

A . T . L . A . S .

Projet A.T.L.A.S.

- PARTIE PHYSIQUE -

Gaël Malezieux - Johnny Vaca -
Christnovie Binga Kiala - Lucas Delay

MTU1C

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|----|
| TABLE DES MATIERES | 3 |
| INTRODUCTION | 5 |
| PARTIE I | 6 |
| TABLEAUX DE DONNES | 7 |
| CLASSES DE RESISTANCE : | 9 |
| Détermination des classes de résistances : | 10 |
| 1. Méthode visuelle | 10 |
| 2. Méthode par machine | 10 |
| CONTRAINTE DE FLEXION $f_{m,k}$ | 11 |
| CONTRAINTE DE TRACTION AXIALE $f_{t,0,k}$ | 11 |
| CONTRAINTE DE TRACTION PERPENDICULAIRE $f_{t,90,k}$ | 12 |
| CONTRAINTE DE COMPRESSION AXIALE $f_{c,0,k}$ | 12 |
| CONTRAINTE DE COMPRESSION PERPENDICULAIRE $f_{c,90,k}$ | 13 |
| CONTRAINTE DE CISAILLEMENT $f_{v,k}$ | 13 |
| MODULE D'ELASTICITE MOYEN AXIALE $E_{0,mean}$ | 14 |
| MODULE D'ELAST. AXIALE AU 5 ^{EME} POURCENTILE $E_{0,05}$ | 18 |
| MODULE D'ELAST. MOYEN TRANSVERSAL $E_{90,mean}$ | 18 |
| MODULE DE CISAILLEMENT G_{mean} | 19 |
| Coefficient de Poisson | 20 |
| MASSE VOLUMIQUE CARACTERISTIQUE ρ_k | 22 |
| MASSE VOLUMIQUE MOYENNE ρ_{mean} | 22 |
| FACTEUR DE MODIFICATION (k_{mod}) | 22 |
| CLASSE DE DUREE DE CHARGEMENT CUMULEE | 23 |
| CLASSE DE SERVICE | 23 |
| COEFFICIENT PARTIEL DE SECURITE POUR LES PROPRIETES DES MATERIAUX (γ_M) | 24 |
| PARTIE II | 25 |
| VALEURS QUE DOIT RENTRER L'UTILISATEUR DANS LE SYSTEME | 26 |
| AIRE DE LA SECTION (A) | 27 |
| VALEUR DE CALCUL DE LA CONTRAINTE AXIALE ($\sigma_{c,0,d}$) | 27 |
| VALEUR CARACTERISTIQUE DE LA RESISTANCE EN COMPRESSION AXIALE ($f_{c,0,k}$) | 27 |
| FACTEUR DE MODIFICATION (k_{mod}) | 27 |
| VALEUR DE CALCUL DE LA RESISTANCE EN COMPRESSION AXIALE ($f_{c,0,d}$) | 27 |

| | |
|--|----|
| VALEUR A 5% DU MODULE D'ELASTICITE PARALLELE AU FIL ($E_{0.05}$) | 27 |
| MOMENT D'INERTIE DE FLEXION PAR RAPPORT A L'AXE y (I_y) et z (I_z) | 28 |
| ELANCEMENT MECANIQUE PAR RAPPORT A L'AXE y (γ_y) | 28 |
| ELANCEMENT MECANIQUE PAR RAPPORT A L'AXE z (γ_z) | 29 |
| ELANCEMENT RELATIF PAR RAPPORT A L'AXE y ($\lambda_{rel,y}$) | 29 |
| ELANCEMENT RELATIF PAR RAPPORT A L'AXE z ($\lambda_{rel,z}$) | 30 |
| FACTEUR DE RECTITUDE (β_c) | 30 |
| COEFFICIENT (k_y) ET (k_z) | 30 |
| COEFFICIENT DE FLAMBEMENT PAR RAPPORT A L'AXE y ($k_{c,y}$) ET L'AXE Z ($k_{c,z}$) | 31 |
| COEFFICIENT DE FLAMBEMENT (k_c) | 33 |
| VERIFICATION DE LA RESISTANCE A LA COMPRESSION AXIALE | 34 |
| CALCUL DE LA RESISTANCE EN FONCTIONS DE LA TAILLE | 35 |
| CALCUL DE LA TAILLE EN FONCTIONS DE LA RESISTANCE | 36 |
| CONCLUSION | 38 |
| SOURCES - BIBLIOGRAPHIE | 39 |

INTRODUCTION

Nous expliquerons dans ce dossier comment obtenir les différentes valeurs se trouvant dans les différents tableaux ci-après.

Ces valeurs seront utilisées lors nos différents calculs ainsi qu'insérées dans les bases de données du logiciel.

La plupart de ces valeurs demandent des notions avancées de mathématique et de physique, principalement en résistance des matériaux, en statique, ainsi qu'en analyse.

Nous entamerons par la suite une liste des calculs et formules utilisés par **A.T.L.A.S.** ainsi que les simplifications que nous avons apportées pour l'optimisation du code.

Toutes les valeurs utilisées et leurs indices sont tirés des normes suivantes :

Eurocode 5 : NF EN 1995-1-1 - Novembre 2005

Annexe Nationale : NF EN 1995-1-1/NA - Mai 2010

NF EN 338 : Bois de structure - Classes de résistance - décembre 2009

PARTIE I

-ANALYSE DES TABLEAUX DE DONNEES-

TABLEAUX DE DONNES :

| ¹ NF EN 338 | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <u>Caractéristiques des bois massifs résineux</u> | | | | | | | | | | |
| | C14 | C16 | C18 | C20 | C24 | C30 | C35 | C40 | C45 | C50 |
| $f_{m,k}$ [MPa] | 14,00 | 16,00 | 18,00 | 20,00 | 24,00 | 30,00 | 35,00 | 40,00 | 45,00 | 50,00 |
| $f_{t,0,k}$ [MPa] | 8,00 | 10,00 | 11,00 | 12,00 | 14,00 | 18,00 | 21,00 | 24,00 | 27,00 | 30,00 |
| $f_{t,90,k}$ [MPa] | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| $f_{c,0,k}$ [MPa] | 16,00 | 17,00 | 18,00 | 20,00 | 21,00 | 23,00 | 25,00 | 26,00 | 27,00 | 29,00 |
| $f_{c,90,k}$ [MPa] | 2,00 | 2,20 | 2,20 | 2,40 | 2,50 | 2,70 | 2,80 | 2,90 | 3,10 | 3,20 |
| $f_{v,k}$ [MPa] | 3,00 | 3,20 | 3,40 | 3,80 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 |
| $E_{0,mean}$ [GPa] | 7,00 | 8,00 | 9,00 | 10,00 | 11,00 | 12,00 | 13,00 | 14,00 | 15,00 | 16,00 |
| $E_{0,05}$ [GPa] | 4,70 | 5,40 | 6,00 | 6,70 | 7,40 | 8,00 | 8,70 | 9,40 | 10,00 | 10,70 |
| $E_{90,mean}$ [GPa] | 0,23 | 0,27 | 0,30 | 0,33 | 0,37 | 0,40 | 0,43 | 0,47 | 0,50 | 0,53 |
| G_{mean} [GPa] | 0,44 | 0,50 | 0,56 | 0,63 | 0,69 | 0,75 | 0,81 | 0,88 | 0,94 | 1,00 |
| ρ_k [kg/m ³] | 290,00 | 310,00 | 320,00 | 340,00 | 350,00 | 380,00 | 400,00 | 420,00 | 440,00 | 460,00 |
| ρ_{mean} [kg/m ³] | 350,00 | 370,00 | 380,00 | 410,00 | 420,00 | 460,00 | 480,00 | 500,00 | 520,00 | 550,00 |

| ² NF EN 338 | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| <u>Caractéristiques des bois massifs feuillus</u> | | | | | | | | |
| | D18 | D24 | D30 | D35 | D40 | D50 | D60 | D70 |
| $f_{m,k}$ [MPa] | 18,00 | 24,00 | 30,00 | 35,00 | 40,00 | 50,00 | 60,00 | 70,00 |
| $f_{t,0,k}$ [MPa] | 11,00 | 14,00 | 18,00 | 21,00 | 24,00 | 30,00 | 36,00 | 42,00 |
| $f_{t,90,k}$ [MPa] | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| $f_{c,0,k}$ [MPa] | 18,00 | 21,00 | 23,00 | 25,00 | 26,00 | 29,00 | 32,00 | 34,00 |
| $f_{c,90,k}$ [MPa] | 7,50 | 7,80 | 8,00 | 8,10 | 8,30 | 9,30 | 10,50 | 13,50 |
| $f_{v,k}$ [MPa] | 3,40 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,00 | 4,50 | 5,00 |
| $E_{0,mean}$ [GPa] | 9,50 | 10,00 | 11,00 | 12,00 | 13,00 | 14,00 | 17,00 | 20,00 |
| $E_{0,05}$ [GPa] | 8,00 | 8,50 | 9,20 | 10,10 | 10,90 | 11,80 | 14,30 | 16,80 |
| $E_{90,mean}$ [GPa] | 0,63 | 0,67 | 0,73 | 0,80 | 0,86 | 0,93 | 1,13 | 1,33 |
| G_{mean} [GPa] | 0,59 | 0,62 | 0,69 | 0,75 | 0,81 | 0,88 | 1,06 | 1,25 |
| ρ_k [kg/m ³] | 475,00 | 485,00 | 530,00 | 540,00 | 550,00 | 620,00 | 700,00 | 900,00 |
| ρ_{mean} [kg/m ³] | 570,00 | 580,00 | 640,00 | 650,00 | 660,00 | 750,00 | 840,00 | 1080,00 |

¹ NF EN 338 : Bois de structure - Classes de résistance - décembre 2009

² NF EN 338 : Bois de structure - Classes de résistance - décembre 2009

| ³ Valeurs de k_{mod} pour les bois massifs | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|
| | P | LT | MT | CT | I |
| 1 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,10 |
| 2 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,10 |
| 3 | 0,50 | 0,55 | 0,65 | 0,70 | 0,90 |
| P: Action permanente LT: Action long terme MT: Action moyen terme CT: Action court terme I: Action instantanée | | | | | |

| ⁴ Valeurs de γ_M pour bois massif | |
|---|------|
| γ_M | 1,30 |

³ Eurocode 5 : NF EN 1995-1-1 - Novembre 2005

⁴ *ibid*

CLASSES DE RESISTANCE :

⁵Les classes de résistances mécaniques ou classes structurelles sont des catégories dans lesquelles on subdivise les différentes essences (types) de bois. Ces différenciations entre les essences ont lieu principalement à cause des résistances structurelles différentes selon les types de bois.

Ces écarts de résistance sont dus principalement à ces raisons :

- Nombre et positions des nœuds dans les sections.
- Nombre, tailles, et position des fentes dans les sections.
- Nombre, tailles, et positions des flaches dans les sections (flache : défaut du bois de forme arrondi apparaissant généralement en bordure de planche après débitage des troncs.)
- Nombre, tailles, et positions des gerces dans les sections (gerce : défaut du bois ressemblant à de petites fissurations apparaissant en général aux endroits soumis au plus d'effort.)
- Nombre, tailles, et positions des poches de résine dans les sections.
- Résistance aux altérations naturelles dues, par exemple, aux insectes ou aux champignons.

Les classes de résistances sont classées par niveaux de résistance et par essence:

- Résineux : C18 à C50
- Feuillus : D18 à D70

⁵ ABC (Application Bois Construction), CTBA, **BOIS DE STRUCTURE, Bois massifs structuraux**, 2006, format :PDF

⁶Par exemple chez les résineux (classe de résistance C), la classe C18 conviendra parfaitement pour la construction de charpentes traditionnelles. La classe C30 quant à elle sera utilisée pour la fabrication de fermes de charpente en lamellé-collé hautes performances.

Détermination des classes de résistances :

Les classes de résistances sont déterminées de deux manières :

1. Méthode visuelle : ⁷la mesure des irrégularités et singularités citées plus haut permet le classement dans une classe de résistance. Cette méthode fait référence à la norme **NF B 52 001** (Classement visuel pour l'emploi en structures des bois sciés résineux et feuillus - Partie 1 : bois massif).
2. Méthode par machine : ⁸la résistance mécanique du bois peut être déterminée grâce à des machines qui utilisent une de ces méthodes :
 - Analyse vibratoire
 - Analyse optique
 - Analyse par ultrasons
 - Analyse par flexion dynamique

Les machines utilisées doivent, au préalable, avoir été homologuées selon des normes pour une essence de bois précise, un territoire spécifique, et une plage de section et de classe de résistance donnée. Cette méthode fait référence à la norme **NF EN 519** (Classement - Spécifications pour le bois classe par machine pour sa résistance et les machines à classer). A noter que les classes C35 et supérieures ne peuvent s'obtenir uniquement avec la méthode par machine.

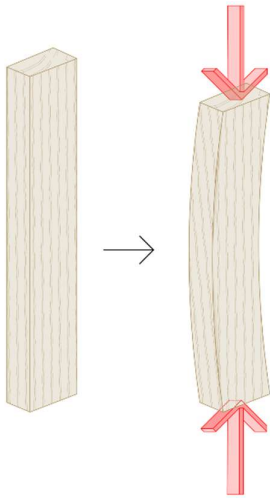
Les spécificités des classes de résistances utilisées par A.T.L.A.S. se trouvent dans l'annexe nommée « **ANNEXE / MATERIAUX NECESSAIRES AUX EXPERIMENTATIONS** », vous y trouverez une liste détaillée des défauts acceptés pour les classes de résistance les plus utilisées dans la construction.

⁶ ABC (Application Bois Construction), CTBA, **BOIS DE STRUCTURE, Bois massifs structuraux**, 2006, format :PDF

⁷ **NF B 52 001**, Avril 2018

⁸ **NF EN 519**, mai 1995

CONTRAINTE DE FLEXION $f_{m,k}$



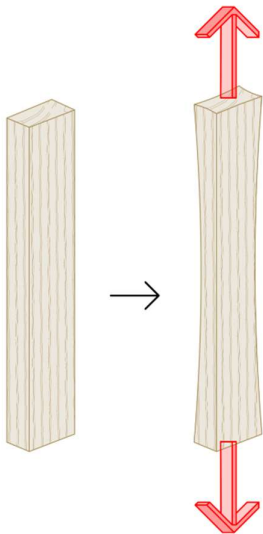
⁹La contrainte de flexion représente la charge admissible parallèlement au fil (effort de flexion) divisée par la surface sur laquelle elle s'applique. Elle est donnée par la relation suivante :

$$f_{m,k} = \frac{N}{A} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

N = charge admissible

A = surface d'application de la charge admissible

CONTRAINTE DE TRACTION AXIALE $f_{t,0,k}$



¹⁰La contrainte de traction axiale représente la charge admissible parallèlement au fil (effort de traction) divisée par la surface sur laquelle elle s'applique. Elle est donnée par la relation suivante :

$$f_{t,0,k} = \frac{N}{A} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

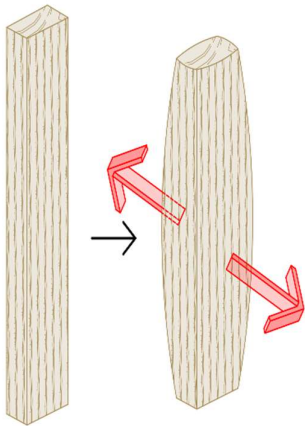
N = effort de traction admissible

A = surface d'application de l'effort de traction admissible

⁹ Lignum, SIA, FdBB, Holzbau Schweiz, **TABLES POUR LA CONSTRUCTION EN BOIS, TCB 1|2021 Manuel pour le dimensionnement**, Éditions Lignum (ISBN :978-3-906703-6)

¹⁰ *ibid*

CONTRAINTE DE TRACTION PERPENDICULAIRE $f_{t,90,k}$



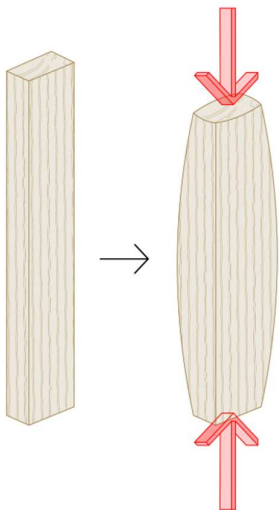
¹¹La contrainte de traction perpendiculaire représente la charge admissible perpendiculaire au fil (effort de traction) divisée par la surface sur laquelle elle s'applique. Elle est donnée par la relation suivante :

$$f_{t,90,k} = \frac{N}{A} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

N = effort de traction admissible

A = surface d'application de l'effort de traction admissible

CONTRAINTE DE COMPRESSION AXIALE $f_{c,0,k}$



¹²La contrainte de compression axiale représente la charge admissible parallèlement au fil (effort de compression) divisée par la surface sur laquelle elle s'applique. Elle est donnée par la relation suivante :

$$f_{c,0,k} = \frac{N}{A} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

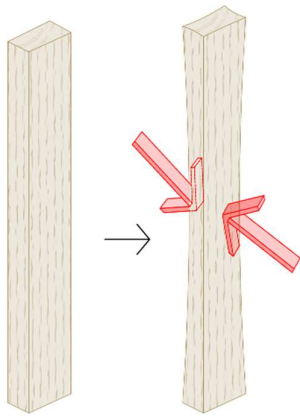
N = effort de compression admissible

A = surface d'application de l'effort de compression admissible

¹¹ Lignum, SIA, FdBB, Holzbau Schweiz, **TABLES POUR LA CONSTRUCTION EN BOIS, TCB 1|2021 Manuel pour le dimensionnement**, Éditions Lignum (ISBN :978-3-906703-6)

¹² *ibid*

CONTRAINTE DE COMPRESSION PERPENDICULAIRE $f_{c,90,k}$



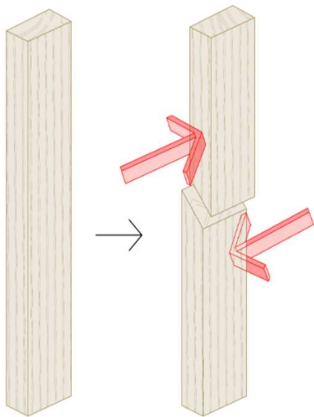
¹³La contrainte de compression perpendiculaire représente la charge admissible perpendiculaire au fil (effort de compression) divisée par la surface sur laquelle elle s'applique. Elle est donnée par la relation suivante :

$$f_{c,90,k} = \frac{N}{A} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

N = effort de compression admissible

A = surface d'application de l'effort de compression admissible

CONTRAINTE DE CISAILLEMENT $f_{v,k}$



¹⁴La contrainte de cisaillement représente la force maximale à laquelle le matériau peut résister lorsque ce-dernier est soumis à un effort tranchant (deux forces de vecteurs opposés à distance réduite l'une de l'autre, ou forces parallèles à la surface d'application). Ces efforts introduisent un stress important pour la structure, et sont particulièrement présents dans un système type poteaux-dalle. Les efforts tranchants sont particulièrement complexes à calculer, c'est pour cela que beaucoup d'ingénieurs suisses utilisent des logiciels de calcul d'éléments finis (méthode de calcul visant à séparer un système statique en une multitude de triangles ou de carrés pour en étudier les liaisons, fait souvent appel au calcul matriciel) pour faciliter cette opération.

La contrainte est donc donnée par la relation suivante :

$$f_{v,k} = \frac{N}{A} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

N = effort tranchant admissible

A = surface d'application de l'effort tranchant admissible

¹³ Lignum, SIA, FdBB, Holzbau Schweiz, **TABLES POUR LA CONSTRUCTION EN BOIS, TCB 1|2021 Manuel pour le dimensionnement**, Éditions Lignum (ISBN :978-3-906703-6)

¹⁴ **ibid**

MODULE D'ELASTICITE MOYEN AXIALE $E_{0,mean}$

¹⁵Un module d'élasticité s'obtient par la division d'une contrainte par la déformation élastique qu'elle cause. Une déformation élastique n'ayant pas d'unité, un module d'élasticité garde l'unité de la contrainte, donc le « Pa » ou le « N/mm² », en pratique on utilisera plutôt le « kN/mm² », le « MPa » ou le « GPa ».

Le nom le plus utilisé pour désigner le module élastique d'un matériau est « module de Young ». Ce module fait le lien entre la contrainte de traction ou de compression appliquée à un matériau isotrope et la déformation qui en découle. En d'autres termes, un module élastique est une quantité qui permet de mesurer la résistance d'une matière lorsqu'elle est déformée de façon élastique (donc de manière non-permanente).

Le module de Young s'obtient par l'équation suivante :

$$\sigma = E \times \varepsilon \Rightarrow E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \text{ [Pa] ou [N/m}^2\text{]}$$

σ = contrainte

E = module de Young

ε = allongement relatif ou déformation

¹⁵ Josquin Matthey, BOUBAKER INGENIERIE, MGM Architectes et Ingénieurs

Numeritec.ch, *Simulationmatériaux.com*, janvier - mars 2024, hébergeur inconnu, sections du site utilisées : *Comportement mécanique des matériaux, Table des modules de Young et coefficients de Poisson*

Jimmy Wales et Larry Sanger, *wikipédia.org*, janvier - mars 2024, sections du site utilisées : *Module de Young* (dernière modification en 2024, auteur inconnu)

Lignum, SIA, FdBB, Holzbau Schweiz, *TABLES POUR LA CONSTRUCTION EN BOIS, TCB 1|2021 Manuel pour le dimensionnement*, Éditions Lignum (ISBN :978-3-906703-6)

¹⁶L'allongement relatif ou déformation peut être obtenue de deux manières :

Déformation naturelle :

$$\varepsilon = \int_{L_0}^L d\varepsilon = \int_{L_0}^L \frac{dL}{L} = \ln\left(\frac{L}{L_0}\right)$$

L_0 = Longueur initiale

L = Longueur après déformation

Déformation nominale, utilisée par les ingénieurs :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{l - l_0}{l_0}$$

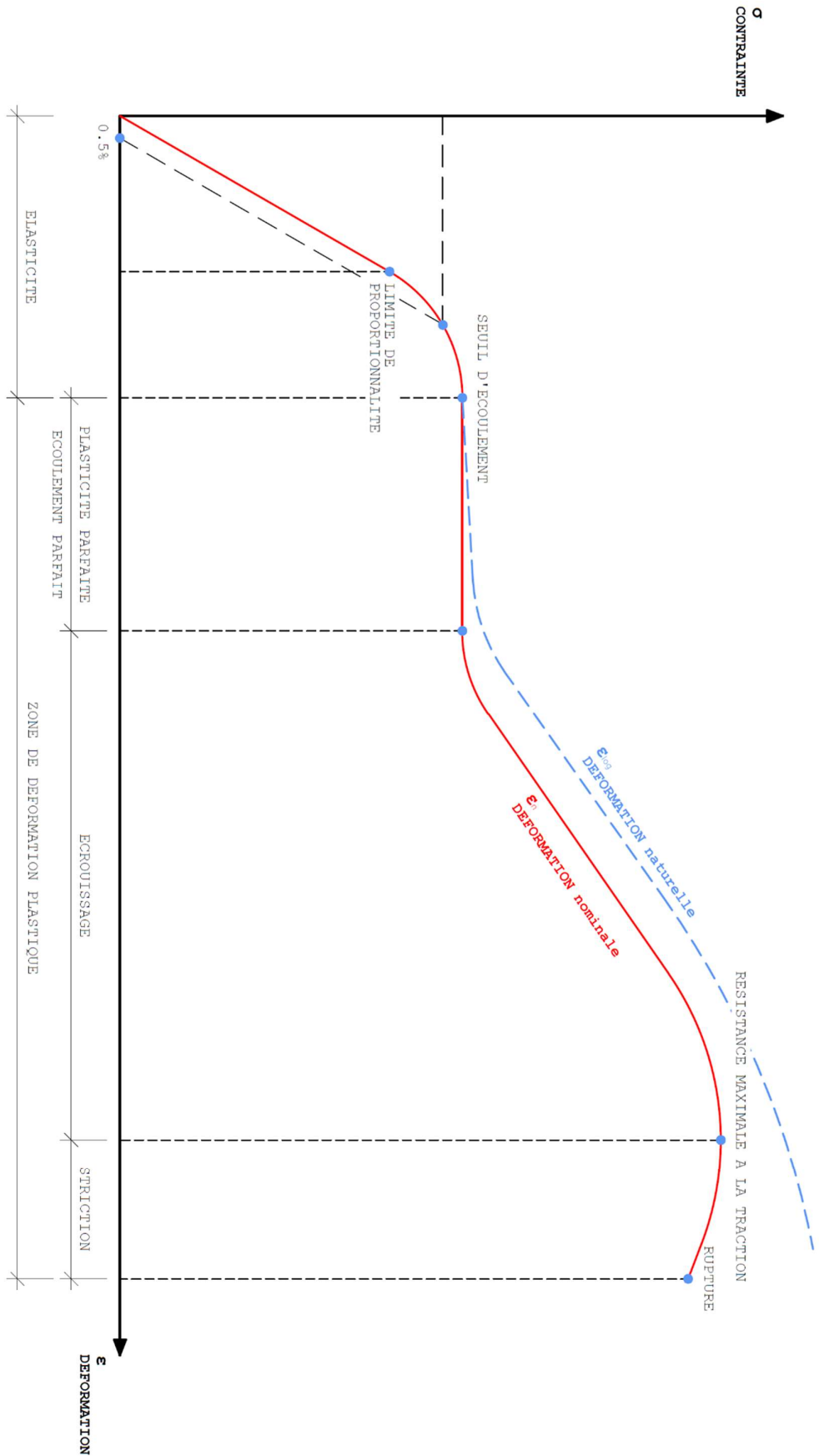
Voici une courbe théorique exprimant le rapport contraintes-déformations du bois (reproduite d'après celles trouvées sur le site « **simulationmateriaux.com** » dans la rubrique « **Comportement mécanique des matériaux - Relation entre la contrainte et la déformation** ») :

¹⁶ Josquin Matthey, BOUBAKER INGENIERIE, MGM Architectes et Ingénieurs

Numeritec.ch, **Simulationmateriaux.com**, janvier - mars 2024, hébergeur inconnu, sections du site utilisées : **Comportement mécanique des matériaux, Table des modules de Young et coefficients de Poisson**

Jimmy Wales et Larry Sanger, **wikipédia.org**, janvier - mars 2024, sections du site utilisées : **Module de Young** (dernière modification en 2024, auteur inconnu)

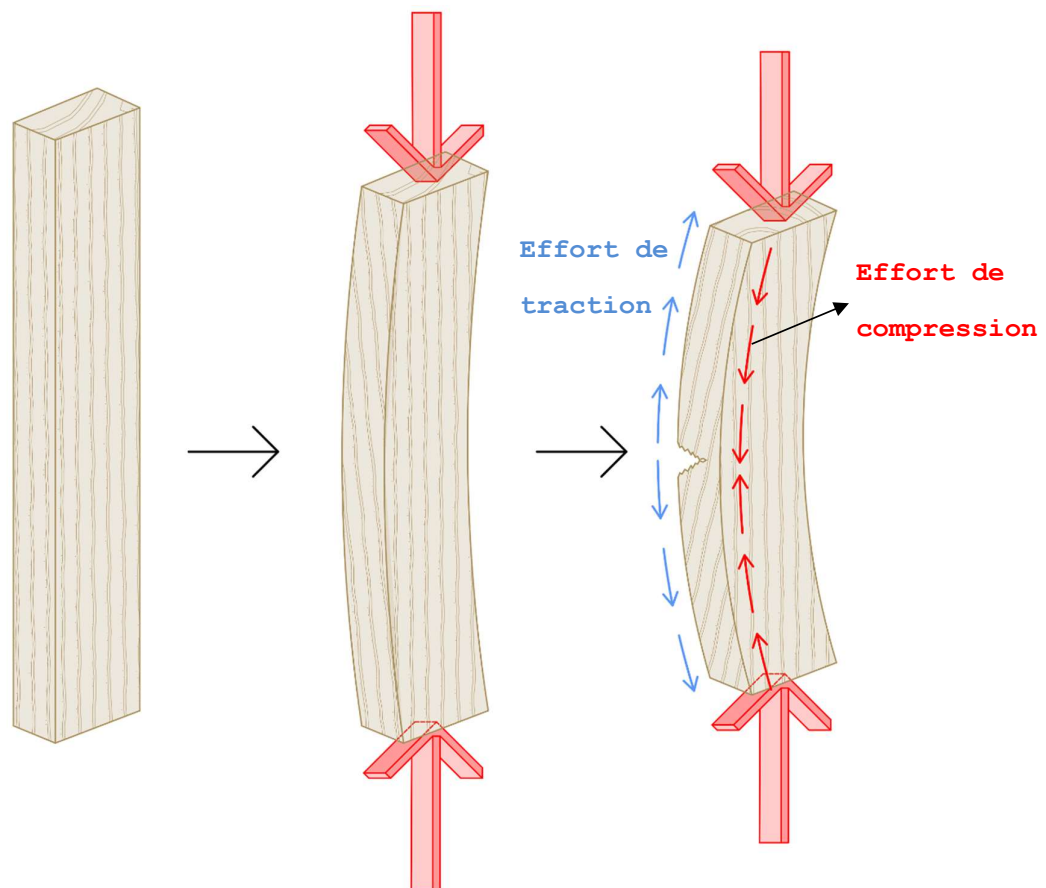
Lignum, SIA, FdBB, Holzbau Schweiz, **TABLES POUR LA CONSTRUCTION EN BOIS, TCB 1|2021 Manuel pour le dimensionnement**, Éditions Lignum (ISBN :978-3-906703-6)



Pourquoi un diagramme de traction ? :

¹⁷Il peut sembler hors sujet de se référer à un diagramme de traction lors de calculs sur la résistance en compression axiale, mais il en est tout autre. En effet, la résistance au flambage intervient dans les calculs de résistance à la compression, et lorsque qu'un matériau comme le bois commence à se déformer sous l'effet d'une force qui lui est appliquée, c'est la partie soumise aux efforts de traction qui cèdera en premier.

Autrement dit, lorsqu'un poteau est comprimé, il se déforme (il flambe), ce qui fait apparaître des efforts de traction. Le bois ayant une résistance à la traction moins importante que sa résistance à la compression, il est important de calculer la résistance maximale à la traction du poteau dans des cas de flambement pour connaître sa résistance à la compression axiale.



¹⁷ Josquin Matthey, BOUBAKER INGENIERIE, MGM Architectes et Ingénieurs

MODULE D'ELAST. AXIALE AU 5^{EME} POURCENTILE E_{0,05}

¹⁸Comme vu précédemment, un module d'élasticité se calcule selon l'équation suivante :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

E = module d'élasticité

σ = contrainte

ε = allongement relatif ou déformation

Le module d'élasticité axiale au 5^{ème} pourcentile E_{0,05} correspond au 0.5% sur le diagramme de traction vu précédemment.

MODULE D'ELAST. MOYEN TRANSVERSAL E_{90,mean}

¹⁹Comme vu précédemment, un module d'élasticité se calcule selon l'équation suivante :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

E = module d'élasticité

σ = contrainte

ε = allongement relatif ou déformation

Le module d'élasticité moyen transversale correspond au module d'élasticité lorsque la contrainte est perpendiculaire aux fibres du bois.

¹⁸ Josquin Matthey, BOUBAKER INGENIERIE, MGM Architectes et Ingénieurs

¹⁹ *ibid*

MODULE DE CISAILLEMENT G_{mean}

²⁰Le module de cisaillement peut être appelé de différentes manières :

- Module de cisaillement
- Module de glissement
- Module de rigidité
- Module de Coulomb
- Second coefficient de Lamé

Ce module correspond à une grandeur propre à chaque matériau permettant de caractériser et interpréter les déformations dues aux efforts de cisaillement. Le module de cisaillement peut être exprimé de deux manières différentes :

Méthode 1 :

$$G = \frac{Fl}{A\Delta x} \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

G = module de cisaillement

F = effort de cisaillement

l = épaisseur du matériaux

A = surface sur laquelle la force s'applique

Δx = déformation parallèle à l'effort de cisaillement

Méthode 2, pour les matériaux isotropes (utilisée par les ingénieurs) :

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)} \text{ [kN/mm}^2\text{]}$$

E = module d'élasticité

ν = coefficient de Poisson

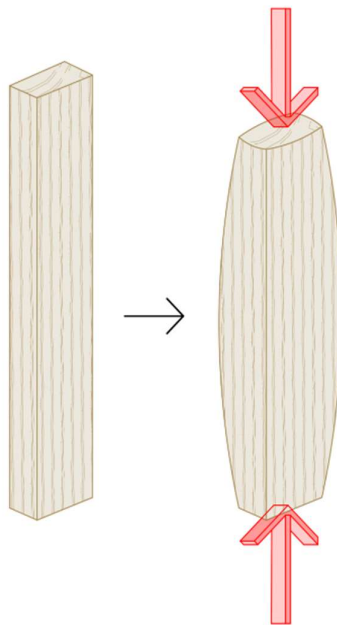
²⁰ Numeritec.ch, ***Simulationmatériaux.com***, janvier - mars 2024, hébergeur inconnu, sections du site utilisées : ***Comportement mécanique des matériaux, Table des modules de Young et coefficients de Poisson***

Jimmy Wales et Larry Sanger, ***wikipédia.org***, janvier - mars 2024, sections du site utilisées : ***Coefficient de Poisson*** (dernière modification en 2024, auteur inconnu)

Coefficient de Poisson

²¹Le coefficient de Poisson est une valeur permettant de caractériser un matériau en fonction de sa déformation longitudinale et sa déformation transverse lorsque on lui applique une force dans la longueur.

Autrement dit, si l'on applique une force sur un poteau, ce dernier aura tendance à se déformer de la manière suivante :



On observe donc 2 phénomènes. Le premier c'est une réduction de la longueur du poteau, et le deuxième c'est une augmentation de largeur (ou de son diamètre s'il avait été rond). Cette deuxième déformation qui est transverse, se nomme l'effet de Poisson.

²¹ Numeritec.ch, ***Simulationmatériaux.com***, janvier - mars 2024, hébergeur inconnu, sections du site utilisées : ***Comportement mécanique des matériaux, Table des modules de Young et coefficients de Poisson***

Jimmy Wales et Larry Sanger, ***wikipédia.org***, janvier - mars 2024, sections du site utilisées : ***Coefficient de Poisson*** (dernière modification en 2024, auteur inconnu)

²²Le coefficient de Poisson est donné par la relation suivante :

$$\nu = \frac{\text{variation transversale en \%}}{\text{variation longitudinale en \%}}$$

$$\nu = \frac{(l_0 - l)/l_0}{(L_0 - L)/L_0} = \frac{\Delta l \frac{1}{l_0}}{\Delta L \frac{1}{L_0}}$$

ν = coefficient de Poisson ($\nu \leq 0.5$)

l_0 = largeur ou diamètre originel (avant déformation)

l = largeur ou diamètre final (après déformation)

L_0 = longueur originelle (avant déformation)

L = longueur finale (après déformation)

Reprenons l'exemple du poteau :

Si après application de la force, la variation de longueur ΔL vaut 2% de la longueur originelle et que la variation de largeur (ou de diamètre) Δl vaut 0.5% de la largeur originelle, on aura donc :

$$\nu = \frac{0.5}{2} = 0.25$$

²² Numeritec.ch, ***Simulationmatériaux.com***, janvier - mars 2024, hébergeur inconnu, sections du site utilisées : ***Comportement mécanique des matériaux, Table des modules de Young et coefficients de Poisson***

Jimmy Wales et Larry Sanger, ***wikipédia.org***, janvier - mars 2024, sections du site utilisées : ***Coefficient de Poisson*** (dernière modification en 2024, auteur inconnu)

MASSE VOLUMIQUE CARACTERISTIQUE ρ_k

²³C'est la masse volumique du matériau en [kg/m³] lorsque son taux d'humidité est à 0%, donnée par la relation suivante :

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

ρ = masse volumique

m = masse du matériau

V = volume du matériau

MASSE VOLUMIQUE MOYENNE ρ_{mean}

²⁴C'est la masse volumique moyenne du matériau en [kg/m³] lorsque son taux d'humidité est compris entre 0% et 30%, donnée par la relation suivante :

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

ρ = masse volumique

m = masse du matériau

V = volume du matériau

FACTEUR DE MODIFICATION (k_{mod})

²⁵Cette valeur permet de prendre en compte le taux d'humidité présumé ainsi que la durée de charge de la structure. k_{mod} dépend de la **classe de durée de chargement cumulée** et de la **classe de service**.

²³ Dr. Nour Rachidi, Professeur de physique-chimie à Lille

²⁴ *ibid*

²⁵ Lignum, SIA, FdBB, Holzbau Schweiz, **TABLES POUR LA CONSTRUCTION EN BOIS, TCB 1|2021 Manuel pour le dimensionnement**, Éditions Lignum (ISBN :978-3-906703-6)

CLASSE DE DUREE DE CHARGEMENT CUMULEE

²⁶C'est une des deux variables qui influence sur la valeur de k_{mod} en permettant une approximation du temps que la structure va devoir tenir en étant chargée. Il existe 5 classes de durée de chargement cumulée :

P - permanent (plus que 10 ans)

LT - Long terme (entre 6 mois et 10 ans)

MT - Moyen terme (entre 1 semaine et 6 mois)

CT - Court terme (moins que 1 semaine)

I - Instantanée

Ces valeurs sont importantes, surtout lors de l'estimation des cas de charges (ensembles de plusieurs charges que pourrait devoir supporter une structure). Par exemple, le poids propre de la structure sera **Permanent** mais le camion de pompier qui pourrait intervenir sur la toiture carrossable sera soit dans **Court terme** soit dans **Instantanée**.

CLASSE DE SERVICE

²⁷La classe de service est la deuxième valeur pouvant influencer k_{mod} , et représente l'humidité générale du milieu dans lequel va se trouver la structure. Il existe trois valeurs possibles pour la classe de service :

1. - structure à l'abri des intempéries et de tout contact avec de l'eau (en intérieur)
2. - structure exposée aux intempéries et au contact avec de l'eau (à l'extérieur)
3. - structure exposée continuellement ou presque, à de l'eau (pilier immergé)

²⁶Eurocode 5 : **NF EN 1995-1-1** - novembre 2005

Annexe Nationale : **NF EN 1995-1-1/NA** - mai 2010

NF EN 338 : Bois de structure - Classes de résistance, décembre 2009

²⁷ **ibid**

COEFFICIENT PARTIEL DE SECURITE POUR LES PROPRIETES DES MATERIAUX (γ_M)

²⁸Ce coefficient, toujours égal à **1.3** pour les bois massifs, permet de prendre en compte dans les calculs, les incertitudes liées aux matériaux (comme les imperfections par exemple)

²⁸ Eurocode 5 : **NF EN 1995-1-1** - novembre 2005

Annexe Nationale : **NF EN 1995-1-1/NA** - mai 2010

NF EN 338 : Bois de structure - Classes de résistance, décembre 2009

PARTIE II

-CALCULS EFFECTUES PAR A.T.L.A.S.-

VALEURS QUE DOIT RENTRER L'UTILISATEUR DANS LE SYSTEME

- Largeur de la section transversale (**b**) en [mm]
- Largeur de la section transversale (**h**) en [mm]
- Longueur de flambement autour de l'axe y (**$l_{f,y}$**) en [cm]
- Longueur de flambement autour de l'axe z (**$l_{f,z}$**) en [cm]
- Classe de résistance, à choix de (**C14**) à (**C50**) et de (**D18**) à (**D70**)
- Classe de durée de chargement cumulée, à choix entre Permanent (**P**), Long Terme (**LT**), Moyen Terme (**MT**), Court Terme (**CT**), et Instantané (**I**)
- Classe de service (**RES1**), à choix entre Classe 1 (**RES1**), Classe 2 (**RES2**), Classe 3 (**RES3**)
- Coefficient partiel pour les propriétés des matériaux (**γ_M**), pour le bois massif, toujours égal à **1.3**
- Valeur de calcul de l'effort normal de compression (**N_{Ed}**) en [kN]

Une fois ces données rentrées, l'un des 3 cas de figures suivants s'impose :

- **CAS 1** : Si l'utilisateur veut obtenir une vérification de résistance par rapport à des données déjà calculées, il faut qu'il rentre l'entièreté des données ci-dessus. Une fois que l'utilisateur a rentré toutes ces données, le logiciel s'occupe de faire les opérations ci-après.
- **CAS 2** : Si l'utilisateur veut connaître la résistance maximale d'un poteau, il rentrera toutes les données sauf la « valeur de calcul de l'effort normal de compression (**N_{Ed}**) en [kN] » et le logiciel calculera 2 valeurs. La première sera le point de rupture présumé, et la deuxième serait la valeur de résistance maximum conseillée à 15% du point de rupture en [kN].
- **CAS 3** : Si l'utilisateur veut connaître les dimensions minimums nécessaire pour résistance à une certaine force, alors il rentrera toutes les données sauf la « Largeur de la section transversale (**b**) en [mm] » et la « Largeur de la section transversale (**h**) en [mm] ». Le logiciel calculera ensuite des largeurs minimums pour un poteau carré et pour un poteau rectangulaire pour les deux cas de figures suivants :
 - o Calcul des largeurs (**b** et **h**) carrés et rectangulaires pour le point de rupture présumé.
 - o Calcul des largeurs (**b** et **h**) carrés et rectangulaires conseillées à 15% du point de rupture présumé.

AIRE DE LA SECTION (A)

$$\frac{h \times b}{100} [cm^2]$$

VALEUR DE CALCUL DE LA CONTRAINTE AXIALE ($\sigma_{c,0,d}$)

$$\sigma_{c,0,d} = 10 \frac{N_{Ed}}{A} [MPa]$$

**VALEUR CARACTERISTIQUE DE LA RESISTANCE EN
COMPRESSION AXIALE ($f_{c,0,k}$)**

Voir tableaux « NF EN 338 résineux » et « NF EN 338 feuillus » (Tableaux de données) .

FACTEUR DE MODIFICATION (k_{mod})

Voir Tableaux de données.

**VALEUR DE CALCUL DE LA RESISTANCE EN COMPRESSION
AXIALE ($f_{c,0,d}$)**

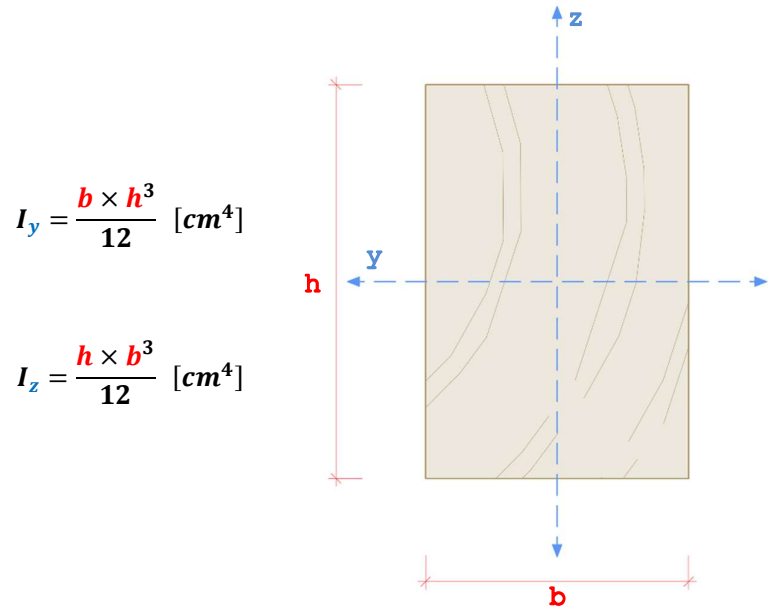
$$f_{c,0,d} = k_{mod} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} [MPa]$$

**VALEUR A 5% DU MODULE D'ELASTICITE PARALLELE AU
FIL ($E_{0.05}$)**

Voir tableaux « NF EN 338 résineux » et « NF EN 338 feuillus » (Tableaux de données) .

MOMENT D'INERTIE DE FLEXION PAR RAPPORT A L'AXE y (I_y) et z (I_z)

²⁹Grandeur caractérisant l'inertie d'une structure ou d'un système lors d'un mouvement de rotation.



ELANCEMENT MECANIQUE PAR RAPPORT A L'AXE y (γ_y)

L'élancement mécanique sert au calcul de la résistance au flambage de pièces comprimées et caractérise la flexibilité de ces dernières.

$$\lambda_y = l_{f,y} \sqrt{\frac{A}{I_y}} \text{ ou } l_{f,y} = \frac{1}{i_y}$$

i représente le rayon de giration obtenu par la formule suivante :

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

²⁹ Bruno Caillard, **constructionbois.bilp.fr**, mars 2024, hébergeur inconnu, sections du site utilisées : **L'élancement**

editions-eyroller.com, mars 2024, Auteur inconnu, hébergeur inconnu, sections du site utilisées : **Le dictionnaire professionnel du BTP (élancement)**

I_y = Moment d'inertie de flexion par rapport à l'axe y

A = Aire de la section

ELANCEMENT MECANIQUE PAR RAPPORT A L'AXE z (γ_z)

³⁰L'élancement mécanique sert au calcul de la résistance au flambage de pièces comprimées et caractérise la flexibilité de ces dernières.

$$\lambda_z = l_{f,z} \sqrt{\frac{A}{I_z}} \text{ ou } l_{f,z} = \frac{1}{i_z}$$

i représente le rayon de giration obtenu par la formule suivante :

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}}$$

I_z = Moment d'inertie de flexion par rapport à l'axe z

A = Aire de la section

ELANCEMENT RELATIF PAR RAPPORT A L'AXE y ($\lambda_{rel,y}$)

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0.05}}}$$

³¹Contrairement à l'élancement mécanique, l'élancement relatif prend en compte la dispersion des propriétés mécaniques du bois en incluant $E_{0.05}$ dans le calcul.

³⁰ Bruno Caillard, **constructionbois.bilp.fr**, mars 2024, hébergeur inconnu, sections du site utilisées : **L'élancement**

editions-eyroller.com, mars 2024, Auteur inconnu, hébergeur inconnu, sections du site utilisées : **Le dictionnaire professionnel du BTP (élancement)**

³¹ Prof. Dr Andrea Frangi et Dr René Steiger, **espazium.ch**, mars 2024, sections du site utilisées : **Dimensionnement des ouvrages en bois selon la norme SIA 265 Vérification de la stabilité selon la théorie du second ordre**

ELANCEMENT RELATIF PAR RAPPORT A L'AXE z ($\lambda_{rel,z}$)

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0.05}}}$$

³²Contrairement à l'élancement mécanique, l'élancement relatif prend en compte la dispersion des propriétés mécaniques du bois en incluant $E_{0.05}$ dans le calcul.

FACTEUR DE RECTITUDE (β_c)

³³Le facteur de rectitude est aussi appelé facteur d'imperfection, et permet de prendre en compte la pré-cambrure d'un matériau (donc à quel point la pièce est « courbée » avant de subir l'effet d'une ou plusieurs force)

$\beta_c = 0.20$ pour le bois massif

COEFFICIENT (k_y) ET (k_z)

$$k_y = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2]$$

$$k_z = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2]$$

Malgré nos recherches, nous n'avons pas pu trouver ce que représente ce coefficient (nous avons toutefois compris que k_y et k_z ont un rapport avec le flambement, peut-être un coefficient de flambement particulier...). Même dans la norme originelle de 1995 de l'Eurocode 5, dont vous trouverez un extrait ci-après, il n'y a aucune précision ni explication concernant cette valeur. (Les valeurs de calculs peuvent différer légèrement car la norme a évolué, notamment en termes de sécurité.)

³² Prof. Dr Andrea Frangi et Dr René Steiger, espazium.ch, mars 2024, sections du site utilisées : **Dimensionnement des ouvrages en bois selon la norme SIA 265 Vérification de la stabilité selon la théorie du second ordre**

³³ Gerhard Rehm, hébergeur dlubal.com, mars 2024, inconnu, sections du site utilisées : **Analyse de stabilité de composant structurels 2D avec exemple de paroi en bois CLT-2**

(3) Dans les cas où, à la fois, $\lambda_{rel,z} \leq 0,5$ et $\lambda_{rel,y} \leq 0,5$ il convient que les contraintes satisfassent les conditions de 5.1.10 a et b.

(4) Dans tous les autres cas, il convient que les contraintes satisfassent les conditions suivantes:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \quad (5.2.1e)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \quad (5.2.1f)$$

avec:

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \quad (\text{il en est de même pour } k_{c,z}) \quad (5.2.1g)$$

$$k_y = 0,5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2) \quad (\text{il en est de même pour } k_z) \quad (5.2.1h)$$

Les symboles sont définis comme suit:

σ_m contrainte de flexion due aux charges latérales

β_c coefficient pour les éléments dans les limites de rectitude définies au chapitre 7:

- pour le bois massif: $\beta_c = 0,2$, - pour le bois lamellé collé: $\beta_c = 0,1$

k_m donné en 5.1.6

Eurocode 5 1995-1-1 (DAN-ENV 1994), P.69

COEFFICIENT DE FLAMBEMENT PAR RAPPORT A L'AXE y ($k_{c,y}$) ET L'AXE z ($k_{c,z}$)

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

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

Malgré nos recherches, nous n'avons pas pu trouver ce que représente ce coefficient. Nous supposons toutefois que $k_{c,y}$ et $k_{c,z}$ interviennent de manière indirecte dans le calcul de la charge critique au flambement via la formule d'Euler, et plus particulièrement dans la méthode de calcul de la longueur de flambement (l_k) (mais ce n'est qu'une supposition sans aucune source pour étayer ce propos).

³⁴Formule d'Euler :

$$F = \frac{\pi^2 EI}{l_k^2} [N]$$

F = charge critique de flambage théorique

E = module de Young / module d'élasticité du matériau

I = moment d'inertie

l_k = longueur de flambement

Dans la norme originelle de 1995 de l'Eurocode 5, dont vous trouverez un extrait ci-après, il n'y a aucune précision ni explication concernant cette valeur. (Les valeurs de calculs peuvent différer légèrement car la norme a évolué, notamment en termes de sécurité.)

(3) Dans les cas où, à la fois, $\lambda_{rel,z} \leq 0,5$ et $\lambda_{rel,y} \leq 0,5$ il convient que les contraintes satisfassent les conditions de 5.1.10 a et b.

(4) Dans tous les autres cas, il convient que les contraintes satisfassent les conditions suivantes:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \quad (5.2.1e)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1 \quad (5.2.1f)$$

avec:

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \quad (\text{il en est de même pour } k_{c,z}) \quad (5.2.1g)$$

$$k_y = 0,5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2) \quad (\text{il en est de même pour } k_z) \quad (5.2.1h)$$

Les symboles sont définis comme suit:

σ_m contrainte de flexion due aux charges latérales

β_c coefficient pour les éléments dans les limites de rectitude définies au chapitre 7:

- pour le bois massif : $\beta_c = 0,2$, - pour le bois lamellé collé: $\beta_c = 0,1$

k_m donné en 5.1.6

Eurocode 5 1995-1-1 (DAN-ENV 1994), P.69

³⁴ Jimmy Wales et Larry Sanger, [wikipédia.org](https://fr.wikipedia.org), janvier - mars 2024, sections du site utilisées : **Flambage** (dernière modification en 2023, auteur inconnu)

COEFFICIENT DE FLAMBEMENT (k_c)

Si $\lambda_{rel,y} \leq 0.30$ et $\lambda_{rel,z} \leq 0.30$

alors :

$$k_c = 1.00$$

Sinon:

$$k_c = \min(k_{c,y}; k_{c,z})$$

Malgré nos recherches, nous n'avons pas pu trouver ce que représente ce coefficient. Toutefois, nous avons trouvé un coefficient de sécurité nommé k_{crit} qui pourrait, dans certains cas, prendre la place de notre k_c .

Dans la norme originelle de 1995 de l'Eurocode 5, dont vous trouverez un extrait ci-après, la valeur k_{crit} est exprimée selon une méthode proche de celle utilisée pour k_c . (Les valeurs de calculs peuvent différer légèrement car la norme a évolué, notamment en termes de sécurité.)

- (3) *Il convient que les contraintes satisfassent la condition suivante:*

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} f_{m,d} \quad (5.2.2b)$$

où k_{crit} est un facteur qui prend en compte la réduction de la résistance due au déversement.

- (4) *Pour les poutres ayant une déformation latérale initiale dans les limites définies au chapitre 7, k_{crit} peut être déterminé à partir des formules 5.2.2 c à e.*

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{pour } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 & (5.2.2c) \\ 1,56 - 0,75\lambda_{rel,m} & \text{pour } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 & (5.2.2d) \\ 1/\lambda_{rel,m}^2 & \text{pour } 1,4 < \lambda_{rel,m} & (5.2.2e) \end{cases}$$

- (5) *On peut également prendre une valeur de 1 pour le facteur k_{crit} pour une poutre dont le déplacement latéral des zones comprimées est empêché sur sa longueur et dont la rotation de torsion est empêchée aux appuis.*

Eurocode 5 1995-1-1 (DAN-ENV 1994), P.70

VERIFICATION DE LA RESISTANCE A LA COMPRESSION AXIALE

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{K_c \times f_{c,0,d}}$$

³⁵Le résultat de cette opération nous donne un nombre représentant le pourcentage du matériau utilisé. Si ce nombre est égal à 1, cela veut dire que l'on a atteint le point de rupture exact selon l'Eurocode 5.

³⁵ Josquin Matthey, BOUBAKER INGENIERIE, MGM Architectes et Ingénieurs

CALCUL DE LA RESISTANCE EN FONCTION DE LA TAILLE

Nous rentrons ici dans le **CAS 2** d'utilisation d'**A.T.L.A.S.**.. Autrement dit l'utilisateur veut connaître la résistance maximale (en [kN]) du poteau en connaissant sa taille (en [mm]).

Le logiciel effectuera à cette fin les calculs suivants :

Point de rupture (lorsque $\frac{\sigma_{c,0,d}}{K_c \times f_{c,0,d}} = 1$) :

$$N_{ed100} = \frac{b \times h \times k_c \times f_{c,0,d}}{1000} \quad [kN]$$

A 15% du point de rupture (lorsque $\frac{\sigma_{c,0,d}}{K_c \times f_{c,0,d}} = 0.85$) :

$$N_{ed85} = \frac{b \times h \times k_c \times f_{c,0,d} \times 0.85}{1000} \quad [kN]$$

Détails de la transformation de formule (exemple pour $\frac{\sigma_{c,0,d}}{K_c \times f_{c,0,d}} = 1$) :

$$\sigma_{c,0,d} = 10 \frac{N_{Ed}}{A} \quad f_{c,0,d} = k_{mod} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \quad A = \frac{h \times b}{100}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{K_c \times f_{c,0,d}} = 1$$

$$\frac{10 N_{Ed}}{A \times K_c \times f_{c,0,d}} = 1$$

$$\frac{10 N_{Ed}}{\frac{h \times b}{100} \times K_c \times f_{c,0,d}} = 1$$

$$\frac{10 N_{Ed}}{\frac{h \times b}{100} \times K_c \times f_{c,0,d}} = 1$$

$$10 N_{Ed} = \frac{K_c \times f_{c,0,d} \times h \times b}{100}$$

$$N_{Ed} = \frac{K_c \times f_{c,0,d} \times h \times b}{1000}$$

CALCUL DE LA TAILLE EN FONCTION DE LA RESISTANCE

Nous rentrons ici dans le **CAS 3** d'utilisation d'**A.T.L.A.S.**.. Autrement dit l'utilisateur veut connaître la taille minimum du poteau (en [mm]) en connaissant sa résistance maximale (en [kN]).

Le logiciel effectuera à cette fin les calculs suivants :

Poteau carré :

Point de rupture (lorsque $\frac{\sigma_{c,0,d}}{K_c \times f_{c,0,d}} = 1$) :

$$b; h = \sqrt{\frac{10 \times N_{ed}}{k_c \times f_{c,0,d}}} \quad [mm]$$

A 15% du point de rupture (lorsque $\frac{\sigma_{c,0,d}}{K_c \times f_{c,0,d}} = 0.85$) :

$$b; h = \sqrt{\frac{10 \times N_{ed}}{k_c \times f_{c,0,d} \times 0.85}} \quad [mm]$$

Détails de la transformation de formule (exemple pour $\frac{\sigma_{c,0,d}}{K_c \times f_{c,0,d}} = 1$) :

$$\sigma_{c,0,d} = 10 \frac{N_{ed}}{A} \quad f_{c,0,d} = k_{mod} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} \quad A = \frac{h \times b}{100}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{K_c \times f_{c,0,d}} = 1$$

$$\frac{10 N_{ed}}{A \times K_c \times f_{c,0,d}} = 1$$

$$\frac{10 N_{ed}}{\frac{h \times b}{100} \times K_c \times f_{c,0,d}} = 1$$

$$10 N_{ed} = \frac{h \times b}{100} \times K_c \times f_{c,0,d}$$

$$1000 N_{ed} = h \times b \times K_c \times f_{c,0,d}$$

$$h = \frac{1000 N_{ed}}{b \times K_c \times f_{c,0,d}}$$

$$b = \frac{1000 N_{ed}}{h \times K_c \times f_{c,0,d}}$$

Poteau rectangulaire :

Point de rupture (lorsque $\frac{\sigma_{c,0,d}}{K_c \times f_{c,0,d}} = 1$) :

$$b = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{10 \times N_{ed}}{k_c \times f_{c,0,d}}} \quad [mm]$$

$$h = \frac{2}{3} b$$

A 15% du point de rupture (lorsque $\frac{\sigma_{c,0,d}}{K_c \times f_{c,0,d}} = 0.85$) :

$$b = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{10 \times N_{ed}}{k_c \times f_{c,0,d} \times 0.85}} \quad [mm]$$

$$h = \frac{2}{3} b$$

³⁶La valeur de $\frac{2}{3}$ pour le rapport entre **b** et **h**, ainsi que la valeur de **15% du point de rupture** nous viennent d'un conseil d'un bureau d'ingénierie (BOUBAKER INGENIERIE). Ce sont des techniques empiriques utilisées dans le bâtiment, il existe malgré tout des formules plus « scientifiques » mais, le logiciel ayant pour but d'aider les ingénieurs, nous avons pris la décision d'utiliser leurs méthodes.

CONCLUSION

La mise en place d'**A.T.L.A.S.** nous a forcés à nous plonger dans la physique statique et à en appréhender les bases. Nous avons aussi dû fouiller dans les différentes normes du bâtiment pour trouver des formules appropriées pour ce que nous cherchions à faire.

Certaines notions sont assez basiques et restent simples à comprendre, mais d'autres le sont beaucoup moins et nous ont demandées beaucoup de recherches.

Dans l'ensemble, cette partie aura été très intéressante pour nous et nous aura permis de découvrir et de nous plonger pendant quelques mois dans le monde des ingénieurs en génie civil.

SOURCES – BIBLIOGRAPHIE

Normes :

- Eurocode 5 : **XP ENV 1995-1-1** - août 1995
- Eurocode 5 : **NF EN 1995-1-1** - novembre 2005
- Annexe Nationale : **NF EN 1995-1-1/NA** - mai 2010
- **NF EN 338** : Bois de structure - Classes de résistance, décembre 2009
- **SIA 265**, 2021
- **SIA 265/1**, 2021
- **NF EN 519**, mai 1995
- **NF B 52 001**, Avril 2018

Livres :

- Karl-Heinz Götz, Dieter Hoor, Karl Möhler, Julius Natterer, **Construire en bois, choisir, concevoir, réaliser**, Editions Presses Polytechniques et universitaires romandes (ISBN :2-88074-250-1)
- Thomas Herzog, Michaël Volz, Julius Natterer, **Construire en bois 2**, Editions Presses Polytechniques et universitaires romandes (ISBN :2-88074-258-7)
- Lignum, SIA, FdBB, Holzbau Schweiz, **TABLES POUR LA CONSTRUCTION EN BOIS, TCB 1|2021 Manuel pour le dimensionnement**, Éditions Lignum (ISBN :978-3-906703-6)

Sites webs :

- Numeritec.ch, **Simulationmateriaux.com**, janvier - mars 2024, hébergeur inconnu, sections du site utilisées : **Comportement mécanique des matériaux, Table des modules de Young et coefficients de Poisson**
- Jimmy Wales et Larry Sanger, **wikipédia.org**, janvier - mars 2024, sections du site utilisées : **Module de Young** (dernière modification en 2024, auteur inconnu), **Coefficient de Poisson** (dernière modification en 2024, auteur inconnu), **Flambage** (dernière modification en 2023, auteur inconnu)

- Bruno Caillard, **constructionbois.bilp.fr**, mars 2024, hébergeur inconnu, sections du site utilisées : **L'élancement**
- Auteur inconnu, **editions-eyroller.com**, mars 2024, hébergeur inconnu, sections du site utilisées : **Le dictionnaire professionnel du BTP (élancement)**
- Olivier Burdet, **i-structures.epfl.ch**, mars 2024, hébergeur inconnu, sections du site utilisées : **Glossaire et traductions**
- Wilfried et Yann, **superprof.fr**, mars 2024, hébergeur inconnu, sections du site utilisées : **position-vitesse-accélération**
- Auteur inconnu, **scia.net**, mars 2024, hébergeur inconnu, sections du site utilisées : **Détermination du coefficient de la charge critique**
- Auteur inconnu, **notech.franceserv.com**, mars 2024, hébergeur inconnu, sections du site utilisées : **Hypothèse pour l'évaluation des longueurs de flambement des poteaux**
- Gerhard Rehm, hébergeur **dlubal.com**, mars 2024, inconnu, sections du site utilisées : **Analyse de stabilité de composant structurels 2D avec exemple de paroi en bois CLT-2**
- Prof. Dr Andrea Frangi et Dr René Steiger, **espazium.ch**, mars 2024, sections du site utilisées : **Dimensionnement des ouvrages en bois selon la norme SIA 265 Vérification de la stabilité selon la théorie du second ordre**

Autres sources :

- ABC (Application Bois Construction), CTBA, **BOIS DE STRUCTURE, Bois massifs structuraux**, 2006, format : PDF
- Auteur inconnu, **Cours RDM / A.U :2012-2013, chapitre IX : Flambement des poutres comprimées**, 2012, format : PDF
- R. Itterbeek, **Cours Résistance des Matériaux - Flambement**, 2023, format : PDF
- R. Itterbeek, **Cours Résistance des Matériaux - Flexion**, 2023, format : PDF
- Auteur inconnu, **Eurocode 5 : Calcul des structures en bois**, année de publication inconnue, format : PDF
- Josquin Matthey, BOUBAKER INGENIERIE, MGM Architectes et Ingénieurs, stage et réponse à nos questions via conversations téléphoniques
- Dr. Nour Rachidi, Professeur de physique-chimie à Lille, réponse à nos questions via conversations téléphoniques