 0,60 | 0,80 | 2,00 |
| *(1) On distingue 3 classes de service, numérotées 1, 2 et 3 :*   |  |  |  | | --- | --- | --- | | **Classe de service** | **Utilisation du bois** | **Humidité d’équilibre du bois** | | **1** | Dans un local chauffé | < 13 % pendant la majorité de l’année, valeur qui peut être dépassée pendant quelques semaines par an | | **2** | Dans un local non chauffé | Comprise entre 13 et 20 % pendant la majorité de l’année, valeur peut être dépassée pendant quelques semaines par an | | **3** | À l’extérieur | > 20 % pendant la majorité de l’année |   *(2)**Sous contrainte élevée.* | | | | | |

### Tab. 7. Valeur coefficient γ*M* (Source : NF EN 1995-1-1)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Éléments considérés** | | **γ*M*** |
| Matériaux | Bois | 1,3 |
| Lamellé-collé | 1,25 |
| Lamibois (LVL), OSB | 1,2 |
| Panneaux de particules et de fibres | 1,3 |
| Assemblages | | 1,3 |
| Combinaisons accidentelles | | 1 |

### Tab. 8. Valeurs limites réglementaires des flèches (Source : NF EN 1995-1-1)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Bâtiments courants** | | | **Bâtiments agricoles et similaires** | | |
| ***Winst*(*Q*)** | ***Wnet,fin*** | ***Wfin*** | ***Winst*(*Q*)** | ***Wnet,fin*** | ***Wfin*** |
| **Chevrons** | ‑ | *L*/150 | *L*/125 | ‑ | *L*/150 | *L*/100 |
| **Éléments structuraux** | *L*/300 | *L*/200 | *L*/125 | *L*/200 | *L*/150 | *L*/100 |

Remarques

− La valeur limite des consoles et porte-à-faux est doublée. Elle est toujours supérieure à 5 mm.

− Les panneaux de planchers et supports de toiture ont une valeur limite de flèche nette finale (Wnet,fin) de L/250.

− La valeur limite de flèche horizontale est de L/200 pour les éléments individuels soumis au vent. Pour les autres applications, elles sont identiques aux valeurs limites verticales des éléments structuraux.