



Note Technique :
Détermination des déformation W_{tot2} des charpentes industrielles et des éléments porteurs.

1. Objet et domaine d'application de la note :

Détermination de W_{tot2} pour le calcul Eurocodes des structures supportant des éléments de sous œuvre type : Tuiles, Ardoise, Plafond plâtre, plafond briques...

Ces valeurs sont calibrées à partir des exigences des DTU en vigueur pour le changement de code de calcul CB 71 / Eurocodes.

Cette note reflète la position de la commission technique du SCIBO au 22 Juin 2015 mais n'engage en aucun cas sa responsabilité.

2. Normes et documents de références :

NF EN 1990 "Eurocodes structuraux : bases de calcul des structures" et Annexe Nationale

NF EN 1991-1-1 "Eurocode 1 - Actions sur les structures. Partie 1-1 : actions générales - poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments" et Annexe Nationale.

NF EN 1995-1-1 "Eurocode 5 - conception et calcul des structures en bois. Partie 1-1 : généralités - règles communes et règles pour les bâtiments" et Annexe Nationale

NF DTU 31.3 " Charpentes en bois assemblées par connecteurs métalliques ou goussets"
NF DTU et préconisations fabricants des revêtements intérieurs concernés

3. Définitions (cf. figure 1) :

- **Barre :** Dans une modélisation treillis, « barre » désigne un élément entre 2 nœuds de triangulation.
- **Portée :** la portée de référence est la portée libre entre deux appuis consécutifs.
Le NF DTU 31.3 P3 définit les portées de référence suivant différents cas de figure (§ 6.3.3).
- **Longueur de barre :** elle correspond à la distance entre deux nœuds de triangulation.
- **Déformation :** La déformation, sous une sollicitation donnée, en un point d'une structure, est le déplacement de ce point entre l'état initial théorique non chargé et l'état final chargé. Les déformations sont en général repérées par rapport à un système d'axes liés au sol. On ne considère, en général, que la plus importante de toutes les déformations en tous les points de l'élément considéré (barre ou portée)
- **Déformation Relative :** rapport de la déformation la plus importante d'une pièce à la longueur initiale, soit de la pièce elle-même, soit de la corde, ces grandeurs étant exprimées avec les mêmes unités.
- **Flèche :** Pour une sollicitation donnée, la flèche d'un élément est la plus grande des déformations que subit cet élément par rapport à un système l'axes liés à ses deux

extrémités. Cette déformation peut être différente de celle perçue par un observateur situé au sol.

- **Flèche globale** : flèche calculée suivant la portée
- **Flèche locale** : flèche calculée suivant la longueur de la barre

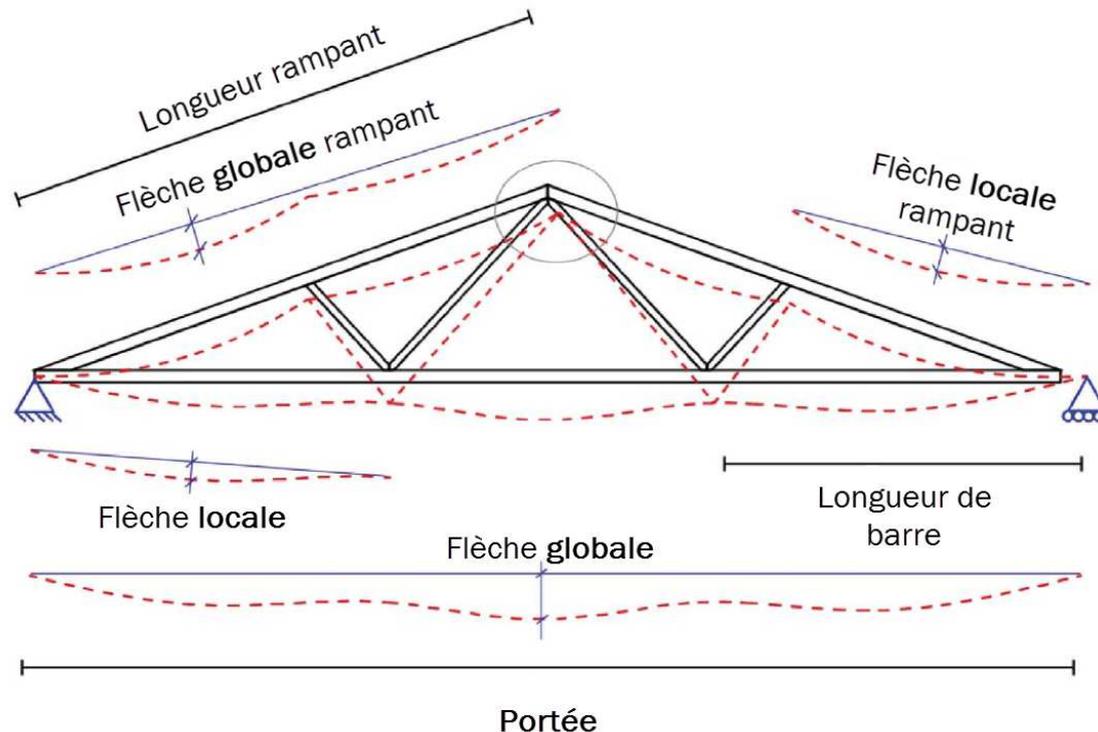


Figure 1 : Définitions des flèches

4. Déformations limites

Il convient de s'assurer que sous l'effet des chargements, les déformations sont inférieures aux valeurs limites suivantes :

- déformations limites (horizontale et verticale) résultant de l'exigence de durabilité et de respect des hypothèses de calcul de la structure elle-même.
- déformations limites (horizontale et verticale) de la structure correspondant au bon fonctionnement des ouvrages de second œuvre.
- déformations limites (horizontale et verticale) correspondant aux exigences de confort d'usage, de fonctionnement et d'aspect spécifiées pour le projet individuel.

Le DTU 31.3-P3 (2012) précise des déformations limites dans différents cas de figures.

✓ *Calcul au CB71 (§ C.6.3.3)*

Lors d'un calcul au CB71, on estime les déformations instantanées et finales (ie en tenant compte du fluage) sous deux combinaisons d'actions :

Cas de charge	Combinaison d'actions	Vérfications correspondantes de sécurité et de rigidité
1	Charges permanentes + charges d'exploitation + charge de neige normale	Contraintes admissibles dans les éléments. Efforts admissibles dans les assemblages et appuis. Déplacements (globaux et locaux) et flèches relatives limites ^{a)}
3	Charges permanentes + charges d'exploitation éventuellement dissymétriques + demi-neige normale dissymétrique + vent normal perpendiculaire au faitage	Contraintes admissibles dans les éléments. Efforts admissibles (assemblages et appuis). Déplacements (globaux et locaux) et flèches ^{a)} relatives limites

Tableau 1 : Cas de charges pour vérification au CB 71

Ces flèches calculées doivent être inférieures aux flèches admissibles définies dans les règles CB71 et dans les DTU des éléments de second œuvre.

En complément le tableau C.3 du NF DTU 31.3-P3 (2012) précise certaines flèches admissibles. Ces valeurs utilisées depuis Avril 1986 (Cahier 111) ont été déterminées et calibrées à partir des exigences des DTU en vigueur à l'époque.

Nature de l'élément	Déplacement maximal ou flèche
Ferme	Verticalement : $1/400^{ème}$ de la portée Horizontalement (nœuds) : 10 mm Perpendiculairement au rampant : $1/300^{ème}$ du rampant
Structures porteuses de fermes et poutres de poussée	$1/500^{ème}$ de la portée sans tenir compte de la contre-flèche
Consoles et appuis en flexion ^{a)} (sans circulations)	Verticalement : 5 mm (jusqu'à 1 m) ou $1/200^{ème}$ de la longueur horizontale (ou de la distance horizontale entre nœud et appui, si elle est supérieure à 1 m)
Arbalétriers, noues, arêtiers et empannons, sans plafonds	Perpendiculairement à la ligne du rampant : $1/300^{ème}$ de la longueur de la barre
Entraits, arbalétriers, pannes, poutres, linteaux et solives de plancher avec plafond et/ou plancher	$1/400^{ème}$ de la longueur de la barre
Entraits et solives avec plafonds peu flexibles ^{b)} ou supports de cloisons maçonnées	$1/500^{ème}$ de la longueur de la barre sans excéder 10 mm
Porte-à-faux de planchers (supportant leur seule charge d'exploitation)	$1/300^{ème}$
Pannes ne supportant pas de plafond	$1/300^{ème}$
Poteaux avec remplissage de maçonnerie prenant appui sur le poteau, ou recevant un vitrage sur plus de la moitié de leur hauteur, poteaux d'ossature en bois	Tête de poteau : $1/300^{ème}$ de la hauteur, horizontalement
Autres poteaux (portiques avec bardage par exemple)	Tête de poteau : $1/150^{ème}$ de la hauteur
Ces critères sont à vérifier sous cas de charge 1 et 3 du Tableau C.1.	
a) Il s'agit de pièces en porte-à-faux (pannes, chevrons, etc.) ou d'appuis de fermes en flexion simple par prolongation d'arbalétrier ou d'entrait, sans reprise de poussée horizontale. Le déplacement (vertical) concerné est celui de la jonction arbalétrier-entrait.	
b) Par exemple, enduit armé de plâtre ou éléments en terre cuite.	

Tableau 2 : Déformations admissibles (CB 71) des ouvrages ou parties d'ouvrages de charpentes

✓ **Calcul à l'Eurocode 5 (§6.3.3 du DTU 31.3 P3)**

L'Eurocode a introduit des vérifications de déformations complémentaires.

Lors d'un calcul à l'Eurocode 5, on estime les déformations suivant différentes combinaisons d'actions définie dans le tableau ci-dessous :

Cas charges	Combinaisons	Expression		
1	Charges permanentes	ELS c)	G	Permanent et neige
2	Charges permanentes + Charge neige uniformément répartie + Charge d'exploitation	ELS c)	G + Q_{Neige unif.} + ψ₀Q_{Exp}	
3	Charges permanentes + Charge d'exploitation + Charge neige uniformément répartie	ELS c)	G + Q_{Exp} + ψ₀Q_{Neige unif}	
4 a)	Charges permanentes + Charge d'exploitation dissymétrique (droite) + Charge neige accumulée (droite). + Vent gauche (soulèvement ^{b)}) perpendiculaire au faitage, dépression interne.	ELS c)	G + Q_{Exp.} + ψ₀Q_{Neige} + ψ₀Q_{Vent}	Vent
5 a)	Charges permanentes + Vent droite (soulèvement ^{b)}) perpendiculaire au faitage, suppression interne. + Charge neige accumulée (gauche). + Charge d'exploitation dissymétrique (gauche).	ELS c)	G + Q_{Vent} + ψ₀Q_{Neige} + ψ₀Q_{Exp}	
6 a)	Charges permanentes minorées + Vent droite (soulèvement ^{b)}) perpendiculaire au faitage, suppression interne. + Charge d'exploitation.	ELS c)	G + Q_{Vent} + ψ₀Q_{Exp}	
7	Charges permanentes minorées + Vent parallèle au faitage, suppression interne. + Charge d'exploitation.	ELS c)	G + Q_{Vent} + ψ₀Q_{Exp.}	
8	Charges permanentes + Poids de l'homme sur arbalétrier. + Charge d'exploitation.	ELS c)	G + Q_{Hom/arba} + ψ₀Q_{Exp}	Poids de l'homme
9	Charges permanentes + Poids de l'homme sur l'entrait. + Charge neige uniformément répartie.	ELS c)	G + Q_{Hom/entrait} + ψ₀Q_{Neige unif}	
Combinaisons quasi-permanentes ELS pour déterminer le fluage dû aux charges permanentes				
	Charges permanentes + Charge d'exploitation + Charge neige uniformément répartie	ELS	G + ψ₂Q_{Exp} + ψ₂Q_{Neige unif}	
<p>a) Pour les structures non symétriques à l'axe du faitage : prévoir des combinaisons supplémentaires en inversant le sens de chargement : droite devient gauche</p> <p>b) Pour les pentes inférieures à 45°</p> <p>c) Le fluage est à ajouter aux différents cas de flèches instantanées pour obtenir les différents cas de flèches finales à long terme.</p>				

Tableau 3 : Combinaison pour des bâtiments courants

A partir de ces combinaisons on décompose les déformations de la manière suivante :

- w_c Contreflèche (souvent nulle en charpente industrielle)
- w_{creep} Flèche de fluage
- w_{fin} Flèche finale
- $w_{inst,G}$ Flèche instantanée sous charges permanentes
- $w_{inst,Q}$ Flèche instantanée sous charges variables
- $w_{net,fin}$ Flèche résiduelle finale

A partir de ces flèches on détermine $w_{tot,2}$, flèche variable totale intégrant le fluage des matériaux : $w_{tot,2} = w_{fin} - w_{inst,G}$

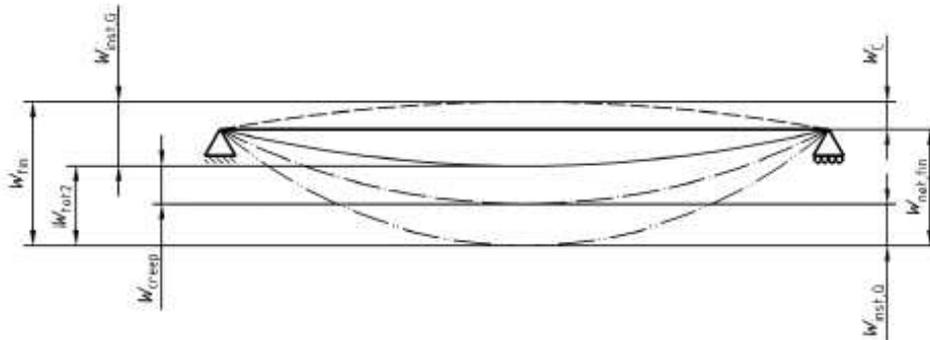


Figure 2 : Définitions des flèches verticales

Ces flèches calculées doivent être inférieures aux valeurs limites définies dans l'Annexe Nationale Eurocode 5 et dans le DTU 31.3.

L'Annexe Nationale de l'Eurocode 5 précise des valeurs limites pour les flèches $w_{inst,Q}$, $w_{net,fin}$ et w_{fin} . Le DTU 31.3-P3 précise leur application en fonction de la nature de la barre.

	$w_{net,fin}$	$w_{inst,Q}$
Arbalétrier	$l_2 / 200$ $l_3 / 150$	$l_2 / 300$
Entrait	$l / 200$ $l_1 / 200$	$l / 300$ $l_1 / 300$
Entrait haut de ferme tronquée	$l_5 / 200$ $l_6 / 150$	$l_5 / 300$
Noeud de triangulation	$w_{vert,fin} = l / 200$ $w_{hor,fin} = 12 \text{ mm}$	$w_{vert,inst,Q} = l / 300$
Console et appui en flexion	$w_{vert,fin} = \text{Max} [l_4 / 100 ; 6 \text{ mm}]$	

Tableau 4 : Valeurs limites de déformation

Bien que l'Annexe Nationale de l'Eurocode 5 indique que la valeur limite de $w_{tot,2}$ est précisée dans les DTU et avis techniques concernés en l'attente d'une révision, la plupart

d'entre eux donnent encore des limites de flèche finales (basées sur les anciens codes de calcul).

Les calculs à l'Eurocode 5 intègrent des évolutions importantes :

- combinaisons d'actions complémentaires,
- glissements d'assemblages,
- exigences sur la modélisation,
- coefficient k_{def} ,
- etc.

Les valeurs de flèches limites données pour un calcul suivant les anciens codes de calcul doivent donc être calibrées.

Aussi il a semblé opportun au SCIBO de recommander des valeurs de w_{tot2} pour les charpentes industrielles supports de différents types d'éléments de second œuvre. Ces recommandations ont pour but de maintenir le niveau de qualité existant.

✓ *Proposition SCIBO pour déformations limites*

Déformations des barres	Critères	Flèches globales	Flèches locales
Arbalétrier non habitable	W_{fin}	L/ 200	L/ 150
Entrait non habitable	W_{fin}	L/ 200	L/ 200
Entrait porteur d'autres fermes	W_{fin}	L/ 400	L/ 400
Plafond rigide	W_{fin}	L/ 400	L/ 400
Arbalétrier habitable	W_{fin}	L/ 200	L/ 150
Entrait habitable	W_{fin}	L/ 200	L/ 200
Entrait haut	W_{fin}	L/ 200	L/ 200
Poutre de renforcement	W_{fin}	L/ 400	/
Arbalétrier non habitable	W_{Qinst}	L/ 300	L/ 300
Entrait non habitable	W_{Qinst}	L/ 300	L/ 300
Entrait porteur d'autres fermes	W_{Qinst}	L/ 300	L/ 300
Plafond rigide	W_{Qinst}	L/ 300	L/ 300
Arbalétrier habitable	W_{Qinst}	L/ 300	L/ 300
Entrait habitable	W_{Qinst}	L/ 300	L/ 300
Entrait haut	W_{Qinst}	L/ 300	L/ 300
Poutre au vent (portée)	W_{Qinst}	L/ 400	L/ 400
Poutre au vent (stabilité)	W_{Qinst}	L/ 300	L/ 300
Arbalétrier non habitable	$W_{fin} - W_{Ginst}$	L/ 200	L/ 150
Entrait non habitable	$W_{fin} - W_{Ginst}$	L/ 350	L/ 350
Entrait porteur d'autres fermes	$W_{fin} - W_{Ginst}$	L/ 400	L/ 400
Plafond rigide	$W_{fin} - W_{Ginst}$	L/ 400	L/ 400
Arbalétrier habitable	$W_{fin} - W_{Ginst}$	L/ 350	L/ 350
Entrait habitable	$W_{fin} - W_{Ginst}$	L/ 350	L/ 350
Entrait haut	$W_{fin} - W_{Ginst}$	L/ 350	L/ 350

Tableau 5 : Recommandation SCIBO de déformations limites

✓ **Recommandations complémentaires pour calcul à l'Eurocode 5**

- Poids de l'homme : vérifications complémentaires pour les déformations locales
- Les fermes de jouée doivent être dimensionnées avec les mêmes critères de flèches que les autres fermes
- Eléments porteurs : le DTU 31.3 P3 indique comment calculer un élément porteur et les fermes portées.

Il distingue 2 cas :

- Les déformations de l'élément porteur n'ont pas d'influence sur le comportement des fermes portées (fermes de croupe, Arêtières, Noues, Retours de pénétration, etc.) : il est recommandé limiter la flèche globale $w_{tot,2}$ à $1/400^{ème}$ sans valeur maximale.
- Les déformations de l'élément porteur peuvent avoir une influence sur le comportement des fermes portées (lorsqu'il y a interaction hyperstatique) : il convient de calculer la ferme portée en modélisant un appui élastique à la place de l'élément porteur ou en augmentant les critères de déformation.

Par exemple :

Déformations des barres	Critères	Flèches globales	Flèches locales
Poutres porteuses (chevêtres, bras de reprise sur ferme boiteuse)	$w_{fin} - w_{Ginst}$	L/ 400 et 12mm maxi	L/ 400 et 12mm maxi

Tableau 6 : déformations limites pour éléments porteurs (avec interaction hyperstatique)

Note réalisée par la commission Technique du SCIBO
 Version V1 publiée le 2 février 2016
www.charpente-industrielle.fr

Modifications :

- V1 : ajout de "Les fermes de jouée doivent être dimensionnées avec les mêmes critères de flèches que les autres fermes" en page 7.