



EUROCODE 5
RÉALISEZ VOS NOTES DE CALCULS
DE FAÇON AUTONOME



MANUEL SIMPLIFIÉ

sommaire

généralités

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCTION | 1 |
| NOTIONS DE RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX | 2 |
| Schématisations | 2 |
| Définitions | 4 |
| SPÉCIFICITÉS DU MATÉRIAU BOIS | 10 |
| Le fluage | 11 |
| Les variations dimensionnelles | 11 |
| Les dégradations biologiques du bois | 12 |
| Classes biologiques d'emploi | 13 |
| La durabilité | 14 |
| La durabilité naturelle | 15 |
| La durabilité conférée | 16 |
| Les dispositions constructives | 17 |
| GÉNÉRALITÉS SUR L'EUROCODE 5 | 18 |
| Principe | 18 |
| États limites | 18 |
| La durée de la charge | 18 |
| Catégorie de l'ouvrage | 19 |
| Classe de service structurale | 19 |
| Valeurs du k_{mod} | 20 |
| Valeurs du k_{def} | 20 |
| MATÉRIAUX | 21 |
| Bois et dérivés | 21 |
| Organes d'assemblages | 26 |
| ASSEMBLAGES | 29 |
| Assemblages traditionnels | 26 |
| Assemblages mécaniques | 26 |
| LE CHARGEMENT | 34 |
| Les charges permanentes | 34 |
| Les charges d'exploitation | 35 |
| Les charges de neige | 36 |
| Les charges de vent | 37 |
| Les combinaisons de charges | 39 |
| UTILISATION DU MANUEL SIMPLIFIÉ | 40 |
| Principes | 40 |
| Définition du chargement | 40 |
| Combinaisons d'actions | 43 |
| Dimensionnement conforme à l'Eurocode 5 | 43 |

**VERSION
DE TRAVAIL**

**VERSION
DE TRAVAIL**

notes de calculs

| | |
|---|-----------|
| POUTRES SUR DEUX APPUIS | 45 |
| Définition du chargement | 45 |
| Calculs des sollicitations | 46 |
| Dimensionnement à l'Eurocode 5 | 47 |
| POUTRES SUR DEUX APPUIS AVEC CONSOLE | |
| POTEAU | |
| POUTRES SUR TROIS APPUIS | |
| NOUES, ARBALÊTRIERS | |
| CHEVRONS | |
| PANNE DÉVERSÉE SUR DEUX APPUIS | |
| PANNE DÉVERSÉE SUR TROIS APPUIS | |
| SYSTÈME DE PLANCHER | |
| ENTAILLES | |
| ASSEMBLAGES | |
| | |
| ANNEXE 1 | |
| Calculs et vérifications EC-5 | 48 |
| ANNEXE 2 | |
| Tableaux de dimensionnement | 51 |
| | |
| GLOSSAIRE | 58 |
| TABLEAU DE SECTION | 59 |

annexes

introduction

La mise en application prochaine des Eurocodes, normes européennes de calcul des structures pour le Bâtiment et le Génie Civil, nécessite la mise en place de documents d'application simples et adaptés à l'intention des praticiens.

Dès 2001, les organisations professionnelles du secteur bois construction se sont mobilisées autour d'un programme d'appropriation de ces nouvelles normes.

Dans ce projet, il est prévu l'élaboration d'un manuel simplifié et de six guides pratiques par spécialité (charpente industrialisée, ossature bois, poutre en I, lamellé-collé, assemblages, charpente traditionnelle).

Ce manuel simplifié a pour objectif de permettre aux professionnels de la charpente et de la construction bois de justifier les éléments les plus courants.

Sa première partie comprend les rappels théoriques indispensables. La deuxième partie se compose de fiches didactiques de calculs d'éléments simples et de systèmes.

Pour le dimensionnement d'ouvrages plus complexes, le calculateur se reportera aux six guides pratiques.

La Fédération Compagnonique des Métiers du Bâtiment (FNCMB), l'Association Ouvrière des Compagnons du Tour de France (AOCDTF), les contrôleurs techniques, les enseignants du CUST et de L'ENSTIB ainsi que les professionnels de la CAPEB et de la FFB ont activement participé au groupe de travail animé par IRABOIS.

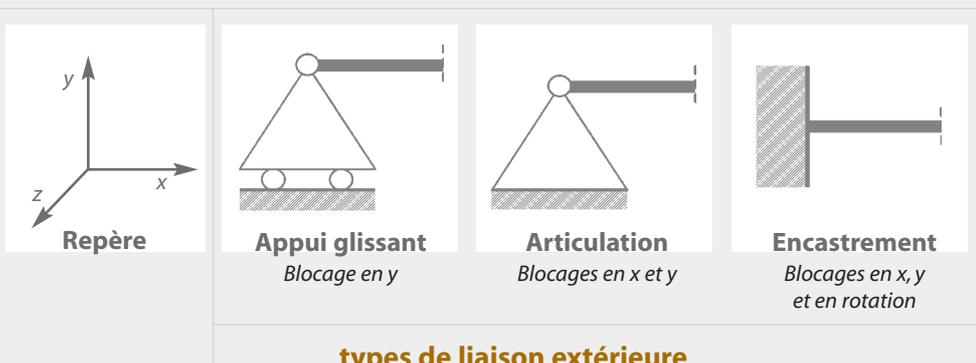
Coordonné par le CTBA, ce projet est soutenu par le Ministère de l'Industrie dans le cadre du programme AQCEN.

Notions de résistance des matériaux

La résistance des matériaux (RdM) permet de déterminer les sollicitations qui sont les effets des actions pouvant agir dans les éléments de structures. La première étape consiste à représenter schématiquement le modèle mécanique de chaque élément et de son chargement. Ensuite, la démarche consiste à lister, analyser et quantifier l'ensemble des sollicitations agissantes.

Schématisations

1 Les appuis et les poutres



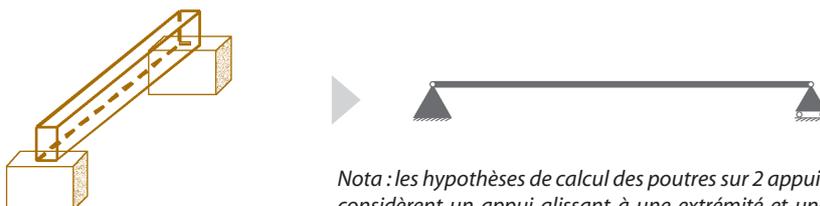
2



sens du fil du bois



poutre console



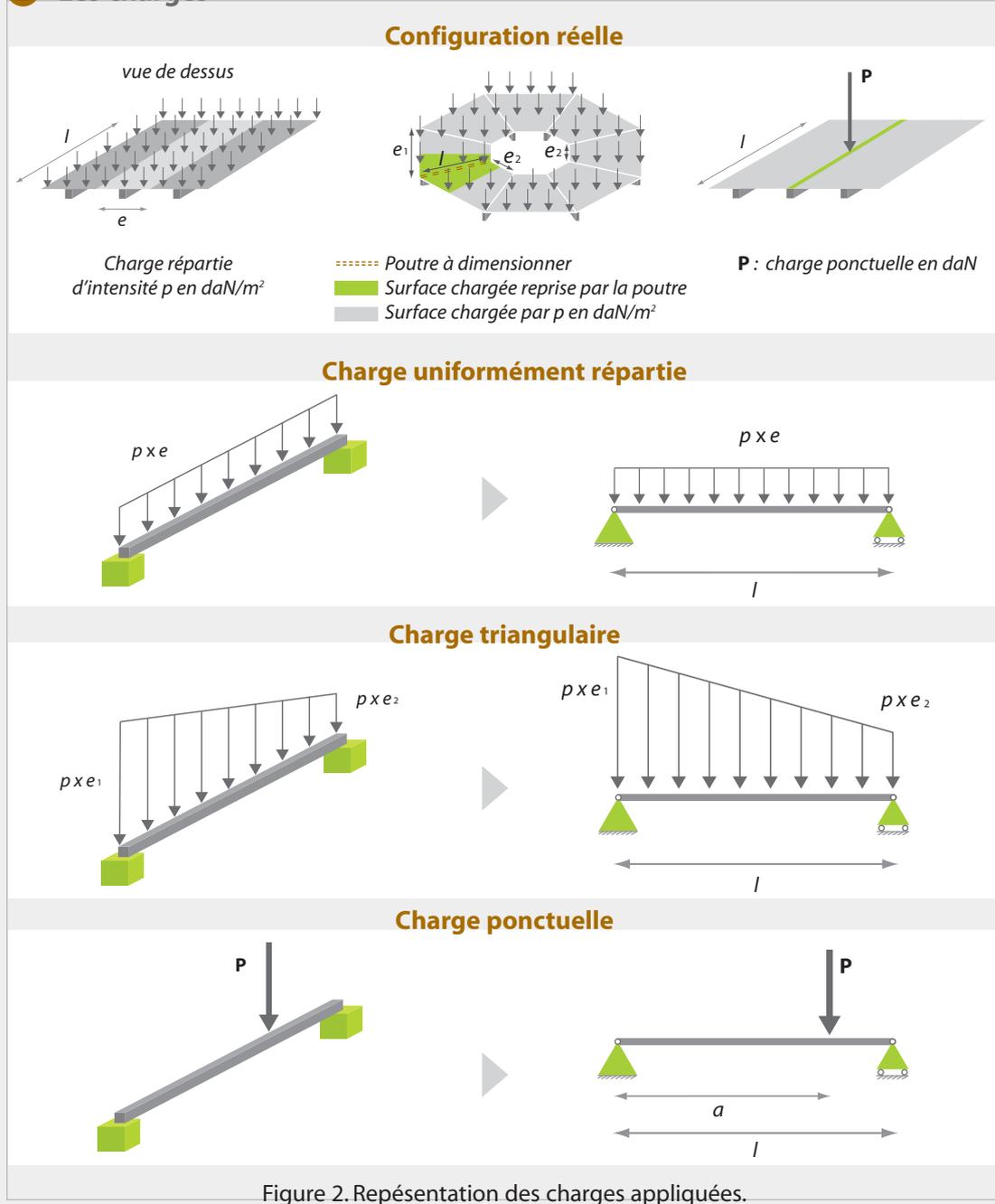
Nota : les hypothèses de calcul des poutres sur 2 appuis considèrent un appui glissant à une extrémité et une articulation à l'autre extrémité (sauf dispositions particulières).

poutre sur deux appuis

**VERSION
DE TRAVAIL**

Figure1. Représentation des éléments selon la résistance des matériaux

2 Les charges



Nota 1 : Pour les calculs, le poids propre de la poutre est considéré comme une charge uniformément répartie le long de celle-ci.

Nota 2 : Par convention, les charges ponctuelles sont notées par des lettres majuscules et les charges réparties par des lettres minuscules.

Nota 3 : On ne peut pas additionner des charges ponctuelles et des charges réparties.

Définitions

1 L'effet normal

La traction (ou la compression) axiale a pour effet de tendre (ou de comprimer) un élément dans le sens du fil.

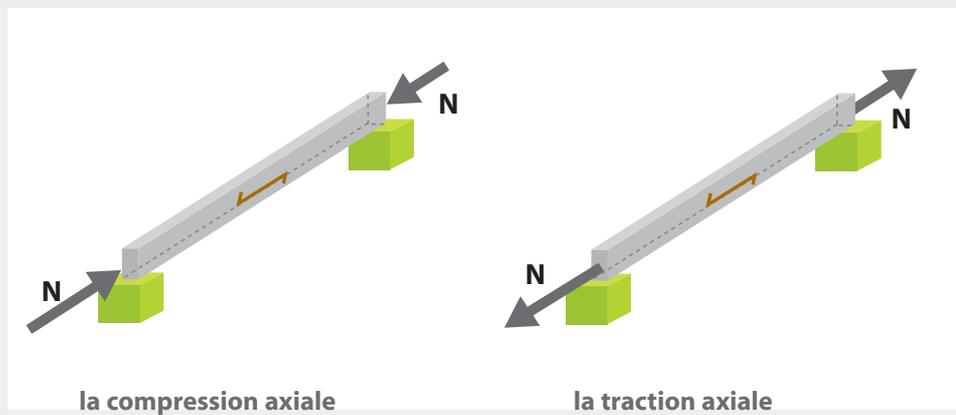


Figure 3. La compression et la traction axiales.

4

La traction (ou la compression) perpendiculaire tend (ou comprime) un élément selon la direction perpendiculaire au fil du bois.

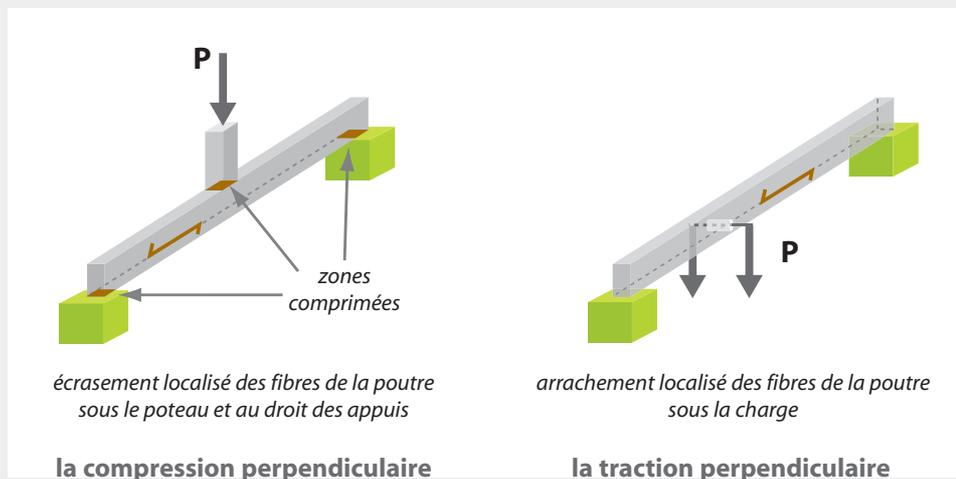


Figure 4. La compression et la traction perpendiculaires.

VERSION
DE TRAVAIL

2 Le moment fléchissant M

Le moment résulte des efforts appliqués sur un élément : c'est le produit d'une force par un bras de levier. Son intensité est variable le long de la poutre, elle est fonction des dimensions et du type de chargement. Sa valeur maximale (à mi-travée pour une poutre sur deux appuis et à l'encastrement pour une poutre en console par exemple) est prise en compte dans les calculs (voir figure 5).

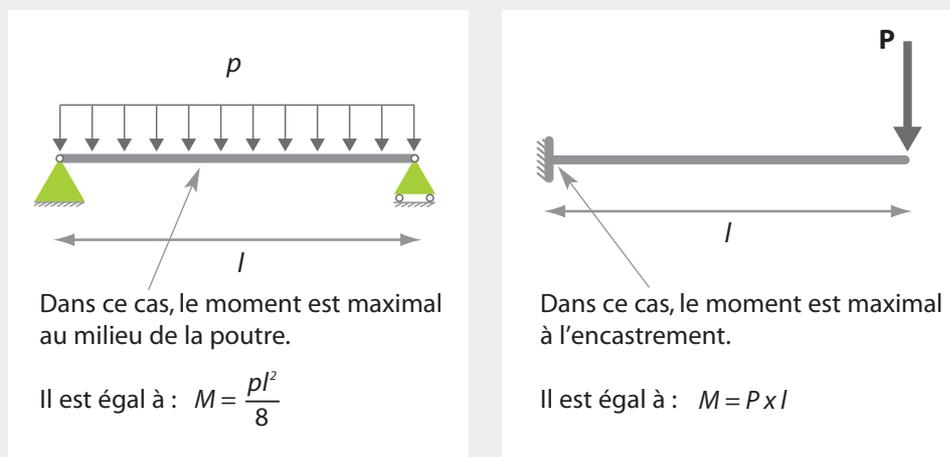


Figure 5. Localisation du moment maximal.

Dans une section donnée, les moments propres à chaque type de charges peuvent s'additionner pour obtenir le moment résultant.

Nota : Dans le cas où l'élément repose sur un appui simple, le moment à cet appui est toujours nul.

3 L'effort tranchant V

L'effort tranchant est la force perpendiculaire à l'axe neutre qu'il faudrait appliquer à une section donnée d'une poutre pour que celle-ci reste en équilibre après tronçonnage.

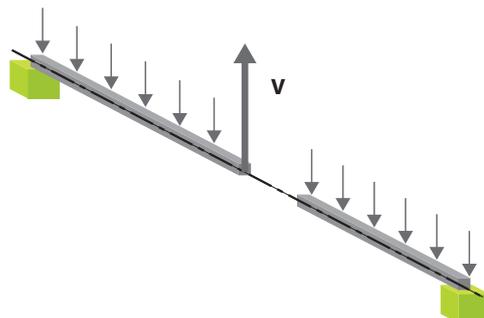


Figure 6. Illustration de l'effort tranchant

4 Le moment de torsion

La torsion résulte d'un effort excentré sur l'élément qui va tendre à le vriller autour de son axe longitudinal.

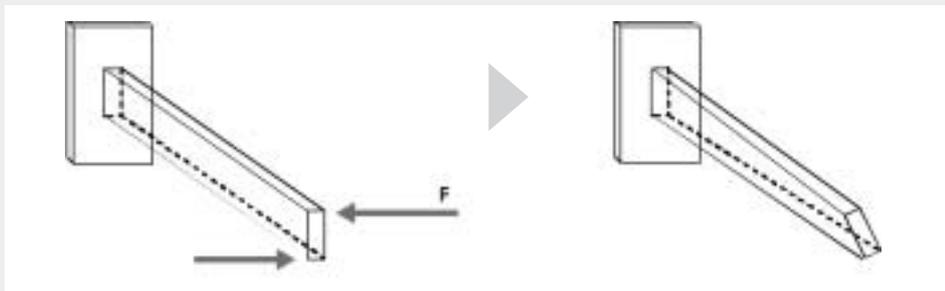


Figure 7. La torsion

5 La contrainte normale (de compression ou de traction)

Une contrainte normale symbolisée σ est le rapport d'une force sur une unité de surface. Dans le cas de la contrainte normale de compression σ_c ou de traction σ_t , elle est obtenue en divisant la valeur de l'effort normal par la surface sur laquelle s'applique cet effort.

6 La contrainte de flexion

La flexion, mode de sollicitation d'une poutre, panne, chevron ou solive tend à courber la pièce dans le sens des charges appliquées. En conséquence, la fibre supérieure tend à se raccourcir, alors que la fibre inférieure tend à s'allonger (voir schéma ci-après). La combinaison de ces deux efforts crée un moment dans la poutre. La contrainte de flexion créée par le moment sollicitant est notée : σ_m .

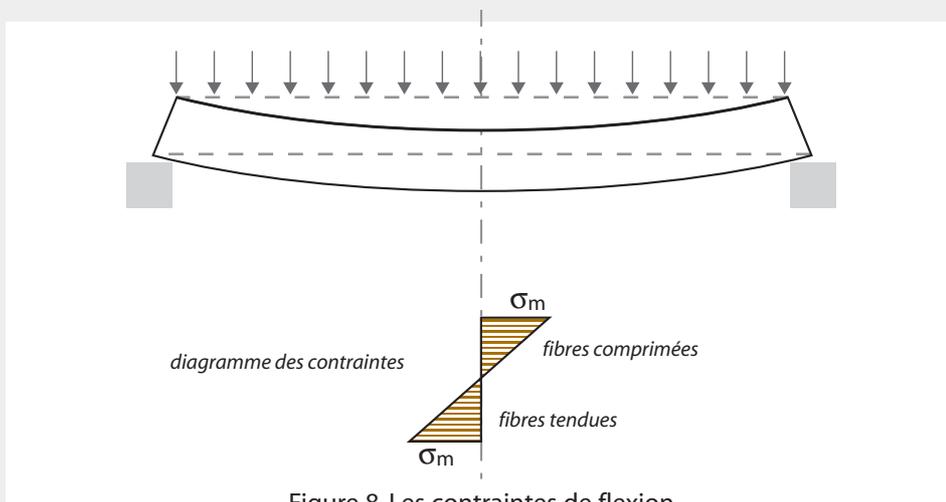


Figure 8. Les contraintes de flexion

VERSION
DE TRAVAIL

7 La contrainte de cisaillement

Par convention, la contrainte de cisaillement est notée τ_v . Pour une poutre de section rectangulaire, elle atteint un maximum à mi-hauteur de la section.

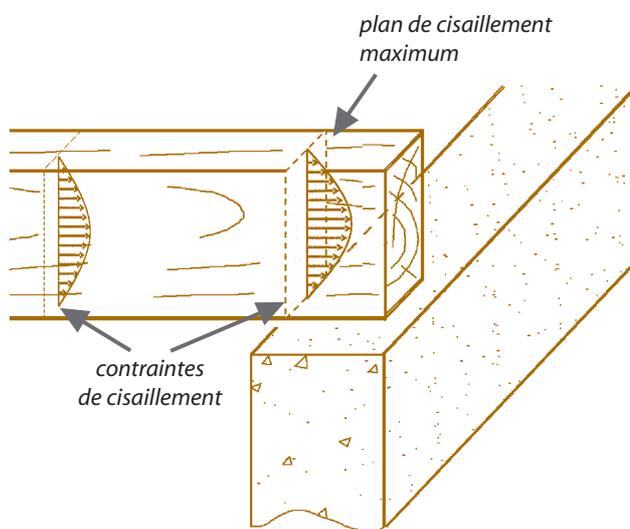


Figure 9. Représentation des contraintes de cisaillement.

Le cisaillement excessif d'une section transversale tend à provoquer des ruptures dans le plan longitudinal.

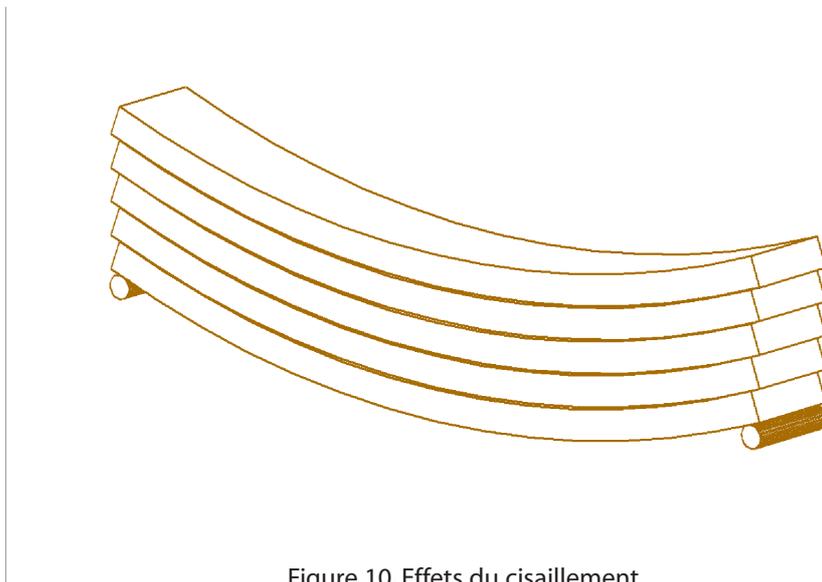
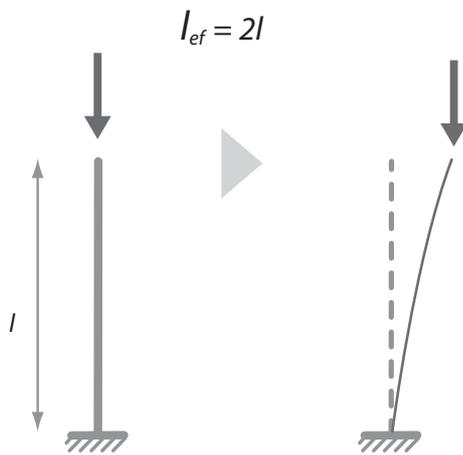


Figure 10. Effets du cisaillement

VERSION
DE TRAVAIL

8 Le flambement

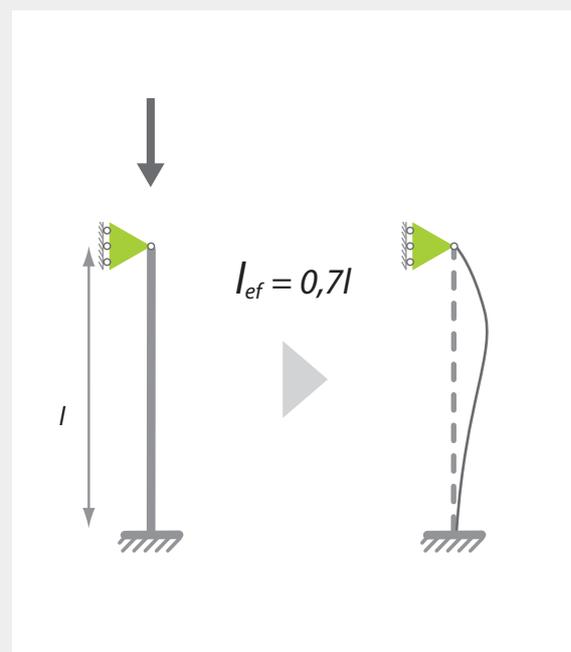
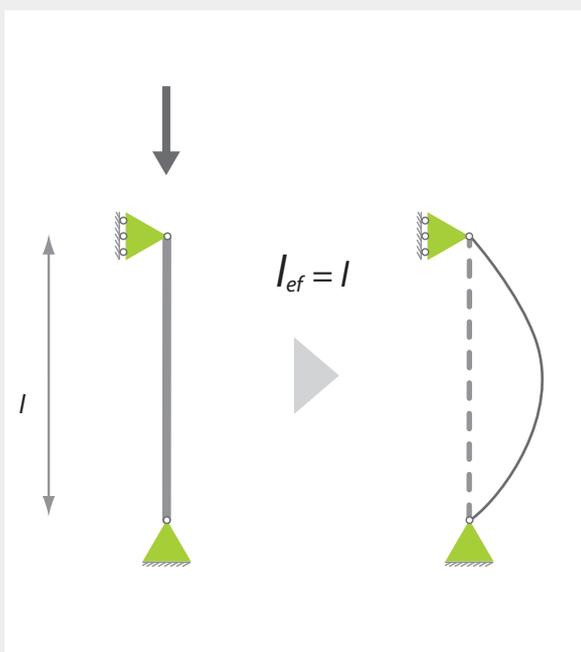
Le flambement est principalement un phénomène soudain d'instabilité qui peut intervenir quand un élément est soumis à une compression axiale.



Sous un effort axial suffisamment important, les fibres, même sans avoir atteint leur limite en compression, vont se déformer dans une direction perpendiculaire à l'axe de l'élément.

On dit que les fibres flambent sous l'effort de compression.

Nota : *Suivant le type de liaison à l'extrémité de l'élément, la longueur de calcul pour la prise en compte de ce phénomène (appelée longueur de flambement l_{ef}) ne sera pas la même (voir schémas ci-dessous).*



9 Le déversement

Le déversement, phénomène d'instabilité peut intervenir dans un élément fléchi. C'est une instabilité transversale qui se manifeste par un déplacement soudain de la fibre comprimée dans le plan perpendiculaire à la direction de flexion (voir schéma).

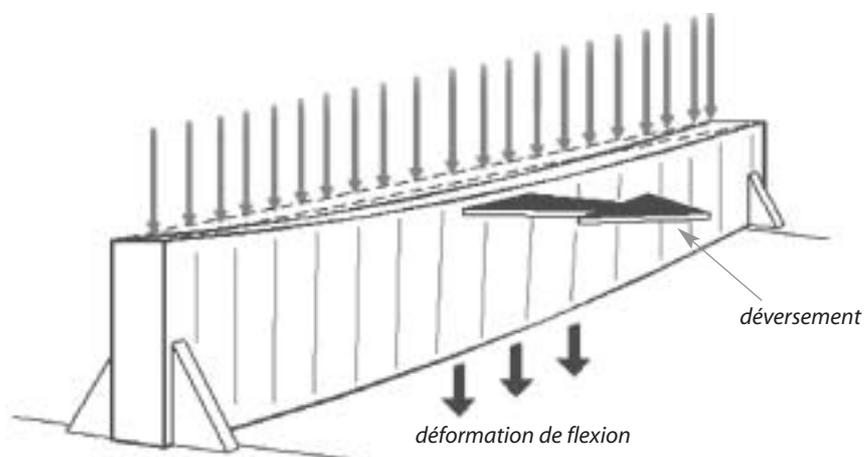


Figure 11. Le déversement

10 La flèche

La flèche est la déformée de la poutre sous un chargement donné. L'importance de la flèche est fonction de l'intensité des charges appliquées, de l'élasticité du matériau, de la longueur de la poutre, de l'inertie de la section. Elle dépend également de la durée d'application des charges et de l'hygrométrie du bois (voir § 3.1. Fluage).

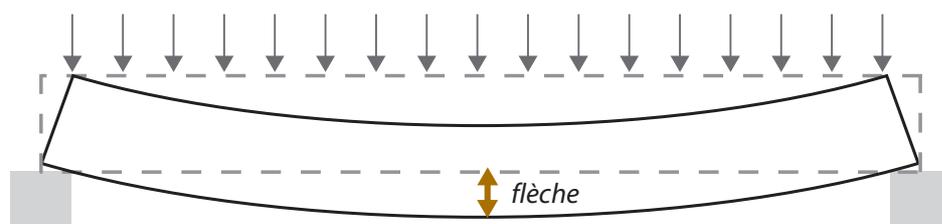


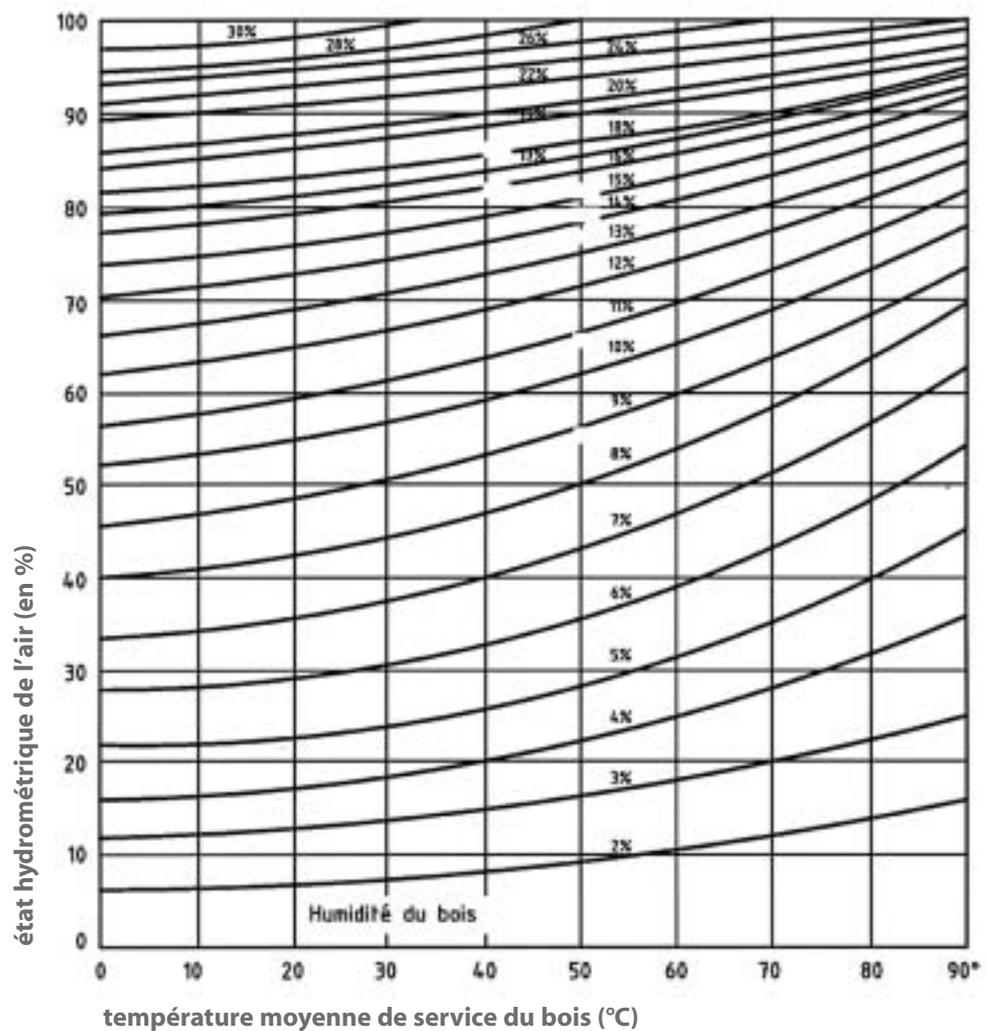
Figure 12. La flèche

**VERSION
DE TRAVAIL**

Spécificités du matériau bois

Par sa nature, le bois est particulièrement sensible aux variations hygrométriques ambiantes. Pour une température et une hygrométrie donnée, il existe un état d'équilibre nommé équilibre hygroscopique. Ainsi le bois en service contient une certaine quantité d'eau mesurée par ce que l'on appelle le taux d'humidité.

Une bonne connaissance de cette caractéristique du matériau bois permet de prendre les dispositions adaptées vis-à-vis de 3 phénomènes : le fluage, les variations dimensionnelles et les dégradations biologiques du bois.



VERSION
DE TRAVAIL

Figure 13. Courbe d'équilibre hygroscopique des bois.

Le fluage

Le fluage se traduit par une augmentation, au cours du temps, de la déformation d'un élément soumis à des charges quasi-permanentes.



Ce phénomène est très fortement dépendant de l'humidité du bois.

Plus l'humidité augmente et plus le fluage (donc la déformation finale de l'élément) sera important.

L'humidité lors de la mise en œuvre est un facteur déterminant.

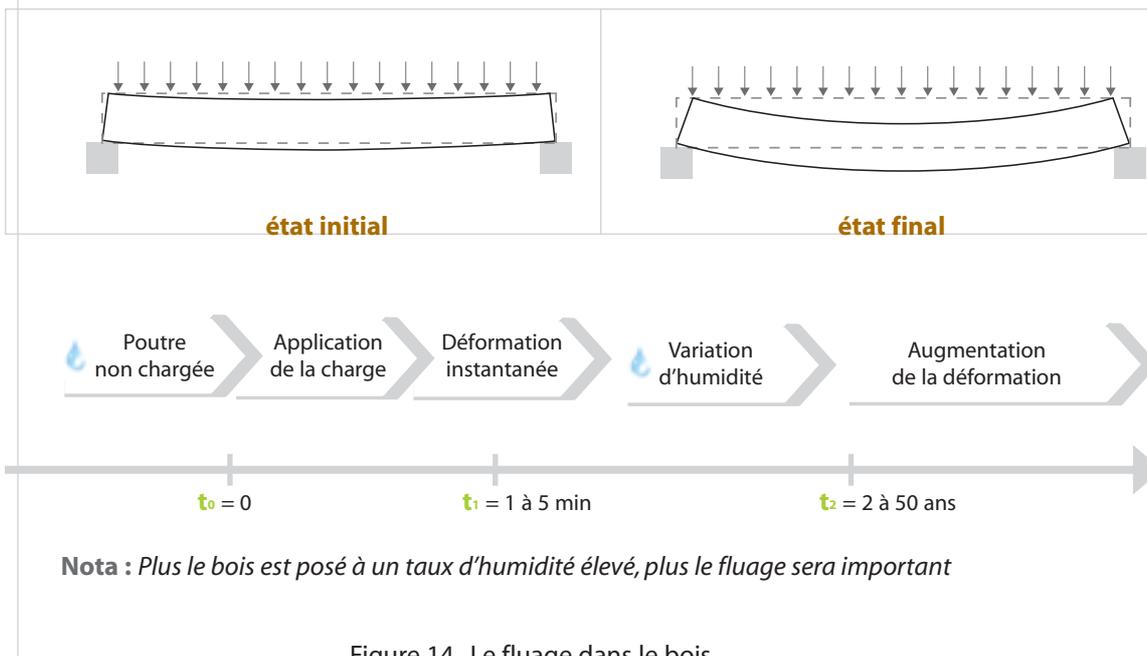


Figure 14. Le fluage dans le bois.

Les variations dimensionnelles

Le bois se déforme en longueur et transversalement (déformation de la section). Toutefois, pour une variation d'humidité donnée, la déformation transversale est 20 fois plus importante que la variation longitudinale qui est souvent négligée.

Les coefficients de variation dimensionnelle pour les bois résineux sont égaux à :

$\beta_{90} = 0,25 \%$ par % d'humidité : valeur à utiliser pour les variations transversales (b et h)

$\beta_0 = 0,01 \%$ par % d'humidité : valeur à utiliser pour la variation longitudinale (l)

A titre d'exemple, considérons une poutre de longueur 10,00 m et de section commerciale 100 x 300 à 20 % d'humidité. Une fois stabilisée à un taux de 12 %, la section de cette poutre sera de 98 x 294 et la longueur de 9,99 m car :

- Variation d'humidité = 8 %
- Retrait transversal = $0,25 \times 8 = 2 \%$
- Retrait longitudinal = $0,01 \times 8 = 0,08 \%$

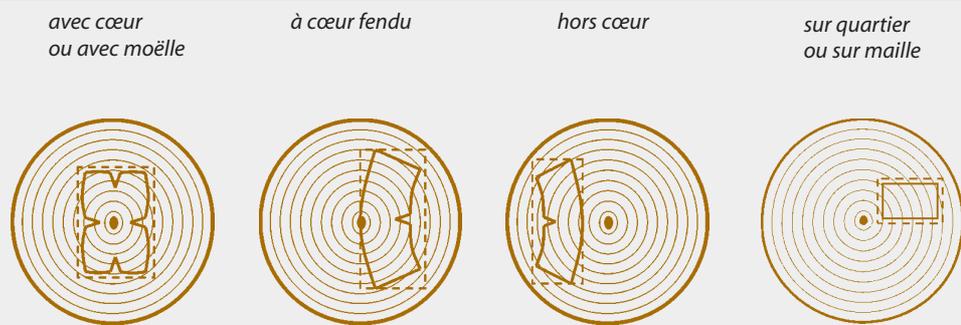


Figure 15. Illustration des variations dimensionnelles dans le cas d'un retrait.

Les dégradations biologiques du bois

Les dégradations biologiques du bois ont pour origines les champignons, les insectes et les térébrants marins :

► Les **champignons** se développent si la substance nutritive du bois permet leur germination, si l'humidité est suffisante, et si l'oxygène et la température sont favorables. Il y a risque à partir d'un taux d'humidité de 22% dans les bois dont la durabilité (naturelle ou conféré) est insuffisante.

Les champignons sont de deux types :

- les pourritures qui entraînent des dégradations mécaniques des bois.
- les moisissures qui occasionnent des modifications de couleur et d'aspect.

Lutter contre ces micro-organismes, revient à protéger le bois contre des niveaux hygroscopiques élevés.

► Les **insectes à larves xylophages** évoluent de manière cyclique. Après ponte des insectes dans les bois, les larves s'y développent. Ce sont elles qui sont nuisibles, elles se nourrissent du bois et y creusent des galeries.

On distingue principalement :

- le capricorne des maisons, qui se développe dans les résineux. Il creuse des galeries ovalisées de 4x7 mm.

- le lyctus qui se développe dans l'aubier des essences feuillues riches en amidon (chêne...). Leurs trous de sortie sont ronds de 1 à 2 mm de diamètre ;
- la petite vrillette qui se développe dans les résineux et les feuillus à l'exception du bois parfait des feuillus duraménisés. Elle forme des trous ronds de 1 à 2 mm de diamètre ;
- La grosse vrillette qui se développe dans les bois attaqués par les champignons.

► **Les termites** sont des insectes vivants en colonies le plus souvent dans le sol. Les « ouvriers » dégradent les constructions à la recherche de la cellulose contenue dans les bois et autres matériaux. La quasi totalité des essences sont susceptibles d'être attaquées. La lutte contre les termites fait l'objet d'une réglementation locale imposant des dispositions particulières dans les zones géographiques connues pour être susceptibles d'être infectées. Elle impose un traitement spécifique des sols, des murs et des bois.

► **Les térébrants marins** (tarets, pholades ou crustacés) peuvent altérer les bois immergés dans les eaux salées ou saumâtres. Quelques essence résistent naturellement à ces attaques parmi lesquelles : l'azobé, l'ipé, le teck...

Classes d'emploi (biologiques)

Les classes biologiques d'emploi définissent le milieu dans lequel est mis en œuvre le bois. On distingue 5 classes d'emploi selon la norme EN 335 :

Classe d'emploi 1 : Situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois est sous abri, entièrement protégé des intempéries et non exposé à l'humidification.

Classe d'emploi 2 : Situation dans laquelle le bois ou produit à base de bois est sous abri et entièrement protégé des intempéries, mais où une humidité ambiante élevée peut conduire à une humidification occasionnelle mais non persistante.

Classe d'emploi 3 : Situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois n'est ni abrité, ni en contact avec le sol. Il est, soit continuellement exposé aux intempéries, ou soit à l'abri des intempéries mais soumis à une humidification fréquente.

Classe d'emploi 4 : Situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois est en contact avec le sol ou de l'eau douce et est ainsi exposé en permanence à l'humidification.

Classe d'emploi 5 : Situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois est en permanence exposé à de l'eau salée.

Nota : La classe 5 n'est pas une simple aggravation de la classe 4, mais caractérise une attaque différente.

Attention : ne pas confondre les classes biologiques d'emploi avec les classes de service (cf. p.19)

**VERSION
DE TRAVAIL**

La durabilité

Ce domaine est parfaitement encadrée par la normalisation. Ainsi, pour vérifier l'aptitude à l'emploi d'un élément considéré, on suivra la logique ci-après :

▶ Détermination de la classe d'emploi de l'élément considéré.

▶ Choix d'une essence de bois

▶ Pour cette essence, vérifier :

- si l'essence est suffisamment durable sans traitement (selon EN 350 et EN 460)
- dans le cas contraire si elle est imprégnable (selon EN 350 et tableau 4). Si nécessaire et si possible, choisir le traitement et son mode d'application (selon EN 599 et EN 351)

| Situation en service | Agent d'altération | | Zone vulnérable (sauf si durabilité naturelle suffisante) | Classe d'emploi |
|---|--|---|---|------------------------|
| | Insectes | Champignons | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Toujours à l'abri des intempéries ■ $H_{\text{bois}} < 18\%$ | Insectes à larves Termites | Aucun | 0 à 3 mm | 1 |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Toujours à l'abri des intempéries ■ $H_{\text{bois}} < 18\%$ ■ Humidification possible par condensation | Insectes à larves Termites | Pourriture superficielle et occasionnellement à virulence faible | 0 à 3 mm | 2 |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Bois soumis à des alternances rapide d'humidification et de séchage ■ Pas de stagnation d'eau ■ Pas d'humidification significative en bois de bout et aux assemblages | Insectes à larves Termites | Pourriture superficielle faiblement active | 0 à 3 mm | 3 Faible exposition |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Bois soumis à des alternances rapides d'humidification et de séchage ■ Stagnation d'eau ■ Pénétration d'eau modérée en bois de bout et aux assemblages | Insectes à larves Termites | Pourritures plus profondes et plus actives | 6 mm et plus Jusqu'à 50 à 60 mm en bois de bout | 3 Forte exposition |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Bois soumis à des humidifications fréquentes et permanentes, contact avec le sol, bois immergé ■ Rétention et stagnation d'eau $H > 20\%$ pendant de longues périodes ■ Risques d'attaques de termites importants | Insectes à larves Termites | Pourritures profondes à forte virulence y compris pourriture molle | Tout le volume du bois (au minimum sur une partie des pièces) | 4 |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Bois en contact avec l'eau de mer ■ Collet et partie aérienne en situations sévère | Térébrants marins dans les zones immergées | Pourritures profondes à forte virulence y compris pourriture molle dans les parties aériennes | Tout le volume du bois | 5 |

Tableau 1. Prise en compte des risques et des classes d'emploi.

La durabilité naturelle

Compte tenu de leurs propres caractéristiques, les essences utilisables en structure se comportent différemment vis-à-vis des risques d'attaques biologiques. Dans la recherche de durabilité, il faut prendre en compte les caractéristiques de l'aubier et du bois parfait.

L'aubier est la zone extérieure de l'arbre, physiologiquement active au moment de l'abattage riche en éléments nutritifs et sujette aux attaques d'insectes ou de champignons. Cet aubier est peu résistant aux attaques mais il est très facilement imprégnable.

Le bois parfait est la zone intérieure de l'arbre, physiologiquement inactive à l'abattage chargée en tanins et en résine. Il peut être duraménisé, c'est-à-dire qu'il se distingue visuellement de l'aubier. Les bois duraménisés sont généralement peu imprégnables mais résistants.

Dans la mesure du possible, le bon sens commande donc de choisir une essence et éventuellement un débit (hors aubier) permettant d'atteindre les performances attendues vis à vis de la situation de l'ouvrage et de la durée de service souhaitée. La norme EN 350 indique sous forme de classe la durabilité naturelle des principales essences présente sur le marché européen. La norme EN 460 indique les classes d'emploi possibles vis à vis des classes de durabilité.

| Essences (purgées d'aubier) | | Classe 1 Sans limite de durée | Classe 2 Sans limite de durée | Classe 3 25 ans ou plus | Classe 4 10 ans ou plus |
|--------------------------------|---------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Feuillus tempérés | châtaigner | oui | oui | oui | oui |
| | chêne | oui | oui | oui | oui |
| | peuplier | non | non | non | non |
| | robinier | oui | oui | oui | oui |
| Résineux tempérés | douglas | oui | oui | oui | non |
| | épicéa | non | non | non | non |
| | mélèze | oui | oui | oui | non |
| | pin maritime | oui | oui | oui | non |
| | pin sylvestre | oui | oui | oui | non |
| | sapin | non | non | non | non |
| western red cedar | oui | oui | oui | non | |
| Bois tropicaux | angélique | oui | oui | oui | * |
| | azobé | oui | oui | oui | * |
| | doussié | oui | oui | oui | oui |
| | ipé | oui | oui | oui | oui |
| | iroko | oui | oui | oui | oui |
| | niangon | oui | oui | oui | non |
| | sipo | oui | oui | oui | non |
| teck | oui | oui | oui | oui | |

* selon provenance

Tableau 2. Aptitude à l'emploi sans traitement de quelques essences purgées d'aubier utilisables en charpente. (source AFPB d'après EN 350 et EN 460)

VERSION
DE TRAVAIL

**VERSION
DE TRAVAIL**

La durabilité conférée

Lorsque la durabilité naturelle est insuffisante vis à vis de l'emploi prévu et des risques associés, il convient de protéger le volume de bois concerné par un procédé adapté. La norme EN 351-1 fixe les niveaux de pénétration et les niveaux de rétention nécessaires en fonction de la valeur critique du produit selon la norme EN 599, afin d'assurer un comportement en service satisfaisant.

Bien entendu, à chaque classe d'emploi correspond un niveau de traitement déterminé dont les paramètres : essences, produit, quantité, profondeur sont identifiés.

| Rappel EN 335 | | Exposition | Exigences | | |
|-----------------|-----------------------------------|------------------------|--|--|--------------------------------|
| Classe d'emploi | Humidité du bois en service | | Pénétration | | Rétention (valeur critique) |
| | | Essences imprégnables | Essences réfractaires | | |
| 1 | Inférieur à 20% | nulle | P1 Toutes faces traitées | Toutes faces traitées | R1 (50%) |
| 2 | Occasionnellement supérieur à 20% | Très faible temporaire | P1 Toutes faces traitées | Toutes faces traitées | R2 (50%) |
| 3 | Fréquemment supérieur à 20% | faible | P4 6 mm sur toutes faces P8 100 % de l'aubier | Toutes faces traitées | R3 (50%) |
| | | forte | | Latéral = 6 mm Axial = 50 mm | R3 (100%) |
| 4 | En permanence supérieur à 20% | forte | P8 100 % de l'aubier Toutes faces traitées | Latéral = 20 mm Axial = 50 mm <i>si bois ronds incisés</i> | R4 (100%) |
| 5 | En permanence supérieur à 20% | forte | P9 100 % de l'aubier 6 mm sur toutes faces | incompatibles | R5 (100%) |

Tableau 3. exigences de pénétration et de rétention suivant essences et classes d'emploi

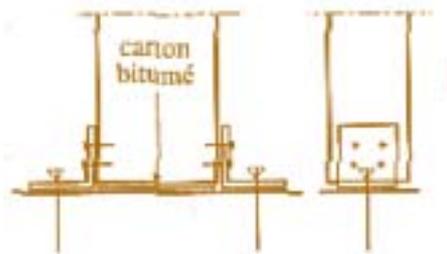
Il existe plusieurs procédés de traitement, badigeonnage, pulvérisation, trempage et autoclave. Le procédé sera choisi en fonction de l'imprégnabilité et des performances attendues.

| Procédé | Essences imprégnables | | Essences réfractaires | |
|---|-----------------------|--------------------------|--|-------------------------------------|
| | Niveau de pénétration | Classe d'emploi possible | Niveau de pénétration | Classe d'emploi possible |
| Trempage court Badigeonnage Pulvérisation | P1 à P4 | 2 3 faible | P1 | 2 3 faible |
| Autoclave vide et pression | P1 à P9 | 3, 4, 5 | P1 à P5 P7 <i>si bois ronds incisés</i> | 3 4 <i>si bois ronds incisés</i> |

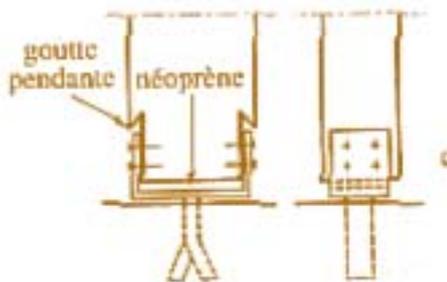
Tableau 4. performances des procédés suivant essences et classes d'emploi

Les dispositions constructives

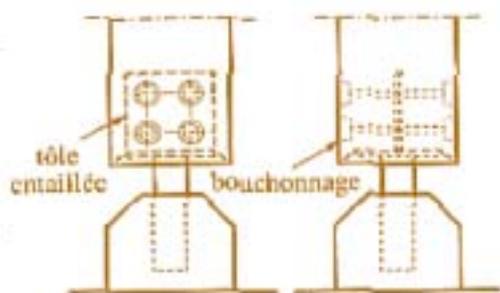
Comme indiqué précédemment : éviter les taux d'humidité élevés dans le bois revient à diminuer les risques d'attaques biologiques. Pour cela, on privilégiera une conception évitant les stagnations (pièges à eau) et permettant un drainage des eaux de ruissellement.



(a) Pilier intérieur



(b) Appui néoprène et goutte pendante



(c) Tôle entaillée et bouchonnage

Figure 16. exemple de pieds de poteaux.

Généralités sur l'Eurocode 5

Principe

Le principe de vérification d'une structure ou d'éléments porteurs, soumis à des charges extérieures, repose sur 2 critères : la résistance (ELU) et la déformation (ELS). Ces critères doivent être vérifiés pour des combinaisons d'actions statistiquement connues et répertoriées. Comme énoncé précédemment, le bois a un comportement variable selon son hygrométrie. L'Eurocode 5 prend en compte cette particularité du bois par les classes de service (structurales) (voir p. 19)

Les valeurs de référence pour les justifications sont dites valeurs caractéristiques. Elles résultent de l'analyse statistique des échantillons de valeurs des propriétés mécaniques obtenues lors d'essais réalisés selon les normes.

Etats limites

1 Etats limites ultimes

Les états limites ultimes sont associés aux différentes formes de défaillance structurale. Ils visent à satisfaire à la sécurité des personnes et des biens.

2 Etats limites de service

Les états limites de service correspondent à des conditions de fonctionnement des ouvrages et de confort des usagers au-delà desquelles les exigences d'aptitude au service ne sont plus satisfaites.

La durée de la charge

| n° | Classe de durée | Ordre de grandeur de la durée d'application d'une action | Exemple d'action |
|----|-----------------|--|-------------------------------------|
| 1 | permanente | plus de 10 ans | poids propre |
| 2 | long terme | six mois à 10 ans | stockage |
| 3 | moyen terme | une semaine à 6 mois | charges d'exploitation et neige |
| 4 | court terme | moins d'une semaine | vent & neige dans certaines régions |
| 5 | instantanée | un court instant | action accidentelle |

tableau 5. Les durées de charge

VERSION
DE TRAVAIL

Catégories de l'ouvrage

| Catégorie | Type d'activité | Exemple |
|-----------|--------------------------|--|
| A | activités résidentielles | appartements, chambre d'hôtel |
| B | bureaux | classes, salles d'opération d'hôpital |
| C | zones de rassemblement | halls d'accueil, théâtres, restaurants |
| D | commerces | surfaces dans les galeries marchandes |

tableau 6. Les catégories d'ouvrage

Pour une action variable, le coefficient ψ_2 (psi deux) correspond à la part de l'action qui doit être considérée comme permanente.

Valeurs de ψ_2 suivant la catégorie

A et B : 0,3 ;

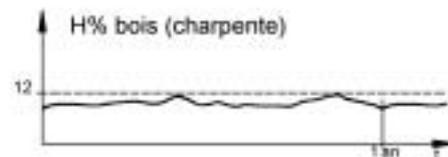
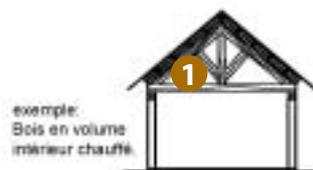
C et D : 0,6

Classes de service (structurales)

L'eurocode 5 considère pour les calculs de structure que toute structure doit être classée dans une des trois classes suivantes :

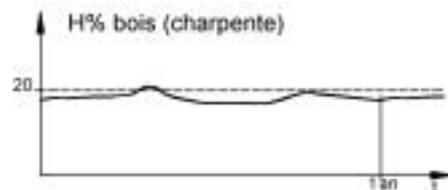
Classe de service 1

Le bois ne dépasse que rarement 12 % d'humidité.



Classe de service 2

Le bois ne dépasse que rarement 20 % d'humidité.



Classe de service 3

Le bois peut être amené à des humidités supérieures à 20 % pour des durées non négligeables

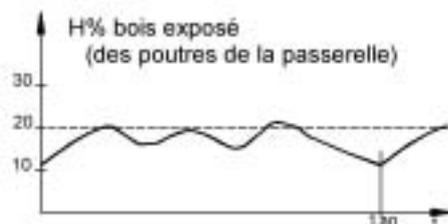


Figure 17. Les classes de service

**VERSION
DE TRAVAIL**

La classe de service 1 qui correspond à une température de 20°C et à une humidité relative ambiante inférieure ou égale à 65 %, et ne dépassant cette valeur que quelques semaines par an tout en restant inférieur à 85 %.

Le taux d'humidité d'équilibre en masse du bois est inférieur ou égal à 12 %.
C'est le cas par exemple des structures situées dans des locaux chauffés.

La classe de service 2 qui correspond à une température de 20°C ainsi qu'à une humidité relative ambiante ne dépassant 85% que quelques semaines par an.

Le taux d'humidité d'équilibre en masse du bois se situe entre 12 et 20 %. C'est le cas par exemple des structures situées dans des locaux non chauffés en permanence.

La classe de service 3 correspond à toutes les conditions climatiques où l'humidité de l'air est supérieure à celle de la classe 2 (soit 85 %).

Valeurs du k_{mod}

Le coefficient k_{mod} permet de prendre en compte la variation de résistance du bois selon la durée d'application d'une action et le taux d'humidité de la structure. Ce coefficient est défini pour trois classes de service et cinq classes de durée d'application d'une action. Ce paramètre est un coefficient de réduction de la résistance. Il est déjà intégré dans tous les calculs de ce manuel simplifié et sa définition explicite est donnée au paragraphe 3.1.4.(1) de l'Eurocode 5.

Valeurs du k_{def}

K_{def} est un coefficient qui définit forfaitairement les effets dus au fluage dans le bois. Il dépend uniquement de la classe de service et s'applique à la part permanente des actions.

| | Classe de service | | |
|-------------------|-------------------|------|----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| BM, BLC, LVL, BMR | 0,6 | 0,8 | 2,0 |
| Contreplaqué | 0,8 | 1,0 | 2,5 |
| OSB 3 & 4 | 1,50 | 2,25 | interdit |

Tableau 8. Les valeurs du coefficient K_{def} .

A titre d'exemple, si on obtient une flèche de 1 cm juste après l'application de la charge, la flèche à long terme sera égale à $(1 + k_{def}) \times 1$ cm.

Matériaux

Tous les éléments entrant dans la composition d'un ouvrage en bois doivent être conformes aux normes en vigueur. Ils doivent avoir des performances et des caractéristiques connues. De plus, les sections utilisées pour le calcul doivent être celles réellement mises en œuvre compte tenu des tolérances admissibles.

Bois et dérivés

1 Bois de sciage

Il existe différents modes de classement pour les sciages à usage structural :

- Le classement visuel est effectué en référence à des normes qui prennent en compte un certain nombre de critères tels que : provenance, densité, pente de fil, nodosité, épaisseur des cernes. Les seuils correspondant à ces critères ont été fixés après campagnes d'essais spécifiques à chacune des essences répertoriées. Il est donc indispensable de vérifier l'adéquation entre l'essence, la provenance et la norme de classement utilisée. Pour les bois Français la norme de classement visuel de référence est la NF B 52-001. Elle ne convient pas pour classer des bois d'importation. Les normes de classement visuel sont répertoriées dans l'EN 1912.

| Provenance | Normes de classement utilisables |
|---------------------|----------------------------------|
| Allemagne, Autriche | DIN 4074 |
| Canada | NGLA |
| France | NF B 52-001 |
| Irlande | IS 127 |
| Pays Bas | NEN 5466 et NEN 5480 |
| Pays nordiques | INSTA 142 |
| Portugal | NP 4305 |
| Royaume-Uni | BS 4978 et BS 5756 |
| USA | NGRDL |

Tableau 9. Normes de classement des bois de sciage suivant pays d'origine.

- Le classement mécanique est effectué après caractérisation individuelle des pièces selon la norme NF EN-519. Les caractéristiques mécaniques sont alors directement exprimées selon les classes de la norme NF EN-338.

VERSION
DE TRAVAIL

**VERSION
DE TRAVAIL**

Le tableau 10 indique les correspondances entre les modes de classement.

| Mécanique | Classement | | | | |
|-----------|------------|-----------------------|----------------|-------------------|---------|
| | Visuel | | | | |
| | France | Allemagne Autriche | Pays Nordiques | USA | R-U |
| C30 | ST I | S13 | T3 | J&P Sel - SLF Sel | |
| C24 | ST II | S10 | T2 | J&P Sel - SLF Sel | SS |
| C18 | ST III | S7 | T1 | J&P Sel - SLF Sel | SS - GS |

Tableau 10. Principales correspondances entre classements mécanique et visuel.

Les écarts admissibles sur les dimensions commandées doivent être conformes à la norme NF-EN 1313, soit :

Bois Massifs : écarts admissibles (à 20 % de H)

| | |
|---|--------|
| Épaisseurs et largeurs ≤ 100 mm | + 3 mm |
| | - 1 mm |
| Épaisseurs et largeurs > 100 mm | + 4 mm |
| | - 2 mm |
| Longueur : pas de tolérance contractuelle | |

Tableau 11. Écarts admissibles pour les bois massifs.

Le classement sera attesté par le marquage CE selon la norme NF EN-14081. Le tableau 12 indique les valeurs à prendre en compte dans les calculs à l'eurocode 5.

| Symbole | Désignation | Unité | résineux | | | feuillus | |
|---------------|---|-------------------|----------|-------|-------|----------|-------|
| | | | C18 | C24 | C30 | D30 | D40 |
| $f_{m,k}$ | Contrainte de flexion | N/mm ² | 18 | 24 | 30 | 30 | 40 |
| $f_{t,0,k}$ | Contrainte de traction axiale | N/mm ² | 11 | 14 | 18 | 18 | 24 |
| $f_{t,90,k}$ | Contrainte de traction perpendiculaire | N/mm ² | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 0,6 |
| $f_{c,0,k}$ | Contrainte de compression axiale | N/mm ² | 18 | 21 | 23 | 23 | 26 |
| $f_{c,90,k}$ | Contrainte de compression perpendiculaire | N/mm ² | 4,8 | 5,3 | 5,7 | 8,0 | 8,8 |
| $f_{v,k}$ | Contrainte de Cisaillement | N/mm ² | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,0 | 3,8 |
| $E_{0,mean}$ | Module moyen axial | N/mm ² | 9000 | 11000 | 12000 | 10000 | 11000 |
| $E_{0,05}$ | Module axial caractéristique | N/mm ² | 6000 | 7400 | 8000 | 8000 | 9400 |
| $E_{90,mean}$ | Module moyen transversal | N/mm ² | 300 | 370 | 400 | 640 | 750 |
| G_{mean} | Module de cisaillement | N/mm ² | 560 | 690 | 750 | 600 | 700 |
| ρ_k | Masse volumique caractéristique | kg/m ³ | 320 | 350 | 380 | 530 | 590 |
| ρ_{mean} | Masse volumique moyenne | kg/m ³ | 380 | 420 | 460 | 640 | 700 |

Tableau 12. Valeurs caractéristiques des bois massifs à 12 % d'humidité selon NF EN 338.

2 Bois ronds

À ce jour, il n'existe pas de classement structure pour les bois ronds. Ils sont toutefois classés qualitativement selon les normes : NF EN 1316 (Bois ronds feuillus - classement qualitatif) et ENV 1927 (Bois ronds feuillus - classement qualitatif).

Les écarts admissibles sur dimensions sont conformes à la norme NF EN 1313 (cf. § 5.1.1). Le classement sera attesté par le marquage CE selon la norme NF EN 14544.

3 Bois aboutés

Ils doivent répondre aux exigences de la norme NF EN 385. La section maximale aboutable est de 63 x 240 mm. Les écarts admissibles sur dimensions sont conformes à la norme NF EN 1313 (cf. § 5.1.1).

Les performances seront attestées par le marquage CE.

4 Bois lamellés - collés

Ils doivent répondre aux exigences de la norme NF EN 386. Le classement structural et les valeurs caractéristiques des bois lamellé-collé pour calculs à l'EC5 sont définies par la norme NF EN 1194 .

| Symbole | Unité | Lamellés collés homogènes | | | Lamellés collés panachés | |
|-----------------|--------------------|---------------------------|-------|-------|--------------------------|-------|
| | | GL24h | GL28h | GL32h | GL24c | GL28c |
| $f_{m,g,k}$ | N/mm ² | 28 | 32 | 24 | 28 | |
| $f_{t,0,g,k}$ | N/mm ² | 16,5 | 19,5 | 22,5 | 14,0 | 16,5 |
| $f_{t,90,g,k}$ | N/mm ² | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,35 | 0,40 |
| $f_{c,0,g,k}$ | N/mm ² | 24 | 26,5 | 29 | 21 | 24 |
| $f_{c,90,g,k}$ | N/mm ² | 2,7 | 3,0 | 3,3 | 2,4 | 2,7 |
| $f_{v,g,k}$ | N/mm ² | 2,7 | 3,2 | 3,8 | 2,2 | 2,7 |
| $E_{0,g,mean}$ | kN/mm ² | 11,6 | 12,6 | 13,7 | 11,6 | 12,6 |
| $E_{0,g,05}$ | kN/mm ² | 9,4 | 10,2 | 11,1 | 9,4 | 10,2 |
| $E_{90,g,mean}$ | kN/mm ² | 0,39 | 0,42 | 0,46 | 0,32 | 0,39 |
| $G_{g,mean}$ | kN/mm ² | 0,75 | 0,78 | 0,85 | 0,59 | 0,72 |
| $\rho_{g,k}$ | kg/m ³ | 380 | 410 | 430 | 350 | 380 |

Pour les calculs nécessitant la valeur de ρ_{mean} on peut utiliser : $\rho_{mean} = 1,15 \times \rho_{g,k}$

Tableau 13. Valeurs caractéristiques du bois lamellé-collé à 12 % d'humidité selon NF EN 1194.

VERSION
DE TRAVAIL

Les écarts admissibles sur dimensions commandées doivent être conformes à la norme NF EN 390, soit :

B.L.C : Ecart admissible en dimension (à 12% de H)

| | |
|-----------------------------|--------------------|
| Largeur | ± 2 mm |
| Hauteur ≤ 400 mm | + 4 mm - 0,5 mm |
| Hauteur > 400 mm | +1 % -0,5 % |
| Longueur ≤ 2,00 m | ± 2 mm |
| 2,00 m < longueur ≤ 20,00 m | ± 0,1% |
| Longueur > 20,00 m | ± 20mm |

Tableau 14. Écart admissible en dimension pour le bois lamellé-collé.

Les performances seront attestées par le marquage CE selon NF EN 14080.

5 Bois contrecollés ou bois massif reconstitués (BMR)

Ils doivent répondre aux exigences de la norme NF BMR (en préparation) et notamment respecter les limitations suivantes :

- Dimension maximale de (260 x 320) mm², avec au plus 5 lames,
- Lames d'une surface inférieure à 200 cm² et d'épaisseur comprise entre 45 et 80 mm,
- Elancement de la section (rapport h/b) de la poutre limité à 3,5.

Les propriétés de ces produits sont dérivées de celles des éléments constitutifs.

| Classe visuelle selon NF B 52-001 | Classe mécanique selon NF EN 338 |
|--|-------------------------------------|
| ST-II pur non refendu | C 24 |
| ST-II pur refendu | C 18 |
| STII + STIII ou STIII Refente interdite | C18 |

Tableau 15. Classes mécaniques des BMR.

Les performances seront attestées par le fournisseur puis par le marquage CE dès la mise en place d'un référentiel européen.

6 Lamibois (LVL)

Ils doivent répondre aux exigences de la norme NF EN 14374. Les classes sont définies par la norme NF EN 14279. Les performances seront attestées par le marquage CE selon la norme NF EN 14374.

**VERSION
DE TRAVAIL**

7 Panneau OSB

Selon l'usage souhaité, ils sont classés conformément à la norme NF EN 300 :

- OSB2 : panneau travaillant utilisé en milieu sec, (classe de service 1) ;
- OSB3 : panneau travaillant utilisé en milieu humide, (classe de service 1 et 2) ;
- OSB4 : panneau travaillant sous contrainte élevée utilisé en milieu humide (classe de service 1 et 2).

Note : l'utilisation d'OSB en classe de service 3 est interdite.

| Symbole | | OSB 2 (sec) et 3 (humide) | | | OSB 4 (humide) | | |
|-----------------|---------------------|---------------------------|---------|---------|----------------|---------|---------|
| | | 6<e≤10 | 10<e≤18 | 18<e≤25 | 6<e≤10 | 10<e≤18 | 18<e≤25 |
| $f_{m,0,k}$ | N / mm ² | 18,0 | 16,4 | 14,8 | 24,5 | 23,0 | 21,0 |
| $f_{m,90,k}$ | N / mm ² | 9,0 | 8,2 | 7,4 | 13,0 | 12,2 | 11,4 |
| $f_{t,0,k}$ | N / mm ² | 9,9 | 9,4 | 9,0 | 11,9 | 11,4 | 10,9 |
| $f_{t,90,k}$ | N / mm ² | 7,2 | 7,0 | 6,8 | 8,5 | 8,2 | 8,0 |
| $f_{c,0,k}$ | N / mm ² | 15,9 | 15,4 | 14,8 | 18,1 | 17,6 | 17,0 |
| $f_{c,90,k}$ | N / mm ² | 12,9 | 12,7 | 12,4 | 14,3 | 14,0 | 13,7 |
| $f_{v,k}$ | N / mm ² | | 6,8 | | | 6,9 | |
| $f_{r,k}$ | N / mm ² | | 1,0 | | | 1,1 | |
| $E_{m,0,mean}$ | N / mm ² | | 4930 | | | 6780 | |
| $E_{m,90,mean}$ | N / mm ² | | 1980 | | | 2680 | |
| $G_{v,mean}$ | N / mm ² | | 1080 | | | 1090 | |
| $G_{r,mean}$ | N / mm ² | | 50 | | | 60 | |
| ρ_{mean} | kg/m ³ | | 550 | | | 550 | |

Tableau 16. Valeurs caractéristiques des panneaux OSB selon NF EN 12369.

Les caractéristiques dimensionnelles doivent être conformes à la norme NF EN 324, et les performances sont attestées par le marquage CE selon la norme NF EN 13986.

8 Panneaux de contreplaqué (qualité structure)

Selon l'usage souhaité, ils sont référencés conformément à la norme NF EN 636 :

- panneau utilisé en milieu sec
- panneau utilisé en milieu humide
- panneau utilisé en milieu extérieur.

Les caractéristiques dimensionnelles doivent suivre la norme NF EN 315, et la norme NF EN 12369 précise les caractéristiques mécaniques des panneaux. Les performances sont attestées par le marquage CE-qualité structure, précisé par l'apposition de la lettre « S », selon la norme NF EN 13986.

9 Panneaux de particules

Selon l'usage souhaité, ils sont classés conformément à NF EN 312 :

- P4 panneau utilisé en milieu sec
- P5 panneau utilisé en milieu humide

| Symbole | | P-4 | | | P-5 | | |
|---------------|-------------------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|
| | | 6<e≤13 | 13<e≤20 | 20<e≤25 | 6<e≤13 | 13<e≤20 | 20<e≤25 |
| $f_{m,k}$ | N/mm ² | 14,2 | 12,5 | 10,8 | 15,0 | 13,3 | 11,7 |
| $f_{t,k}$ | N/mm ² | 8,9 | 7,9 | 6,9 | 9,4 | 8,5 | 7,4 |
| $f_{c,k}$ | N/mm ² | 12,0 | 11,1 | 9,6 | 12,7 | 11,8 | 10,3 |
| $f_{v,k}$ | N/mm ² | 6,6 | 6,1 | 5,5 | 7,0 | 6,5 | 5,9 |
| $f_{r,k}$ | N/mm ² | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,9 | 1,7 | 1,5 |
| $E_{m,mean}$ | N/mm ² | 3200 | 2900 | 2700 | 3500 | 3300 | 3000 |
| $G_{v,mean}$ | N/mm ² | 860 | 830 | 770 | 960 | 930 | 860 |
| ρ_{mean} | kg/m ³ | 650 | 600 | 550 | 650 | 600 | 550 |

Tableau 17. Valeurs caractéristiques des panneaux de particules (NF EN 12369).

Les caractéristiques dimensionnelles sont conformes à la norme NF EN 324. Les performances sont attestées par le marquage CE selon la norme NF EN 13986.

Organes d'assemblage

Il existe deux groupes d'organes d'assemblages :

- Les organes de type tige dont le comportement en flexion conditionne le transfert d'effort. On distingue : les agrafes, les pointes, les vis, les boulons, et les broches.
- Les assembleurs plus spécifiques tels que : anneaux, les crampons et les connecteurs métalliques à dents.

Les performances des organes d'assemblage seront attestées par marquage CE selon les normes EN 14545 et EN 14592.

A moins d'être inoxydables par nature, les organes métalliques doivent être protégés contre la corrosion, selon les dispositions de la norme ISO 2081. (voir tableau 18. Protection des organes d'assemblage vis-à-vis de la corrosion.)

**VERSION
DE TRAVAIL**

| Organes d'assemblage | Classe de service | | |
|---|-------------------|-----------|------------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Pointes et tire-fonds avec $\varnothing \leq 4$ mm | Aucune | Aucune | Fe/Zn 25c ** |
| Boulons, broches, pointes et tire-fonds avec $\varnothing > 4$ mm | Aucune | Fe/Zn 12c | Fe/Zn 25c ** |
| Agrafes | Fe/Zn 12c | Fe/Zn 12c | Acier inoxydable |
| Plaques métalliques embouties et plaques métalliques jusqu'à 3 mm d'épaisseur | Fe/Zn 12c | Fe/Zn 12c | Acier inoxydable |
| Plaques métalliques dont l'épaisseur est comprise entre 3 et 5 mm. | Aucune | Fe/Zn 12c | Fe/Zn 25c ** |
| Plaques métalliques d'épaisseur supérieure à 5 mm. | Aucune | Aucune | Fe/Zn 25c ** |

* Si un revêtement par galvanisation à chaud est utilisé, il convient de remplacer Fe/Zn 12c par Z275 et Fe/Zn 25c par Z350 conformément à EN 10147.

** Pour des conditions particulièrement corrosives, il convient d'envisager le Fe/Zn 40c, un revêtement par galvanisation à chaud ou de l'acier inoxydable.

Tableau 18. Protection des organes d'assemblage vis-à-vis de la corrosion.

1 Pointes, clous et agrafes

Ils sont conformes aux spécifications de la norme NF EN 14592.

2 Boulons, tiges filetées et broches

Ils sont conformes aux spécifications de la norme NF EN 14592.

3 Vis et tirefonds

Ils sont conformes aux spécifications des normes :

- NF E 25-600 vis à bois
- NF E 25-601 vis à têtes fraisées
- NF E 25-607 vis à têtes hexagonales
- NF E 25-608 vis à têtes carrée

4 Les assembleurs

Ils permettent le transfert d'efforts élevés en mobilisant la portance du bois sur une grande surface.

Les anneaux bois-bois et les crampons à double face sont utilisables uniquement entre pièces en bois. Ils sont conformes aux spécifications de la norme NF EN 14545. et NF EN 912.

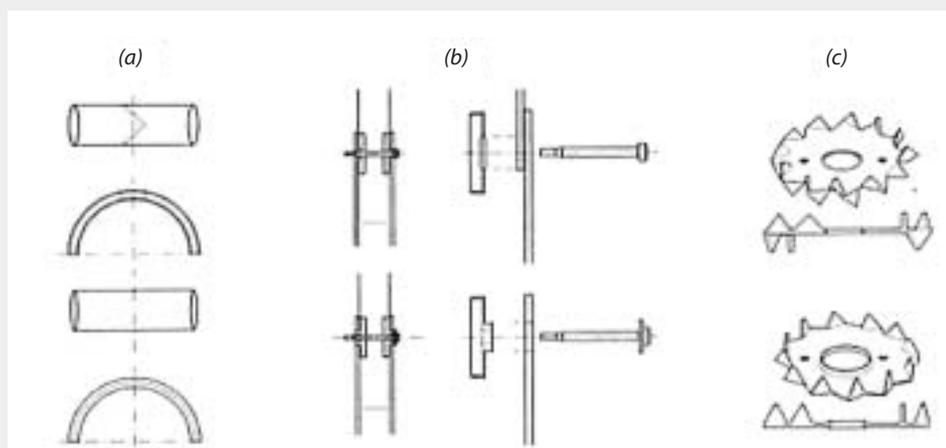


Figure 18. Assembleurs courants de structures bois :

- (a) anneaux bois sur bois,
- (b) anneaux bois-métal,
- (c) crampons simple et double face.

5 Boîtiers étriers équerres

Ils sont dimensionnés conformément au guide technique du fournisseurs et accompagnés des pointes associées.

Dès juin 2006, les performances seront attestées par le marquage CE selon le guide EOTA N° 015.

6 Chevilles d'ancrage

Elles sont conformes aux spécifications du guide EOTA N° 001.

Les performances sont attestées par le marquage CE selon le guide EOTA N° 001.

Assemblages

(chapitre provisoire)

Assemblages traditionnels

1 Assemblage par embrèvement

Ces assemblages assurent la transmission entre deux pièces dont l'une est inclinée par rapport à l'autre. Le transfert de l'effort de compression dans l'arbalétrier se fait par contact sur la surface frontale. La figure 16 montre différents types d'assemblages par embrèvement.

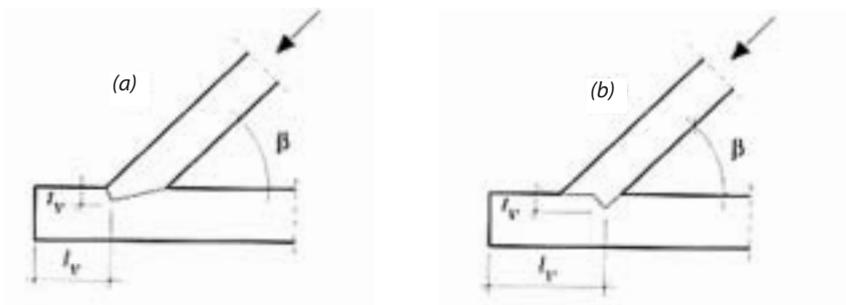
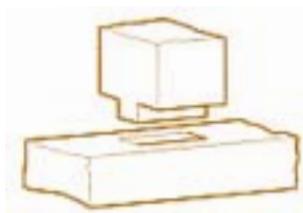


Figure 19. (a) avec entaille frontale, (b) par embrèvement arrière.

2 Assemblage par tenon



Cet assemblage permet la transmission d'efforts transversaux. L'épaisseur du tenon h_e est en générale égale au tiers de l'épaisseur de la pièce et sa profondeur varie entre 40 et 60 mm (selon l'outil de travail). Les mortaises doivent se trouver dans la partie comprimée de la poutre.

Assemblages mécaniques

Les assemblages mécaniques utilisent deux types d'organes :

- Les organes de type tige dont le comportement en flexion conditionne le transfert d'effort. On distingue : les agrafes, les pointes, les vis, les boulons, et les broches.
- Les assembleurs plus spécifiques tels que : les anneaux, les crampons et les connecteurs métalliques à dents qui mobilisent la portance du bois sur une plus grande surface.

Les performances de tous ces organes seront attestées par le marquage CE.

VERSION
DE TRAVAIL

VERSION DE TRAVAIL

Précautions particulières

1 Gonflement et retrait

Dans les zones bloquées par les organes d'assemblage, **les variations du taux d'humidité du bois** peuvent induire des contraintes de traction perpendiculaire dont le résultat est **l'apparition de fentes**. Pour limiter ce risque de fendage, les organes doivent être regroupés dans des zones appropriées des éléments assemblés.

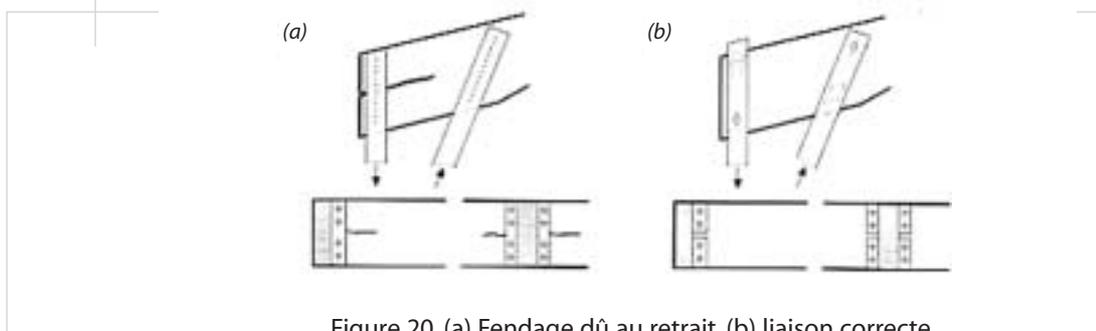
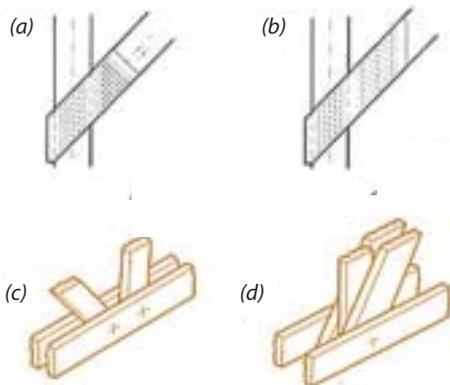


Figure 20. (a) Fendage dû au retrait, (b) liaison correcte.



2 Excentricités

Les excentricités peuvent être de différentes origines : le type d'organe mécanique utilisé, la disposition de l'assemblage, la conception du système structural. Dans les structures porteuses et particulièrement pour les éléments fortement sollicités, les assemblages et les pièces doivent avoir une disposition symétrique et concentrique.

Figure 21. Excentricités dues aux organes d'assemblage (a) ou aux éléments (c) et configurations sans excentricités (b), (d).

3 Action de groupe et rupture de bloc

Dans le cas de liaison compacte ou comportant un grand nombre d'organes en ligne, **la capacité résistante de la liaison peut être limitée par la résistance du bois en traction ou en cisaillement**. Il faut pour cela vérifier la résistance en cisaillement et en traction des section nettes du bois sur le pourtour de l'assemblage.

Par ailleurs, pour plusieurs organes d'assemblages alignés dans la direction du fil, il faut considérer une réduction du nombre d'organes travaillant. Ce nombre « modifié » d'organe est appelé : nombre efficace n_{ef} .

4 Pré-perçage

Pour réaliser un clouage dans des bois denses ($\rho > 500 \text{ kg/m}^3$) ou très secs, un pré-perçage est nécessaire.

Dans le cas des pointes, les trous ne devront pas avoir un diamètre supérieur à 80 % de celui de la tige. Le pré-perçage permet de diminuer les espacements entre pointes. Toutefois, c'est une opération longue et coûteuse.

Les vis doivent être posées dans des avants trous réalisés avec une mèche étagée : au diamètre de la partie lisse sur une profondeur égale à la longueur non filetée et à 70 % du diamètre de la tige pour la partie filetée de la vis.

Assemblages par organes de type tige



Figure 22. Assemblage par tige sollicité en simple (a) ou en double cisaillement (b).

Pour la vérification des assemblages par tige, il faut déterminer le mode de rupture de l'assemblage, et ainsi déterminer la résistance de calcul par tige et par plan de cisaillement. On peut en déduire le nombre d'organes nécessaires et les positionner en fonction des règles d'espacements et de distances par rapport aux rives.

1 Assemblages par pointes

Afin de limiter le risque de fendage et notamment dans un bois dur, la réalisation d'un assemblage cloué peut nécessiter un pré-perçage avec un diamètre inférieur à 80 % du diamètre de la pointe.

On parle de talon chargé quand une composante de l'effort transmis par la pointe est dirigée vers l'extrémité du bois.

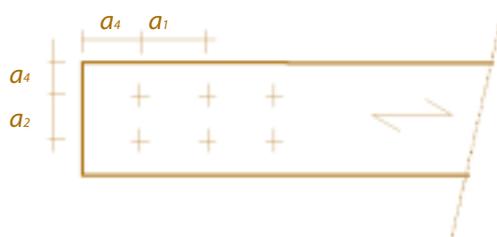


Figure 23. Espacements et distances des pointes.

VERSION
DE TRAVAIL

| Angle | 0° | 30° | 45° | 60° | 90° |
|---|------|--------|--------|--------|------|
| Sans pré-perçage et masse volumique < 420 kg/m³ | | | | | |
| a_1 si $d < 5$ mm | 10 d | 9,5 d | 8,5 d | 7,5 d | 5 d |
| a_1 si $d > 5$ mm | 12 d | 11 d | 10 d | 8,5 d | 5 d |
| a_2 | 5 d | 5 d | 5 d | 5 d | 5 d |
| a_2 | 15 d | 14,5 d | 13,5 d | 12,5 d | 10 d |
| a_4 si $d < 5$ mm | 5 d | 6 d | 6,5 d | 7 d | 7 d |
| a_4 si $d > 5$ mm | 5 d | 7,5 d | 8,5 d | 9,5 d | 10 d |
| Sans pré-perçage et masse volumique entre 420 et 500 kg/m³ | | | | | |
| a_1 | 15 d | 14 d | 13 d | 11 d | 7 d |
| a_2 | 7 d | 7 d | 7 d | 7 d | 7 d |
| a_3 | 20 d | 19,5 d | 18,5 d | 17,5 d | 15 d |
| a_4 si $d < 5$ mm | 7 d | 8 d | 8,5 d | 9 d | 9 d |
| a_4 si $d > 5$ mm | 7 d | 9,5 d | 10,5 d | 11,5 d | 12 d |
| Avec pré-perçage et quelle que soit la masse volumique | | | | | |
| a_1 | 5 d | 5 d | 5 d | 4,5 d | 4 d |
| a_2 | 3 d | 3,5 d | 4 d | 4 d | 4 d |
| a_3 | 12 d | 11,5 d | 10,5 d | 9,5 d | 7 d |
| a_4 si $d < 5$ mm | 3 d | 4 d | 4,5 d | 5 d | 5 d |
| a_4 si $d > 5$ mm | 3 d | 5 d | 6 d | 7 d | 7 d |

Tableau 19. Condition d'espacement et de distance pour les pointes.

2 Pointes sollicitées axialement

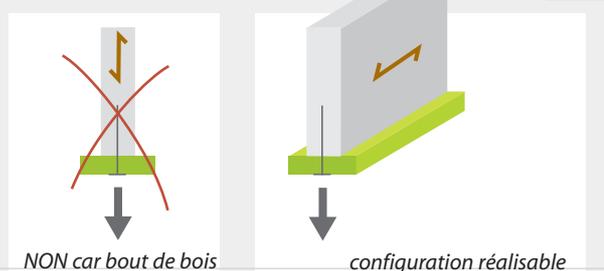
L'Eurocode 5 interdit l'usage des pointes lisses pour le transfert d'efforts axiaux permanents ou à long terme. Dans ce cas, il faut utiliser des pointes crantées, filetées ou torsadées. De même le clouage en bout est interdit.

Dans ce cas, deux modes de rupture sont à prendre en compte :

- l'arrachement de la pointe hors de l'élément bois ;
- la perforation de la plaque par la tête de la pointe.

VERSION
DE TRAVAIL

Figure 24. Clouage perpendiculaire.



3 Assemblages par boulons et broches

L'Eurocode 5 permet un jeu de 1 mm pour la mise en place de ces boulons. De plus en plus, les broches tendent à remplacer les boulons. Une broche est une tige ronde en acier, enfoncée en force dans les trous de perçages.

Les boulons et les broches travaillent souvent en cisaillement double ou multiple. Pour garantir les performances de l'assemblage.

Tous les organes de serrages doivent être posés avec une rondelle sous les têtes ou écrous en contact avec le bois. La résistance d'un assemblage boulonné ou broché dépend tout autant des caractéristiques du bois que de celles de l'acier.

| Boulons | | | | | | Broches | | | | | |
|---------|---------------------------------|-----|-------|-------|-----|---------|---------------------------------|-------|-----|-----|-----|
| Angle | 0° | 30° | 45° | 60° | 90° | Angle | 0° | 30° | 45° | 60° | 90° |
| a_1 | 7 d | 7 d | 6,5 d | 5,5 d | 4 d | a_1 | 7 d | 6,5 d | 6 d | 5 d | 3 d |
| a_2 | 4 d | | | | | a_2 | 3 d | | | | |
| a_3 | $\max \{ 7d ; 80 \text{ mm} \}$ | | | | | a_3 | $\max \{ 7d ; 80 \text{ mm} \}$ | | | | |
| a_4 | 3 d | | | | | a_4 | 3 d | | | | |

Tableau 20. Disposition des organes.

$$n_{\text{ef}} = \min \left\{ n ; n^{0,9} \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \right\} = \begin{cases} 0,75 n^{0,9} & \text{si angle} = 0^\circ \text{ et } a_1 < 13d \\ 0,86 n^{0,9} & \text{si angle} = 90^\circ \text{ et } a_1 < 13d \\ n^{0,9} & \text{si } a_1 > 13d \end{cases}$$

4 Assemblages vissés

Pour l'application des règles de l'Eurocode 5, deux règles sont stipulées :

- et { les vis sont posées dans les avant-trous,
la longueur de la partie lisse est au moins égale à l'épaisseur de la pièce située sous la tête de la vis.

Les distances et espacements minimaux sont identiques à ceux des boulons si ou des pointes si $d_{\text{partie lisse}} < 6 \text{ mm}$.

Pour les vis, le nombre efficace est défini par : $n_{\text{ef}} = n^{0,9}$

Le chargement

VERSION
DE TRAVAIL

Dans le domaine d'application de ce guide, quatre types de charges sont considérées, à l'exclusion des charges accidentelles telles que le feu ou le séisme.

Les charges permanentes

| | Désignation | daN/m ² |
|--|--|--------------------|
| Solives (masse volumique moyenne 500) Dimensions b x h [mm] | 63*163 ; espacement : 40 cm | 13 |
| | 63*163 ; espacement : 60 cm | 9 |
| | 75*225 ; espacement : 40 cm | 21 |
| | 75*225 ; espacement : 60 cm | 14 |
| Pannes (masse volumique moyenne 500) Dimensions b x h [mm] | 63*163 ; espacement : 150 cm | 4 |
| | 63*163 ; espacement : 200 cm | 3 |
| | 75*225 ; espacement : 150 cm | 6 |
| | 75*225 ; espacement : 200 cm | 4 |
| Chevrans (masse volumique moyenne 500) Dimensions b x h [mm] | 63*75 ; espacement : 60 cm | 4 |
| | 80*100 ; espacement : 60 cm | 7 |
| | 100*120 ; espacement : 60 cm | 10 |
| | 40*225 ; espacement : 60 cm | 8 |
| Panneaux | Panneau de particules (par cm d'épaisseur) | 8 |
| | OSB (par cm d'épaisseur) | 7 |
| | Panneau de contreplaqué (<i>par cm d'épaisseur</i>) | 5 |
| Plancher | Chape en mortier de ciment (<i>par cm d'épaisseur</i>) | 20 |
| | Parquets de 23 mm y compris lambourdes | 25 |
| | Dalle flottante en béton, y compris sous couche élastique par cm | 22 |
| Revêtement de sol | Grès cérame mince (<i>4,5 mm</i>) y compris mortier | 50 |
| | Sols minces textiles ou plastiques (<i>collés ou tendus</i>) et parquets mosaïques | 8 |
| Couverture métallique | en zinc ou inox (<i>voligeage et tasseaux compris</i>) | 25 |
| | en alu 8/10 (<i>voligeage et tasseaux compris</i>) | 17 |
| | Bac acier 75/100e | 7 |
| Couvertures en ardoise | ardoises naturelles ordinaire (<i>voligeage et lattis compris</i>) | 20-35 |
| Couverture en tuile | tuiles mécaniques à emboîtement (<i>liteaux compris</i>) | 35-45 |
| | tuiles plates (<i>liteaux compris</i>) | 55-90 |
| Couverture fibre-ciment | Plaques « grande ondes » | 17 |
| Plafonds | Plaques de plâtre BA 10 | 8 |
| | Plaques de plâtre BA 13 | 11 |
| Isolation | Laine de verre (<i>par cm d'épaisseur</i>) | 0,7 |
| | Laine de roche sous étanchéité (<i>par cm d'épaisseur</i>) | 1,7 |

Tableau 21. Valeurs indicatives des charges permanentes.

Par convention, ces charges sont notées g .

Les charges permanentes correspondent aux charges induites par les poids propres des éléments structuraux et de tous les composants supportés continuellement par la structure. Ces charges comprennent, les cloisons fixes, l'isolation, les revêtements de sols, ...

Par souci de simplification, on associe généralement les charges permanentes à une charge uniformément répartie sur les surfaces considérées.

Les charges d'exploitation

Par convention, ces charges sont notées Q_q ou Q .

Les charges d'exploitation sont des charges variables résultant de l'occupation des lieux. Elles correspondent à des charges déplaçables : personnes, mobilier, cloisons mobiles, machines...

L'Eurocode 1 (Norme Européenne pour les actions sur les structures) considère les charges d'exploitation suivantes pour les différentes catégories de bâtiments :

| Catégorie | Surface chargée | Charge uniformément répartie [daN/m ²] | Charge ponctuelle [daN] |
|-----------|--|--|-------------------------|
| A | Plancher d'habitation | 150 | 200 |
| B | Plancher de bureau | 250 | 400 |
| C | Espaces équipés de tables ou sièges | 250 | 300 |
| | Espace ne présentant pas de gêne pour la circulation des personnes | 400 | 400 |
| | Espaces accueillant de la foule | 500 | 700 |
| D | Planchers de commerces | 500 | 500 |
| H | Toiture | 40 si pente < 20° | 100 |

Tableau 22. Les charges d'exploitation.

Les cloisons dont le poids propre est inférieur à 3 kN/ml doivent être considérées comme des charges réparties dont l'intensité est définie ci-dessous :

$$\begin{array}{ll}
 pp / ml \leq 1,0 \text{ kN} / ml & q_k = 0,5 \text{ kN} / m^2 \\
 pp / ml \leq 2,0 \text{ kN} / ml & q_k = 0,8 \text{ kN} / m^2 \\
 pp / ml \leq 3,0 \text{ kN} / ml & q_k = 1,2 \text{ kN} / m^2
 \end{array}$$

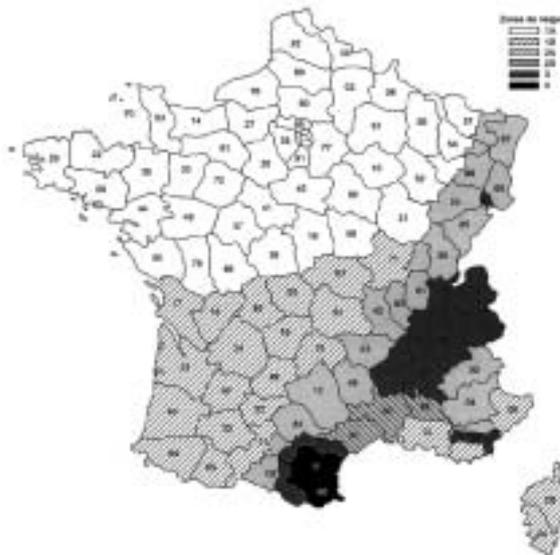
Au-delà de cette limite, une étude spécifique prenant en compte la mobilité (disposition) possible de la cloison durant la vie de l'ouvrage doit être conduite.

**VERSION
DE TRAVAIL**

Les charges de neige

Par convention, ces charges ont pour indice s .

La base de tous calculs de charges de neige est la carte de neige (ci-dessous). Pour chaque région, deux valeurs sont définies : $s_{k,min}$ qui correspond à la charge de neige courante au sol, et $s_{A,min}$ qui correspond à la charge de neige accidentelle au sol. Par convention, ces valeurs correspondent à une altitude de 200 m.



| Zone | $s_{k,min}$ neige caractéristique daN/m ² | $s_{A,min}$ neige accidentelle daN/m ² |
|------|--|---|
| 1A | 45 | |
| 1B | 45 | 100 |
| 2A | 55 | 100 |
| 2B | 55 | 135 |
| 3 | 65 | 135 |
| 4 | 90 | 180 |

Figure 25. Zones et charges de neige au sol en France.

Pour établir la charge de neige sur une toiture, la première étape consiste à prendre en compte l'altitude A du site du projet pour définir la valeur caractéristique s_k :

$$s_k = s_{k,min} + \begin{cases} 0,15A-30 & 200 < A \leq 500 \text{ m} \\ 0,3A-105 & 500 < A \leq 1000 \text{ m} \\ 0,45A-255 & 1000 < A \leq 2000 \text{ m} \end{cases}$$

Pour de faibles pentes de toiture, une charge supplémentaire s_1 est à intégrer avec :

$$s_1 = \begin{cases} 0,2 \text{ kN / m}^2 & \text{pente} \leq 3 \% \\ 0,1 \text{ kN / m}^2 & 3 \% < \text{pente} \leq 5 \% \end{cases}$$

L'Eurocode 1 préconise le calcul de 2 charges de neige :

- La charge de neige normale : $s_k = \mu_i s_k + S_1$
- La charge de neige accidentelle : $s_A = \mu_i s_{A,min} + S_1$

Avec μ_i , un coefficient de forme qui prend en compte la géométrie de la toiture et l'effet du vent sur la distribution de la neige.

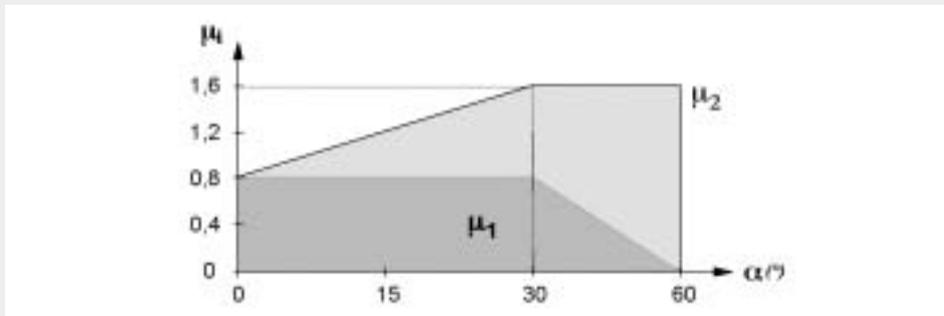


Figure 26. Valeur du coefficient de forme pour la neige sur les toitures en fonction de l'angle de la toiture.

Pour des toitures à simple ou double pente, plusieurs cas de charge de neige sont à considérer selon la figure ci-dessous.

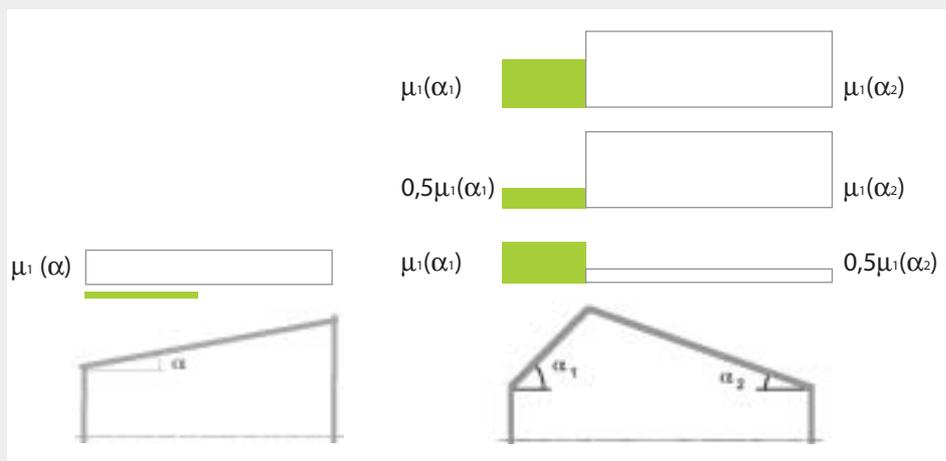


Figure 27. Coefficient de forme pour la neige selon la forme des toitures.

Les charges de vent

Par convention, ces charges ont pour indice : w

Les actions dues au vent correspondent soit à un champ de pression, soit à des forces globales. Elles sont définies à partir de la vitesse de base $v_{b,0}$ du vent, égale à la vitesse moyenne à 10 mètres au-dessus d'un terrain de catégorie II.

Figure 28.



Selon la hauteur au-dessus du sol, le profil de la vitesse du vent dépend essentiellement de la rugosité du sol. En référence à la classification donnée dans le tableau 20, le choix de la catégorie de terrain constitue une étape essentielle pour le calcul. En effet, il peut en résulter des écarts de l'ordre de 30 % entre deux catégories voisines, notamment pour des hauteurs inférieures à 20 mètres qui correspondent au domaine courant des structures bois.

La valeur de pointe (valeur de base pour le calcul de la pression due au vent sur un bâtiment) pour un bâtiment de référence est donnée par le tableau 24

en fonction : et { de la région,
de la catégorie du terrain,
de la hauteur du bâtiment.

Catégorie Nature du terrain

| | | |
|---|------------|---|
|  | 0 | Mer ou zone côtière exposée aux vents de mer |
|  | I | Lacs ou zone à végétation négligeable et libre de tout |
|  | II | Zone à végétation basse telle que de l'herbe, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments) séparés les uns des autres d'au moins 20 fois leur hauteur |
|  | III | Zone avec une couverture végétale régulière ou des bâtiments, ou avec des obstacles isolés séparés d'au plus 20 fois leur hauteur (par exemple des villages, des zones suburbaines, des forêts permanentes) |
|  | IV | Zone dont au moins 15 % de la surface sont recouverts de bâtiments, dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m |

Illustrations

Tableau 23. Catégorie de terrain (ou rugosité).

Selon l'EN-1991-1-4, la valeur caractéristique de la pression due au vent sur les parois (W_k) constitue la base de calcul d'une structure pour toutes les directions du vent. Cette valeur correspond à la pression nette définie par :

$$W_k(z) = q_p (C_{pe} - C_{pi})$$

La valeur de C_{pe} est prise égale à 0,8 (cf. Eurocode 1) dans le cas de dimensionnement de poteau au vent. La valeur de C_{pi} est soit -0,3 soit 0,2. Le choix de C_{pi} doit être fait de telle manière que la valeur de $W_k(z)$ soit la plus importante.

Dans ce cas, on prend $C_{pi} = -0,3$;

$$\text{d'où : } W_k(z) = 1,10 \times q_p$$

VERSION
DE TRAVAIL

| Catégorie | Zone | q_p (daN/m ²) z = 10 m | q_p (daN/m ²) z = 6 m | q_p (daN/m ²) z = 3 m |
|-----------|------|---|--|--|
| 0 | 1 | 79 | 73 | 62 |
| | 2 | 95 | 86 | 74 |
| | 3 | 103 | 93 | 81 |
| | 4 | 131 | 118 | 102 |
| I | 1 | 74 | 66 | 55 |
| | 2 | 88 | 79 | 67 |
| | 3 | 96 | 86 | 72 |
| | 4 | 121 | 108 | 97 |
| II | 1 | 62 | 54 | 43 |
| | 2 | 75 | 65 | 52 |
| | 3 | 81 | 70 | 57 |
| | 4 | 103 | 89 | 72 |
| III | 1 | 45 | 37 | 26 |
| | 2 | 54 | 44 | 31 |
| | 3 | 59 | 48 | 34 |
| | 4 | 75 | 61 | 43 |
| IV | 1 | 31 | 23 | 13 |
| | 2 | 37 | 27 | 16 |
| | 3 | 41 | 30 | 17 |
| | 4 | 51 | 38 | 21 |

Tableau 24. Valeur Q_p de pour un bâtiment de référence.

Les combinaisons de charges

Après avoir estimé les différentes actions, le dimensionnement nécessite l'analyse des cas de chargements pouvant être appliqués à la structure.

Pour quantifier ces cas de chargement, les charges en présence sont cumulées en appliquant des coefficients de pondération. Par exemple, on ne prendra pas en compte la totalité des charges de neige et de vent, car il est peu probable que ces deux actions atteignent leur maximum simultanément.

Ces combinaisons seront étudiées plus en détail élément par élément, lors des différentes vérifications nécessaires à l'Eurocode 5.

Utilisation du manuel simplifié

**VERSION
DE TRAVAIL**

Principes

Le manuel simplifié est conçu pour permettre aux utilisateurs de mener à bien étape par étape le dimensionnement d'éléments simples de structures.

Pour un élément considéré, (poutre, poteau, arêtier...) le principe consiste à renseigner au fur et à mesure une note de calculs pré-formatée pour ce type d'élément.

Pour chaque type d'éléments, l'utilisateur dispose donc de trois feuillets vierges constituant le cadre de la note de calcul.

- le premier feuillet est utilisé pour définir le chargement agissant sur l'élément ;
- le second feuillet sert au calcul des sollicitations ;
- le troisième feuillet permet le dimensionnement à l'EC5.

Pour bien maîtriser la méthode, l'utilisateur pourra se reporter aux exemples destinés à le guider. Il aura également à sa disposition :

- un lexique récapitulatif des notations, indices, symboles et unités utilisés dans les eurocodes.
- un tableau de propriétés géométriques indiquant les valeurs de calculs : aire, module d'inertie et inertie des principales sections utilisables.
- quelques tableaux et abaques à lecture directe facilitant ou évitant le calcul.

Charges permanentes

1. Calcul de la charge linéaire

a. Estimation des charges permanentes réparties à reprendre. (solivage, revêtement de sol, cloisons...)

$$G_k = \dots\dots\dots \text{ daN / m}^2$$

b. Largeur de la bande de chargement

$$e = \dots\dots\dots \text{ m}$$

c. Calcul de la charge linéaire reprise par la poutre

$$g_k = G_k \times e = \dots\dots\dots \text{ daN / ml}$$

2. Calcul de la charge ponctuelle éventuelle

a. Estimation des charges permanentes agissant sur la poutre de manière ponctuelle

$$G_k = \dots\dots\dots \text{ daN/m}^2$$

b. Surface concernée

$$S = \dots\dots\dots \text{ m}^2$$

c. Calcul de la charge ponctuelle reprise par la poutre

$$P_g = G_k \times S = \dots\dots\dots \text{ daN}$$

Définition du chargement

Sur les trois feuillets nécessaires au dimensionnement, le premier : « définition du chargement » constitue une base commune à tous les éléments. Il permet de recenser et de quantifier les charges permanentes, les charges d'exploitation et les charges climatiques (neige et vent) agissant sur la structure.

1 Les charges permanentes

Elles sont toujours déduites d'une charge surfacique (agissant sur un plancher par exemple) pour obtenir une charge répartie linéairement le long d'une poutre ou une charge concentrée. (reprise d'un poteau par exemple)

Des valeurs indicatives des charges surfaciques sont données dans le tableau 21.

Il existe deux méthodes pour calculer la valeur de la charge linéaire :

- Comme ci-contre : en multipliant la valeur de la charge surfacique par la largeur de la bande de chargement, on obtient la charge linéaire.
- Une deuxième possibilité est de calculer la charge totale reprise par la poutre en multipliant la surface théoriquement reprise par la poutre par la valeur de la charge surfacique et de diviser la valeur obtenue par la longueur de la poutre.

Le calcul de la charge ponctuelle éventuelle consiste à multiplier la valeur de la charge surfacique par la surface chargée. (voir ci-dessous)

2 Les charges d'exploitation

Les charges d'exploitation dépendent de la catégorie de l'ouvrage (habitation, bureaux, commerces, ...). L'Eurocode 1 impose pour chaque catégorie la valeur de la charge d'exploitation à prendre en compte.

Une fois cette charge surfacique déterminée, la valeur de la charge linéaire appliquée sur la poutre à calculer est établie selon une démarche analogue à celle définie au paragraphe précédent.

De la même façon, lorsque la configuration de l'ouvrage, donc la descente de charge, impose de reprendre une charge ponctuelle sur la poutre, le calcul de la charge ponctuelle éventuelle consiste à multiplier la valeur de la charge surfacique par la surface chargée qui génère cette charge ponctuelle. (voir ci-contre)

| Charges d'exploitation |
|--|
| <p>1. Calcul de la charge linéaire</p> <p>a. Catégorie d'utilisation du bâtiment et valeur de la charge répartie Q_k en daN/m² Habitation A 150 Bureau B 250</p> <p>b. Largeur de la bande de chargement $e = \dots\dots\dots$ m</p> <p>c. Calcul de la charge linéaire reprise par la poutre $q_k = Q_k \times e = \dots\dots\dots$ daN/ml</p> |
| <p>2. Calcul de la charge ponctuelle éventuelle</p> <p>a. Surface concernée $S = \dots\dots\dots$ m²</p> <p>b. Calcul de la charge ponctuelle reprise par la poutre $P_q = Q_k \times S = \dots\dots\dots$ daN</p> |

**VERSION
DE TRAVAIL**

3 Les charges climatiques

Les charges climatiques à prendre en compte dépendent de la localisation de l'ouvrage.

Pour les actions dues au vent, le calcul de ces charges est associé à la conception globale de la structure.

A l'opposé, les charges de neige, qui définissent le dimensionnement général de la toiture, peuvent être simplement établies pour chaque élément.

Charges de neige

1. Charge de neige à considérer pour les calculs

$$S_k = S_{k,min} + s_1 + \begin{matrix} 0,15A - 30 & 200 < A \leq 500 \text{ m} \\ 0,3A - 105 & 500 < A \leq 1000 \text{ m} \\ 0,45A - 255 & 1000 < A \leq 2000 \text{ m} \end{matrix}$$

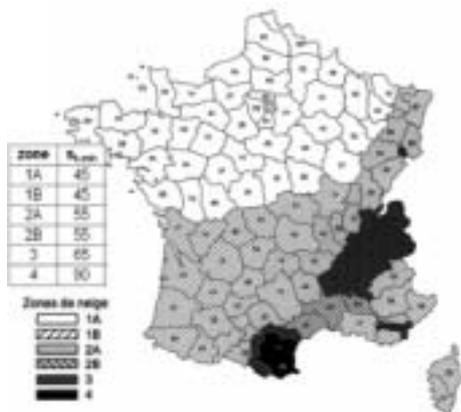
avec $s_1 = 10 \text{ daN / m}^2$ $3 \% < \text{pente} \leq 5 \%$
 0 daN / m^2 $\text{pente} > 5 \%$

$S_k = \dots \text{ daN / m}^2$

d'où $s_1 = S_1 \times L = \dots \text{ daN / ml}$

2. Valeur de la charge ponctuelle P de neige

$P = \dots \text{ daN}$



Charges de vent

1. Région d'implantation de l'ouvrage

1 - 2 - 3 - 4

2. Catégorie de rugosité du terrain

0 - I - II - III - IV

3. Calcul de la pression due au vent sur les parois

$w_1(z) = 1,10 \times Q_p = \dots \text{ daN / m}^2$



Combinaisons d'actions

Selon les vérifications à mener : états limites ultimes ou états limites de service, les actions sont associées à des coefficients de pondérations et sont combinées pour obtenir la sollicitation représentative agissante.

Aux états limites ultimes courants (ELU), les moments résultants M des combinaisons de charges à prendre en compte sont les suivants :

$$M_1 = 1,35 \times M_g + 1,5 \times M_q + 0,75 \times M_s + 0,9 \times M_w$$

$$M_2 = 1,35 \times M_g + 1,5 \times M_s + 1,05 \times M_q + 0,9 \times M_w$$

$$M_3 = 1,35 \times M_g + 1,5 \times M_w + 1,05 \times M_q + 0,9 \times M_s$$

$$M_{ELU} = \max \{ M_1 ; M_2 ; M_3 \}$$

De même pour les efforts tranchants V résultants :

$$V_1 = 1,35 \times V_g + 1,5 \times V_q + 0,75 \times V_s + 0,9 \times V_w$$

$$V_2 = 1,35 \times V_g + 1,5 \times V_s + 1,05 \times V_q + 0,9 \times V_w$$

$$V_3 = 1,35 \times V_g + 1,5 \times V_w + 1,05 \times V_q + 0,9 \times V_s$$

$$V_{ELU} = \max \{ V_1 ; V_2 ; V_3 \}$$

Aux états limites de service (ELS) ils sont égaux à :

$$M'_1 = M_g + M_q + 0,6 \times M_s + 0,7 \times M_w$$

$$M'_2 = M_g + M_s + 0,7 \times (M_q + M_w)$$

$$M'_3 = M_g + M_w + 0,7 \times M_q + 0,6 \times M_s$$

$$M_{ELS} = \max \{ M'_1 ; M'_2 ; M'_3 \}$$

Nota : en fonction des actions effectivement agissantes, ces combinaisons seront simplifiées au cas par cas dans chaque fiche élément.

Dimensionnement conforme à l'Eurocode 5

Pour chaque type d'élément, les calculs et les vérifications sont menés selon les notes pré-formatées.

L'utilisateur familiarisé avec cette méthode pourra ensuite se reporter à l'annexe 1.

VERSION
DE TRAVAIL

Poutre sur deux appuis située à l'intérieur

PARTIE 1 > Définition du chargement

Charges permanentes

1 Calcul de la charge linéaire

Estimation des charges permanentes réparties à reprendre (solivage, revêtement de sol, cloisons...)

$$G_k = \dots\dots\dots daN/m^2$$

Largeur de la bande de chargement

$$e = \dots\dots\dots m$$

Calcul de la charge linéaire reprise par la poutre

$$q_G = G_k \times e = \dots\dots\dots daN/m$$

2 Calcul de la charge ponctuelle éventuelle

Estimation des charges permanentes agissant sur la poutre de manière ponctuelle

$$G_k = \dots\dots\dots daN/m^2$$

Surface concernée

$$S = \dots\dots\dots m^2$$

Calcul de la charge ponctuelle reprise par la poutre

$$P_G = G_k \times S = \dots\dots\dots daN$$

Charges d'exploitation

1 Calcul de la charge linéaire

Catégorie d'utilisation du bâtiment et valeur de la charge répartie Q_k en daN / m²

| | | |
|------------|---|-----|
| Habitation | A | 150 |
| Bureau | B | 250 |

Largeur de la bande de chargement

$$e = \dots\dots\dots m$$

2 Calcul de la charge ponctuelle éventuelle

Surface concernée

$$S = \dots\dots\dots m^2$$

Calcul de la charge ponctuelle reprise par la poutre

$$P_Q = Q_k \times S = \dots\dots\dots daN$$

Charges de neige

pas dans ce cas

Charges de vent

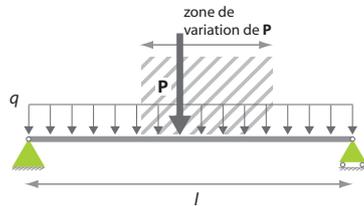
pas dans ce cas

**VERSION
DE TRAVAIL**

Poutre sur deux appuis située à l'intérieur

PARTIE 2 > Calcul des sollicitations

Données d'entrées



Portée : L = m

Nota : P varie entre L/4 et 3L/4

| | permanente | | exploitation | | |
|--------------------------------|------------|--|--------------|--|--------|
| Valeur de la charge répartie | q_G | | q_Q | | daN/ml |
| Valeur de la charge ponctuelle | P_G | | P_Q | | daN |

Calcul des moments

| | permanente | | exploitation | | |
|--|--------------|--|--------------|--|-------|
| Moment dû à p : $M_q \left(\frac{l}{2} \right) = \frac{ql^2}{8}$ | M_{qG} | | M_{qQ} | | daN/m |
| Moment dû à P : $M_p \left(\frac{l}{2} \right) = \frac{Pl}{4}$ | M_{pG} | | M_{pQ} | | daN/m |
| Moment maxi : $M_{p+q} \left(\frac{l}{2} \right) = M_p \left(\frac{1}{2} \right) + M_q \left(\frac{1}{2} \right)$ | $M_{(p+q)G}$ | | $M_{(p+q)Q}$ | | daN/m |

Calcul de l'effort tranchant maximum sur appuis

| | permanente | | exploitation | | |
|---|------------|--|--------------|--|-----|
| $V_{expl.}^{max} = \frac{3P}{4} + \frac{ql}{2}$ | V_G | | V_Q | | daN |

Bilan

| | permanente | | exploitation | | |
|--|--------------|--|--------------|--|-------|
| Valeur du moment sollicitant maximum | $M_{(p+q)G}$ | | $M_{(p+q)Q}$ | | daN/m |
| Valeur de l'effort tranchant sollicitant maximum | V_G | | V_Q | | daN |

Hypothèses et environnement

| Catégorie | Catégorie | A ou B | C ou D |
|-----------|-----------|--------|--------|
| | ψ_2 | 0,3 | 0,6 |

Exigence de service (limitations de flèche instantanée à long terme) :

$$\frac{L}{x_{inst}} = \frac{L}{x_{\infty}} \quad \frac{L}{x_{\infty}} = \frac{L}{x_{\infty}}$$

| | | |
|---------------------|-----|-----|
| Classe de service | 1 | 2 |
| Valeur du K_{def} | 0,6 | 0,7 |

Combinaisons de charges

| | |
|--|------|
| $M_{ELU} = 1,35M_G + 1,5M_Q$ | |
| $V_{ELU} = 1,35V_G + 1,5V_Q =$ | daN |
| $M_{ELS}^{court\ terme} = M_G + M_Q =$ | daNm |
| $M_{ELS}^{long\ terme} = M_G + \psi_2 M_Q =$ | daNm |

**VERSION
DE TRAVAIL**

Poutre sur deux appuis

PARTIE 3 > Dimensionnement à l'Eurocode 5

Matériau

Bois massif ou Bois lamellé Collé

C18

C24

C30

GL24

GL28

Dimensionnement à l'ELU

Combinaisons de charges :

$$M_{ELU} = \dots\dots\dots \text{daN.m}$$

$$V_{ELU} = \dots\dots\dots \text{daN}$$

Dimensionnement en flexion (avec M_{ELU}) : Valeur du i/v mini = $\dots\dots\dots \text{mm}^3$

> voir tableau Flexion (annexe 2 p. 54)

Dimensionnement au cisaillement (avec V_{ELU}) : Valeur du A mini = $\dots\dots\dots \text{mm}^2$

> voir tableau Cisaillement (annexe 2 p. 55)

Dimensionnement à l'ELS

Combinaisons de charges :

A court terme $M_{ELS}^{inst} = M_{ELS}^{court\ terme} \times \frac{X_{inst.}}{400} \dots\dots\dots \text{daN.m}$

A long terme $M_{ELS}^{\infty} = M_{ELS}^{long\ terme} \times (1 + k_{def}) \times \frac{X_{\infty}}{400} \dots\dots\dots \text{daN.m}$

Moment dimensionnant à l'ELS $M_{ELS}^{max} = \text{Max} \{ M_{ELS}^{inst} ; M_{ELS}^{\infty} \} \dots\dots\dots \text{daN.m}$

Valeur pour le dimensionnement $M_{ELS}^{max} \times l = \dots\dots\dots \text{daN.m}^2$

> voir tableau Calculs en déformation (annexe 2 p. 56)

Dimensionnement à l'ELS avec $M_{ELS} \times l$: Valeur mini de l'inertie I : $\dots\dots\dots \text{mm}^4$

> utiliser tableau de section (p. 59)

Détermination de la section

Section minimale à l'ELU en flexion :

Valeur du i/v mini = $\dots\dots\dots \text{mm}^3$ section : $\dots\dots\dots$

Section minimale à l'ELU au cisaillement :

Valeur du a mini = $\dots\dots\dots \text{mm}^2$ section : $\dots\dots\dots$

Section minimale en déformation :

Valeur mini de l'inertie i : $\dots\dots\dots \text{mm}^4$ section : $\dots\dots\dots$

Section retenue : $\dots\dots\dots$

**VERSION
DE TRAVAIL**

annexes

Calculs et vérifications EC-5

La traction parallèle

Pour les barres de section constante sollicitées en traction parallèle, la vérification de la contrainte de traction est définie par la relation :

$$\sigma_{t,0,d} \leq k_h f_{t,0,d} \quad \text{où} \quad \sigma_{t,0,d} = \frac{T_d}{A_n}$$

avec : $\sigma_{t,0,d}$ la contrainte de traction dans la pièce de bois,
 k_h le coefficient de hauteur,
 $f_{t,0,d}$ la valeur de calcul de la résistance en traction parallèle,
 T_d l'effort de traction parallèle sollicitant cette pièce de bois,
 A_n la section nette de l'élément.

$$\text{bois massif : } k_h = \min. \left\{ \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} \right. \\ \left. 1,3 \right.$$

$$\text{lamellé - collé : } k_h = \min. \left\{ \left(\frac{600}{h} \right)^{0,1} \right. \\ \left. 1,1 \right.$$

La flexion

Pour les poutres de section rectangulaire sollicitées en flexion simple, la vérification de la contrainte de flexion est définie par la relation :

$$\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,y,d} \quad \text{où} \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{M}{I/v} = \frac{6M}{bh^2}$$

avec : $\sigma_{m,y,d}$ la contrainte de flexion dans la pièce de bois,
 $f_{m,y,d}$ la valeur de calcul de la résistance en flexion,
 M le moment sollicitant cette pièce de bois,
 I l'inertie de l'élément,
 v la demi hauteur pour une section rectangulaire.

Le moment ultime acceptable pour toute pièce de bois est donc :

$$M_{ELU}^{max} \leq \frac{I}{v} f_{m,d} = \frac{1}{6} f_{m,d} \times b \times h^2$$

Le module de flexion I/v requis est alors :

$$\frac{I}{v} f_{m,d} \geq \frac{M_{ELU}^{max}}{f_{m,d}}$$

**VERSION
DE TRAVAIL**

Le cisaillement

Pour les poutres de section rectangulaire sans percements et chargées sur la fibre supérieure, la vérification de la contrainte de cisaillement s'exprime comme suit :

$$\tau = \frac{3V}{2A} < f_{v,d}$$

Où : τ est la contrainte maximale de cisaillement dans la pièce de bois,
 $f_{v,d}$ est la valeur de calcul de la résistance en cisaillement de cet élément,
 V est l'effort tranchant sollicitant cette pièce de bois,
 A est la section de l'élément.

L'effort tranchant ultime est donc défini par : $V < \frac{2 \times f_{v,d} \times A}{3}$

L'aire nécessaire est alors égale à : $A > \frac{3}{2} \frac{V}{f_{v,d}}$

Le déversement (des poutres)

L'Eurocode 5 spécifie une limitation de la contrainte en flexion selon la formule suivante :

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} f_{m,d}$$

Avec le coefficient de réduction égal à :

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{si } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & \text{si } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{si } \lambda_{rel,m} > 1,4 \end{cases}$$

Où : $\lambda_{rel,m}$ est l'élançement mécanique défini par $\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,d}}{\sigma_{m,crit}}}$,

avec la contrainte critique de flexion égale à : $\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \times b^2}{l_{ef} \times h} E_{0,05}$

et la longueur de déversement l_{ef} :

$l_{ef} = l$ pour une poutre sur 2 appuis et un moment uniforme,
 $l_{ef} = 0,9l$ pour une poutre sur 2 appuis et un chargement uniforme,
 $l_{ef} = 0,8l$ pour une poutre sur 2 appuis et une charge ponctuelle à mi travée.

Nota : Dans les fiches éléments, la valeur de l_{ef} est prise à : $l_{ef} = 0,80 \times l$

La compression avec flambement (poteaux)

Les poteaux qui ne sont pas maintenus latéralement peuvent être sujets au flambement. Cette justification se base sur les élancements relatifs définis par :

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} \quad \text{où} \quad \sigma_{c,crit,y} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda_y^2} \quad \text{et} \quad \lambda_y = \frac{h_{ef}}{\sqrt{I/A}}$$

(identique pour $\lambda_{rel,y}$, λ_z et $\sigma_{c,crit,z}$)

$\lambda_{rel,y}$ et λ_y correspondent à la flexion selon l'axe y (flèche dans la direction z)

$\lambda_{rel,z}$ et λ_z correspondent à la flexion selon l'axe z (flèche dans la direction y)

Lorsque $\lambda_{rel,y} < 0,5$ et $\lambda_{rel,z} < 0,5$; les contraintes normales doivent satisfaire les conditions suivantes :

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

où : $\sigma_{c,d}$ est la contrainte de calcul en compression,
 $f_{c,0,d}$ est la résistance de calcul en compression,
 $\sigma_{m,y,d}$ et $\sigma_{m,z,d}$ sont les contraintes de calcul en flexion dans chaque plan,
 $f_{m,y,d}$ et $f_{m,z,d}$ sont les résistances respectives de calcul en flexion,
 $k_m = 0,7$ pour les sections rectangulaire et $1,0$ pour les autres sections.

Dans tous les autres cas, les contraintes doivent vérifier :

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

où : $\sigma_{c,0,d}$ est la contrainte de flexion due à toute charge latérale :

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}}$$

$$k_y = 0,5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)$$

avec $\beta_c = 0,2$ pour le Bois massif et $0,1$ pour le BLC.

La flèche

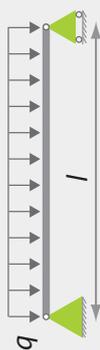
Le calcul de la flèche est propre à chaque configuration, il sera développé dans chaque fiche élément.

**VERSION
DE TRAVAIL**

Tableaux

de dimensionnement

Expression du moment maximum suivant la portée et le cas de chargement



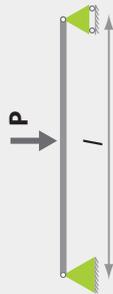
Dans le cas d'une charge répartie q :

| q (daN/m) | PORTEE (m) | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | 3 | 3,25 | 3,5 | 3,75 | 4 | 4,25 | 4,5 | 4,75 | 5 | 5,25 | 5,5 | 5,75 | 6 | 6 | |
| 10 | 11 | 13 | 15 | 18 | 20 | 23 | 25 | 28 | 31 | 34 | 38 | 41 | 45 | 45 | |
| 20 | 23 | 26 | 31 | 35 | 40 | 45 | 51 | 56 | 63 | 69 | 76 | 83 | 90 | 90 | |
| 30 | 34 | 40 | 46 | 53 | 60 | 68 | 76 | 85 | 94 | 103 | 113 | 124 | 135 | 135 | |
| 40 | 45 | 53 | 61 | 70 | 80 | 90 | 101 | 113 | 125 | 138 | 151 | 165 | 180 | 180 | |
| 50 | 56 | 66 | 77 | 88 | 100 | 113 | 127 | 141 | 156 | 172 | 189 | 207 | 225 | 225 | |
| 60 | 68 | 79 | 92 | 105 | 120 | 135 | 152 | 169 | 188 | 207 | 227 | 248 | 270 | 270 | |
| 70 | 79 | 92 | 107 | 123 | 140 | 158 | 177 | 197 | 219 | 241 | 265 | 289 | 315 | 315 | |
| 80 | 90 | 106 | 123 | 141 | 160 | 181 | 203 | 226 | 250 | 276 | 303 | 331 | 360 | 360 | |
| 90 | 101 | 119 | 138 | 158 | 180 | 203 | 228 | 254 | 281 | 310 | 340 | 372 | 405 | 405 | |
| 100 | 113 | 132 | 153 | 176 | 200 | 226 | 253 | 282 | 313 | 345 | 378 | 413 | 450 | 450 | |
| 110 | 124 | 145 | 168 | 193 | 220 | 248 | 278 | 310 | 344 | 379 | 416 | 455 | 495 | 495 | |
| 120 | 135 | 158 | 184 | 211 | 240 | 271 | 304 | 338 | 375 | 413 | 454 | 496 | 540 | 540 | |
| 130 | 146 | 172 | 199 | 229 | 260 | 294 | 329 | 367 | 406 | 448 | 492 | 537 | 585 | 585 | |
| 140 | 158 | 185 | 214 | 246 | 280 | 316 | 354 | 395 | 436 | 482 | 529 | 579 | 630 | 630 | |
| 150 | 169 | 198 | 230 | 264 | 300 | 339 | 380 | 423 | 469 | 517 | 567 | 620 | 675 | 675 | |
| 200 | 225 | 264 | 306 | 352 | 400 | 452 | 506 | 564 | 625 | 689 | 756 | 827 | 900 | 900 | |
| 250 | 281 | 330 | 383 | 439 | 500 | 564 | 633 | 705 | 781 | 861 | 945 | 1 033 | 1 125 | 1 125 | |
| 300 | 338 | 396 | 459 | 527 | 600 | 677 | 759 | 846 | 938 | 1 034 | 1 134 | 1 240 | 1 350 | 1 350 | |
| 350 | 394 | 462 | 536 | 615 | 700 | 790 | 886 | 987 | 1 094 | 1 206 | 1 323 | 1 446 | 1 575 | 1 575 | |
| 400 | 450 | 528 | 613 | 703 | 800 | 903 | 1 013 | 1 128 | 1 250 | 1 378 | 1 513 | 1 653 | 1 800 | 1 800 | |
| 450 | 506 | 594 | 689 | 791 | 900 | 1 016 | 1 139 | 1 269 | 1 406 | 1 550 | 1 702 | 1 860 | 2 025 | 2 025 | |
| 500 | 563 | 660 | 766 | 879 | 1 000 | 1 129 | 1 266 | 1 410 | 1 563 | 1 723 | 1 891 | 2 066 | 2 250 | 2 250 | |
| 550 | 619 | 726 | 842 | 967 | 1 100 | 1 242 | 1 392 | 1 551 | 1 719 | 1 895 | 2 080 | 2 273 | 2 475 | 2 475 | |
| 600 | 675 | 792 | 919 | 1 055 | 1 200 | 1 355 | 1 519 | 1 692 | 1 875 | 2 067 | 2 269 | 2 480 | 2 700 | 2 700 | |
| 650 | 731 | 858 | 995 | 1 143 | 1 300 | 1 468 | 1 645 | 1 833 | 2 031 | 2 239 | 2 458 | 2 686 | 2 925 | 2 925 | |
| 700 | 788 | 924 | 1 072 | 1 230 | 1 400 | 1 580 | 1 772 | 1 974 | 2 186 | 2 412 | 2 647 | 2 893 | 3 150 | 3 150 | |
| 750 | 844 | 990 | 1 148 | 1 318 | 1 500 | 1 693 | 1 898 | 2 115 | 2 344 | 2 584 | 2 836 | 3 100 | 3 375 | 3 375 | |
| 800 | 900 | 1 056 | 1 225 | 1 406 | 1 600 | 1 805 | 2 025 | 2 256 | 2 500 | 2 756 | 3 025 | 3 306 | 3 600 | 3 600 | |
| 850 | 956 | 1 122 | 1 302 | 1 494 | 1 700 | 1 919 | 2 152 | 2 397 | 2 656 | 2 929 | 3 214 | 3 513 | 3 825 | 3 825 | |
| 900 | 1 013 | 1 188 | 1 378 | 1 582 | 1 800 | 2 032 | 2 278 | 2 536 | 2 813 | 3 101 | 3 403 | 3 720 | 4 050 | 4 050 | |
| 950 | 1 069 | 1 254 | 1 455 | 1 670 | 1 900 | 2 145 | 2 405 | 2 679 | 2 969 | 3 273 | 3 592 | 3 926 | 4 275 | 4 275 | |
| 1000 | 1 125 | 1 320 | 1 531 | 1 758 | 2 000 | 2 258 | 2 531 | 2 820 | 3 125 | 3 445 | 3 781 | 4 133 | 4 500 | 4 500 | |

**VERSION
DE TRAVAIL**

**Expression du moment maximum
suivant la portée et le cas de chargement**

Dans le cas d'une charge ponctuelle P à mi-travée :



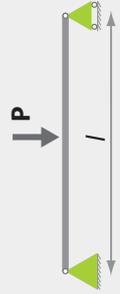
| P (daN) | PORTÉE (m) | | | | | | | | | | | | |
|---------|------------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 3 | 3,25 | 3,5 | 3,75 | 4 | 4,25 | 4,5 | 4,75 | 5 | 5,25 | 5,5 | 5,75 | 6 |
| 10 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 11 | 11 | 12 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 |
| 20 | 15 | 16 | 18 | 19 | 20 | 21 | 23 | 24 | 25 | 26 | 28 | 29 | 30 |
| 30 | 23 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 39 | 41 | 43 | 45 |
| 40 | 30 | 33 | 35 | 38 | 40 | 43 | 45 | 48 | 50 | 53 | 55 | 58 | 60 |
| 50 | 38 | 41 | 44 | 47 | 50 | 53 | 56 | 59 | 63 | 66 | 69 | 72 | 75 |
| 60 | 45 | 49 | 53 | 56 | 60 | 64 | 68 | 71 | 75 | 79 | 83 | 86 | 90 |
| 70 | 53 | 57 | 61 | 66 | 70 | 74 | 79 | 83 | 88 | 92 | 96 | 101 | 105 |
| 80 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 |
| 90 | 68 | 73 | 79 | 84 | 90 | 96 | 101 | 107 | 113 | 118 | 124 | 129 | 135 |
| 100 | 75 | 81 | 88 | 94 | 100 | 106 | 113 | 119 | 125 | 131 | 138 | 144 | 150 |
| 110 | 83 | 89 | 96 | 103 | 110 | 117 | 124 | 131 | 138 | 144 | 151 | 158 | 165 |
| 120 | 90 | 98 | 105 | 113 | 120 | 128 | 135 | 143 | 150 | 158 | 165 | 173 | 180 |
| 130 | 98 | 106 | 114 | 122 | 130 | 138 | 146 | 154 | 163 | 171 | 179 | 187 | 195 |
| 140 | 105 | 114 | 123 | 131 | 140 | 149 | 158 | 166 | 175 | 184 | 193 | 201 | 210 |
| 150 | 113 | 122 | 131 | 141 | 150 | 159 | 169 | 178 | 188 | 197 | 206 | 216 | 225 |
| 200 | 150 | 163 | 175 | 188 | 200 | 213 | 225 | 238 | 250 | 263 | 275 | 288 | 300 |
| 250 | 188 | 203 | 219 | 234 | 250 | 266 | 281 | 297 | 313 | 328 | 344 | 359 | 375 |
| 300 | 225 | 244 | 263 | 281 | 300 | 319 | 338 | 356 | 375 | 394 | 413 | 431 | 450 |
| 350 | 263 | 284 | 306 | 328 | 350 | 372 | 394 | 416 | 438 | 459 | 481 | 503 | 525 |
| 400 | 300 | 325 | 350 | 375 | 400 | 425 | 450 | 475 | 500 | 525 | 550 | 575 | 600 |
| 450 | 338 | 366 | 384 | 422 | 450 | 478 | 506 | 534 | 563 | 591 | 619 | 647 | 675 |
| 500 | 375 | 406 | 438 | 469 | 500 | 531 | 563 | 594 | 625 | 656 | 688 | 719 | 750 |
| 550 | 413 | 447 | 481 | 516 | 550 | 584 | 619 | 653 | 688 | 722 | 756 | 791 | 825 |
| 600 | 450 | 488 | 525 | 563 | 600 | 638 | 675 | 713 | 750 | 788 | 825 | 863 | 900 |
| 650 | 488 | 528 | 569 | 609 | 650 | 691 | 731 | 772 | 813 | 853 | 894 | 934 | 975 |
| 700 | 525 | 569 | 613 | 656 | 700 | 744 | 788 | 831 | 875 | 919 | 963 | 1006 | 1050 |
| 750 | 563 | 609 | 656 | 703 | 750 | 797 | 844 | 891 | 938 | 984 | 1031 | 1078 | 1125 |
| 800 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 |
| 850 | 638 | 691 | 744 | 797 | 850 | 903 | 956 | 1009 | 1063 | 1116 | 1169 | 1222 | 1275 |
| 900 | 675 | 731 | 788 | 844 | 900 | 956 | 1013 | 1069 | 1125 | 1181 | 1238 | 1294 | 1350 |
| 950 | 713 | 772 | 831 | 891 | 950 | 1009 | 1069 | 1128 | 1188 | 1247 | 1306 | 1366 | 1425 |
| 1000 | 750 | 813 | 875 | 938 | 1000 | 1063 | 1125 | 1188 | 1250 | 1313 | 1375 | 1438 | 1500 |

Expression de l'effort tranchant maximum suivant la portée et le cas de chargement



Dans le cas d'une charge ponctuelle P à mi-travée :

| q (daN/m) | PORTEE (m) | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 3 | 3,25 | 3,5 | 3,75 | 4 | 4,25 | 4,5 | 4,75 | 5 | 5,25 | 5,5 | 5,75 | 6 |
| 10 | 15 | 16 | 18 | 19 | 20 | 21 | 23 | 24 | 25 | 26 | 28 | 29 | 30 |
| 20 | 30 | 33 | 35 | 38 | 40 | 43 | 45 | 48 | 50 | 53 | 55 | 58 | 60 |
| 30 | 45 | 49 | 53 | 56 | 60 | 64 | 68 | 71 | 75 | 79 | 83 | 86 | 90 |
| 40 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 |
| 50 | 75 | 81 | 88 | 94 | 100 | 106 | 113 | 119 | 125 | 131 | 138 | 144 | 150 |
| 60 | 90 | 98 | 105 | 113 | 120 | 128 | 135 | 143 | 150 | 158 | 165 | 173 | 180 |
| 70 | 105 | 114 | 123 | 131 | 140 | 149 | 158 | 166 | 175 | 184 | 193 | 201 | 210 |
| 80 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 230 | 240 |
| 90 | 135 | 145 | 158 | 169 | 180 | 191 | 203 | 214 | 225 | 236 | 248 | 259 | 270 |
| 100 | 150 | 163 | 175 | 188 | 200 | 213 | 225 | 238 | 250 | 263 | 275 | 288 | 300 |
| 110 | 165 | 179 | 193 | 206 | 220 | 234 | 248 | 261 | 275 | 289 | 303 | 316 | 330 |
| 120 | 180 | 195 | 210 | 225 | 240 | 255 | 270 | 285 | 300 | 315 | 330 | 345 | 360 |
| 130 | 195 | 211 | 228 | 244 | 260 | 276 | 293 | 309 | 325 | 341 | 358 | 374 | 390 |
| 140 | 210 | 228 | 245 | 263 | 280 | 298 | 315 | 333 | 350 | 368 | 385 | 403 | 420 |
| 150 | 225 | 244 | 263 | 281 | 300 | 319 | 338 | 356 | 375 | 394 | 413 | 431 | 450 |
| 200 | 300 | 325 | 350 | 375 | 400 | 425 | 450 | 475 | 500 | 525 | 550 | 575 | 600 |
| 250 | 375 | 406 | 438 | 469 | 500 | 531 | 563 | 594 | 625 | 656 | 688 | 719 | 750 |
| 300 | 450 | 488 | 525 | 563 | 600 | 638 | 675 | 713 | 750 | 788 | 825 | 863 | 900 |
| 350 | 525 | 569 | 613 | 656 | 700 | 744 | 788 | 831 | 875 | 919 | 963 | 1006 | 1050 |
| 400 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 |
| 450 | 675 | 731 | 788 | 844 | 900 | 956 | 1013 | 1069 | 1125 | 1181 | 1238 | 1294 | 1350 |
| 500 | 750 | 813 | 875 | 938 | 1000 | 1063 | 1125 | 1188 | 1250 | 1313 | 1375 | 1438 | 1500 |
| 550 | 825 | 894 | 963 | 1031 | 1100 | 1169 | 1238 | 1306 | 1375 | 1444 | 1513 | 1581 | 1650 |
| 600 | 900 | 975 | 1050 | 1125 | 1200 | 1275 | 1350 | 1425 | 1500 | 1575 | 1650 | 1725 | 1800 |
| 650 | 975 | 1056 | 1138 | 1219 | 1300 | 1381 | 1463 | 1544 | 1625 | 1706 | 1788 | 1869 | 1950 |
| 700 | 1050 | 1138 | 1225 | 1313 | 1400 | 1488 | 1575 | 1663 | 1750 | 1838 | 1925 | 2013 | 2100 |
| 750 | 1125 | 1219 | 1313 | 1406 | 1500 | 1594 | 1688 | 1781 | 1875 | 1969 | 2063 | 2156 | 2250 |
| 800 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1700 | 1800 | 1900 | 2000 | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 |
| 850 | 1275 | 1381 | 1488 | 1594 | 1700 | 1806 | 1913 | 2019 | 2125 | 2231 | 2338 | 2444 | 2550 |
| 900 | 1350 | 1463 | 1575 | 1688 | 1800 | 1913 | 2025 | 2138 | 2250 | 2363 | 2475 | 2588 | 2700 |
| 950 | 1425 | 1544 | 1663 | 1781 | 1900 | 2019 | 2138 | 2256 | 2375 | 2494 | 2613 | 2731 | 2850 |
| 1000 | 1500 | 1625 | 1750 | 1875 | 2000 | 2125 | 2250 | 2375 | 2500 | 2625 | 2750 | 2875 | 3000 |



Dans le cas d'une charge ponctuelle P à mi-travée :

$$V_p = \frac{P}{2}$$

VERSION
DE TRAVAIL

**VERSION
DE TRAVAIL**

**Valeur du moment maximum admissible
(en daN.m) en flexion**

| I / v (mm ³) | C18 | C24 | C30 | GL24 | GL28 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 30 000 | 29 | 39 | 48 | 40 | 47 |
| 50 000 | 48 | 65 | 81 | 67 | 78 |
| 100 000 | 97 | 129 | 162 | 134 | 157 |
| 150 000 | 145 | 194 | 242 | 202 | 235 |
| 200 000 | 194 | 258 | 323 | 269 | 314 |
| 250 000 | 242 | 323 | 404 | 336 | 392 |
| 300 000 | 291 | 388 | 485 | 403 | 470 |
| 350 000 | 339 | 452 | 565 | 470 | 549 |
| 400 000 | 388 | 517 | 646 | 538 | 627 |
| 450 000 | 436 | 582 | 727 | 605 | 706 |
| 500 000 | 485 | 646 | 808 | 672 | 784 |
| 550 000 | 533 | 711 | 888 | 739 | 862 |
| 600 000 | 582 | 775 | 969 | 806 | 941 |
| 650 000 | 630 | 840 | 1 050 | 874 | 1 019 |
| 700 000 | 678 | 905 | 1 131 | 941 | 1 098 |
| 750 000 | 727 | 969 | 1 212 | 1 008 | 1 176 |
| 800 000 | 775 | 1 034 | 1 292 | 1 075 | 1 254 |
| 850 000 | 824 | 1 098 | 1 373 | 1 142 | 1 333 |
| 900 000 | 872 | 1 163 | 1 454 | 1 210 | 1 411 |
| 950 000 | 921 | 1 228 | 1 535 | 1 277 | 1 490 |
| 1 000 000 | 969 | 1 292 | 1 615 | 1 344 | 1 568 |
| 1 050 000 | 1 018 | 1 357 | 1 696 | 1 411 | 1 646 |
| 1 100 000 | 1 066 | 1 422 | 1 777 | 1 478 | 1 725 |
| 1 150 000 | 1 115 | 1 486 | 1 858 | 1 546 | 1 803 |
| 1 200 000 | 1 163 | 1 551 | 1 938 | 1 613 | 1 882 |
| 1 250 000 | 1 212 | 1 615 | 2 019 | 1 680 | 1 960 |
| 1 300 000 | 1 260 | 1 680 | 2 100 | 1 747 | 2 038 |
| 1 350 000 | 1 308 | 1 745 | 2 181 | 1 814 | 2 117 |
| 1 400 000 | 1 357 | 1 809 | 2 262 | 1 882 | 2 195 |
| 1 450 000 | 1 405 | 1 874 | 2 342 | 1 949 | 2 274 |
| 1 500 000 | 1 454 | 1 938 | 2 423 | 2 016 | 2 352 |
| 1 550 000 | 1 502 | 2 003 | 2 504 | 2 083 | 2 430 |
| 1 600 000 | 1 551 | 2 068 | 2 585 | 2 150 | 2 509 |
| 1 650 000 | 1 599 | 2 132 | 2 665 | 2 218 | 2 587 |
| 1 700 000 | 1 648 | 2 197 | 2 746 | 2 285 | 2 666 |
| 1 750 000 | 1 696 | 2 262 | 2 827 | 2 352 | 2 744 |
| 1 800 000 | 1 745 | 2 326 | 2 908 | 2 419 | 2 822 |
| 1 850 000 | 1 793 | 2 391 | 2 988 | 2 486 | 2 901 |
| 1 900 000 | 1 842 | 2 455 | 3 069 | 2 554 | 2 979 |
| 1 950 000 | 1 890 | 2 520 | 3 150 | 2 621 | 3 058 |

**Valeur du cisaillement maximum admissible
(en daN)**

| A (mm ²) | C18 | C24 | C30 | GL24 | GL28 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 000 | 72 | 90 | 108 | 105 | 112 |
| 2 000 | 144 | 179 | 215 | 209 | 224 |
| 3 000 | 215 | 269 | 323 | 314 | 336 |
| 4 000 | 287 | 359 | 431 | 418 | 448 |
| 5 000 | 359 | 449 | 538 | 523 | 560 |
| 6 000 | 431 | 538 | 646 | 627 | 672 |
| 7 000 | 503 | 628 | 754 | 732 | 784 |
| 8 000 | 574 | 718 | 862 | 836 | 896 |
| 9 000 | 646 | 808 | 969 | 941 | 1 008 |
| 10 000 | 718 | 897 | 1 077 | 1 045 | 1 120 |
| 11 000 | 790 | 987 | 1 185 | 1 150 | 1 232 |
| 12 000 | 862 | 1 077 | 1 292 | 1 254 | 1 344 |
| 13 000 | 933 | 1 167 | 1 400 | 1 359 | 1 456 |
| 14 000 | 1 005 | 1 256 | 1 508 | 1 463 | 1 568 |
| 15 000 | 1 077 | 1 346 | 1 615 | 1 568 | 1 680 |
| 16 000 | 1 149 | 1 436 | 1 723 | 1 673 | 1 792 |
| 17 000 | 1 221 | 1 526 | 1 831 | 1 777 | 1 904 |
| 18 000 | 1 292 | 1 615 | 1 938 | 1 882 | 2 016 |
| 19 000 | 1 364 | 1 705 | 2 046 | 1 986 | 2 128 |
| 20 000 | 1 436 | 1 795 | 2 154 | 2 091 | 2 240 |
| 21 000 | 1 508 | 1 885 | 2 262 | 2 195 | 2 352 |
| 22 000 | 1 579 | 1 974 | 2 369 | 2 300 | 2 464 |
| 23 000 | 1 651 | 2 064 | 2 477 | 2 404 | 2 576 |
| 24 000 | 1 723 | 2 154 | 2 585 | 2 509 | 2 688 |
| 25 000 | 1 795 | 2 244 | 2 692 | 2 613 | 2 800 |
| 26 000 | 1 867 | 2 333 | 2 800 | 2 718 | 2 912 |
| 27 000 | 1 938 | 2 423 | 2 908 | 2 822 | 3 024 |
| 28 000 | 2 010 | 2 513 | 3 015 | 2 927 | 3 136 |
| 29 000 | 2 082 | 2 603 | 3 123 | 3 031 | 3 248 |
| 30 000 | 2 154 | 2 692 | 3 231 | 3 136 | 3 360 |
| 31 000 | 2 226 | 2 782 | 3 338 | 3 241 | 3 472 |
| 32 000 | 2 297 | 2 872 | 3 446 | 3 345 | 3 584 |
| 33 000 | 2 369 | 2 962 | 3 554 | 3 450 | 3 696 |
| 34 000 | 2 441 | 3 051 | 3 662 | 3 554 | 3 808 |
| 35 000 | 2 513 | 3 141 | 3 769 | 3 659 | 3 920 |
| 36 000 | 2 585 | 3 231 | 3 877 | 3 763 | 4 032 |
| 37 000 | 2 656 | 3 321 | 3 985 | 3 868 | 4 144 |
| 38 000 | 2 728 | 3 410 | 4 092 | 3 972 | 4 256 |
| 39 000 | 2 800 | 3 500 | 4 200 | 4 077 | 4 368 |
| 40 000 | 2 872 | 3 590 | 4 308 | 4 181 | 4 480 |

Calculs en déformations

| Type bois | C18 | C24 | C30 | GL24 | GL28 |
|--------------------|--|-------|-------|-------|-------|
| Inertie (mm^4) | VALEUR DU PRODUIT M*L (en daN.m ²) | | | | |
| 1000000 | 22 | 26 | 29 | 26 | 29 |
| 2000000 | 43 | 53 | 58 | 53 | 58 |
| 3000000 | 65 | 79 | 86 | 79 | 86 |
| 4000000 | 86 | 106 | 115 | 106 | 115 |
| 5000000 | 108 | 132 | 144 | 132 | 144 |
| 6000000 | 130 | 158 | 173 | 158 | 173 |
| 7000000 | 151 | 185 | 202 | 185 | 202 |
| 8000000 | 173 | 211 | 230 | 211 | 230 |
| 9000000 | 194 | 238 | 259 | 238 | 259 |
| 10000000 | 216 | 264 | 288 | 264 | 288 |
| 20000000 | 432 | 528 | 576 | 528 | 576 |
| 30000000 | 648 | 792 | 864 | 792 | 864 |
| 40000000 | 864 | 1056 | 1152 | 1056 | 1152 |
| 50000000 | 1080 | 1320 | 1440 | 1320 | 1440 |
| 60000000 | 1296 | 1584 | 1728 | 1584 | 1728 |
| 70000000 | 1512 | 1848 | 2016 | 1848 | 2016 |
| 80000000 | 1728 | 2112 | 2304 | 2112 | 2304 |
| 90000000 | 1944 | 2376 | 2592 | 2376 | 2592 |
| 100000000 | 2160 | 2640 | 2880 | 2640 | 2880 |
| 120000000 | 2592 | 3168 | 3456 | 3168 | 3456 |
| 140000000 | 3024 | 3696 | 4032 | 3696 | 4032 |
| 160000000 | 3456 | 4224 | 4608 | 4224 | 4608 |
| 180000000 | 3888 | 4752 | 5184 | 4752 | 5184 |
| 200000000 | 4320 | 5280 | 5760 | 5280 | 5760 |
| 220000000 | 4752 | 5808 | 6336 | 5808 | 6336 |
| 240000000 | 5184 | 6336 | 6912 | 6336 | 6912 |
| 260000000 | 5616 | 6864 | 7488 | 6864 | 7488 |
| 280000000 | 6048 | 7392 | 8064 | 7392 | 8064 |
| 300000000 | 6480 | 7920 | 8640 | 7920 | 8640 |
| 320000000 | 6912 | 8448 | 9216 | 8448 | 9216 |
| 340000000 | 7344 | 8976 | 9792 | 8976 | 9792 |
| 360000000 | 7776 | 9504 | 10368 | 9504 | 10368 |
| 380000000 | 8208 | 10032 | 10944 | 10032 | 10944 |
| 400000000 | 8640 | 10560 | 11520 | 10560 | 11520 |
| 420000000 | 9072 | 11088 | 12096 | 11088 | 12096 |
| 440000000 | 9504 | 11616 | 12672 | 11616 | 12672 |
| 460000000 | 9936 | 12144 | 13248 | 12144 | 13248 |
| 480000000 | 10368 | 12672 | 13824 | 12672 | 13824 |
| 500000000 | 10800 | 13200 | 14400 | 13200 | 14400 |
| 520000000 | 11232 | 13728 | 14976 | 13728 | 14976 |

E est en MPa ; M est en daN.m ; L est en m
d'où M*L est en daN.m²

limite de flèche = L/400

Si la limite de flèche est différente de L/400 et est égale à L/x,
il faut multiplier la valeur de M*L par 400/x.

| Symbole | Désignation | Unité |
|--|---|--------------------|
| | déca Newton (équivalent sensiblement à 1 kg) | daN |
| | Méga Pascal (équivalent à un N par mm ²) | MPa |
| | déca Newton par mètre linéaire | daN/ml |
| Notation | | |
| X _d | Valeur de calcul d'une propriété X (d signifie design - <i>calcul en anglais</i>) | - |
| X _k | Valeur caractéristique d'une propriété X | - |
| Symboles majuscules latins | | |
| A | Aire d'une section transversale | mm ² |
| E _{0,05} | Valeur du module d'élasticité d'un matériau à 5 % (<i>utilisée pour le calcul</i>) | N/mm ² |
| G _{0,05} | Valeur du module de cisaillement d'un matériau à 5 % (<i>utilisée pour le calcul</i>) | N/mm ² |
| I _y | Module d'inertie selon l'axe de forte inertie | mm ⁴ |
| I _z | Module d'inertie selon l'axe de faible inertie | mm ⁴ |
| M | Valeur du moment | daN/m |
| N | Valeur de l'effort normal | daN |
| V | Valeur de l'effort tranchant | daN |
| Symboles minuscules latins | | |
| a | Distance | mm |
| b | Largeur de l'élément considéré | mm |
| f _{c,0,k} ou f _{c,0,d} | Valeur caractéristique (<i>ou de calcul</i>) de la résistance en compression axiale | N/mm ² |
| f _{c,90,k} ou f _{c,90,d} | Valeur caractéristique (<i>ou de calcul</i>) de la résistance en compression perpendiculaire | N/mm ² |
| f _{t,0,k} ou f _{t,0,d} | Valeur caractéristique (<i>ou de calcul</i>) de la résistance en traction axiale | N/mm ² |
| f _{t,90,k} ou f _{t,90,d} | Valeur caractéristique (<i>ou de calcul</i>) de la résistance en traction perpendiculaire | N/mm ² |
| f _{m,k} ou f _{m,d} | Valeur caractéristique (<i>ou de calcul</i>) de la résistance en flexion | N/mm ² |
| f _{m,y,k} ou f _{m,y,d} | Valeur caractéristique (<i>ou de calcul</i>) de la résistance en flexion selon l'axe de grande inertie | N/mm ² |
| f _{m,z,k} ou f _{m,z,d} | Valeur caractéristique (<i>ou de calcul</i>) de la résistance en flexion selon l'axe de petite inertie | N/mm ² |
| f _{v,k} ou f _{v,d} | Valeur caractéristique (<i>ou de calcul</i>) de la résistance au cisaillement | N/mm ² |
| h | Hauteur de l'élément considéré | mm |
| k _{c,y} ou k _{c,z} | Facteur d'instabilité | - |
| k _{crit} | Facteur utilisé pour le déversement latéral | - |
| k _{def} | Facteur utilisé pour les calculs de déformation | - |
| k _{mod} | Facteur de modification de performances | - |
| k _m | Facteur considérant la redistribution des efforts de flexion dans une section | - |
| k _v | Facteur de réduction (pour les poutres entaillées) | - |
| l | Longueur de l'élément considéré | mm |
| l _{ef} | Longueur d'instabilité de l'élément | mm |
| F | Force ponctuelle | daN |
| g _k | Charge uniformément répartie | daN/ml |
| G _k | Charge surfacique due aux charges permanentes | daN/m ² |
| Symboles minuscules grecs | | |
| γ _M (gamma) | Coefficient de sécurité pour les propriétés des matériaux, qui tient également compte des incertitudes de modélisations et des variations dimensionnelles | - |
| λ _y (lambda) | Rapport d'élanement correspondant à une flexion selon l'axe de grande inertie | - |
| λ _z | Rapport d'élanement correspondant à une flexion selon l'axe de petite inertie | - |
| λ _{rel,y} | Rapport d'élanement relatif correspondant à une flexion selon l'axe de grande inertie | - |
| λ _{rel,z} | Rapport d'élanement relatif correspondant à une flexion selon l'axe de petite inertie | - |
| σ _{c,0,d} (sigma) | Valeur de calcul d'une contrainte de compression dans la direction du fil | N/mm ² |
| σ _{c,α,d} | Valeur de calcul d'une contrainte de compression à un angle α du fil | N/mm ² |
| σ _{t,0,d} | Valeur de calcul d'une contrainte de traction dans la direction du fil | N/mm ² |
| σ _{t,90,d} | Valeur de calcul d'une contrainte de traction dans la direction perpendiculaire au fil | N/mm ² |
| σ _m | Valeur de calcul d'une contrainte de flexion | N/mm ² |
| σ _{m,krit} | Contrainte de flexion critique (pour les calculs au flambement) | N/mm ² |
| σ _{m,y,d} | Valeur de calcul d'une contrainte de flexion selon l'axe de grande inertie | N/mm ² |
| σ _{m,z,d} | Valeur de calcul d'une contrainte de flexion selon l'axe de petite inertie | N/mm ² |
| σ _N | Valeur de calcul d'une contrainte normale | N/mm ² |
| ρ _m (rho) | Masse volumique moyenne d'un matériau | kg/m ³ |
| ρ _k | Masse volumique caractéristique d'un matériau | kg/m ³ |
| τ _d (tau) | Valeur de calcul de la contrainte de cisaillement | N/mm ² |
| Ψ (psi) | Coefficient utilisé pour les combinaisons d'actions | - |

| | section commerciale | | section de calcul | | S mm ² | I/V mm ³ | I mm ⁴ |
|---------------|---------------------|---------|-------------------|---------|----------------------|------------------------|----------------------|
| | B mm | H mm | B mm | H mm | | | |
| bois massif | 50 | 125 | 49 | 123 | 6 052 | 124 058 | 7 629 555 |
| | 50 | 150 | 49 | 148 | 7 262 | 178 643 | 13 183 871 |
| | 50 | 225 | 49 | 221 | 10 893 | 401 947 | 44 495 563 |
| | 63 | 75 | 62 | 74 | 4 575 | 56 273 | 2 076 460 |
| | 63 | 163 | 62 | 160 | 9 943 | 265 797 | 21 315 843 |
| | 63 | 175 | 62 | 172 | 10 675 | 306 373 | 26 378 728 |
| | 75 | 115 | 74 | 113 | 8 351 | 157 504 | 8 911 564 |
| | 75 | 150 | 74 | 148 | 10 893 | 267 965 | 19 775 806 |
| | 75 | 225 | 74 | 221 | 16 339 | 602 921 | 66 743 345 |
| | 100 | 100 | 98 | 98 | 9 683 | 158 794 | 7 812 664 |
| | 100 | 200 | 98 | 197 | 19 365 | 635 176 | 62 501 312 |
| | 100 | 225 | 98 | 221 | 21 786 | 603 895 | 88 991 126 |
| | 100 | 300 | 98 | 295 | 29 048 | 1 429 146 | 210 941 928 |
| | 125 | 125 | 123 | 123 | 15 129 | 310 145 | 19 073 887 |
| | 150 | 150 | 148 | 148 | 21 786 | 535 930 | 39 551 612 |
| | 200 | 200 | 197 | 197 | 38 730 | 1 270 352 | 125 002 624 |
| lamellé-collé | 90 | 225 | 89 | 221 | 19 607 | 723 505 | 80 092 013 |
| | 90 | 270 | 89 | 266 | 23 529 | 1 041 847 | 138 398 999 |
| | 90 | 315 | 89 | 310 | 27 450 | 1 418 070 | 219 772 485 |
| | 90 | 360 | 89 | 354 | 31 371 | 1 852 173 | 328 056 887 |
| | 115 | 315 | 113 | 310 | 35 075 | 1 811 978 | 280 820 397 |
| | 115 | 360 | 113 | 354 | 40 066 | 2 366 666 | 419 183 600 |
| | 115 | 405 | 113 | 399 | 45 097 | 2 995 311 | 596 845 684 |
| | 140 | 360 | 138 | 354 | 48 800 | 2 881 158 | 510 310 713 |
| | 140 | 405 | 138 | 399 | 54 900 | 3 648 466 | 728 594 746 |
| | 140 | 450 | 138 | 443 | 61 000 | 4 501 809 | 996 700 611 |
| contrecollé | 80 | 80 | 79 | 79 | 6 197 | 81 303 | 3 200 067 |
| | 80 | 105 | 79 | 103 | 8 133 | 140 056 | 7 235 308 |
| | 90 | 90 | 89 | 89 | 7 843 | 115 761 | 5 125 889 |
| | 90 | 105 | 89 | 103 | 9 150 | 157 563 | 8 139 722 |
| | 90 | 115 | 89 | 113 | 10 021 | 189 005 | 10 693 677 |
| | 90 | 140 | 89 | 138 | 12 200 | 280 113 | 19 294 155 |
| | 90 | 165 | 89 | 162 | 14 379 | 389 085 | 31 585 917 |
| | 90 | 190 | 89 | 187 | 16 557 | 515 922 | 48 226 356 |
| | 90 | 215 | 89 | 212 | 18 736 | 660 623 | 69 880 666 |
| | 115 | 140 | 113 | 138 | 15 589 | 357 922 | 24 653 643 |
| | 115 | 165 | 113 | 162 | 18 373 | 497 164 | 40 359 783 |
| | 115 | 190 | 113 | 187 | 21 156 | 659 233 | 61 625 122 |
| | 115 | 215 | 113 | 212 | 23 940 | 844 129 | 89 291 962 |
| | 140 | 140 | 138 | 138 | 18 978 | 435 731 | 30 013 130 |
| | 140 | 165 | 138 | 162 | 22 367 | 605 243 | 49 133 649 |
| | 140 | 190 | 138 | 187 | 25 756 | 802 545 | 75 021 887 |
| | 140 | 215 | 138 | 212 | 29 145 | 1 027 635 | 108 703 259 |
| | 165 | 165 | 162 | 162 | 26 361 | 713 322 | 57 907 514 |
| | 175 | 140 | 172 | 138 | 23 722 | 544 663 | 37 516 413 |
| | 175 | 165 | 172 | 162 | 27 958 | 756 554 | 61 417 061 |
| 175 | 190 | 172 | 187 | 32 195 | 1 003 181 | 93 777 359 | |
| 175 | 215 | 172 | 212 | 36 431 | 1 284 544 | 135 879 073 | |
| 210 | 190 | 207 | 187 | 38 633 | 1 203 817 | 112 532 831 | |
| 210 | 210 | 207 | 207 | 42 700 | 1 470 591 | 151 941 471 | |

tableau de section

Note : les sections commerciales sont données pour une humidité relative de 20 % alors que les calculs sont effectués pour une humidité relative du bois de 12 % soit une réduction de la section transversale de 1,60 % sur chaque dimension.

- Ce manuel simplifié est destiné aux professionnels de la charpente et de la construction bois. Il leur permet de dimensionner les éléments de structures en produisant étape par étape leur note de calculs.

La première partie du manuel comprend les notions de base à connaître sur la résistance des matériaux, sur les spécificités du matériau bois, sur l'eurocode 5 et sur les actions à prendre en compte.

La seconde partie se compose de fiches pré-formatées adaptées à chaque type d'élément, L'utilisateur les complètera pas à pas pour arriver au résultat.

Les calculs sont simplifiés par l'utilisation de tableaux à lecture directe.

- **Le groupe de travail animé par IRABOIS regroupait professionnels, universitaires et contrôleurs techniques.**

Nous remercions particulièrement :

| | | | |
|--------------|---------------|----------------|--------------|
| Mr BARILONE | CUST | Mr LENEVE | CTBA |
| Mr BAUDONNAT | Ets BAUDONNAT | Mr LIGOT | IRABOIS |
| Mr BAYLE | ROBOBAT | Mr MADDALON | Ets MADDALON |
| Mr BENARD | CAPEB | Mr MARGUET | Ets MARGUET |
| Mr BOCQUET | ENSTIB | Mr PERCET | AOCDTF |
| Mr CALVI | IBC | Mr POULINGUE | POULINGUE |
| Mr DAUZATS | FNCMB | Mr RACHER | CUST |
| Mr FOREST | AOCDTF | Mr SEMERJIAN | FNCMB |
| Mr FOURNELY | CUST | Mr TEYSSANDIER | |
| Mr LAMADON | VERITAS | Mr TRINH | APAVE |
| Mme LEMAIRE | SOCOTEC | | |

Le Ministère de l'Industrie a soutenu cette démarche dans le cadre du programme AQCEN.



**MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE
DES FINANCES ET DE L'INDUSTRIE**

